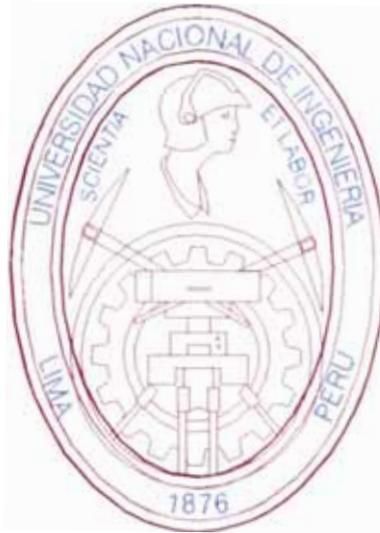


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO DE "EL NIÑO" 1,997-98
EN EL TRAMO PACASMAYO – DIVISIÓN BAYÓVAR
Y EN LA CIUDAD DE CHICLAYO**

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL

MAXIMO MARCOS VILAFRANCA ASCA

LIMA- PERÚ
2,001

INDICE

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

1.2 OBJETIVOS

1.3 ALCANCES

CAPITULO II FENÓMENO DE "EL NIÑO"

2.1 DEFINICIÓN

2.2 HIPÓTESIS SOBRE EL "DONDE, CUÁNDO Y COMO SE GENERA EL FENÓMENO"

2.3 INDICADORES

2.3.1 *La Temperatura Superficial del Mar*

2.3.2 *El Índice de Oscilación Sur (OIS)*

2.3.3 *La Presión Atmosférica Local*

2.3.4 *El Nivel Medio del Mar*

2.3.5 *La zona de convergencia intertropical (ZCIT)*

2.4 CRONOLOGÍA DEL FENÓMENO

2.5 CONCLUSIONES

PRIMERA PARTE

**Efectos del Fenómeno de "El Niño" 1997-98 en el Tramo Pacasmayo -
División Bayóvar de la Carretera Panamericana Norte**

CAPITULO III ANTECEDENTES DEL TRAMO EN ESTUDIO

- 3.1 FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**
- 3.2 EFECTOS DEL FENÓMENO DE 1972**
- 3.3 EFECTOS DEL FENÓMENO DE 1982-83**
- 3.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL FENÓMENO DE 1997-98**
- 3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CAPITULO IV ASPECTO FÍSICO DEL TRAMO

- 4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO**
- 4.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAZO, CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOPOGRÁFICAS**
 - 4.2.1 *Tramo Pacasmayo – Lambayeque*
 - 4.2.2 *Tramo Lambayeque – División Bayóvar*
- 4.3 TOPOGRAFÍA- OROGRAFÍA, GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA**
 - 4.3.1 *Topografía- Orografía*
 - 4.3.2 *Geomorfología*
 - 4.3.3 *Geología*
- 4.4 METEOROLOGÍA**
 - 4.4.1 *Clima y Vegetación*
- 4.5 DINÁMICA FLUVIAL**
- 4.6 INVENTARIO DE OBRAS DE ARTE**
 - 4.6.1 *Puentes y pontones*
 - 4.6.2 *Alcantarillas*

4.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO V EFECTOS DEL FENÓMENO

5.1 INTRODUCCIÓN

5.2 TIPOS DE DAÑOS

5.3 EVALUACIÓN DE DAÑOS

5.3.1 Tramo Pacasmayo – Lambayeque

5.3.2 Tramo Lambayeque – División Bayóvar

5.4 EFECTOS DEL FENÓMENO EN LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA VIAL

5.4.1 Efectos de las Quebradas en la Vía

5.4.1.1 Efectos de los Flujos principales en la Vía

5.4.1.2 Efectos de los Flujos Secundarios en la Vía

5.4.2 Efectos de Enlagunamiento en la Vía

5.4.3 Efectos de los Ríos en Puentes

5.5 CAUSAS DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO

5.6 DETERMINACIÓN DEL TRAMO CRÍTICO

5.6.1 Selección del tramo critico

5.6.2 Identificación del Tramo critico

5.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.7.1 Conclusiones

5.7.2 Recomendaciones

CAPITULO VI MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL TRAMO CRÍTICO

6.1 GENERALIDADES

6.2 MITIGACIÓN DE SECTORES AFECTADOS POR FLUJOS PRINCIPALES

6.2.1 *Descripción del Evento*

6.2.2 *Planteamiento de Alternativas de Mitigación*

6.2.3 *Ubicación*

6.3 MITIGACIÓN DE SECTORES AFECTADOS POR FLUJOS SECUNDARIOS

6.3.1 *Descripción del Evento*

6.3.2 *Planteamiento de Alternativas de Mitigación*

6.3.3 *Ubicación.*

6.4 MITIGACIÓN DE SECTORES AFECTADOS ENLAGUNAMIENTO

6.4.1 *Descripción del Evento*

6.4.2 *Planteamiento de Alternativas de Mitigación*

6.4.3 *Ubicación.*

6.5 MITIGACIÓN DE SECTORES DE PUENTES AFECTADOS POR CRECIDAS DE RÍO

6.5.1 *Descripción del Evento*

6.5.2 *Planteamiento de Alternativas de Mitigación*

6.5.3 *Ubicación*

6.6 RESUMEN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

6.7 CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS

6.7.1 *Para el Terraplén de la Vía*

6.7.2 *Para las Obras de Arte*

6.8 LINEAMIENTOS DE PREVENCIÓN EN LA RED VIAL

6.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.9.1 Conclusiones

6.9.2 Recomendaciones

SEGUNDA PARTE

Efectos del Fenómeno de “El Niño” 1997-98 en la Ciudad de Chiclayo

**CAPITULO VII EFECTOS DEL FENÓMENO EN LA CIUDAD DE
CHICLAYO**

7.1 ASPECTOS GENERALES

7.1.1 Ubicación Geográfica

7.1.2 Población

7.1.3 Antecedentes

7.1.4 Medidas de Prevención para Mitigar los Efectos del Fenómeno 97-98

7.2 ASPECTO FÍSICO

7.2.1 Características Topográficas y Geomorfológicas.

7.2.2 Características Geológicas y Geotécnicas.

7.2.3 Características Climatológicas

7.2.4 Características Hídricas y Drenaje.

7.3 EFECTOS DEL FENÓMENO

7.3.1 Descripción del Evento

7.3.2 Evaluación de Daños

7.3.3.1 Distrito de Chiclayo

7.3.3.2 Distrito de La Victoria

7.3.3.3 Distrito de José Leonardo Ortiz

7.3.3 Identificación de Daños Típicos

7.3.3.2 Daños a las Edificaciones

7.3.3.2 Daños al Sistema de Alcantarillado

7.3.3.3 Daños a las Obras de Pavimentación

7.3.4 *Efectos del Fenómeno*

7.3.4.1 Efectos de las Precipitaciones Pluviales

7.3.4.2 Efectos de las Quebradas

7.3.4.3 Efectos del Enlagunamiento

7.3.5 *Causas de los Efectos del Fenómeno*

7.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

7.4.1 *Zonificación de la Ciudad*

7.4.1.1 Zonas Severamente Afectadas

7.4.1.2 Zonas Medianamente Afectadas

7.4.1.3 Zonas Levemente Afectadas

7.4.2 *Propuesta de un Sistema de Drenaje Pluvial*

7.4.2.1 Drenaje Exterior de la Ciudad

7.4.2.2 Drenaje Interior de la Ciudad

7.4.3 *Reducción de la Vulnerabilidad de la Estructura e Infraestructura Urbana*

7.4.3.1 Edificaciones Precarias

7.4.3.2 Sistema de Alcantarillado

7.4.3.3 Obras de Pavimentación

7.4.4 *Planteamiento para la Expansión Urbana*

7.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.5.1 *Conclusiones*

7.5.2 *Recomendaciones*

MATERIAL FOTOGRÁFICO

- *Obras de prevención*
- *Efectos y Daños del Fenómeno*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SUMARIO

Entre los meses de Diciembre – 1997 y Abril – 1998, el país vivió momentos muy difíciles a causa de fuertes precipitaciones pluviales e inundaciones, ocasionados por el fenómeno de “El Niño”; la zona norte del país fue la más afectada, especialmente los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque. Este fenómeno no es nuevo en nuestro país, puesto que suele presentarse en intervalos de dos a siete años, con variaciones climáticas que comprometen a un gran sector del planeta; como se origina y la magnitud con el que se presentan aún no son del todo conocidos, pero su comportamiento y la forma en que afectan está de alguna manera definida.

La Carretera Panamericana Norte-CPN, es la vía más importante de interconexión del país y fue seriamente afectada por las fuertes lluvias que se presentaron durante el fenómeno. La acción directa de las lluvias, los flujos de quebradas y los desbordes de los ríos fueron los efectos más frecuentes que ocasionaron la destrucción y deterioro de gran parte de la red vial. Al igual que la Carretera Panamericana Norte, las ciudades más importantes del norte como Trujillo, Chiclayo, Piura y Tumbes fueron también afectados por el fenómeno, el cual ocasionó daños a las estructuras e infraestructuras de la ciudad.

Conscientes de esta problemática el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), suscribieron un convenio para elaborar el proyecto (en formato de 04 Tesis de ingeniería) "Estudios Complementarios y Medidas de Mitigación de los Efectos del Fenómeno de ‘El Niño’ en la Carretera Panamericana Norte y las ciudades más importantes del norte del país".

La presente Tesis forma parte del proyecto de investigación dentro del tramo "Pacasmayo- División Bayóvar" con una longitud de 218.636 Km., y la ciudad de Chiclayo.

Los objetivos generales de la presente Tesis son:

- Estudiar los efectos del fenómeno de “El Niño” 1997-98 en la Carretera

Panamericana Norte en el tramo Pacasmayo-División Bayóvar, para luego adoptar medidas de mitigación adecuadas y algunos lineamientos de prevención en el tramo más crítico: Lambayeque-División Bayóvar y;

- Estudiar los efectos del fenómeno de “El Niño” 1997-98 en la ciudad de Chiclayo, para adoptar también las medidas de mitigación más adecuadas.

La presente Tesis consta: de una Introducción al fenómeno, de una Primera Parte que abarca tramo de la Carretera Panamericana Norte desde Pacasmayo hasta la División Bayóvar (Km.668+000 al Km.886+636) y finalmente de una Segunda Parte que abarca la ciudad de Chiclayo.

En la Introducción, se hace una descripción de las generalidades y se estudia al fenómeno de “El Niño” como un evento natural (Capítulos I y II), analizando las hipótesis de “cómo, dónde y cuándo se generan éstos fenómenos”, así como también su definición, indicadores, cronología y efectos.

Se puede decir entonces que el fenómeno de “El Niño” es una alteración climática producto del calentamiento de las aguas del mar en el Océano Pacífico Tropical y que logra afectar a un gran sector del planeta.

En la Primera Parte, se desarrollan los estudios del tramo Pacasmayo-División Bayóvar (Capítulos III, IV, V y VI), en la cual se realizó lo siguiente: Recopilación de Información Existente, Descripción Física del Tramo, Evaluación de los Efectos y Daños del Tramo, y Finalmente se Plantean las Medidas de Mitigación más adecuadas, así como algunos Lineamientos de Prevención.

De la Recopilación de Información Existente, se pudo obtener informes de los fenómenos de 1972 y 1982-83, los cuales se presentaron con fuertes lluvias e inundaciones causando cuantiosos daños a las vías de transporte; al igual que en 1997-98 se presenciaron los mismos efectos y daños a la estructura vial, los cuales fueron localizados en los mismos sectores, con diferencia en el grado de daños.

De la Descripción Física del Tramo Pacasmayo-División Bayóvar, se pudo determinar que por pertenecer a la C.P.N. (vía de primer orden), sus características geométricas y topográficas corresponden a una vía de alta velocidad. La topografía de la zona es predominantemente plana con algunas ondulaciones y el material es arenoso por encontrarse dentro de las pampas costeras (zona desértica); por otra parte la característica hidrográfica predominante está constituida por los ríos o quebradas, cuyas aguas siguen el rumbo este-oeste (perpendicular al eje de la vía) y cuyas cuencas son de forma alargada desde Pacasmayo-Lambayeque y amplias desde Lambayeque-División Bayóvar.

De la Evaluación de Daños del Tramo, se determinó que las lluvias originaron los efectos de las quebradas ó ríos en el terraplén de la vía, los efectos de formación de lagunas-enlagunamiento en el terraplén de la vía, los efectos de las quebradas o ríos en puentes, y los efectos de las quebradas en alcantarillas y pontones. El tramo Pacasmayo (668+000) a Lambayeque (783+000) fue afectado principalmente por desbordes de ríos y acequias, mientras que el tramo Lambayeque (783+000) a la División Bayóvar (886+636), fue afectado mayormente por flujos principales y secundarios divagantes que provenían de ríos y quebradas; así como de enlagunamiento formado por los mismos. Los daños más significativos fueron las erosiones generales o roturas de la vía que interrumpieron el tránsito como lo sucedido en el Km. 760+000 (Puente Reque), en el Km. 813+800, 820+500, 822+600, 837+000 y 853+000; además de las erosiones laterales y longitudinales que afectaron los taludes del terraplén y las erosiones locales y transversales que afectaron las obras de arte (por ejemplo, la caída del Puente Reque por erosión local).

Estos daños se vieron agudizados por algunos factores propios de la zona como: las lluvias extraordinarias, la suave topografía del terreno, la naturaleza arenosa del terreno y terraplén, la falta de protección de los taludes, la insuficiencia y en algunos casos inadecuado sistema de drenaje y las deficiencias de las obras de arte. Posteriormente se seleccionó el tramo más crítico dentro del área de estudio,

eligiéndose el tramo desde Lambayeque (Km. 783+000) hasta Pacasmayo (Km. 886+636) por ser el sector más afectado por las inundaciones.

De los Planteamientos de Medidas de Mitigación, se determinó que existen cuatro formas de afectación, como los sectores expuestos a: 1) Flujos principales de quebradas, 2) Flujos secundarios de quebradas, 3) Enlagunamientos y 4) Crecidas de río. por ello se han propuesto medidas como:

- a) Elevar el nivel de rasante de la estructura del pavimento, para evitar que el nivel de agua supere el nivel del terraplén y arrase la estructura.
- b) Construir amplios badenes de concreto armado, para evacuar los flujos principales.
- c) Incrementar la capacidad del sistema de drenaje, colocando más alcantarillas para evacuar los flujos secundarios.
- d) Proteger los taludes del terraplén colocando una capa de enrocado-grava para evitar la erosión por socavación y una capa de Geotextil para evitar la infiltración; e. proteger las obras de arte colocando enrocado-grava (vertedero) principalmente a la salida de los mismos, para evitar la erosión de dicha zona, y
- e) Realizar el encauzamiento principalmente de ríos y flujos principales construyendo diques y/o muros de concreto, enrocado, grava, gaviones, mixtos, etc. para evitar el cambio de dirección de los cauces.

Se puede decir entonces que para mitigar estos desastres se debe comprender y respetar los efectos del fenómeno tal y como se presenta, esto implica que se deben considerar para los diseños el caudal extraordinario, el cauce natural de los flujos, la fuerza erosiva, la intensidad y recurrencia con que se presenta, el transporte de sedimentos y palizadas, etc., para obtener así un eficiente sistema de drenaje; además se deben proteger las estructuras viales como el pavimento, el terraplén, los accesos, las obras de cruces, los cauces, las obras de encauzamiento, las riberas, etc., y mejorar la calidad de las obras de construcción. Estas medidas se enfocaran principalmente en los puntos donde han vuelto a repetirse daños.

En la Segunda Parte, se desarrollan los estudios en la ciudad de Chiclayo (Capítulo VII), en el cual se desarrolló lo siguiente: Recopilación de Información, Inspección del Aspecto Físico, Evaluación de los Efectos y Daños en la Ciudad; y Finalmente se Plantean las Medidas de Mitigación más adecuadas.

De la Recopilación de Información Existente, se pudo obtener muy pocos informes del fenómeno de 1,982-83 en la cual se señala que se produjeron los mismos efectos del fenómeno 1,997-98, manifestándose con el efecto de la acción directa de la lluvias, inundaciones y enlagueamientos que causaron daño a las vías de transporte, infraestructura urbana, sistema de alcantarillado, etc.

Del Aspecto Físico, se puede decir que la ciudad esta asentada sobre el cono de deyección de los ríos andinos (pampas aluviales) a una altura promedio de 30 m.s.n.m. y cuya topografía presenta una pendiente muy suave 0.18% con hondonadas y explanadas. Su suelo presenta superficialmente depósitos finos eólicos típicos de zona costera y a unos 8 a 10m de profundidad se encuentra un estrato compacto de arcilla y grava; la ciudad no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, su sistema de alcantarillado es insuficiente y deficiente, cuenta con un alto porcentaje de estructuras construidas con materiales precarios de adobe y quincha, y su expansión urbana es desordenada. Por ello durante las épocas de lluvias extraordinarias se presenta una elevación de la napa freática originando suelos en condiciones de sumergido y/o saturado y con ello los problemas de capacidad de carga y de asentamientos diferenciales, que es agravada por el estado físico de la ciudad.

De la Evaluación de Daños, se determinó que las lluvias originaron el efecto de las precipitaciones pluviales, el efecto de los flujos de agua por las calles, y el efecto del enlagueamiento en la estructura de la ciudad; los efectos presentados ocasionaron el humedecimiento y posterior destrucción de las edificaciones precarias, el colapso del sistema de alcantarillado y el deterioro de las obras de pavimentación, con todo ello las estructuras de la ciudad se vieron afectadas. Los enlagueamientos cubrieron gran parte del área de la ciudad y alcanzaron hasta

1.5 m. de altura, perdurando por varios días y causando la paralización de la ciudad por encontrarse intransitable y con el constante peligro de derrumbes de las edificaciones.

De los Planteamientos de las Medidas de Mitigación, es necesario mencionar que la presente Tesis se limita a hacer sugerencias, las cuales deberán ser ahondadas en estudios de Tesis futuros; entre las cuales se presentan:

- a) Realizar la zonificación de la ciudad clasificándolas por el grado de peligro y vulnerabilidad de las edificaciones.
- b) Construir un sistema de drenaje pluvial Integral a través de los drenes que circundan la ciudad y los que están fuera de ella, a través de los canales que atraviesan la ciudad (estos canales deberán ser reconstruidos con sección y pendiente apropiada para que evacuen satisfactoriamente las aguas), y utilizar el sistema de bombeo solo en casos de emergencia.
- c) Reducir la vulnerabilidad de las estructuras de la ciudad, y
- d) Proponer la zona para la expansión urbana.

Para mitigar estos desastres, es necesario comprender y respetar los efectos del fenómeno, esto implica que se debe considerar para los diseños las precipitaciones extraordinarias, los flujos en las calles, los volúmenes de enlagueamiento, el caudal extraordinario, la fuerza erosiva, la intensidad y recurrencia con que se presenta, etc., para obtener así un mejor sistema de drenaje; además se debe proteger la estructura e infraestructura de la ciudad y mejorar la calidad de las obras de construcción.

Finalmente se concluye que es importante aprender de las experiencias vividas en el país durante las épocas de fenómenos de "El Niño", donde el afán por confrontarlos ha ocasionado siempre pérdidas cuantiosas al país; por ello, se debe entender no actuar en contra de la naturaleza, todo lo contrario, se debe aprender a respetar su comportamiento y amoldar las medidas de mitigación a sus efectos.

PRIMERA PARTE

***Efectos del Fenómeno de “El Niño” 1,997-98
en el Tramo Pacasmayo-División Bayóvar
de la Carretera Panamericana Norte***

CAPITULO I

Generalidades

1.1 INTRODUCCIÓN

El Perú está ubicado en un territorio que continuamente es sometido a desastres naturales, los cuales han causado cuantiosas pérdidas al país; un tipo particular de desastres, son los ocasionados por los efectos del fenómeno de “El Niño” que se caracterizan por la presencia de variaciones climáticas.

Entre los meses de Diciembre – 1997 y Abril – 1998, el país ha sufrido los estragos ocasionados por los efectos del fenómeno de “El Niño”, donde las precipitaciones pluviales y las inundaciones afectaron la zona norte y especialmente los departamentos de **Tumbes, Piura y Lambayeque**.

El fenómeno de “El Niño” es una alteración climática que se presenta a intervalos de dos a siete años, comprometiendo a un gran sector del planeta; como se origina y la magnitud con el que se presentan aun no son del todo conocidos, pero su comportamiento y la forma en que afectan está de alguna manera definida.

El presente estudio está enfocado en el departamento de Lambayeque y atiende a una de las muchas necesidades que el país requiere para mitigar los efectos del fenómeno de “El Niño”. Las partes que comprende este trabajo son: un tramo de la Carretera Panamericana Norte desde Pacasmayo hasta la División Bayóvar (Km.668+000 al Km.886+636), y la ciudad de Chiclayo.

1. El tramo de la Carretera Panamericana Norte “Pacasmayo – División Bayóvar” atraviesa el departamento de Lambayeque y parte de los departamentos de La Libertad y Piura, y fue afectado por flujos divagantes (principales y secundarios que provenían de las quebradas y ríos), enlagunamiento y crecidas de río; y que al confluir con la vía que presentaba insuficiencia de drenaje y falta de protección de sus elementos originaron daños presentándose erosiones, inundaciones y varios cortes que dificultaron la movilización de las personas y el flujo de la producción.

2. La ciudad de Chiclayo, que presentó sectores inundados por acción de las aguas pluviales de la escorrentía superficial de la zona y que se atenuó por la topografía suave y en algunos sectores con hondonada, causando la destrucción de las viviendas precarias, el colapso de las obras civiles de alcantarillado y el deterioro de las calles; producto de lo anterior muchas familias quedaron desamparadas y la actividad comercial quedó paralizada.

Para la elaboración de este trabajo se ha recopilado mucha información en Lima y en la zona (muchas de ellas refundidas), que contemplan los antecedentes, el estado físico y los efectos del fenómeno de “El Niño” 1972, 1982-83 y 1997-98, adicionalmente se realizó una inspección en campo de la ciudad y la carretera que nos permitió seleccionar un tramo considerado como “el más crítico”; con toda esta información pudimos estar en condiciones para las medidas de mitigación más adecuadas y algunos lineamientos de prevención.

1.2 OBJETIVOS

El presente trabajo de Tesis enfoca los problemas que ocasiona el fenómeno “El Niño” cada vez que se presenta en un sector de la zona norte de nuestro país, en especial el tramo de la Carretera Panamericana Norte Pacasmayo – División Bayóvar y a la ciudad de Chiclayo, que han sido golpeados duramente y de las cuales se tienen registros de los años 1972, 1983 y 1998.

Al respecto; el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTCVC), a través del Programa Especial de Rehabilitación de Carreteras (PERT) ha realizado desde 1990 grandes esfuerzos para rehabilitar, mantener y mejorar el tramo de la Carretera Panamericana.

El presente fenómeno originó que el sector transportes, en especial el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras invierta en el tramo, para ejecutar obras de prevención, emergencia, transitabilidad y reconstrucción. Por otro lado, las instituciones centrales y regionales como el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INADUR), el Consejo Transitorio de Administración Regional Lambayeque (CTAR-LAMBAYEQUE), EPSEL, la Municipalidad Provincial de Chiclayo y las Municipalidades Distritales, entre otras; se centraron para resolver los problemas en la ciudad, realizando esfuerzos e inversiones para ejecutar obras de prevención, emergencia, rehabilitación y reconstrucción. Todo lo anterior forma parte de las inversiones por pérdidas directas.

Debemos además ver las pérdidas indirectas, que en el caso de la carretera, se produjeron por la interrupción del tráfico que ejerció una influencia severa y adversa a las actividades económicas y sociales; y en el caso de la ciudad de Chiclayo, las pérdidas indirectas se generaron con las viviendas destruidas y la paralización de la ciudad por encontrarse inundadas.

En lo posterior, la inversión que se efectúe para ejecutar obras que mitiguen los efectos del fenómeno “El Niño”, deberá entender que se debe comprender y

respetar los efectos del fenómeno tal y como se presenta.

Por todo lo expuesto anteriormente, el presente estudio tiene por objetivos:

En la carretera: “Realizar estudios multidisciplinarios y dar Medidas de Mitigación adecuadas, para de esa manera, minimizar los daños, y, contribuir a tomar medidas correctivas para la protección y mejoramiento de la infraestructura vial existente; así como también dar lineamientos de prevención de desastres referidos a la vía”.

En la ciudad: “Dar medidas de Mitigación adecuadas, para minimizar los daños y contribuir a tomar medidas correctivas para la protección y mejoramiento de la infraestructura existente”.

1.3 ALCANCES

El presente proyecto de investigación comprende los Estudios Complementarios y Medidas de Mitigación de los efectos del fenómeno de “El Niño” 1997-1998, en el tramo Pacasmayo- División Bayóvar de la Carretera Panamericana Norte.

En primer lugar, con respecto a la Carretera Panamericana Norte, las medidas de mitigación y los lineamientos de prevención de desastres que se han de tratar en el presente trabajo de investigación, están enmarcados dentro del Sector de Transportes y en el ámbito del fenómeno “El Niño”. Con este propósito, durante el desarrollo del estudio se ha de contemplar los siguientes aspectos:

- Conocer los factores meteorológicos – atmosféricos que dieron origen a los desastres en la Carretera Panamericana Norte.
- Identificar las zonas específicas que han sido deterioradas o destruidas por efectos del fenómeno “El Niño” a lo largo de la carretera.
- Realizar un diagnóstico sobre el estado situacional de la carretera.
- Recomendar medidas de mitigación para la protección y mejoramiento de la infraestructura existente en zonas vulnerables.

En segundo lugar, con respecto a la ciudad de Chiclayo, la zonificación y los planteamientos para desarrollar un sistema de drenaje, están enmarcados dentro del desarrollo urbano y el ámbito del fenómeno de “El Niño”. Con este propósito, durante el desarrollo del estudio se ha de contemplar los siguientes aspectos:

- Conocer los factores meteorológicos-atmosféricos que dieron origen a los desastres; así como también, los factores que agudizaron la inundación

en la ciudad.

- Identificar las zonas propensas a inundación que han sido afectadas por el fenómeno de “El Niño”.
- Realizar un diagnóstico sobre el estado situacional de la ciudad.
- Plantear medidas de mitigación para la protección y reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura de la ciudad.

En lo relacionado a la información del tramo ha investigar, se ha recurrido a estudios realizados por diversas empresas consultoras y constructoras, que se encuentran en el Archivo General del PERT y la Planoteca del Ministerio de Transportes.

Los datos de antecedentes de desastres y condiciones naturales se encuentran dispersos en diversas entidades como INRENA, Biblioteca de FIC-UNI, Ministerio de Agricultura, etc.

Por otro lado, la evaluación de daños ocasionados a la carretera se ha basado en informes realizados por el SINMAC - MTC y complementados con trabajos de campo.

Las medidas de mitigación y los lineamientos de prevención se han determinado según el análisis realizado a los estudios citados y con el asesoramiento de diversos profesionales.

Un objetivo adicional, es que el presente estudio sea analizado y mejorado de tal manera que sirva a otros estudios de investigación de índole similar.

CAPITULO II

El Fenómeno de “El Niño”

2.1 DEFINICIÓN

El fenómeno de "El Niño" es una alteración climática que se presenta a intervalos de dos a siete años, comprometiendo a un gran sector del planeta; su extensión abarca el Océano Pacífico Ecuatorial y gran parte de los continentes de Asia, Oceanía, Europa, y América. La costa de América del sur que normalmente es árida se torna lluviosa en tanto que las costas de Asia se debaten en sequía. También se presentan alteraciones climáticas en otras partes del mundo con consecuencias muy graves.

El fenómeno se inicia en el Océano Pacífico Tropical, cerca de Australia e Indonesia, donde la temperatura de las aguas superficiales se eleva unos cuantos grados por encima de lo normal. Gradualmente este máximo de temperatura se desplaza hacia el Este y, alrededor de seis meses después, alcanza la costa de América del Sur, en el extremo este del Pacífico. El desplazamiento del máximo va acompañado de un enfriamiento relativo en el Pacífico Occidental, es decir, cerca de Asia.

Esta aparición de corrientes oceánicas de aguas cálidas en las costas del Océano Pacífico de América del Sur, se presenta durante el verano del hemisferio sur y se caracteriza porque la superficie del mar y la atmósfera sobre él presentan una condición anormal durante un período que va de doce a dieciocho meses. Mientras esto sucede en el océano; en la atmósfera se produce una alteración del patrón de la presión atmosférica, que baja en el lado este del Pacífico y sube en el oeste. A la aparición y desplazamiento del máximo de temperatura se le ha nombrado más recientemente "**episodio cálido**" y al sube -y- baja de la presión, **Oscilación del Sur**. Modernamente se nombra al fenómeno ENOS [ENSO en inglés], acrónimo de El Niño, Oscilación del Sur, denotando con ello el conjunto de alteraciones en los patrones normales de circulación del océano y la atmósfera.

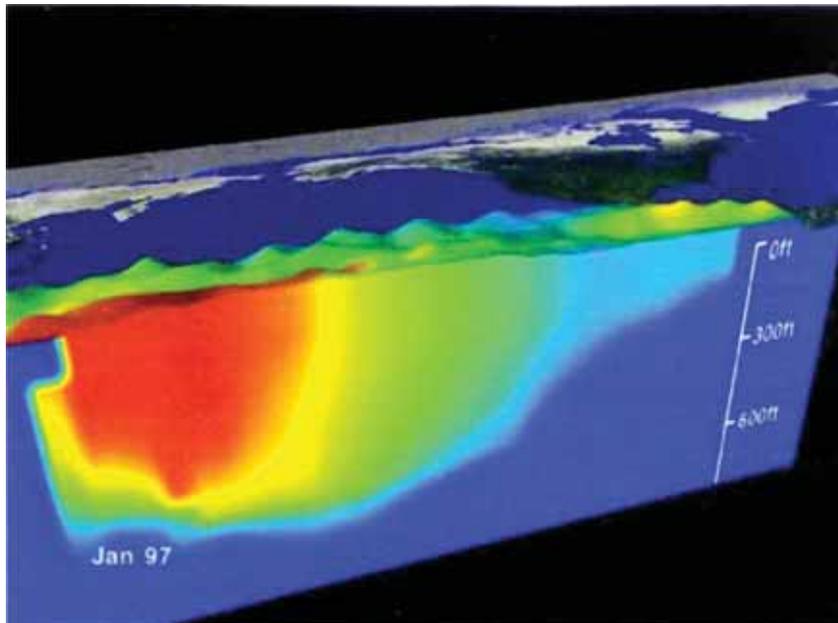
Durante el ENOS se altera la presión atmosférica en zonas muy distantes entre sí, se producen cambios en la dirección y la velocidad del viento (nueva

dirección de Oeste a Este), trayendo como consecuencia que las aguas superficiales calentadas sean arrastradas hacia zonas normalmente desérticas, haciéndolas cálidas y lluviosas. En el océano, la contracorriente ecuatorial, que desplaza las aguas frías de la corriente del Perú hacia el Oeste, se debilita, favoreciendo aún más el transporte de aguas cálidas hacia la costa de América del Sur.

En nuestro país, durante épocas normales, bajan aguas cálidas provenientes de las costas ecuatorianas y colombianas, hacia las costas de los departamentos de Piura y Lambayeque, dando lugar a un ligero aumento de temperatura del mar y a algunos breves días de lluvias en las ciudades cercanas. Ciertos años, sin embargo, la invasión de aguas cálidas, de salinidad menores a la normal, es más voluminosa y llega hasta las proximidades de Pisco, cambiando totalmente las características de la zona normalmente bañada por la corriente de Humboldt o Corriente Costera Peruana. En este caso, además de cambios físicos en el océano, se producen importantes cambios meteorológicos: lluvias, tempestades, vientos de gran velocidad y, como consecuencia de ellos, aparición de vegetación en las zonas desérticas de la región costera norte del país, mortalidad de peces y aves marinas, aumento del caudal de los ríos, derrumbes con los peligros consiguientes, etc. Debido a esta combinación de factores, los científicos prefieren hablar del Fenómeno de “El Niño”, en lugar de la corriente del Niño, refiriéndose a estos años especiales.

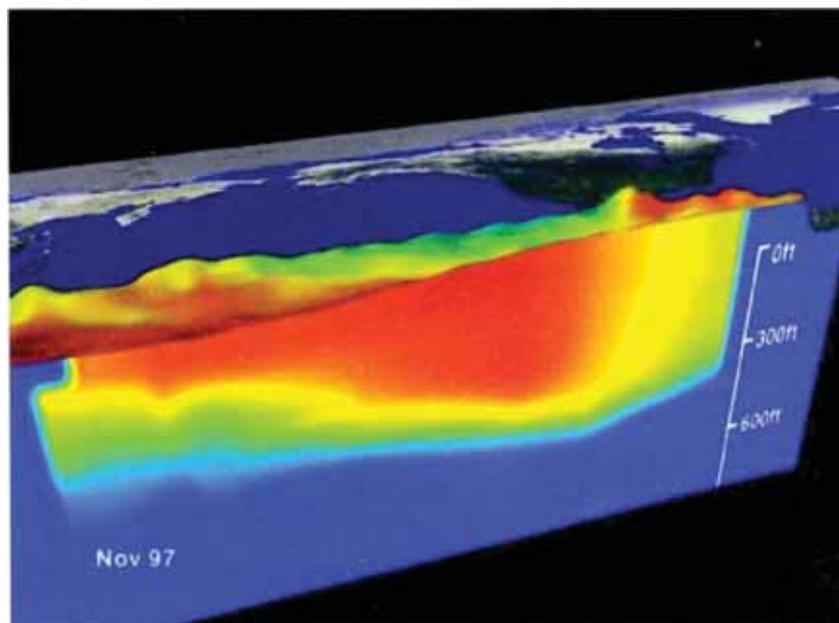
Los gráficos mostrados a continuación nos esquematizan la magnitud del fenómeno, en lo referente al cambio de temperaturas que presenta las aguas del mar, en la zona intertropical durante la época del fenómeno de “El Niño” 98. La variación de colores de celeste a rojo representa la variación en forma creciente de la temperatura y la profundidad del mar se da en pies (ft).

El Grafico 2.1).- Esquematiza el mes de enero de 1997; se observa la presencia de una gran masa caliente de agua, que está ubicada en las costas de Australia.



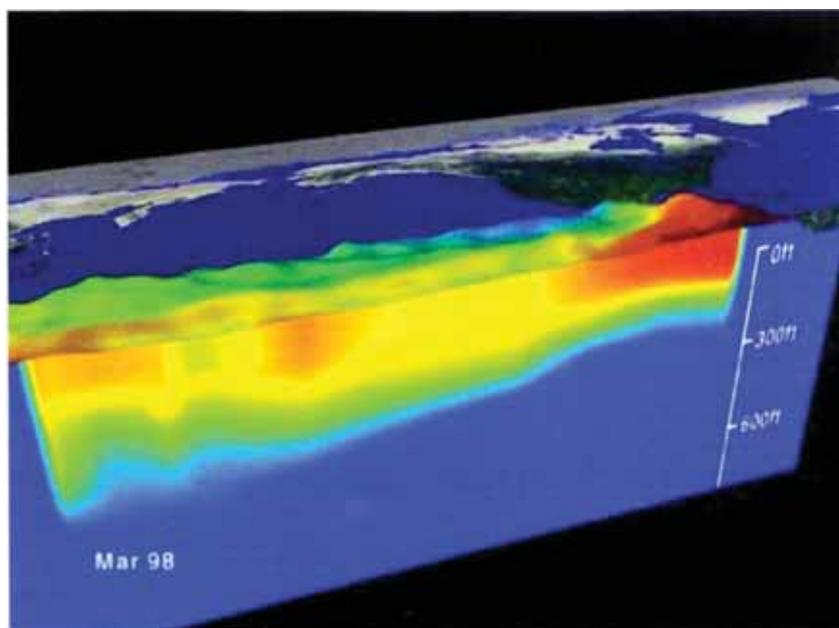
(Grafico 2.1)

El Grafico 2.2).- Esquematiza el mes de noviembre de 1997; se observa que la gran masa caliente de agua se ha disipado, pero aún hay una concentración pequeña pegada a las costas de América.



(Grafico 2.2)

El Grafico 2.3).- Esquematiza el mes de marzo de 1998; se observa que la masa caliente presenta un menor tamaño y se encuentra pegado a las costas de América.



(Grafico 2.3)

2.2 HIPOTESIS SOBRE EL “DONDE, CUANDO Y COMO SE GENERA EL FENÓMENO”

En la ingeniería se acostumbra primero a conocer los orígenes de los problemas, para de esta manera se entienda el proceso de afectación y luego se aporte con un mejor criterio las posibles soluciones; bueno en este caso no será así, puesto que a ciencia cierta no se sabe, dónde, cuándo y cómo se genera este poderoso fenómeno fisiográfico poderoso, porque afecta a gran escala la dinámica oceánica, atmosférica y geodinámica de la superficie, convirtiéndose todo en un gran proceso geológico a escala mundial.

En esencia este fenómeno es un proceso físico, dinámico producto de alguna fuente energética. Estos conceptos no tienen otra alternativa. La cuestión es dónde, cuándo y cómo se produce esta energía capaz de afectar de manera convectiva y mecánica a miles de billones de toneladas de materia. Para ello, lo que se tienen son sólo hipótesis. De esas se conocen las siguientes¹ :

1. Por Pérdida del Ozono.

El ozono se sigue perdiendo y se sigue agrandando hace décadas en los denominados ‘huecos atmosféricos “, bajo estas condiciones, el niño sería casi permanente. Además, se conocen de lluvias torrenciales y otros procesos, desde tiempos inmemoriales cuando no existían aquellos huecos atmosféricos.

2. Concentración de Bióxido de Carbono.

Del mismo modo, la concentración de bióxido de carbono es de nuestra era industrial, de este siglo; sin embargo, las grandes lluvias en el Perú se registran desde el siglo pasado. Los sedimentos y valles de nuestra costa son testigos de lluvias intensas de hace miles de años. En realidad grandes lluvias y diluvios se conocen desde los tiempos bíblicos.

¹ Informe del Provia del Niño 1998 exposicion del Dr Carlos F Cenzano Z

3. Generación de Grandes Biomosas Marinas.

Es una idea reciente, que grandes masas de microorganismos marinos en Oceanía pueden haber generado un desequilibrio térmico.

4. Por Explosiones Atómicas.

Esta es una idea casi popular; podríamos darle algún sustento si consideramos que una explosión atómica genera ondas de compresión y que transmitidas en el manto terrestre superior (plástico) tendrían el efecto del principio de Pascal. Estas serían enormes presiones hidráulicas que podrían a su vez desplazar a las placas tectónicas, que por fricción entre las placas generarían calor. Para hacer oposición científica nos remitimos a los sustentos de 1y 2.

5. Por el Calentamiento de Mares de Oceanía.

El calentamiento de mares de Oceanía es una hipótesis reciente, plausible, está sustentada por observaciones de la fuente de calentamiento; pero no se sustenta la causa.

6. Actividad Volcánica Intramarina.

En la volcánica intramarina pacifica se habrían registrado alteraciones químicas en las aguas marinas profundas, pequeños sismos y posiblemente el flotar materia vítrea donde se ha iniciado elevaciones de temperatura, se han presentado estas manifestaciones.

7. Acción de Vientos Alisios.

Los vientos alisios dependen de la termicidad terrestre, por tanto, no podría ser el causante del fenómeno.

8. Por Vientos Solares.

En cuanto a los vientos solares no se han registrado anomalías solares coincidentes con el fenómeno.

9. Un Niño Tectónico debido a las Placas de Nazca.

Esta es una hipótesis formalmente presentada. Considera que las placas de Nazca en su desplazamiento contra nuestro continente, en ciertas zonas durante su migrar producen alta compresión y fricción, generándose elevación de temperatura. Luego se disiparían, con la consiguiente transmisión de calor de la zona de fricción al fondo marino, de este a las aguas oceánicas, produciendo mayor evaporación y elevación de la temperatura en la atmósfera. Esta hipótesis tiene un buen argumento: mediante satélites se registró en junio –1997 la elevación de la temperatura frente a Valparaíso, cosa inusual, realmente anómala. Esta observación es la base de la hipótesis. El causante del calor sería la alta fricción en las profundidades.

10. Un Niño Óptico o Radiación Solar Concentrada.

Esta hipótesis supone que entre la curvatura de la atmósfera y debajo de ella una gran masa de aire frío curvo por su peso se formaría un lente enorme de unos 1,000 km. de diámetro capaz de concentrar los rayos solares mientras se disipa ese enorme lente formando aleatoriamente durante muchas semanas. Estas condiciones se pueden dar sobre las costas de Chile, también en otras zonas de aire frío. Para probar esto sería necesario que el calor se incremente en la superficie del mar más que en el fondo. Esto lo diferiría del niño tectónico.

2.3 INDICADORES

Una forma de monitorear el fenómeno, es con sus indicadores, que nos dan una idea de la forma e intensidad en que se presentan. Entre los principales tenemos²:

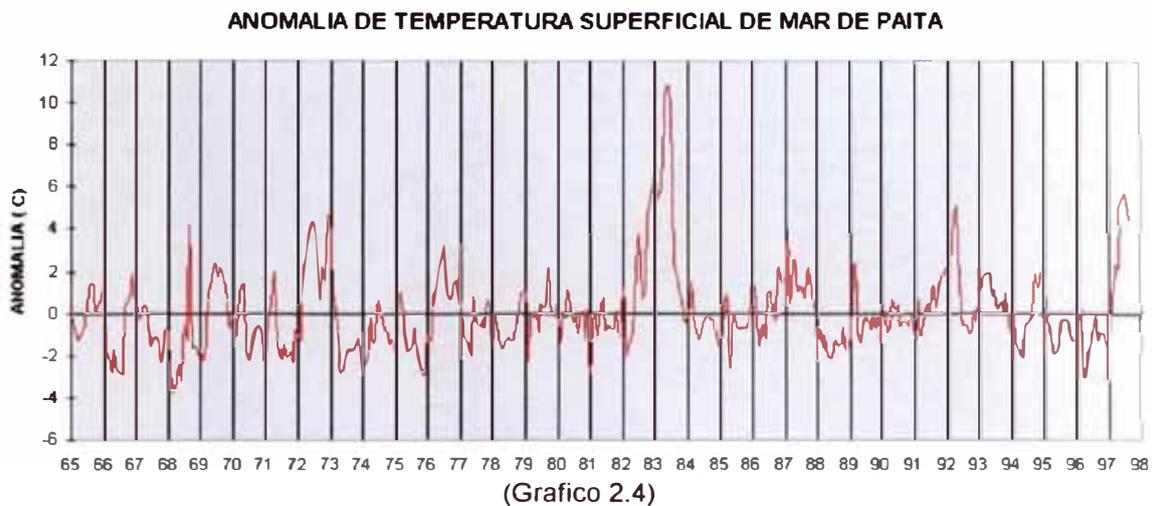
- 1) La Temperatura Superficial del Mar.
- 2) El Índice de Oscilación Sur (IOS).
- 3) La Presión Atmosférica Local.
- 4) El Nivel Medio del Mar.
- 5) La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

2.3.1 LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Es uno de los indicadores más conocido del fenómeno de El Niño. Normalmente el litoral peruano se caracteriza por las bajas temperaturas del agua de mar debido a la Corriente Costera Peruana (Humboldt) y a la surgencia de aguas sub-superficiales más profundas por acción de los vientos. El debilitamiento de los vientos es la principal causa del incremento de la temperatura superficial del mar.

Estos cambios de la temperatura superficial del mar influyen en la salinidad de las aguas, cambiándose, por tanto, las condiciones ambientales para los ecosistemas marinos. Estos cambios, a su vez, afectan las poblaciones de peces, especialmente en las áreas del Pacífico americano y, por ende, la actividad pesquera en ellas. Los cambios en la circulación atmosférica alteran el clima global, con lo que se afectan la agricultura, los recursos hídricos y otras actividades económicas importantes en extensas áreas del planeta.

² Pagina Web de Internet, de la Universidad de Piura <http://www.udep.edu.pe/elniño>



El Grafico 2.4).- Muestra los registros históricos de la correlación que existe entre las anomalías de la temperatura superficial del mar (diferencia entre el valor actual y el habitual) frente a Paita y los eventos de El Niño. Se puede diferenciar también que la magnitud de las anomalías guarda relación con la magnitud del evento.

Temperaturas superficiales del Océano Pacífico ecuatorial³

Las aguas de la costa peruana son frías por dos razones; por la acción de la corriente de Humboldt y la más importante es por el proceso de afloramiento de las aguas profundas, que son frías porque no se exponen a un calentamiento prolongado por los rayos del sol.

El mar, tiene dos capas muy definidas, una parte superior, que se calienta con el sol y luego, por la turbulencia y la actividad de las olas y procesos físicos de mezclado, se mezclan y producen un engrosamiento que va desde los 20 hasta los 150 metros, según la región del mundo. Por debajo de esta capa hay un mar profundo con una temperatura mucho menor y bastante constante en todo el Pacífico. Esta segunda región tiene una temperatura de 15 grados aproximadamente en su parte superior y progresivamente menor conforme avanzamos en profundidad. A una cierta profundidad, hay un cambio brusco de regímenes de temperatura. La superficie que separa estas dos aguas a

³ Pagina Web de Internet del Instituto Geofísico del Perú <http://www.igp.gob.pe>

diferentes temperaturas recibe el nombre de termoclina.



Figura 3a - Esquema mostrando la estructura de las aguas frías en tiempo de un No-Niño.

(Grafico 2.5 – Figura 3a)

El Grafico 2.5 - Figura 3a).- El dibujo esquemático muestra la costa peruana, los Andes y los vientos alisios que soplan a lo largo de la costa casi paralela a los Andes. El viento sopla con esa misma velocidad cerca a la superficie del mar y es capaz de arrastrar el mar consigo y forma, hasta cierto punto, lo que conocemos como la Corriente de Humboldt. Una componente de ésta va de sur a norte, pero como consecuencia de la rotación de la Tierra, hay una fuerza, que se denomina de Coriolis, que hace que las aguas de la superficie se alejen en una dirección perpendicular al viento. Existe un proceso que ocurre en la Tierra por su rotación; las aguas son empujadas en la misma dirección del viento, pero las aguas, en lugar de responder en esa dirección, tienen una componente que va de la costa hacia mar adentro.

Esta componente es responsable del afloramiento; donde las aguas que están cerca de la costa son retiradas mar adentro y reemplazadas por aguas mas profundas y frías. Esto es lo que se llama afloramiento, y es responsable que frente a las costas del Perú haya aguas mucho más frías que las que le corresponden a su latitud.

La profundidad de la termoclina (se ilustra con la superficie azul mostrada en el corte) demarca la separación de las aguas calientes superficiales con las frías a profundidad. El menor peso de las aguas calientes superficiales hace también que exista una diferencia en el nivel del mar de unos cuantos decímetros entre los dos extremos, sostenidos por los vientos alisios. El nivel sube en el extremo occidental y baja frente a las costas de Sudamérica.

Las aguas calientes acumuladas en el extremo occidental del Pacífico juegan un papel importante durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño. La existencia casi permanente de aguas por encima de los 28° C, incluyendo áreas extensas con temperaturas de 29° C y hasta de 30° C hace que ésta zona sea altamente inestable.

Las condiciones de Temperatura Superficial del Mar durante un No-Niño se presenta con fluctuaciones; es decir, son cambiantes día a día. En general hay fluctuaciones de un cierto nivel con todos los parámetros que defienden tanto el mar como la atmósfera. Llega un momento que por alguna razón estas fluctuaciones hacen que las aguas sean más calientes en una zona que no está en el extremo occidental, como por ejemplo, un poco más hacia el centro del Pacífico. Eso hace que llueva en una zona un poco más hacia el mismo centro; lo que a su vez, cambia el sistema de presiones (más bajas donde llueve) y hace que los vientos alisios amainen o que lleguen a soplar aún en direcciones contrarias a las normales.

Al cesar los alisios que mantenían la acumulación de aguas en el Pacífico occidental, los desniveles mencionados, tanto de la superficie como de la termoclina, tratan de lograr su posición de equilibrio y las aguas calientes se desplazan hacia el este en forma de una onda (denominada de Kelvin). Esto hace que las aguas más calientes y profundas se desplacen más hacia al centro, lo que a su vez produce más lluvia en la zona central, formándose un círculo vicioso que acentúa la situación.

El resultado final de todo este proceso, lo que ocurre durante El Niño es que

esta actividad convectiva que estaba en el extremo oriental del Pacífico se desplaza hacia el centro del Pacífico. El desplazamiento de la sección más profunda de aguas calientes, en forma de onda, continúa por inercia más allá del Pacífico central e incide sobre la costa de Sudamérica. Aquí se produce un engrosamiento de la termoclina el que se propaga hacia el sur y el norte invadiendo con aguas calientes las costas del Perú (ver Grafico 2.6 - Figura 4).

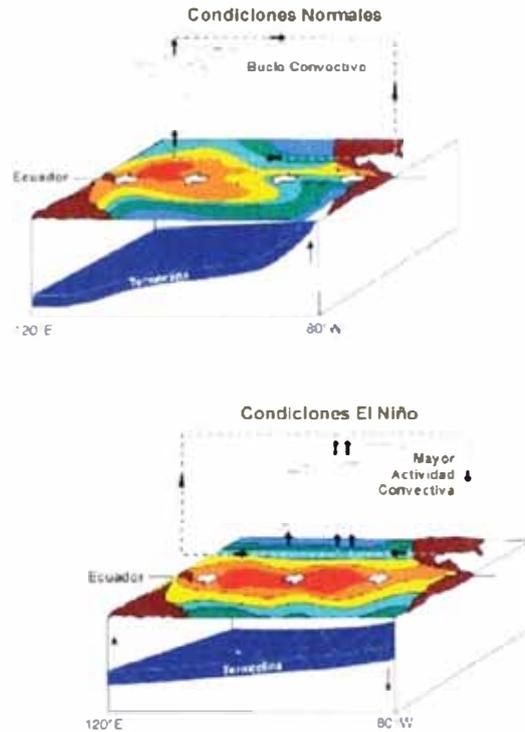


Figura 4 - Distribución de las temperaturas en el Pacífico ecuatorial durante condiciones normales (a) y El Niño (b).

(Grafico 2.6 – Figura 4)

Súbitamente la costa del Perú, que tenía una termoclina relativamente poco profunda y aguas frías aflorando a la superficie frente a la costa, ahora en lugar de tener esas aguas tiene una capa de agua caliente, bastante gruesa, que fácilmente se mantiene en éstas condiciones pues su grosor y baja densidad impide el afloramiento de las aguas profundas y frías. El afloramiento sigue, pues los vientos alisios siguen soplando, como en las condiciones anteriores (los vientos en esta época de El Niño, son hasta un poco más altos que en condiciones normales), pero en lugar de aguas frías afloran aguas también calientes (ver Grafico 2.7 - Figura 3b).

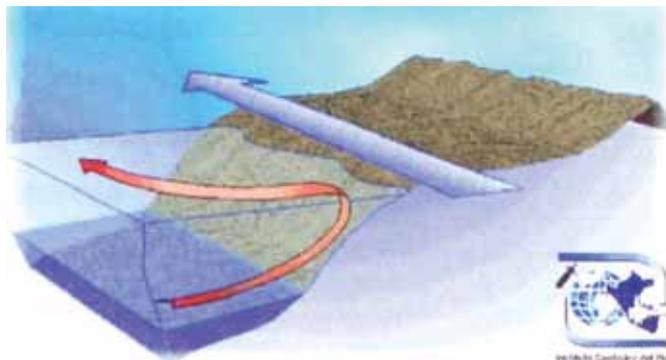


Figura 3b - Igual que 3a, pero durante condiciones de El Niño

(Grafico 2.7 – Figura 3b)

Durante un Niño intenso la profundidad de la termoclina frente a las costas del Perú sobrepasa los 200 metros y la temperatura superficial del mar sube varios grados por encima de lo normal. En la costa norte del Perú la superficie del mar alcanza temperaturas por encima de los 28° C, la inversión de temperatura se rompe, la atmósfera se desestabiliza y ocurren lluvias tropicales.

El Grafico 2.8 - Figura 5).- Muestra la realidad de las temperaturas de la superficie del mar en todo el Pacífico ecuatorial; su fecha: 19 de noviembre. También podemos ver las figuras 2a, 2b y 2c, en la cual se observa en corte lo que está sucediendo en las profundidades de las aguas, desde Indonesia hasta cerca a Perú. **Arriba.-** Muestra las temperaturas superficiales del mar en todo el Pacífico ecuatorial. Los diferentes colores representan diferentes temperaturas. Los rojos indican las más calientes y los azules las más frías. La correspondencia exacta de la temperatura se lee en la escala en la parte inferior del recuadro. Las temperaturas a lo largo de la costa del Perú, en esta época, están entre los 21 y 25 grados. Estas temperaturas, a menos de que Uds. tengan gran familiaridad con su comportamiento normal, no nos dicen cuán anormales son. Esto se muestra en el recuadro inferior en términos de lo que se conoce como "Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar". Estas muestran la diferencia que hay entre la temperatura del mar del momento con la temperatura que normalmente existe en esa época del año en ese lugar. **Abajo.-** Muestra una gran mancha granate oscuro, indicando anomalías en la

temperatura de +5°C frente a las costas de Ecuador y norte del Perú. Esto es indicativo de un Niño intenso. Cuando no hay Niño, cuando las condiciones son normales todo el Pacífico debería estar pintado de blanco. Podemos apreciar la intensidad del fenómeno que estamos experimentando considerando que basta la existencia de temperaturas de sólo 2 grados de anomalía para definir la presencia del Fenómeno El Niño, aunque débil.

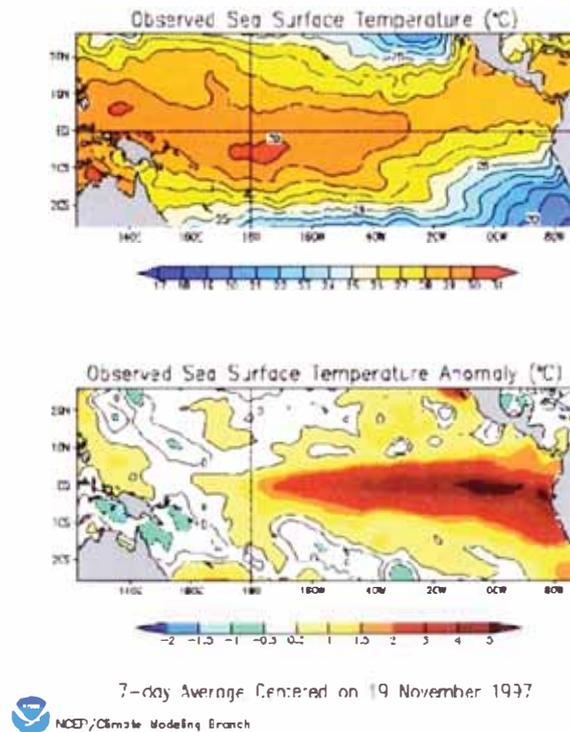


Figura 5 - Estado de las temperaturas superficiales del mar en el Pacífico durante El Niño de 1997-98 (Nov. 1998).

(Grafico 2.8 – Figura 5)

Es interesante notar también la extensión de la superficie con temperaturas anormalmente altas. Estas se extienden desde las costas de Sudamérica hasta la línea 180° Oeste, con una extensión de cerca de 100° de longitud que corresponden a cerca de 11,000 Km, la cuarta parte del perímetro terrestre. Si bien no se tiene una figura similar para el año 1983, ésta extensión e intensidad es comparable con lo ocurrido el año 1998.

El Grafico 2.9 - Figura 6).- **Derecha**; Muestra las temperaturas que corresponde a la época pico de máxima incursión de aguas superficiales calientes correspondiente al promedio de los últimos siete días anteriores a

Febrero 1998. **Izquierda;** Muestra las temperaturas que corresponde a una época después de ocurrido el fenómeno 1998 y corresponde a una situación casi normal. En ésta última se ilustra muy bien el proceso de afloramiento responsable de las aguas frías (verdes y celestes) cercanas a la línea de costa.

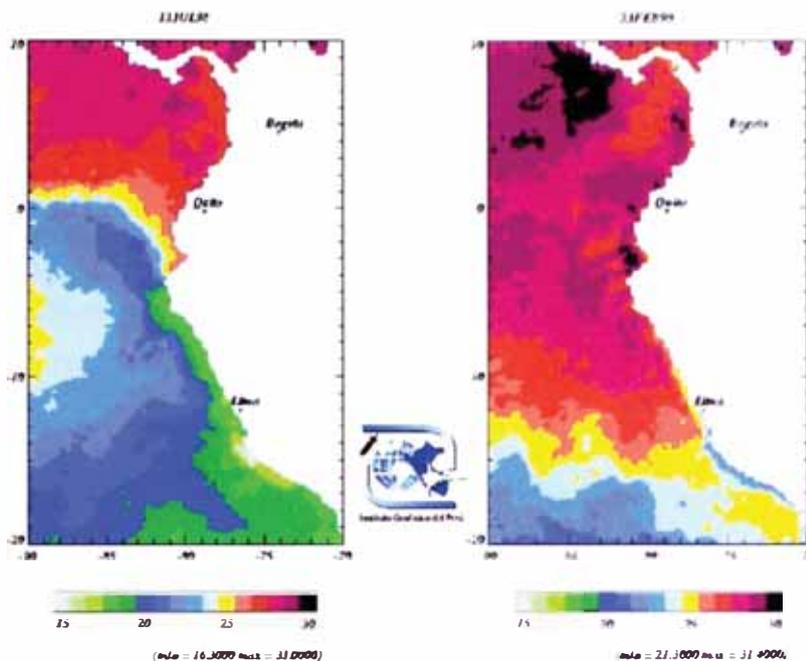


Figura 6 - Estado de las temperaturas superficiales del mar frente a las costas del Perú bajo condiciones de No-Niño (izquierda) y Niño (derecha).

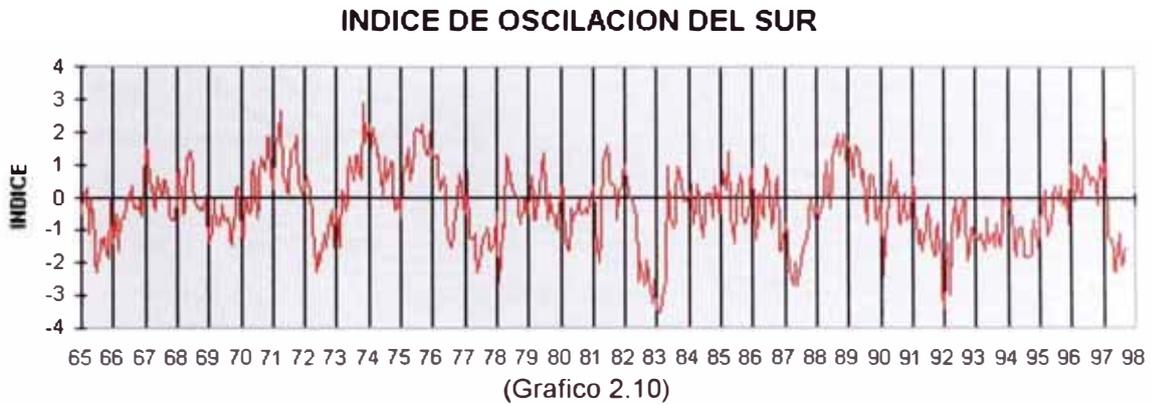
(Grafico 2.9 – Figura 6)

2.3.2 EL INDICE DE OSCILACIÓN SUR (IOS)

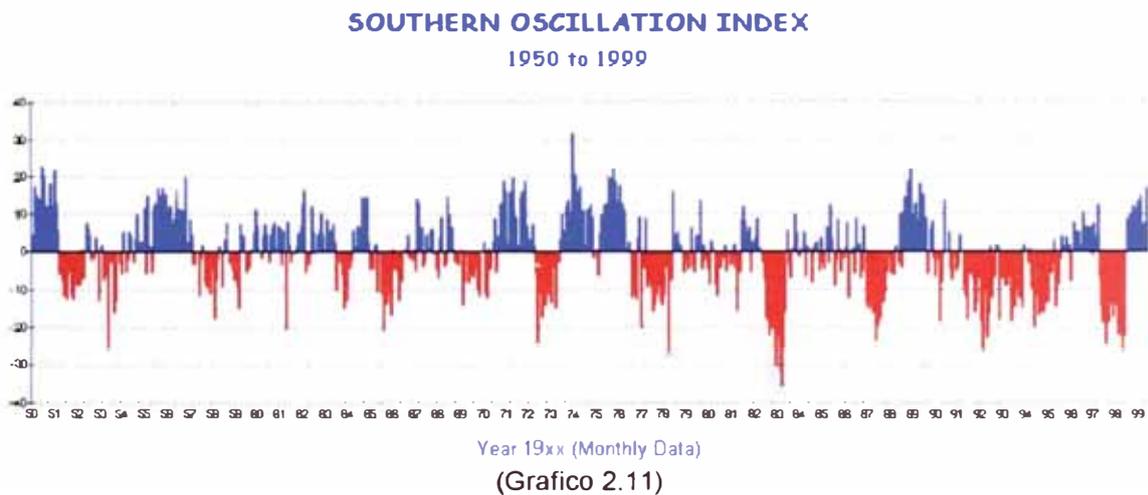
Es uno de los indicadores más importantes del Fenómeno de “El Niño”. La conexión entre este índice y el Fenómeno de “El Niño” comenzó en 1960 (Belarge) al relacionar presiones atmosféricas y temperaturas del mar entre Indonesia y la costa peruana.

El IOS es la diferencia entre un lugar de la zona de alta presión en el Pacífico Sur y otro de baja presión en Indonesia y norte de Australia. Si la diferencia de presiones tiene un valor alto, entonces llueve en Indonesia mientras que en nuestras costas las lluvias son escasas, pero cuando esta diferencia tiene valores negativos la presión en nuestras costas es baja y por tanto llueve, en tanto que en Indonesia la presión es alta experimentando inusuales sequías.

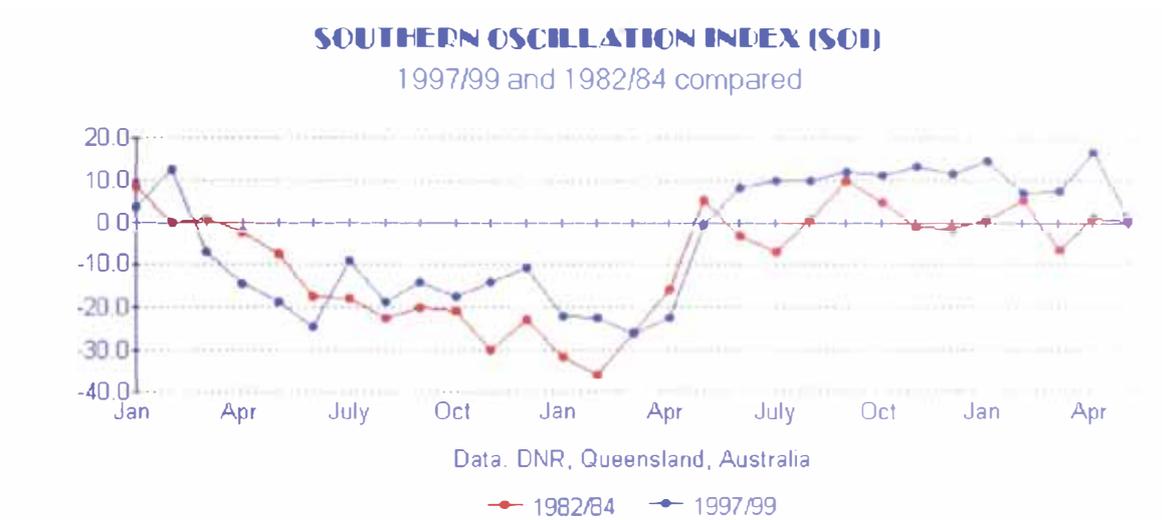
El Gráfico 2.10).- Muestra la variación de los índices de -4 a 4, y los años desde 1965 a 1998.



El Gráfico 2.11).- Muestra la variación del IOS desde 1950 a 1998



El Gráfico 2.12).- Muestra la comparación entre los IOS de los años 1982-84 y 1997-99, durante los meses de junio a abril de dichos años.

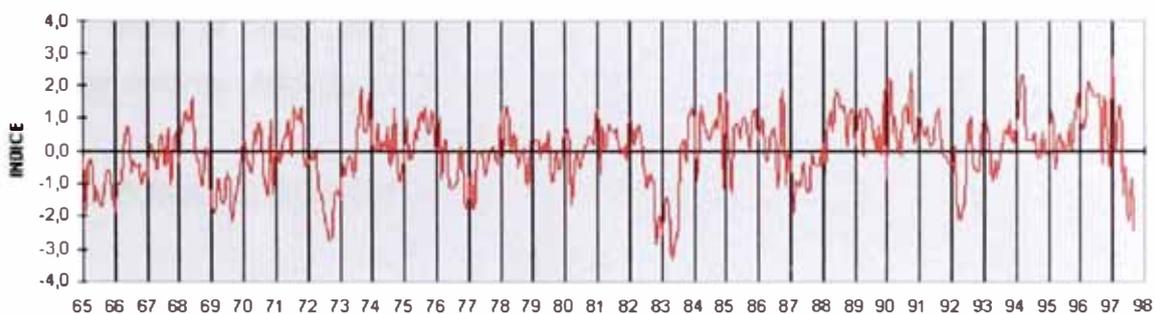


(Grafico 2.12)

2.3.3 LA PRESIÓN ATMOSFERICA LOCAL

Es un indicativo inmediato y fácil de medir, el cual se compara con los valores normales, obtenidos del promedio multianual para cada mes, de manera que si la diferencia entre el valor actual y el promedio es positiva, la presión es alta, mientras que si ésta diferencia es negativa la presión es menor que la habitual, favoreciendo a fenómenos convectivos y formación de nubes de desarrollo vertical o de lluvia (ver Grafico 2.13).

INDICE DE PRESION (PIURA, CHILAYO, TALARA)



(Grafico 2.13)

2.3.4 EL NIVEL MEDIO DEL MAR – LOS VIENTOS DE ALTURA

El nivel medio del mar es otro indicador de “El Niño”, porque cuando el fenómeno se presenta, las aguas están forzadas a acumularse en nuestras costas. En 1983 el nivel medio del mar frente a Paita se elevó hasta 50 cm por encima de su nivel normal. No existen datos históricos en esta estación, sin embargo estas alteraciones también se han detectado frente al Callao (ver

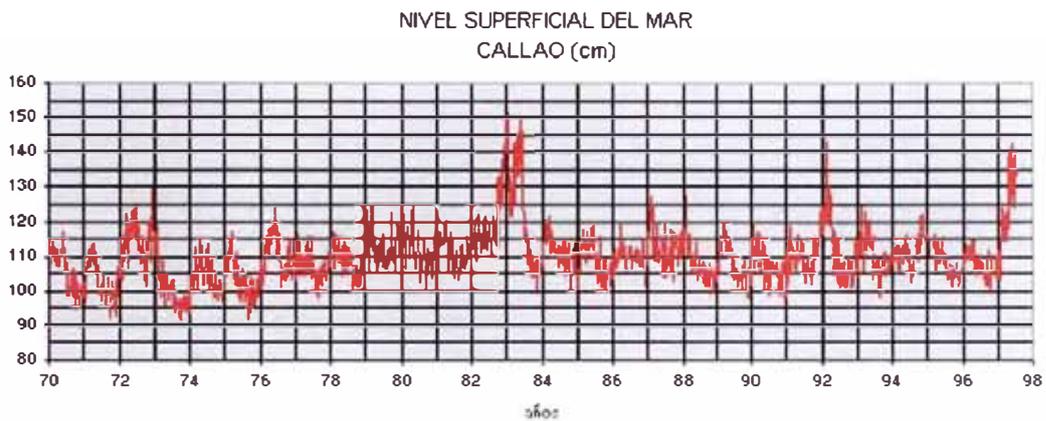


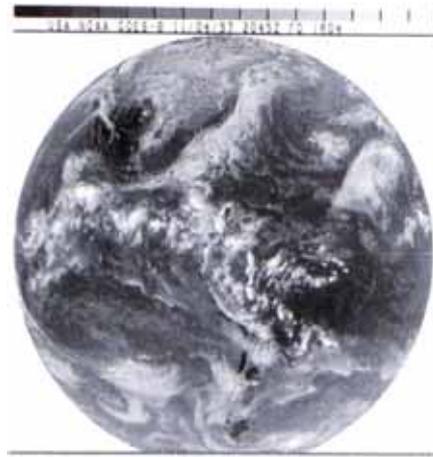
Grafico 2.14).

(Grafico 2.14)

La intensidad y dirección de los vientos de altura es otro parámetro importante que nos permite verificar si éstos circulan normalmente o no, siempre y cuando sean medidos en la cercanía de la línea ecuatorial que es donde los alisios se desvían hacia el oeste formando una celda (Walker). El radar de Piura está estratégicamente ubicado y es capaz de detectar estas variaciones.

2.3.5 LA ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT)

Banda nubosa de actividad convectiva que normalmente se encuentra sobre el Ecuador, normalmente está ubicada en el hemisferio norte, desplazándose hacia el norte en invierno y hacia el Ecuador en verano. Cuando la circulación se ve alterada por efecto del Fenómeno de El Niño, la Zona de Convergencia Intertropical desciende, ubicándose en las cercanías de los 5 grados de latitud sur (ver Grafico 2.15).



(Grafico 2.15)

Existen además otros parámetros tales como el nivel de la termoclina oceánica, radiación de onda larga, el paso de la onda Kelvin, etc., que son monitoreados por satélite. La intensidad de las precipitaciones están asociadas a la magnitud de las anomalías de los parámetros monitoreados, se puede observar que “El Niño” 82-83 superó los niveles históricos registrados.

2.4 CRONOLOGÍA DEL FENÓMENO

Los fenómenos de “El Niño” se han presentado desde tiempos muy remotos, con efectos similares (inundación y sequías pero con diferentes magnitudes). A continuación se describe los principales fenómenos ocurridos con su intensidad y el tipo de afectación:

AÑOS	CARACTERISTICAS
1,791	Moderado
1,804	Moderado
1,814	Moderado
1,828	Intenso
1,845	Intenso
1,864	Moderado
1,871	Intenso
1,877-78	Moderado
1,884	Moderado
1,891	Muy Intenso
1,899	Débil
1,911	Moderado
1,918	Moderado
1,921	Moderado
1,923	Débil
1,925-26	Muy Intenso
1,930	Débil
1,931	Débil
1,932	Débil
1,939	Moderado
1,940-41	Intenso
1,953	Intenso

1,957-58	Intenso
1,960	Débil
1,963	Débil
1,964	Moderado
1,965	Moderado
1,972-73	Intenso
1,976	Moderado
1,982-83	Moderado
1,987	Moderado
1,992	Intenso
1,994	Moderado
1,997-98	Intenso a muy Intenso

A continuación se muestra la cronología de uno de los indicadores más conocidos:

Cronología de la Temperatura Superficial del Mar del puerto de Chicama⁴.

Las comparaciones de temperatura del mar del puerto de Chicama, son posibles gracias a que tenemos información desde tiempos remotos, se cuenta con registros continuos de temperaturas del mar desde hace cerca de 75 años.

El Grafico 2.16 - Figura 7).- Muestra sólo, por claridad, aquellas temperaturas correspondientes a Niños importantes, que durante algún mes hayan sobrepasado los 3.5°C de anomalía, o 2.5°C en invierno. Se grafica el promedio mensual de la anomalía de la temperatura mes a mes. Notar que los gráficos se inician en octubre de un año hasta setiembre del año siguiente. En esta forma se muestra en forma continua y central la época más interesante del año que es el verano. Un año normal se muestra con valores cercanos al cero. La mayoría de los otros años que no se muestran aquí se mantienen dentro de

⁴ Pagina Web de Internet del Instituto Geofísico del Peru <http://www.igp.gob.pe>

un rango de más o menos 1 a 1.5°C. De los mostrados, aquellos que sobrepasan los 4°C podemos calificarlos como Niños intensos, y como medianos los que sobrepasan los 3°C.

Las temperaturas que tuvo el mar durante los fenómenos de El Niño de los años 1997-98 (en amarillo) y en el año 82-83 (en azul), sobresalen muy notoriamente por ser considerados Niños intensos a muy intensos. Mientras las temperaturas de los Niños moderados a intensos, como los correspondientes a los años 72, 87, el 92 y muchos otros, llegan a duras penas a los 4°C, a veces 5°C, en abril de 1983 en Chicama la temperatura del mar excedió los 10°C por encima de lo normal.

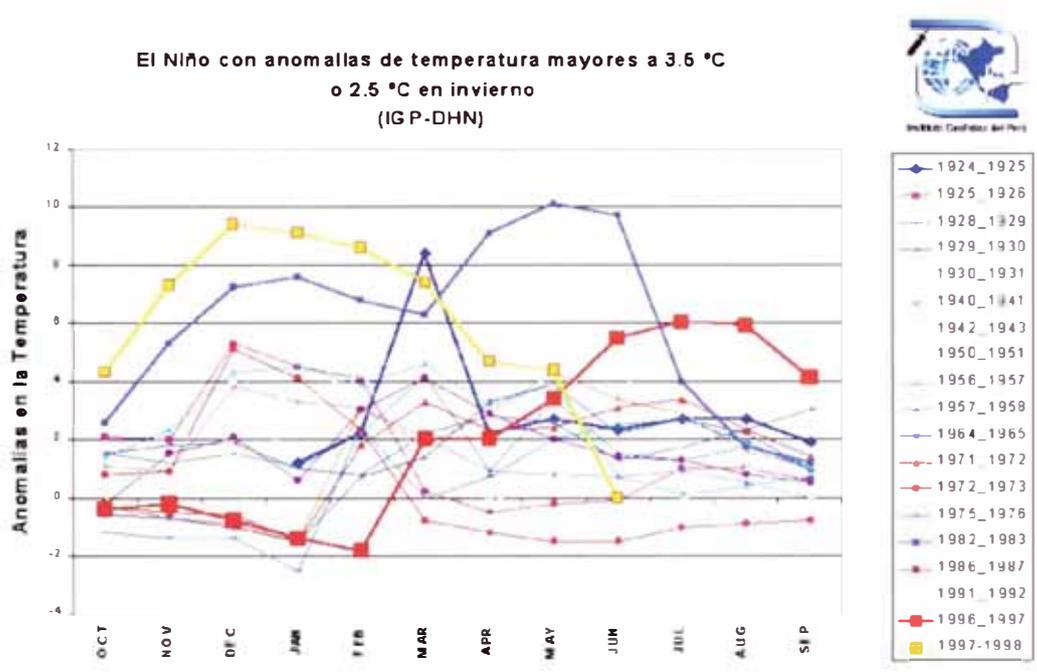


Figura 7 - Temperaturas del mar en el puerto de Chicama durante los fenómenos El Niño más importantes de los últimos 75 años.

(Grafico 2.16)

Otra temperatura que se destaca es la correspondiente al año 1925, año que hasta la ocurrencia de El Niño de 1983 rompía todos los récords de lluvias en la zona norte del país. También se muestra lo extraordinario que son las temperaturas experimentadas durante los últimos meses de 1997. Este año se presentó en sus inicios como un año más frío que lo normal. De un año que se

presentaba frío, súbitamente subió la temperatura y llegó a niveles récord. Muestra también temperaturas más altas que las experimentadas durante El Niño de 1972-73, famoso por la desaparición casi completa de la anchoveta frente a las costas del Perú. Nunca en la historia mostrada en los registros de Chicama se han experimentado anomalías de 6° C en los meses de Julio y Agosto de 1997. Estas son superiores a las temperaturas récord ostentados para esta época por los años 1983 y 1972. Es dos veces más alta en Agosto que la anomalía experimentada en el famoso Niño de 1972-73 que tanto estrago causó a la pesca en el Perú.

2.5 CONCLUSIONES

- El fenómeno de “El Niño” es una alteración climática que compromete un gran sector del planeta afectando a gran escala la dinámica oceánica, atmosférica y geodinámica de la superficie. Se caracteriza por el calentamiento intenso de las aguas superficiales del mar, que compromete en particular las costas de nuestro país, especialmente en la zona norte, originando grandes lluvias y por ende inundaciones.
- Los orígenes del fenómeno son aún inciertos, se han planteado muchas hipótesis, pero en esencia este fenómeno es un proceso físico, dinámico producto de alguna fuente energética.
- Los principales indicadores oceanográficos, meteorológicos y atmosféricos son:
 - 1) La Temperatura Superficial del Mar.
 - 2) El Índice de Oscilación Sur (IOS).
 - 3) La Presión Atmosférica Local.
 - 4) El Nivel Medio del Mar.
 - 5) La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).
- El fenómeno de “El Niño” 1982-83 fue considerado de intensidad excepcional, los desastres ocasionados fueron los más fuertes, por la falta de comprensión del fenómeno y sus efectos, y por ende la falta de previsión.
- El fenómeno de “El Niño” 1997-98 considerado de magnitud fuerte, se mostró con características muy particulares, diferentes a los anteriores, tanto en duración, intensidad y efectos. Dichos efectos fueron menores por las obras de prevención que se realizaron, en especial en las zonas castigadas en el año 1982-83.

- El fenómeno de “El Niño” 1997-98 en comparación con “El Niño” de 1982-83 presentaron entre las principales diferencias:
 - A) La magnitud del fenómeno de 1982-83 fue considerado extremadamente intenso, mientras que en el año 1997-98 fue considerado de fuerte a muy fuerte.
 - B) La Temperatura Superficial del Mar muestra efectivamente que la magnitud e intensidad fue mayor en el año 1983, pero los meses en que estos máximos ocurrieron fueron diferentes; tal es así, que en el año de 1997-98 tuvo sus intensidades máximas en los meses de Diciembre-97 a Marzo-98, y el fenómeno de 1982-83 tuvo sus intensidades máximas en los meses de Marzo a Junio de 1983.
 - C) En el año 1997-98 abarcó mayor área de afectación, entre ellos los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Ancash, Lima e Ica. Mientras que en el año 1982-83 su área de afectación se centró en los departamentos de Tumbes, Piura y parte de Lambayeque.

- Este fenómeno 1997-98 se ha presentado con un 80% de daños causados por lluvias, desbordes, huaycos e inundaciones; diferente a lo sucedido en 1982-83 donde los daños causados por lluvias fue del 42% y los daños causados por sequía del 58%.

CAPITULO III

Antecedentes del Tramo en Estudio

Los antecedentes del tramo en estudio muestran la presencia del fenómeno desde tiempos remotos; de los cuales se tienen informes de que el fenómeno de "El Niño" de 1,972 y el de 1,982-83 se presentó con fuertes precipitaciones pluviales e inundaciones en el departamento de Lambayeque, desde Enero a Mayo, que ocasionaron daños con cuantiosas pérdidas económicas. Las áreas más afectadas fueron: agricultura, transportes, vivienda, saneamiento, educación y salud.

A través de los años el tramo de la carretera en estudio, ha sufrido los efectos del fenómeno, De la recopilación de información existente, se pudo obtener informes de los fenómenos de 1972 y 1982-83, los cuales se presentaron con fuertes lluvias e inundaciones causando cuantiosos daños a las vías de transporte; al igual que en 1997-98 se presenciaron los mismos efectos y daños a la estructura vial, los cuales fueron localizados en los mismos sectores, con diferencia en el grado de daños.

3.1 FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recopilación de información fue necesario recurrir a los Archivos, Bibliotecas y Planotecas de instituciones que han realizado estudios del tramo, como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC), la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), etc. Entre los expedientes rescatados más importantes para este estudio tenemos:

- Estudio de Factibilidad del Tramo: Chimbote-Aguas Verdes, efectuado por “Asesoramiento Técnico Barriga”, y presentado al MTC en el año de 1,974.
- Estudios Definitivos del Tramo: Lambayeque- Mórrope- Piura, efectuado por el Ing. Félix Ugarte, y presentado al MTC en el año de 1,975.
- Estudios de Rehabilitación del Tramo: Lambayeque- Mórrope- Sechura, efectuado por el Ing. Julio Escudero, y presentado al MTC en el año de 1,984.
- Evaluación de Daños del Tramo: Lambayeque- Mórrope- Piura, efectuado por el Ing. Ricardo González, y presentado al MTC en el año de 1,983.
- Estudios Definitivos del tramo: Pacasmayo- División Bayóvar, efectuado por “C.P.S. de Ingeniería S.A. (Consultoría, Proyectos, Supervisión)”, y presentado al MTC en el año de 1,994.
- Estudio de Puentes Mórrope II, San José, El Sarco y Tomasita, en el tramo: Lambayeque-Piura, efectuado por “Integral S.A.”, y presentado al MTC en enero de 1,999.

A continuación se hace una breve descripción de los efectos causados por los fenómenos de “El Niño” anteriores al tramo:

3.2 EFECTOS DEL FENÓMENO DE 1972

Los problemas fueron ocasionados por la incidencia directa de las fuertes lluvias ocurridas ese año que han dado lugar a inundación, destrucción de las pistas y erosión de los rellenos de los estribos de las obras de cruce.

Existen zonas que tienen condiciones de flujo insuficiente ó malas, esto debido a la falta de Mantenimiento de estas áreas que al no presentarse caudal en los ríos o quebradas por algunos años, han quedado parcialmente o totalmente arenadas después de las ultimas crecidas, propiciándose de este modo las inundaciones para crecidas que algunas veces no son las mas extraordinarias.

En el área de estudio se ha observado que las obras de drenaje han sido insuficientes ó inexistentes y se han visto afectadas por las crecidas al originarse desbordes en zonas propensas a inundación.

En el cuadro 3.1 se muestra el resumen de la inspección efectuada en el tramo después de ocurrido el fenómeno¹:

¹ Informe del Estudio de Factibilidad del tramo Chimbote - Aguas Verdes efectuado por Asesor Técnico Barriga y presentado al Ministerio de Transportes y Comunicaciones en 1974

3.3 EFECTOS DEL FENÓMENO DE 1982-83

Este fenómeno fue considerado como extraordinario por el considerable caudal de las aguas pluviales y por las crecientes extraordinarias de los ríos La Leche, Motupe, Olmos y Cascajal, se observó que las obras de drenaje colocadas fueron insuficientes, casi todas las alcantarillas fueron destruidas y arrasadas.

La plataforma de la vía fue destruida en 12 puntos con la creación de nuevas quebradas. Para ello recomendaron que en algunos tramos era necesario elevar la rasante, específicamente en Las zonas donde la superficie de rodadura se encuentra al nivel de terreno natural. Además la mayor parte de las bermas fueron afectada por Las erosiones.

Los daños de mayor consideración ocurridos en este tramo son: Km.803+600 (Mórrope), Km.816, Km.820+600, Km.837+200, Km.839, Km.853+200, en donde han existido alcantarillas TMC 36" y fueron destruidos ensanchando su cauce.

En el cuadro 3.2, se muestra el resumen de la inspección efectuada en el tramo después de ocurrido del fenómeno²:

² Informe del Estudio de Evaluación efectuado por el Ing. Ricardo S. Valdeprado, presentado a MTC y Transportes y Comunicaciones en 1984

3.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL FENÓMENO DE 1,998-99.

Recomendaciones Sugeridas después de ocurrido el Fenómeno 1,983³ :

Las 06 recomendaciones siguientes son una copia fiel de la fuente de recopilación.

- 1.- Se debe ejecutar la limpieza general y encauzamiento de todas las alcantarillas, pontones y puentes, a fin de orientar su cauce hacia las estructuras existentes y/o por construir.
- 2.- En las zonas donde las estructuras menores han sido afectadas, es necesario mejorar la construcción de los accesos provisionales hacia aguas abajo o arriba, de acuerdo a las condiciones que se presenten en cada caso, con la colocación de alcantarillas TMC de 36" en las quebradas que presenten cursos de agua.
- 3.- La superficie de rodadura que se encuentra ubicado al nivel de terreno natural se debe elevar la rasante de 1.00 m a 1.50 m con la ubicación de las alcantarillas.
- 4.- La mayor parte de las bermas han sido erosionados a lo largo de la vía, a consecuencia de las ultimas lluvias torrenciales, se recomienda reponer de inmediato el relleno de los mismos con el fin de evitar que siga afectando la carpeta asfáltica en ambos extremos de la vía.
- 5.- En las zonas donde el curso de agua corre paralelo a la plataforma de la vía se debe proyectar zanjas de drenaje con el fin de orientar la salida de las aguas a las estructuras mayores o menores construidos y/o por construirse.
- 6.- Como la mayoría de las obras de drenaje colocados, han sido insuficientes, es necesario efectuar estudios de drenaje en forma exhaustiva, teniendo en consideración el régimen hidráulico en las crecientes extraordinarias de los ríos La Leche, Zurita, Anchovira, Motupe, Chotoque, Olmos, Cascajal,

³ Informe del Estudio de Evaluación efectuado por el Ing. Ricardo Gonzales y presentado al Ministerio de Transportes y Comunicaciones en 1984

Taculaz, con el fin de proveer acciones erosivas futuras de las nuevas estructuras a construirse.

Obras de Prevención realizadas antes de ocurrir el Fenómeno de 1,998

1. Limpieza de 345 unidades de alcantarillas.
2. Limpieza de dunas. Movimiento de tierra = 455 M3.
3. Encauzamiento de los cursos de agua. Movimiento de tierra = 508 M3.
4. Limpieza de 774 ML de cunetas.
5. Defensa ribereña del puente Reque. Incluye descolmatación y protección de taludes con enrocado.
6. Para disminuir los efectos destructivos de los ríos La Leche y Motupe, se optó por desviar estas aguas a los desiertos de Mórrope, Olmos y Sechura, a través de los canales San Isidro (construcción de 13 m de dique) y Pampa El Lino (construcción de 46.8 Km. de terraplén de encauzamiento). Medidas que evitaron que dichas aguas inundaran Motupe, Jayanca, Pacora, Illimo, Batangrande, Pitipo, Ferreñafe, Túcume, Mochumi, Mórrope y Lambayeque; pero que si causaron daños a la carretera panamericana norte nueva, por acción de dichos flujos divagantes (ver plano 5.3).
7. Construcción de 700 ML de Gaviones en la Margen Derecha del río Zaña (Chaman).
8. Construcción de 110 ML de Gaviones y dique de encauzamiento del puente Ucupe.
9. Limpieza y descolmatación del puente Avispero. Movimiento de tierra = 4000 M3.

En la parte final de la Tesis se presenta el material fotográfico que contiene fotos de las obras de prevención para el Fenómeno 97-98. A continuación se muestran los planos de prevención efectuado por la DEPOLTI; las laminas 3.1 y 3.2 ilustran las obras efectuadas en la etapa de prevención hasta diciembre de 1,997; algunas de las obras como el desvío del río La Leche y Motupe

⁴ Informe de evaluación del Plan de Defensa Fenómeno El Niño, efectuado por la CTAR Lambayeque

fueron vitales para evitar la destrucción de los centros poblados de Morrope; mientras que la mayoría de ellas poco o nada hicieron para mitigar los desastres.

3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La recopilación de información se efectuó recurriendo a los Archivos, Bibliotecas y Planotecas de instituciones que han realizado estudios del tramo, como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC), la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), entre otras.
- Los antecedentes históricos muestran la presencia del fenómeno en la ciudad desde tiempos remotos; de los cuales se tienen informes de que el fenómeno “El Niño” de 1,982-83 se presentó con fuertes precipitaciones pluviales e inundaciones en el departamento de Lambayeque, desde Enero a Mayo, que ocasionaron daños con cuantiosas pérdidas económicas. Las áreas más afectadas fueron: agricultura, transportes, vivienda, saneamiento, educación y salud.
- Con la información recogida de los fenómenos de 1972 y 1983-83, se pudo identificar sectores que continuamente se han visto afectados por las inundaciones y es el tipo de flujo en que determina el ancho de vía influenciada; en el caso de las acequias y ríos, las crecidas han definido anchos relativamente pequeños (principalmente en el tramo Pacasmayo-Lambayeque), mientras que en el caso de los flujos principales y secundarios, por ser de naturaleza divagante, han definido anchos relativamente grandes y medianos (principalmente en el tramo Lambayeque-División Bayóvar).
- A raíz de lo sucedido con el fenómeno de 1983 (inundaciones en la zona norte del país), donde se presentaron múltiples desastres por no tener ningún tipo de previsión, las zonas afectadas empezaron a tomar medidas para mitigar los efectos pero de una manera muy tímida y ligera.

- Algunas medidas de prevención que se realizaron para mitigar los efectos del fenómeno 97-98, tuvieron vital importancia para proteger los centros poblados de un inminente desastre (como el desvío de las aguas de los ríos Motupe y La Lache a través del canal San Isidro a los desiertos de Mórrope, Olmos y Sechura que evitó la destrucción del centro poblado Mórrope y caseríos anexos); pero no fue suficiente pues nuestras vías principalmente la Carretera Panamericana Norte fue destruida, aislando al Norte del país.

CAPITULO IV

Aspecto Físico del Tramo

4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El tramo evaluado se encuentra ubicado geográficamente en la costa Nor-Oeste del país, a lo largo del desierto costero meridional. Corresponde a la Carretera Panamericana Norte, el inicio en la ciudad de Pacasmayo, Km.668+000 y finaliza en la División Bayóvar, Km.886+363. Para realizar un estudio mas detallado se ha dividido en tres partes el tramo:

- El tramo del Km.668+000 al Km.714+285 (ver plano 4.1)
- El tramo del Km.714+285 al Km.786+383 (ver plano 4.2)
- El tramo del Km.786+383 al Km.886+636 (ver plano 4.3)

4.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAZO, CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOPOGRÁFICAS

A continuación se hace la descripción en dos partes¹:

4.2.1 TRAMO PACASMAYO- LAMBAYEQUE.-

Carretera de primer orden, se desarrolla en un área de topografía predominantemente plana, con tramos puntuales de terreno ondulado-accidentado. La vía actual, en general se adecua a la sinuosidad topográfica del terreno y se desarrolla con tangentes largas y radios muy amplios

- La estructura del pavimento esta constituido por la siguiente estructura:

Revestimiento (carpeta asfáltica)	=3" en promedio
Firme (base)	=20 cm en promedio
Cimiento (sub-base granular)	=20 cm en promedio
- Gran parte del tramo se ha construido en relleno cuyas alturas fluctúan entre los 0.80- 1.20 m.
- El ancho de la calzada a rasante terminada incluye:

Ancho de la superficie pavimentada	=7.20 m (mezcla asfáltica en caliente)
Ancho de cada berma	=2.40 m (tratam. superf. Monocapa)
Sobreancho	=Variable
- La velocidad directriz de la vía es de 100 km./h

4.2.2 TRAMO LAMBAYEQUE – DIVISIÓN BAYOVAR.-

Carretera de primer orden, se desarrolla en un área de topografía predominantemente plana, con tramos puntuales de terreno ondulado-accidentado. Los suelos predominantes son los propios del desierto costero: arenosos y areno- limosos, con presencia en menor proporción de terrenos agrícolas en las áreas vecinas a las ciudades de Lambayeque.

¹ Informe del Estudio Definitivo del tramo Pacasmayo- Division Bayovar efectuado por C P S d Ingeniería S A y presentado al Ministerio de Transportes Comunicaciones Vivienda y Construcción en el año 1,994

- La estructura del pavimento esta constituido por la siguiente estructura:
Revestimiento (Carpeta Asfáltica) =2" – 4" en promedio
Firme (base granular) =25 cm en promedio
Cimiento (sub- base granular) =25 cm en promedio
- Los tramos en relleno o terraplén, predominantes a lo largo del tramo (99%), están constituidos por suelos de préstamo lateral del tipo arenoso y arenoso- limoso
- El ancho de la calzada a rasante terminada incluye:
Ancho de la superficie pavimentada =7.20 m (mezcla asfáltica en caliente)
Ancho de cada berma =2.40 m (tratam. superficial Monocapa)
Sobrecancho =Variable
- La velocidad directriz de la vía es de 80 km./h

4.3 TOPOGRAFÍA-OROGRAFÍA, GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA

4.3.1 TOPOGRAFÍA - OROGRAFÍA

En general todo el tramo atraviesa por una región de zona costera, plana, formada por los conos de deyección de los valles, que desembocan transversalmente al mar, cuya pendiente no pasa del 0.015%. La plataforma vial atraviesa por dos tipos de perfiles orográficos:

4.3.1.1 Tramo Pacasmayo – Lambayeque

Atraviesa por zonas bajas de cultivo con ancho aproximado de 25 Km., una altura promedio de 60 m.s.n.m. y una pendiente suave de promedio de 0.015%.

4.3.1.2 Tramo Lambayeque – División Bayóvar

Atraviesa por una zona de pampa costera que ha sido formada por los conos de deyección de los valles que desembocan transversalmente al mar, esta zona de pampas presenta una elevación promedio de 12 m.s.n.m., una pendiente menor del 0.015%, y está compuesto por suelos aluviales (material predominante arena, arcilla y greda) que presenta un considerable grado de salinidad. El nivel freático es bajo, excepto en épocas de avenidas extraordinarias que puede llegar a formarse enlagunados a ambos lados de la vía.

4.3.2 GEOMORFOLOGÍA

Las pampas Costeras son la principal unidad geomorfología que se desarrolla a manera de una faja paralela a la costa, desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 200 m. Las pampas costeras están constituidas por

terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena. Dentro de los agentes modeladores de paisaje, el agua y el viento han jugado un papel principal en la formación del relieve actual del área en estudio:

- Las aguas provenientes de las partes altas han sido y son en gran parte responsables del socavamiento de los valles actuales. Los productos de la erosión, han sido transportados y depositados en forma de terrazas y abanicos aluviales. Las intensas lluvias que se producen en la región costanera después de largos periodos de sequía, originan grandes torrentes que descienden por las numerosas quebradas cuyas nacientes se encuentran entre 1,000 y 2,000 m. de altitud. Los materiales acarreados por dichos torrentes se han acumulado en las planicies costeras bajas en forma de grandes abanicos.
- El modelado producido por el viento se manifiesta en forma de oquedades, redondeamientos y superficies pulidas que presentan los afloramientos rocosos de las pampas costaneras. Las acumulaciones eólicas, dunas y mantos de arena se encuentran dispersos en la planicie de la costa.

4.3.3 GEOLOGÍA

El tramo de la carretera panamericana norte en estudio se emplaza principalmente por sedimentos de edad cuaternaria, constituidas por las siguientes unidades:

- Tablazos.- Con este nombre se conoce en el Nor-Oeste del Perú a las extensas planicies conformadas por depósitos marinos pleistocénicos que indican las últimas transgresiones marinas del pacífico en estas latitudes. La unidad de tablazos está constituida por depósitos escalonados en forma de terrazas, donde se identifican tres diferentes terrazas en el ámbito regional, pero en la zona de estudio solo se identifica una, denominado tablazo Talara. El tablazo Talara es la plataforma pleistocénica más alta de la llanura desértica, en forma de costa

sedimentaria con 3 m. de espesor en promedio. Sus afloramientos se extienden desde la localidad de Mórrope hasta cerca a la ciudad de Talara. Esta unidad está constituida principalmente por gravas y arenas bioclásticas dispuestas lenticularmente, y sobre ellas se han acumulado localmente depósitos aluviales y eólicos.

- Depósitos Aluviales.- Las acumulaciones de origen aluvial en la zona de estudio constituyen las pampas de la planicie costera y se pueden dividir en recientes y pleistocénicas. Las primeras cubren al tablazo Talara por sectores y las segundas constituyen las antiguas llanuras aluviales o deltas de corrientes de los ríos: Chaman, Saña, Reque, La Leche, Motupe, Olmos, Cascajal, así como de las numerosas quebradas que bajan del flanco andino. En conjunto se trata de una llanura aluvial de pie de monte que está cerrada por los cauces de los ríos actuales y quebradas secas. El material aluvial consiste de gravas, arenas limos, arcillas generalmente mal clasificadas encontrándose en mayor porcentaje las arenas y limos, sobretodo en las quebradas secas, las gravas que componen de elementos sub-angulosos y sub- redondeados de diversos tipos de roca se encuentran en los lechos de ríos actuales.
- Depósitos Eólicos.- Esta clase de acumulaciones se presenta en las pampas costeras y laderas de los cerros situados en el frente occidental andino. En las pampas las arenas eólicas forman en unos casos una cubierta de grosor variable y en otras constituyen médanos del tipo barcana, éstas unidades en movimiento cubren localmente las unidades anteriores y migran con dirección general sur-norte. Las dunas presentan formas redondeadas, ligeramente alargadas y están conformadas principalmente por arenas finas y algunos bioclastos. Existen también en algunos sectores acumulaciones de arena eólica, cubierta por vegetación del tipo xeroglífico que evita su erosión y transporte por efectos del viento, favoreciendo de ésta manera la conservación de la pista.

4.4 METEOROLOGÍA

4.4.1 CLIMA Y VEGETACIÓN

La zona de estudio tiene un clima considerado como "semitropical", sus temperaturas son superiores a los 18 °C en promedio, sus precipitaciones inferiores a 50 a 20 mm. anuales que están en función a la altitud sobre el nivel del mar y la humedad superior al 75 %. Los vientos dominantes son del SE y su limite superior es de 1,500.00 m. de altitud en promedio (ver Foto N°4.1).

Existe el desierto sub-tropical que cubre casi el 50% del área en mención, en la forma de una franja paralela a la costa, de un ancho medio de 40 a 50 Km., en ésta formación solo puede encontrarse vegetación en los valles que forman los ríos, cuyas aguas procedentes de la vertiente occidental de los andes descienden hacia el mar; allí da el potencial de suelos susceptibles para uso agrícola.

En una franja angosta, inmediata y paralela a la playa, se encuentran algunas zonas de vegetación herbácea y subarbustiva, una de las cuales es la graminal marítima que se usa para el pastoreo, pero no es de buena calidad.



(Foto N°4.1)

4.5 DINÁMICA FLUVIAL

El tramo atraviesa por valles de cuencas definidas y por sectores cuyas cuencas aun no están definidas, por presentar las últimas, una topografía de pendiente muy suave llamado también intercuenca (ver cuadro 4.1 y plano 4.4).

A continuación describiremos en dos partes la dinámica fluvial del área en estudio:

4.5.1 TRAMO LAMBAYEQUE - DIVISIÓN BAYÓVAR.-

En este tramo, el trazo de la vía atraviesa varios valles que cuentan con un sistema de drenaje definido, donde sus cruces con la vía están localizados y canalizados; en épocas de grandes avenidas las obras de cruce se vuelven insuficientes por los extraordinarios caudales que suelen traer las acequias, quebradas y ríos.

En todos estos valles los recursos hídricos son aprovechados prioritariamente para consumo agro-industrial, contando para ello con una red integral de irrigación, desde las partes altas hasta su desfogue al océano pacífico. Entre los principales valles se encuentran: el valle del Jequetepeque, el valle del Zaña y el valle del Chancay.

4.5.2 TRAMO LAMBAYEQUE - DIVISIÓN BAYÓVAR.-

Las escasas corrientes del área de estudio nacen en el flanco oeste de la cordillera occidental y al internarse en las planicies divagan en dirección hacia el océano pacífico. Los ríos y quebradas sobre las estribaciones presentan cauces definidos y competentes, pero al llegar a las planicies estas corrientes se dispersan, pasan a ser infiltradas, evaporadas y las pocas que conservan su caudal, son tomadas por innumerables acequias, para consumo o uso agro-industrial, ésta situación no permite el desarrollo de una red de drenaje con

cauces competentes y definidos. Salvo en épocas de fuertes lluvias, como las ocasionadas por el fenómeno de "El Niño", se puede observar grandes caudales en la zona.

Por transcurrir las corrientes sobre esta amplia y extensa planicie desértica, se forman cauces con profundidades menores a los 50 cm. y con migraciones laterales poco o nada predecibles, la lámina de agua es somera, superficial y curso cambiante. Por esta condición del relieve dominante en la región, en los departamentos de Lambayeque y Piura, el terraplén de la carretera se comportó como barrera para las corrientes que aumentaron de caudal por el fenómeno de "El Niño", desviando las corrientes e inundando extensas zonas.

Otro factor en la dinámica fluvial es el viento, pues su acción borra los cauces que permanecen secos por largas temporadas, donde las arenas y materiales finos son transportados, cambiando la topografía de los cauces. Asimismo la migración de las grandes dunas constituye barreras al tránsito de las aguas provocando cambios de dirección en su recorrido y dificultando la predicción de caminos de futuras crecientes.

4.6 INVENTARIO DE OBRAS DE ARTE

En este tramo existen obras de arte a lo largo de todo; dentro de los valles se tienen los puentes para evacuar los flujos de los ríos y alcantarillas, para evacuar las aguas de irrigación; además de ello, se han colocado mas alcantarillas en los valles y en las zonas desérticas, con el fin de que puedan evacuar los cauces ocasionales que se presentan en épocas del fenómeno del Niño. Como referencia se puede decir que el tramo presenta 13 puentes y más de 200 alcantarillas.

Se hace hincapié en la realización de una actualización del inventario de las obras de arte; para ello, se deberá inspeccionar todo el tramo.

4.6.1 PUENTES

A continuación se describe la ubicación, nombre y las características principales de los puentes del tramo Pacasmayo - División Bayóvar (ver cuadro N°4.2).

4.6.2 ALCANTARILLAS

A continuación se describe la ubicación, nombre y las características principales de las alcantarillas del tramo Pacasmayo - División Bayóvar, extraído del informe de estudios definitivos del año 1992 (cuadro N°4.3) y del informe de la etapa de transitabilidad (cuadro N°4.4).

4.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El tramo evaluado se encuentra ubicado geográficamente en la costa Nor-Oeste del país, a lo largo del desierto costero meridional. Corresponde a la Carretera Panamericana Norte, el inicio en la ciudad de Pacasmayo, Km.668+000 y finaliza en la División Bayóvar, Km.886+636.
- En general todo el tramo atraviesa por una región de zona costera, plana, formada por los conos de deyección de los valles, que desembocan transversalmente al mar, cuya pendiente no pasa del 0.015%.
- La Geomorfología de la zona esta conformada por las pampas Costeras que son la principal unidad geomorfología que se desarrolla a manera de una faja paralela a la costa, desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 200 m. Las pampas costeras están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena. Dentro de los agentes modeladores de paisaje, el agua y el viento han jugado un papel principal en la formación del relieve actual del área en estudio.
- En este tramo existen obras de arte a lo largo de todo; dentro de los valles se tienen los puentes para evacuar los flujos de los ríos y alcantarillas, para evacuar las aguas de irrigación; además de ello, se han colocado mas alcantarillas en los valles y en las zonas desérticas, con el fin de que puedan evacuar los cauces ocasionales que se presentan en épocas del fenómeno del Niño. Como referencia se puede decir que el tramo presenta 13 puentes y más de 320 alcantarillas.

CAPITULO V

Efectos del Fenómeno 1,997-98

5.1 INTRODUCCIÓN

Los registros históricos-antecedentes indican que el tramo en estudio esta altamente expuesto al fenómeno y que era solo de esperar cuando se volvería a presentar; los indicadores anunciaban la llegada de un nuevo fenómeno entre los meses de diciembre de 1,997 a marzo de 1,998, y por esta razón las entidades publicas empezaron a efectuar obras de prevención pero no se imaginaban la magnitud del mismo.

El fenómeno de “El Niño” 97-98 tuvo una magnitud muy intensa presentándose con intensas lluvias en toda la zona norte del país (incluido Lambayeque) que originaron las crecidas de río, la activación de quebradas y la formación de lagunas-enlagunamientos; estos efectos se vieron magnificados porque las características físicas del tramo así lo permitían (topografía plana, terreno arenoso, etc.), porque las estructuras viales están diseñadas sin considerar los efectos del fenómeno y por las pocas medidas de prevención tomadas.

Durante la ocurrencia del fenómeno se efectuaron obras como medidas de emergencia, que poco o nada hicieron para mitigar los efectos; en los planos 5.4, 5.5 y 5.6 se describen las obras que la DEPOLTI efectuó y/o proyectaba efectuar para mitigar los desastres que ya se estaban presentando.

Entre los daños registrados se encuentran, las erosiones (principalmente la erosión general corte de vía) que originaron las interrupciones del tránsito vehicular, los daños por socavación de los elementos de la infraestructura vial, y los daños por infiltración de agua al terraplén.

5.2 TIPOS DE DAÑOS

El tramo Pacasmayo- División Bayóvar de la Carretera Panamericana Norte, ha sufrido múltiples desastres, ocasionando varios tipos de daños que está definida en los libros sobre hidráulica fluvial y otros daños que hemos definido por ser casos particulares del tramo. A continuación describimos los siguientes daños:

Tipo 1) Erosión Laminar

Producido por efecto de las lluvias del escurrimiento de las aguas sobre la plataforma, provocando desgaste de la capa de rodadura, grietas, etc.

Tipo 2) Erosión Local

La erosión local se produce al pie de las estructuras cuando ocurre un cambio brusco en la dirección del flujo. Las causas más importantes de la erosión local son las fluctuaciones de fuerzas como: presión, sustentación y cortantes. En el caso particular de pilas la erosión local es causada por la vorticidad del flujo que resulta del ascenso del nivel aguas arriba y la consiguiente aceleración del flujo alrededor del frontis de la pila.

La erosión local se ha producido en la zona de estudio de tres maneras:

- A) Socavación local en pilas.
- B) Socavación local en estribos.
- C) Socavación local en aleros.

Tipo 3) Erosión Transversal

La socavación transversal se produce cuando la sección natural de un cauce se reduce parcialmente ante la construcción de una obra, por ejemplo, accesos a los puentes.

En la contracción de una corriente ocurre erosión porque el área es menor, la velocidad media del cortante de fondo es mayor y por lo tanto hay incremento

en la potencia y la turbulencia de la corriente causando mayor capacidad de arrastre en la sección contraída afectando principalmente los accesos.

Tipo 4) Erosión Regresiva

Es el tipo de erosión que progresa aguas arriba, que se presenta cuando hay una disminución del nivel aguas abajo. Se producen en:

- Al pie del terraplén cuando el nivel del flujo de la quebrada supera la rasante de la vía.
- En la losa de fondo a la salida de alcantarillas o pontones.

Tipo 5) Erosión Lateral

Este tipo de erosión en la carretera, se produce en la parte exterior de las curvas de las quebradas debido a la corriente en espiral que se forma cuando el río cambia de dirección. El flujo espiral se refiere al movimiento de las partículas de agua a lo largo del camino helicoidal en dirección general del flujo. Este flujo existe en canales rectos así como en canales curvos, sin embargo en un canal curvo el flujo espiral inducido por la fuerza centrífuga es muy pronunciado e irregular a lo largo del codo.

Tipo 6) Erosión Longitudinal

Es producto de la activación de un curso de agua que al encontrar un obstáculo en la carretera discurre en forma paralela a ella, ocasionando fuerzas laterales que erosionan los taludes del terraplén.

Tipo 7) Erosión General

Se caracteriza por ser violento provocando el colapso de la estructura del pavimento y las obras de cruce debido a la acción de uno o más tipos de erosiones.

Se presenta de tres maneras:

- 1) Erosión general del acceso de la obra de cruce.
- 2) Erosión general del terraplén y obras de cruce.

- 3) Erosión general del terraplén por ausencia de la obra de drenaje.

Tipo 8) Daños por Enlagunamiento

Cuando existe enlagunamiento lateral, se produce la infiltración de las aguas al terraplén, ocasionando el lavado de finos del mismo y pérdida de la capacidad de soporte. Entre los principales daños tenemos:

- 1) Deterioro (ondulamiento, baches, fisuras, etc.) de la estructura del pavimento.
- 2) Asentamiento del terraplén por presencia de vacíos en el mismo.

Tipo 9) Deslizamientos

Los deslizamientos ó pequeños derrumbes están íntimamente relacionados con precipitaciones de alta intensidad, aunque no es el único factor, pero si el más importante. El mecanismo se puede resumir de la siguiente manera:

- 1) El evento de precipitación.
- 2) La infiltración y el incremento de la presión de agua en el terreno.
- 3) La reducción del esfuerzo cortante.
- 4) La falla y desplazamiento de la masa del terreno.

Tipo 10) Colapso de Alcantarillas Metálicas

Este tipo de daño no es causado directamente por los efectos del fenómeno, sino por la alta corrosión que presentaban las alcantarillas metálicas corrugadas y que juntos agudizaron el problema. La corrosión es producto de la reacción entre las sales del material del terraplén y el metal de la alcantarilla, que reducen su área efectiva progresivamente hasta alcanzar la falla.

5.3 EVALUACIÓN DE DAÑOS.-

A continuación se hace una breve descripción de la evaluación del tramo, indicando principalmente su ubicación en kilometraje y los tipos de daños presentados (sección 5.2). El tramo se ha dividido en dos partes: 1) Pacasmayo- Lambayeque, y 2) Lambayeque- División Bayóvar.

5.3.1 TRAMO: PACASMAYO – LAMBAYEQUE

Km.681+020.

Tipo de daño: 3

Descripción: Puente Libertad- Río Jequetepeque. La superestructura se ha comportado satisfactoriamente, donde gran parte de la labor preventiva fueron las obras de protección de la estructura, de las riberas y conformación del cauce, además del monitoreo de caudales a través de la represa de Gallito Ciego, reduciendo con ello su alto poder abrasivo. En zonas aguas arriba y aguas debajo del puente se presentaron las erosiones transversales (socavación de las riberas) destruyendo terrenos de cultivo. De los aforos realizados el caudal máximo diario registrado fue de 450 m³/s en el mes de febrero de 1998.

Km.682+850.

Tipo de daño: 9

Descripción: Arenamiento de la vía (deslizamiento). Por efecto de las lluvias se desprendió material deleznable de la loma adyacente originando flujo de lodos que se depositaron en la vía por ser esta relativamente un área plana.

Km.683+000, 683+980, 686+900, 687+970.

Tipo de daño: 4

Descripción: En cada punto se presentó socavación de bermas y plataforma por no tener sistema de drenaje. La cuenca de recepción es pequeña y se encuentra en un morro cercano, que al activarse por las intensas lluvias de la zona, generan un flujo que al llegar

a la zona de contacto, se represan y fluyen sobre la vía, ocasionando socavación por erosión regresiva.

Km.687+500 al 687+529.

Tipos de daño: 4 y 6

Descripción: Socavación de media plataforma por no tener sistema de drenaje, las aguas se represaron con la vía, para luego fluir longitudinalmente y después drenar por sobre la vía ocasionando socavación por erosión longitudinal y regresiva.

Km.688+040 al 688+087.

Tipos de daño: 4 y 6

Descripción: Socavación de media plataforma por no tener sistema de drenaje, las aguas se represaron con la vía, para luego fluir longitudinalmente y después drenar por sobre la vía ocasionando socavación por erosión longitudinal y regresiva.

Km.690+048.

Tipo de daño: 4

Descripción: Socavación del muro cabezal y media plataforma a la salida de la alcantarilla, por insuficiencia de drenaje (altura de pontón insuficiente). Una gran cantidad de agua provenientes de una de las acequias del río Jequetepeque se represó y drenó superficialmente por la vía originando socavación por erosión regresiva (ver Foto N° 5.1).



(Foto N° 5.1)

Km.692+000.

Tipo de daño: 2

Descripción: Los aleros de la alcantarilla presenta erosión local por no estar protegidos; a pesar de ello, la estructura soportó las grandes avenidas.

Km.694+500.

Tipo de daño: 4

Descripción: Puente Azul, erosión regresiva en menor grado de los aleros a la salida del puente, por no estar protegidos. La estructura se ha comportado satisfactoriamente soportando aún el desborde del canal Zaña, en el cual las aguas al rebosar por sobre la vía originándose dicha erosión (ver Foto N° 5.2).



(Foto N° 5.2)

Km.694+810, 695+000 y 701+000.

Tipo de daño: 5

Descripción: Erosión de Bermas y Plataforma, por acción de flujos a un costado de la vía, que al correr erosionaron lateralmente el terraplén.

Km.699+000.

Tipo de daño: 8

Descripción: Enlagunamiento a un lado de la vía, donde la insuficiencia de drenaje no permitía evacuar las aguas represadas.

Km.703+800.

Tipo de daño: 3

Descripción: Puente Chamán; las primeras crecidas ocasionaron la erosión transversal (socavación) de los accesos de ingreso al puente (además de la zona de estribos y aleros), comprometiendo las bermas y la carpeta asfáltica a media vía. Como medida de emergencia se rellenó con enrocado y afirmado dicha erosión. Con las subsiguientes crecidas el río socavó las riberas de su cauce perdiéndose con ello, extensas áreas de tierras de cultivo (ver Foto N° 5.3).



(Foto N° 5.3)

Km.712+000 - 712+146.

Tipo de daño: 6

Descripción: Berma del lado izquierdo (de la ruta Lima-Piura) socavada longitudinalmente por la falta de drenaje y protección de taludes; este sector fue afectado por acción de flujos divagantes que atraviesan un terreno de Pampas compuesta por suelos aluviales de pendiente muy suave y que encontraron a la vía sin sistema de drenaje, razón por la cual, los flujos empezaron a represarse y luego corrieron paralelo a la vía causando la erosión longitudinal.

Km.715+550 - 716+000.

Tipo de daño: 6

Descripción: Berma del lado izquierdo (de la ruta Lima-Piura) socavada longitudinalmente por la insuficiencia de drenaje y falta de protección de taludes; este sector fue afectado por acción de flujos divagantes que atraviesan un terreno de Pampas compuesta por suelos aluviales de pendiente muy suave y que encontraron a la vía con alcantarillas insuficientes para el

drenaje, razón por la cual, los flujos empezaron a represarse y luego corrieron paralelo a la vía causando la erosión longitudinal.

Km.716+000 - 716+295 y 716+500.

Tipo de daño: 6

Descripción: Bermas y Plataforma socavadas longitudinalmente por la insuficiencia de drenaje y falta de protección de taludes; este sector fue afectado por acción de flujos divagantes que atraviesan un terreno de Pampas compuesta por suelos aluviales de pendiente muy suave, y que encontraron a la vía con alcantarillas insuficientes para el drenaje, razón por la cual, los flujos empezaron a represarse y luego corrieron paralelo a la vía causando la erosión longitudinal.

Km.716+900.

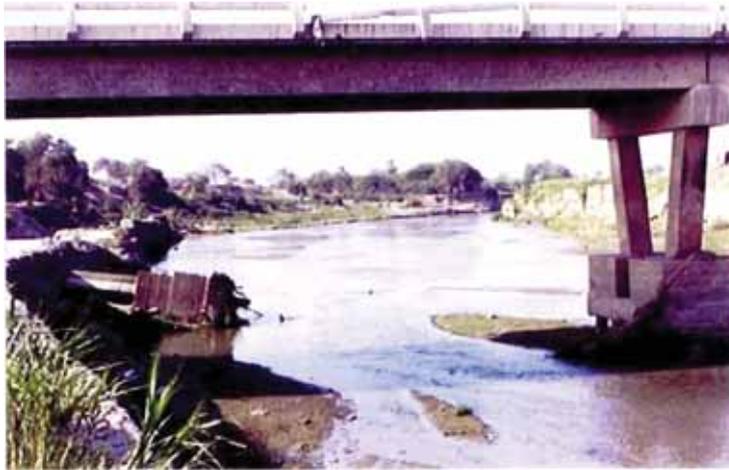
Tipo de daño: 4

Descripción: Puente Avispero. Presenta socavación del cabezal y del cimiento a la salida del mismo producto de las erosiones regresivas, que sucedieron en este sector, la presencia de grandes crecidas y por la falta de obras de protección (colchón dissipador). Además, con las avenidas extraordinarias se generaron desbordes a ambos lados de la vía, ocasionando la socavación de la vía por erosión regresiva.

Km.733+230.

Tipos de daño: 2 y 3

Descripción: Puente Ucupe, por donde circulan las aguas del Río Zaña; presenta erosión local de los pilares centrales por acción erosiva en conjunto de las crecidas de río y de la acumulación de palizadas en los mismos. Además se observa la erosión transversal del cauce(ensanchamiento y profundización del cauce), por la fuerza abrasiva del cauce y el estado saturado del material de las riberas que fueron fácilmente socavadas ocasionando destrucción de tierras de cultivo (ver Foto N°5.4).



(Foto N° 5.4)

Km.736+000.

Tipo de daño: 8

Descripción: Enlagueamiento a un lado de la vía por falta de drenaje de la quebrada.

Km.756+900.

Tipo de daño: 9

Descripción: Arenamiento de la vía (deslizamiento). Por efecto de las lluvias se desprendió material deleznable de la loma adyacente, originando el deslizamiento hacia la vía por ser esta relativamente un área plana.

Km.760+230. Río Reque

Tipos de daño: 2 y 3

Descripción: Colapso del Puente Reque. La fuerza de las aguas extraordinarias que traía el río y la acumulación de palizadas en los pilares, originaron por erosión local la socavación de los pilares y el asentamiento progresivo de los mismos, hasta que el día 1 de marzo cedió el pilar izquierdo y con ello la caída de las losas centrales, para posteriormente ceder toda la estructura(Foto N° 5.5 Y 5.6). Además se presentó la erosión transversal del cauce (ensanchamiento y profundización), por la gran fuerza abrasiva y el estado saturado del material de las riberas, que fueron fácilmente socavadas, ocasionando destrucción de tierras

de cultivo. En la etapa de transitabilidad se colocó un puente metálico (Foto N° 5.7).



(Foto N° 5.5.- Puente Reque Noviembre de 1,997)

Fuente: CTAR-Lambayeque



(Foto N° 5.6.- Puente Reque. Febrero de 1,998)

Fuente: Diario El Comercio



(Foto N° 5.7.- Puente Reque. Noviembre de 1,998)

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

Km.772+000 - 772+200.

Tipo de daño: 8

Descripción: Enlagueamiento de la vía por falta de un sistema de drenaje; las aguas de las lluvias se acumularon y deterioraron la carpeta asfáltica (daño por enlagueamiento), a la altura del Ovalo Quiñones en la ciudad de Chiclayo (ver Foto 5.8).



(Foto N° 5.8)

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

Km.774+000.

Tipo de daño: 8

Descripción: Enlagueamiento de la vía por falta de un sistema de drenaje, las aguas de las lluvias se acumularon y erosionaron la carpeta asfáltica (daño por enlagueamiento), a la altura del Ovalo Señor de Sipán en la ciudad de Chiclayo.

5.3.2 TRAMO: LAMBAYEQUE - DIVISIÓN BAYOVAR

A continuación se describe la evaluación del tramo; y se hace mención que sólo se ha inspeccionado los sectores que han sufrido un considerable daño, obviando muchas veces sectores afectados por las erosiones leves, como son la erosión lateral, longitudinal y la infiltración, que ha sucedido en casi todo el tramo:

Km.781+000 al 781+800.

Tipo de daño: 8

Descripción: Se observa daños por erosión de las bermas y daños por enlagueamiento (deterioro de la carpeta asfáltica), producto de la

falta de un sistema de drenaje que evacue los flujos secundarios y las aguas estancadas. Este sector se encuentra muy próximo al Malecón Ureta en la ciudad de Lambayeque.

Km.781+830.

Tipo de daño: 3

Descripción: Puente Lambayeque, por donde circula la acequia San Romualdo; la gran cantidad de agua que conducía dicha acequia en épocas del fenómeno originaba que la sección del puente trabaje al máximo, logrando ejercer hasta empujes frontales del cauce a la estructura del puente (erosión transversal), razón por la cual, se obligó a restringir el tránsito en esos días.

Km.782+800.

Tipos de daño: 3 y 8

Descripción: Pueblo de Mocce, destruido por el flujo proveniente de un desborde del Canal Taymi. Esta catástrofe sucedió el 14 de febrero, día en el que llovió intensamente, ocasionando el desborde del canal y la activación de la quebrada. Pero fue el factor humano el que generó este desastre, al ubicar el pueblo, en pleno curso de la quebrada seca. El colapso de las viviendas fue generado por la erosión transversal (obstrucción del cauce) y daños por enlagueamiento con la pérdida de capacidad de resistencia del terreno de fundación (ver Foto 5.9).



(Foto N° 5.9)

Km.783+800 y 784+020.

Tipos de daño: 6 y 8

Descripción: Estos puntos presentan socavación de bermas, y se originan por acción de flujos secundarios y la inexistencia de alcantarillas que ocasionan las erosiones longitudinales y se forman enlagunamientos.

Km.784+920.

Tipos de daño: 2 y 4

Descripción: Socavación del cabezal de salida de pontón por erosión local y regresiva, que involucra además las bermas y terraplén, y que es causado por el incremento del caudal y la falta de protección. El cauce de la acequia es caudaloso y su lecho alberga abundante vegetación, en algunos tramos se produjeron desbordes que ocasionaron inundación de áreas agrícolas; en la etapa de emergencia se protegió las riberas con afirmado y enrocado.

Km.786+412, 790+043, 791+309, 795+143.

Tipo de daño: 10

Descripción: Colapso de las alcantarillas metálicas corrugadas, que se muestra con un asentamiento en este sector y que se convierte en punto crítico para la erosión general. Este estado es producto del alto grado de corrosión de la tubería, que es acelerado por la saturación del terraplén y el paso de vehículos. La corrosión es generada por la reacción química entre el metal de la tubería y las sales que contienen las arenas del terraplén, reduciéndose el área efectiva de acero resistente a las presiones internas.

Km.798+240, 808+020.

Tipos de daño: 4 y 6

Descripción: Los flujos secundarios han socavado los cabezales de las alcantarillas por erosión regresiva; y además, se han presentado las erosiones longitudinales de las bermas y terraplenes. Estas erosiones se originan por la inexistencia de canales ó vertederos de salida.

Km.806+050.

Tipos de daño: 2 y 4

Descripción: Puente Iniche, tiene indicios de socavación en los aleros (erosión local) y en el colchón disipador (erosión regresiva) producto de las crecidas del río y el transporte de sedimentos; además se presentaron pequeños desbordes en épocas de avenidas extraordinarias. Las oportunas obras de prevención (gaviones y colchón disipador) redujeron la formación de daños mas graves en la zona de contacto.

Km.807+572.

Tipo de daño: 2

Descripción: Puente Motupe I, por donde circula uno de los brazos del Río Mórrope; las primeras avenidas socavaron los accesos (erosión local) y en la etapa de emergencia fueron rellenados con afirmado. El río y la superestructura se comportaron muy bien por la oportuna limpieza del cauce, la buena conformación de sus riberas y principalmente porque gran parte de sus aguas fueron desviadas al desierto de Mórrope por el canal Magdalena.

Km.807+600 al 824+000.

Tipo de daño: 8

Descripción: Enlagunamiento de las aguas a un costado de la vía, producto de la confluencia del tramo con los flujos secundarios del sector y a la insuficiencia de drenaje del mismo; así como también, a la presencia de depresiones adyacentes a la vía, producto del préstamo lateral para la conformación del terraplén.

Km.809+135 y 809+235

Tipo de daño: 2

Descripción: Puente Motupe II y III, por donde circulan los otros dos brazos del Río Mórrope; presenta socavación de accesos (rellenado con enrocado en la etapa de emergencia) por erosión local y sedimentación de su lecho. La socavación inicial fue rellenada con afirmado y enrocado en la etapa de emergencia. El río tuvo

un cauce moderado y la superestructura se comportó muy bien por las obras de prevención que se realizaron, como el desvío de parte de las aguas hacia el desierto de Mórrope por el canal Magdalena.

Km.809+350, 810+090.

Tipo de daño: 6

Descripción: Socavación de bermas y carpeta asfáltica a la derecha de la vía por erosión longitudinal. En la etapa de emergencia se rellenó con afirmado; y con ello, se evitó que progrese la erosión.

Km.809+450.

Tipo de daño: 4

Descripción: Socavación del cabezal de alcantarilla (erosión regresiva), originado por la inexistencia de canal ó vertedero de salida.

Km.810+900, 810+950

Tipo de daño: 10

Descripción: Colapso de las alcantarillas metálicas corrugadas TMC Ø 36", que se muestra con un asentamiento en este sector. Este estado es producto del alto grado de corrosión de la tubería, que es acelerado por la saturación del terraplén y el paso de vehículos. La corrosión es generada por la reacción química entre el metal de la tubería y las sales que contienen las arenas del terraplén, reduciéndose el área efectiva de acero resistente a las presiones internas.

Km.811+550, 812+050 y 812+100.

Tipos de daño: 2 y 4

Descripción: Socavación de los cabezales de las alcantarillas (erosión local y regresiva). Se puede decir que la falta en algunos casos de muros cabezales y en todos ellos de vertederos de salida fueron las causas principales de erosión.

Km.812+800 al Km.813+840.

Tipos de daño: 6, 7 y 8

Descripción: Este sector ha sufrido los daños de erosión general del Km.813+840 al Km.814+020, daños por enlagueamiento en el tramo del Km.812+800 al Km.813+840; además se presentaron los daños a las alcantarillas y terraplén. Todos estos daños fueron ocasionados por el flujo principal del río Motupe-La Leche que fuera desviada al desierto y que al confluir con la vía, este último presentaba una insuficiente capacidad de drenaje; razón por la cual, causó principalmente el corte de vía interrumpiendo el tránsito vehicular. En la etapa de transitabilidad se ha construido un badén en el tramo 813+840 al 814+020, y en el tramo del 812+800 al 813+840, se ha experimentado colocando una película impermeable de asfalto que protege la estructura de la vía, y evitar con ello la infiltración de las aguas hacia la misma (ver Foto 5.10).



(Foto N° 5.10)

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

Km.814+620, 814+720, 815+182 y 820+622.

Tipo de daño: 10

Descripción: Colapso de las alcantarillas TMC Ø 48", 36", 36" y 36" respectivamente, que se muestra con un asentamiento en estos sectores. Este estado es producto del alto grado de corrosión de la tubería, que es acelerado por la saturación del terraplén y el paso de vehículos. La corrosión es generada por la reacción

química entre el metal de la tubería y las sales que contienen las arenas del terraplén, reduciéndose el área efectiva de acero resistente a las presiones internas.

Km.814+942, 815+350, 815+450, 817+950, Tipos de daño: 2 y 4
Km.818+020 y 819+650.

Descripción: Socavación de los cabezales de las alcantarillas (erosión local y regresiva). Se puede decir que la falta en algunos casos de muros cabezales y en todos ellos de vertederos de salida, fueron las causales principales de erosión.

Km.816+991, 818+600, 818+950, Tipo de daño: 6
Km.819+400 y 820+400.

Descripción: Socavación de bermas y plataformas a la derecha de la vía (ruta Lima-Piura), por erosión longitudinal.

Km.818+400 al Km.823+000. Tipos de daño: 6, 7 y 8

Descripción: Este sector ha sufrido los daños de erosión general (corte) del Km.820+450 al Km.820+700 (Foto N° 5.11) y del Km.822+400 al Km.822+460 (Foto N° 5.12), y daños por enlagueamiento en los tramos intermedios; además se presentaron los daños a las alcantarillas y terraplén. Todos estos fueron ocasionados por los flujos principales de las quebradas El Sarco y II respectivamente, que atraviesan el desierto en forma divagante, y que confluyeron en este sector con la vía que presentaba una insuficiente capacidad de drenaje; razón por la cual, causó principalmente los cortes de vía interrumpiendo el tránsito vehicular. En la etapa de emergencia se ha colocado un puente Bailey provisional en el tramo del 822+400 al KM.822+460, y en el tramo 820+450 al 820+700 se ha construido un badén.



(Foto N° 5.11.-Vista del Km. 820+450-Km. 820+700).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción



(Foto N° 5.12.- Vista del Km. 822+400- Km. 822+700).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

Km.836+990.

Tipo de daño: 10

Descripción: Colapso de la alcantarilla TMC Ø 36" , que se muestra con un asentamiento en este sector. Este estado es producto del alto grado de corrosión de la tubería, que es acelerado por la saturación del terraplén y el paso de vehículos. La corrosión es generada por la reacción química entre el metal de la tubería y las sales que contienen las arenas del terraplén, reduciéndose el área efectiva de acero resistente a las presiones internas.

Km.836+600 al Km.839+020.

Tipos de daño: 6, 7 y 8

Descripción: Este sector ha sufrido los daños de erosión general (corte) del Km.837+060 al Km.837+200 y 80m en el Km.838+080, y daños por enlagueamiento en los tramos intermedios; además se presentaron los demás a las alcantarillas y terraplén. Todos estos daños fueron ocasionados por el flujo principal del río Olmos, que atraviesa el desierto en forma divagante, y que confluye en este sector con la vía que presentaba una insuficiente capacidad de drenaje; razón por la cual, causó principalmente el corte de vía interrumpiendo el tránsito vehicular. En la etapa de emergencia se ha rellenado el daño con afirmado y enrocado.

Km.844+080, 846+142, 848+902 y 849+342. Tipo de daño: 10

Descripción: Colapso total de las alcantarillas TMC Ø 36", que se muestra con un asentamiento en estos sectores. Este estado es producto del alto grado de corrosión de la tubería, que es acelerado por la saturación del terraplén y el paso de vehículos.

Km.850+540 al Km.850+600. Tipo de daño: 7

Descripción: Erosión general de 60 m de estructura de vía, la acción erosiva de los flujos de quebrada s/n, se represaron por el colapso de la alcantarilla en el 850+563, para luego discurrir sobre la alcantarilla, destruir la plataforma y enlaguear todo el sector a ambos lados de la vía. En la etapa de emergencia se ha rellenado con enrocado y afirmado, evitando así que la erosión progrese.

Km.853+000 al 855+000. Tipos de daño: 6, 7 y 8

Descripción: Este sector ha sufrido los daños de erosión general (corte) del Km.854+000 al Km.854+100, y daños por enlagueamiento en los tramos intermedios; además se presentaron los daños a las alcantarillas y terraplén. Todos estos daños fueron ocasionados por el flujo principal de quebrada s/n, que atraviesa el desierto en

forma divagante, y que confluye en este sector con la vía que presentaba una insuficiente capacidad de drenaje; razón por la cual, causó principalmente el corte de vía interrumpiendo el tránsito vehicular. En la etapa de emergencia se ha rellenado el daño con afirmado y enrocado.

Km.854+963, 857+949, 865+405, 865+650, Tipo de daño: 10
Km 875+936 y 877+200.

Descripción: Colapso total en la salida de las alcantarillas TMC Ø 48", 36", 36", 48", 48" y 36" respectivamente, que se muestra con un asentamiento en estos sectores. Este estado es producto del alto grado de corrosión de la tubería, que es acelerado por la saturación del terraplén y el paso de vehículos.

Km.860+000 al Km.865+000. Tipo de daño: 8

Descripción: Enlagueamiento del sector por atravesar un sector de hondonada, que en épocas del fenómeno se forma el lago "La Niña". Entre los daños que se han presentado figuran las erosiones al terraplén (laterales y longitudinales), a las alcantarillas (locales y transversales) y el deterioro de la estructura del pavimento por infiltración de las aguas al terraplén (ver Foto 5.13).



(Foto N° 5.13).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

Km.865+500.

Tipo de daño: 7

Descripción: Erosión general (Corte) de 180 m de estructura de vía, la acción erosiva de las primeras avenidas originaron que el agua se represara por colapso de la alcantarilla TMC Ø 36", para luego discurrir sobre la vía y destruir la plataforma. En la etapa de emergencia se ha rellenado con enrocado y afirmado evitando con ello, que la erosión progrese.



(Foto N° 5.14).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

Km.877+420 al Km.877+490.

Tipo de daño: 7

Descripción: Erosión general (Corte) de 70 m de estructura de vía y socavación de bermas contiguas, la acción erosiva de las primeras avenidas originaron que el agua se represara por colapso de la alcantarilla TMC Ø 36", para luego discurrir sobre la vía y destruir la plataforma. En la etapa de emergencia se ha rellenado con enrocado y afirmado, evitando con ello que la erosión progrese.

5.4 EFECTOS DEL FENÓMENO EN LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA VIAL

Para entender el problema de afectación a los diferentes elementos de la vía y los daños que se generaron; es necesario estudiar y analizar los efectos del fenómeno que se presentaron.

A continuación se describe los tipos de efectos a que estuvo expuesto la estructura vial, así como los daños mas predominantes:

5.4.1 EFECTOS DE LAS QUEBRADAS EN LA VÍA

Este tipo de afectación fue el que más se repitió, y se produjo por acción de los flujos de las quebradas y ríos al terraplén de la vía y a las obras de arte, debido a que la capacidad de drenaje era insuficiente. Se dividió en dos partes este tipo de efectos, según la magnitud de los flujos:

1. Flujos principales, que provienen de ríos ó quebradas que divagan al ingresar y/o atravesar los desiertos de esta parte del país, y que presentan un considerable caudal (de mediano a gran caudal), así como el transporte de palizadas, sedimentos, etc.



(Foto N° 5.15).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

2. Flujos secundarios, que provienen de las quebradas con cauces divagantes, que nacen y atraviesan por los desiertos de esta parte del país, y que presentan un considerable caudal (de poco a mediano caudal), así como el transporte de palizadas, sedimentos, etc.



(Foto N° 5.16).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

A continuación se muestra los principales daños originados por estos tipos de flujos:

5.4.1.1 Efectos de los Flujos Principales en la Vía

A) Erosión General.

Este tipo de efecto-daño se ha vuelto a presentar en el tramo Lambayeque - División Bayóvar, en sectores por donde confluyen la carretera Panamericana Norte con los flujos divagantes de los ríos Motupe - La Leche, Olmos y Cascajal, y las quebradas El Sarco I y II, donde las alcantarillas que se construyeron no iban a drenar los grandes caudales que se registraron. Estos cauces exigieron a la vía un lecho ancho por donde generalmente drena; por ello, simplemente destrozaron la parte de vía que la corresponde.



(Foto N° 5.17).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

5.4.1.2 Efectos de los Flujos Secundarios en la Vía

Este tipo de afectación se ha presentado a lo largo de todo el tramo y fue producido por el flujo de las quebradas al terraplén, las alcantarillas y pontones, por encontrarse desprotegidos y mal diseñados; presentándose los siguientes daños:

A) Erosión Lateral y Longitudinal.

Estos efectos-daños fueron los más frecuentes en la zona, presentándose a lo largo de todo el tramo por la insuficiencia del sistema de drenaje y por la naturaleza divagante de los flujos pequeños de quebradas que se forman en el desierto, que tienden a confluir con el terraplén de la vía en puntos indistintos obligando a generar un flujo lateral hasta ubicar un punto de evacuación; causando con ello, las erosiones laterales y longitudinales.



(Foto N° 5.18).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

B) Erosión Local y Transversal.

Este tipo de erosión se presentó en los estribos, cimiento y zonas de contacto (terraplén), por carecer de obras de protección, porque el sistema de drenaje era insuficiente o deficiente y porque se desestimó que las grandes avenidas transportaban palizadas, sedimentos, etc. que obstruyeron la sección agudizando el problema (ver Foto N°5.19).



(Foto N° 5.19).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

C) Erosión Regresiva.

Este tipo de daño se presentó a la salida de las alcantarillas, por carecer de obras de protección y porque por estas obras evacuaban caudales mayores a los considerados en el diseño trabajando a tubo lleno (ver Foto N°5.20).



(Foto N° 5.20).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

D) Colapso por Corrosión.

Este tipo de erosión, no se produjo por acción directa de los efectos del fenómeno, sino por la alta corrosión que presentaban las alcantarillas ARMCO (metálicas corrugadas), debido al alto porcentaje de salinidad que presenta el terraplén. (ver Foto N°5.21).



(Foto N° 5.21).

5.4.2 EFECTOS DE ENLAGUNAMIENTO EN LA VÍA

Este tipo de afectación se produce cuando el tramo de la vía presenta acumulación de agua a uno ó ambos lados del terraplén.

A) Daños por infiltración.

Este tipo de efecto- daño se presentó en sectores con acumulación de agua al costado de la vía, principalmente en el sector que atraviesa el lago "La Niña" y en sectores con depresiones adyacentes a la vía formadas a consecuencia del préstamo lateral ejecutado para la conformación de los terraplenes. Esta acumulación de agua origina la infiltración de las aguas hacia el terraplén, que a su vez genera el lavado de finos del mismo y la posterior pérdida de su capacidad de soporte causando daños a la vía. Estos daños se reflejan en la superficie del pavimento en forma de ondulaciones, baches y fallas tipo piel de cocodrilo; y en el terraplén se presenta asentamiento (ver Foto N°5.22).



(Foto N° 5.22).

Fuente: Ministerio de Transportes, Vivienda y Construcción

5.4.3 EFECTOS DE LOS RÍOS EN PUENTES

Este tipo de afectación se presentó durante las crecidas de los ríos en los sectores de puentes (estructura del puente, elementos estructurales y la zona de contacto), donde los flujos al confluir con la estructura vial encontraron al

sector con una capacidad de drenaje insuficiente y/o con falta de protección, produciéndose los siguientes daños:

A) Erosión Local.

Las intensas lluvias originaron un incremento de los caudales de los ríos y creando en ellos una fuerza abrasiva que es capaz de transportar en su recorrido sedimento de suelos, piedras, rocas, arbustos, etc.; principales agentes de erosión de estribos y pilares. Este efecto-daño sucedió con mayor importancia en el puente Reque, donde se presentó el colapso de la estructura debido a una continua y progresiva erosión local de los pilares (ver Foto N°5.23).



(Foto N° 5.23.- Puente Reque colapsado por erosión local de pilares)

Fuente: Diario El Comercio

B) Erosión Transversal.

Al presentarse las crecidas de río y encontrar los puentes con secciones reducidas (por diseño, sedimentación u obstrucción con palizadas), empezaron a suceder la socavación de los accesos y lechos de río. Este tipo de erosión se presentó en: 1) Puente Chamán afectado por la socavación de sus accesos, que gracias a las obras de emergencia no consiguió destruir la vía (relleno de la zona afectada con enrocado - ver Foto N°5.24), 2) Puentes La Libertad y Reque que han sido afectados por socavación lateral de su cauce

(ampliación), y 3) Puente Ucupe afectado por la socavación del fondo del cauce (profundización).



(Foto N° 5.24.- Puente Chaman reforzado con enrocado, efectuado en la Etapa de Emergencia)

5.5 CAUSAS DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO.-

Existieron muchas causas, entre las que se distinguen:

- A) Las Lluvias Extraordinarias
- B) Suave Topografía del Terreno
- C) La Naturaleza Arenosa del Terreno
- D) Presencia de un Estrato Impermeable
- E) Insuficiencia y/o Deficiencia de los Drenes Existentes
- F) La Insuficiencia del Drenaje
- G) Las deficiencias de las Obras de Arte

Además, es necesario mencionar que los principales agentes de erosión en el tramo son:

1. **El agua**, que en épocas de lluvias y grandes lluvias generan nuevos cauces que muy lentamente varían la topografía de la zona y la geomorfología con los materiales de arrastre depositados.
2. **El viento**, que a través del traslado de partículas por venteo generan cambios en la topografía y con el movimiento de las dunas generan obstáculos para los cauces.

A continuación describiremos cada uno de los factores que agravaron la inundación:

A) Las Lluvias Extraordinarias

Los caudales máximos y medios presentados en los principales ríos y afluentes de todo el tramo fueron verdaderamente extraordinarios, hecho que sucede sólo en épocas del fenómeno (ver cuadro 5.4). Los aforos realizados a estos cauces nos permite hacer una comparación entre la cantidad de agua que traen los grandes ríos y compararlos con las ocurridas durante los fenómenos, en especial la producida el año 1998 (ver cuadro 5.5 y cuadro 5.6).

Podemos decir que existen grandes avenidas en algunos días, que solo duran unas horas y que producen muchos daños a la infraestructura.

B) Suave Topografía del Terreno

El terreno natural comprendido entre Lambayeque y la División Bayóvar se encuentra en una altitud que varía entre los 3 y 18 m.s.n.m., y a 10 m.s.n.m. en promedio; la pendiente del terreno natural es muy suave por encontrarse dentro de la zona costera, sus máximas pendientes transversales y longitudinales al eje de la vía no superan el 0.015% (ver plano 5.7 planta y plano 5.8 perfil longitudinal). Razón por la cual, los cauces que corren por este sector divagan y en sectores de hondonadas se estancan. El factor que agudizó el enlagnamiento lateral fue la presencia de depresiones adyacentes a la plataforma, consecuencia del préstamo lateral ejecutado para la construcción de los mismos.

Se puede observar claramente que los daños ocasionados por los fenómenos 83 y 98, han sucedido en lugares cercanos definidos claramente por su topografía.

C) La Naturaleza Arenosa del Terreno

El terreno en casi todo el tramo presenta: arenas de origen aluvial, con muy alta permeabilidad y con presencia de cantidades considerables de sales. La estratigrafía presenta:

1. Entre los 0.0 y 3.00 m, arena superficial,
2. Entre los 3.00 y 20-30m, arcilla limosa con poca presencia de grava de mediana compacidad y resistencia.
3. Debajo de los 20-30m, arcilla compacta de alta resistencia; razón por la cual, las obras que comprende la estructura vial son fácilmente erosionables.

D) Presencia de un Estrato Impermeable

Durante la época del fenómeno de EL NIÑO, las lluvias e inundaciones presentadas consiguen un aumento del nivel de la napa freática por la presencia de un estrato resistente (gravas cuarcíticas mal graduadas empacadas por arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad) que actúa como estrato casi impermeable, donde las aguas al no poder infiltrarse elevan el nivel de la napa freática hasta formar enlagnados y que para drenarlos se necesitaría de mucho tiempo.

E) La conformación del Terraplén con Material Arenoso

En todo el sector, la estructura vial ha sido conformada en relleno con material arenoso, presentando alturas hasta de 3.5 m y sin tener la protección de sus taludes; este hecho originó que ante la ocurrencia de escorrentías laterales, no presente resistencia a la erosión, por ello, fue fácilmente socavado.

F) La Insuficiencia del Drenaje

El sistema de drenaje ha sido insuficiente en varios tramos, debido al subdimensionamiento y principalmente por la falta de alcantarillas y badenes, producto de ello, el agua se embalsa a un lado o a ambos lados de la vía y en otros casos el agua embalsada encontró en las alcantarillas los puntos débiles para pasar sobre ellos, arrasándolos.

G) Las Deficiencias de las Obras de Arte

Las obras de arte que se construyeron presentaron las siguientes deficiencias:

1. Las alcantarillas en muchos casos no contaban con protección de entrada y salida (muros cabezales, vertederos y enrocado de la zona de contacto); facilitando con ello las erosiones en estos sectores.
2. Las alcantarillas metálicas presentaban un alto grado de corrosión, por acción de las sales que contiene el terraplén; facilitando con ello el colapso de las mismas.
3. Los puentes presentaban sus estribos y aleros desprotegidos que fueron fácilmente erosionados.

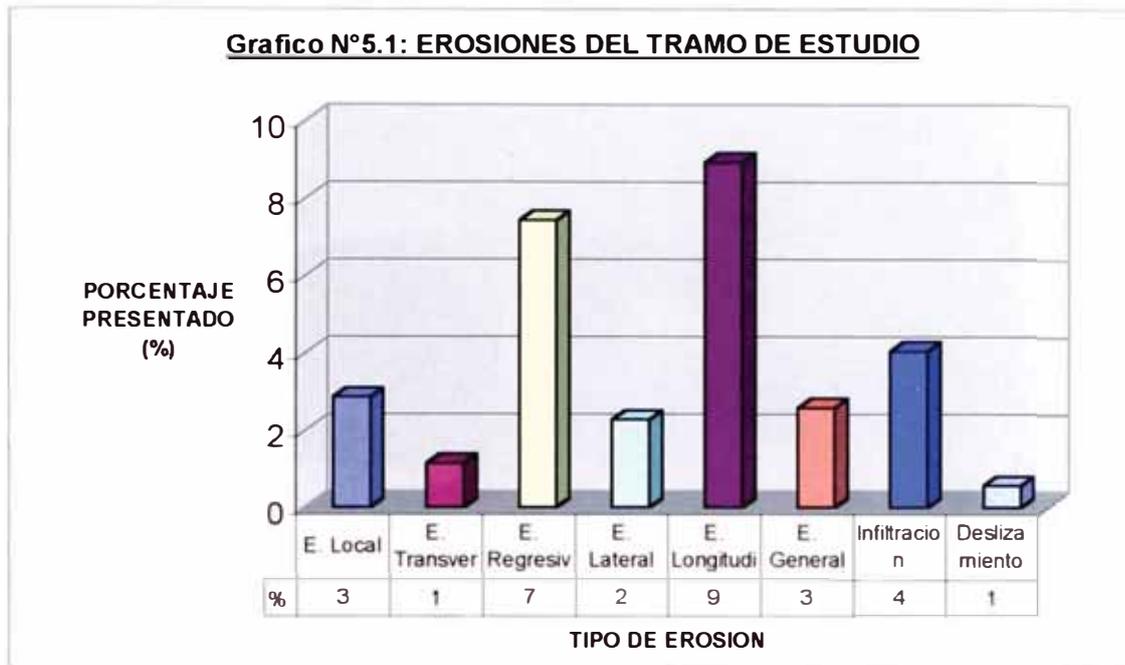
5.6 DETERMINACIÓN DEL TRAMO CRÍTICO.-

5.6.1 SELECCIÓN DEL TRAMO CRÍTICO

Para la selección de este tramo considerado como “El mas Crítico”, se tomó en consideración:

A) La cantidad y magnitud de daños observados (ver cuadro 5.1, cuadro 5.2, grafico 5.1, plano 5.7 y plano 5.8).

- El 3% de las obras de arte presentó Erosión Local, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presentó el 1.5%.
- El 1% de las obras de arte presentó Erosión Transversal, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presentó el 0.5%.
- El 7% de las obras de arte presentó Erosión Regresiva, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presentó el 5%.
- El 9% de los 219.6 Km. de vía presentó Erosión Longitudinal, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presentó el 7%.
- El 3% de las obras de arte presentó Erosión General, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presentó el 3%.
- El 4% de los 219.6 Km. de vía presentó Infiltración, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presentó el 4%.

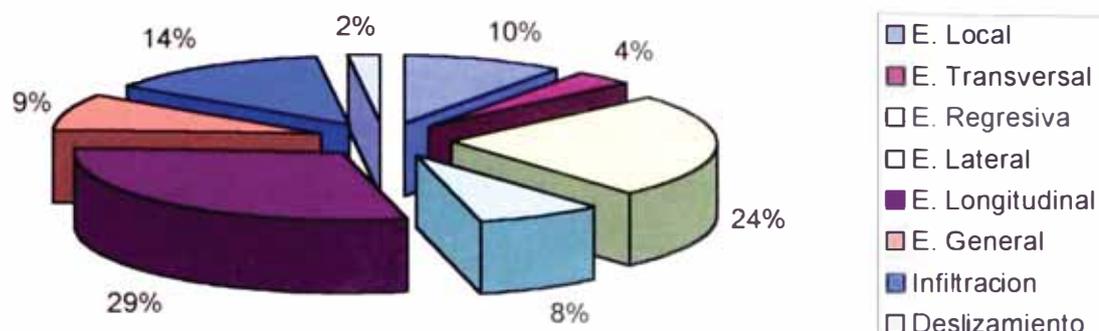


B) El tipo de daño y su incidencia (ver grafico 5.2). Asumiendo como 100% a la suma de daños presentados.

- El 10% de los daños fue ocasionado por Erosión Local, y solo en el tramo Lambayeque- División Bayóvar se presento el 5%.
- El 4% de los daños fue ocasionado por Erosión Transversal, y solo en el tramo Lambayeque- División Bayóvar se presento el 1%.
- El 24% de los daños fue ocasionado por Erosión Regresiva, y solo en el tramo Lambayeque- División Bayóvar se presento el 16%.
- El 8% de los daños fue ocasionado por Erosión Lateral.
- El 29% de los daños fue ocasionado por Erosión Longitudinal, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presento el 29%.
- El 9% de los daños fue ocasionado por Erosión General, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presento el 9%.
- El 14% de los daños fue ocasionado por Infiltración, y solo en el tramo Lambayeque-División Bayóvar se presento el 13%.
- El 2% de los daños fue ocasionado por Deslizamiento.

Se concluye que el 73% de los daños se presento en el Tramo Lambayeque-División Bayóvar.

Grafico 5.2: PORCENTAJES RELATIVOS DE EROSIONES PRESENTADAS



C) La ocurrencia y reiteración de daños en zonas próximas, a las presentadas por los fenómenos de 1983 y 1998 (ver el cuadro 3.2, cuadro 5.3 y el plano 5.8).

D) Las causas de los efectos de inundación (geomorfológicas, hidrológicas, etc.), que en su conjunto hacen a un sector mas o menos vulnerable a los efectos del fenómeno de "El Niño".

Toda la zona ha sido afectada notoriamente por las escorrentías superficiales (de lluvias intensas), en algunos casos las escorrentías prevenían de los grandes flujos de ríos y quebradas y en otros por acción de quebradas pequeñas que se formaban en el desierto. Como consecuencia de ello los efectos destructivos y sus múltiples daños fueron los más frecuentes y típicos (En el cuadro 5.1 y 5.2 se muestran los datos estadísticos del tramo).

Por todo ello, el tramo crítico seleccionado está comprendido entre "Lambayeque y la División Bayóvar (Km.783+000 al 886+636)".

5.6.2 IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO CRÍTICO “LAMBAYEQUE-DIVISIÓN BAYÓVAR”

Esta identificación del tramo se ha realizado sectorizándolo, según el tipo de afectación/ efecto- daño predominante (ver cuadro 5.3), considerando que se han repetido en varios sectores en forma típica (ver plano 5.7) y que en anteriores fenómenos se presentaron daños en los mismos sectores (ver plano 5.8).

Podemos decir entonces, que durante el periodo de lluvias el tramo en estudio fue sometido a cuatro tipos de afectación:

- A) Por un primer lado sectores que han sido afectados por flujos principales (de mediano a gran caudal) provenientes de los ríos y quebradas, que al ingresar y/o atravesar por los desiertos en esta parte del país corrieron en forma divagante en dirección Este-Oeste; estos flujos al encontrarse con el terraplén de la vía que presentaba una capacidad de drenaje insuficiente ocasionaron principalmente las erosiones generales de la vía (cortes), y con ello la interrupción del tránsito.
- B) Por un segundo lado, sectores que fueron afectados por flujos secundarios (de poco a mediano caudal) provenientes de las quebradas que nacen en el desierto, que al correr en forma divagante en dirección Este-Oeste, se encontraron con el terraplén de la vía que presentaba una capacidad de drenaje insuficiente, razón por la cual, empezó a correr lateralmente por periodos muy cortos, ocasionando las erosiones laterales y longitudinales.
- C) Por un tercer lado sectores que fueron afectados por enlagnamiento, que se formaron al acumularse grandes cantidades de agua a uno o ambos lados de la vía, y que ocasionaron daños por infiltración.
- D) Y por un cuarto lado sectores de puentes que fueron afectados por las crecidas de ríos.

5.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

5.7.1 CONCLUSIONES.-

- El fenómeno de 1997-98 fue de gran intensidad, pues afectó los climas de todo el mundo y en nuestro país los más afectados fueron los departamentos costeros de Tumbes, Piura y Lambayeque, los cuales resistieron grandes precipitaciones que originaron inundaciones y desbordes de los principales ríos. Algunas medidas de prevención que se realizaron para mitigar los efectos del fenómeno 97-98, tuvieron vital importancia para proteger los centros poblados de un inminente desastre (como el desvío de las aguas de los ríos Motupe y La Lache a través del canal San Isidro a los desiertos de Mórrope, Olmos y Sechura que evitó la destrucción del centro poblado Mórrope y caseríos anexos); pero no fue suficiente, pues nuestras vías principalmente la Carretera Panamericana Norte fue destruida, aislando al Norte del país.
- Los efectos del fenómeno se han manifestado causando cuantiosos tipos de daños, que han afectado la estructura vial de este tramo de la Carretera Panamericana Norte. Entre los daños registrados se encuentran, las erosiones (principalmente la erosión general corte de vía) que originaron las interrupciones del tránsito vehicular, los daños por socavación de los elementos de la infraestructura vial, y los daños por infiltración de agua al terraplén.
- La Erosión Local, es producido al pie de las estructuras cuando ocurre un cambio brusco en la dirección del flujo.
- La Erosión Transversal, es producido cuando la sección natural de un cauce se reduce parcialmente ante la construcción de una obra.

- La Erosión Regresiva, es producido cuando hay una disminución del nivel aguas abajo, se muestra con un progreso aguas arriba de los flujos.
- La Erosión Lateral, es producido en la parte exterior de las curvas de las quebradas debido a la corriente en espiral que se forma cuando el río cambia de dirección.
- La Erosión Longitudinal, es producido cuando un curso de agua encuentra un obstáculo en la carretera discurre en forma paralela a ella y ocasiona fuerzas laterales que erosionan los taludes del terraplén.
- La Erosión General, es producido con la acción de uno o mas tipos de erosiones, caracterizándose por ser violento y provocar el colapso de la estructura del pavimento y las obras de cruce.
- Los Daños por Enlagunamiento, se produce por la infiltración de las aguas al terraplén, ocasionando el lavado de finos del mismo y pérdida de la capacidad de soporte.
- Los deslizamientos ó pequeños derrumbes están íntimamente relacionados con precipitaciones de alta intensidad, aunque no es el único factor, pero si el más importante.
- El colapso de las Alcantarillas Metálicas, causado directamente por los efectos del fenómeno, sino por la alta corrosión que presentaban las alcantarillas metálicas corrugadas y que juntos agudizaron el problema. La corrosión es producto de la reacción entre las sales del material del terraplén y el metal de la alcantarilla, que reducen su área efectiva progresivamente hasta alcanzar la falla.

- Los efectos producidos por los fenómenos de 1,983 y 1,998 fueron similares, los cuales se han vuelto a presentar en el mismo sector, afectando a la estructura vial y principalmente a las obras de cruce, entre los que destacan:
 - Km.760+230. Colapso del Puente Reque; fuerza de las aguas extraordinarias que traía el río y la acumulación de palizadas en los pilares, originaron por erosión local la socavación de los pilares y el asentamiento progresivo de los mismos, hasta la caída toda la estructura.
 - Km.782+800. Pueblo de Mocce, destruido por el flujo proveniente de un desborde del Canal Taymi.
 - Km.798+240. Los flujos secundarios han socavado los cabezales de las alcantarillas por erosión regresiva; y además, se han presentado las erosiones longitudinales de las bermas y terraplenes.
 - Km.812+800 al Km.813+840. Este sector ha sufrido los daños de erosión general del Km.813+840 al Km.814+020, daños por enlagueamiento en el tramo del Km.812+800 al Km.813+840; además se presentaron los daños a las alcantarillas y terraplén. Todos estos daños fueron ocasionados por el flujo principal del río Motupe-La Leche que fuera desviada al desierto y que al confluir con la vía, causó el corte de vía interrumpiendo el tránsito vehicular.
 - Km.818+400 al Km.823+000. Este sector ha sufrido los daños de erosión general (corte) del Km.820+450 al Km.820+700 y del Km.822+400 al Km.822+460, y daños por enlagueamiento en los tramos intermedios; además se presentaron los daños a las alcantarillas y terraplén. Todos estos fueron ocasionados por los flujos principales de las quebradas El Sarco I y II respectivamente, que atraviesan el desierto en forma divagante, y que confluye en este sector con la vía que presentaba una insuficiente capacidad de drenaje; razón por la cual, causó principalmente los cortes de vía interrumpiendo el tránsito vehicular.

- Km.836+600 al Km.839+020. Este sector ha sufrido los daños de erosión general (corte) del Km.837+060 al Km.837+200 y 80m en el Km.838+080, y daños por enlagueamiento en los tramos intermedios; además se presentaron los demás a las alcantarillas y terraplén. Todos estos daños fueron ocasionados por el flujo principal del río Olmos, que confluye en este sector con la vía que presentaba una insuficiente capacidad de drenaje; razón por la cual, causó principalmente el corte de vía interrumpiendo el tránsito vehicular.
- Km.850+540 al Km.850+600. Erosión general de 60 m de estructura de vía, la acción erosiva de los flujos de quebrada s/n, se represaron por el colapso de la alcantarilla en el 850+563, para luego discurrir sobre la alcantarilla, destruir la plataforma y enlaguear todo el sector a ambos lados de la vía.
- Km.853+000 al 855+000. Este sector ha sufrido los daños de erosión general (corte) del Km.854+000 al Km.854+100, y daños por enlagueamiento en los tramos intermedios; además se presentaron los daños a las alcantarillas y terraplén. Todos estos daños fueron ocasionados por el flujo principal de quebrada s/n, que confluye en este sector con la vía que presentaba una insuficiente capacidad de drenaje; razón por la cual, causó principalmente el corte de vía interrumpiendo el tránsito vehicular.
- Km.860+000 al Km.865+000. Enlagueamiento del sector por atravesar un sector de hondonada, que en épocas del fenómeno se forma el lago "La Niña". Entre los daños que se han presentado figuran las erosiones al terraplén y a las alcantarillas, y el deterioro de la estructura del pavimento por infiltración de las aguas al terraplén.
- Km.865+500. Erosión general (Corte) de 180 m de estructura de vía, la acción erosiva de las primeras avenidas originaron que el agua se represara por colapso de la alcantarilla TMC Ø 36", para luego discurrir sobre la vía y destruir la plataforma.

- El fenómeno de “El Niño” 97-98 tuvo una magnitud muy intensa presentándose con intensas lluvias en toda la zona norte del país (incluido Lambayeque) que originaron las crecidas de río, la activación de quebradas y la formación de lagunas-enlagunamientos.

- Los Efectos de las Quebradas en la Vía, fue el que más se repitió y se produjo por acción de los flujos de las quebradas y ríos al terraplén de la vía y a las obras de arte, debido a que la capacidad de drenaje era insuficiente. Se dividió en dos partes este tipo de efectos, según la magnitud de los flujos.
 - Flujos principales, que provienen de ríos ó quebradas que divagan al ingresar y/o atravesar los desiertos de esta parte del país, y que presentan un considerable caudal (de mediano a gran caudal), así como el transporte de palizadas, sedimentos, etc.
 - Flujos secundarios, que provienen de las quebradas con cauces divagantes, que nacen y atraviesan por los desiertos de esta parte del país, y que presentan un considerable caudal (de poco a mediano caudal), así como el transporte de palizadas, sedimentos, etc.

- Los Efectos del Enlagunamiento en la Vía, se producen cuando el tramo de la vía presenta acumulación de agua a uno ó ambos lados del terraplén;

- Los Efectos de los Ríos en Puentes, se producen durante las crecidas de los ríos en los sectores de puentes (estructura del puente, elementos estructurales y la zona de contacto), donde los flujos al confluir con la estructura vial encontraron al sector con una capacidad de drenaje insuficiente y/o con falta de protección.

- Las Causas de los Efectos del Fenómeno, fueron muchas y entre los cuales se distinguen:
 - Las Lluvias Extraordinarias

- Suave Topografía del Terreno
 - La Naturaleza Arenosa del Terreno
 - Presencia de un Estrato Impermeable
 - Insuficiencia y/o Deficiencia de los Drenes Existentes
 - La Insuficiencia del Drenaje
 - Las Deficiencias de las Obras de Arte
- La Selección del Tramo Critico, se efectuó tomando en consideración lo siguiente:
 - La cantidad y magnitud de daños observados.
 - El tipo de daño y su incidencia.
 - La ocurrencia y reiteración de daños en zonas próximas, a las presentadas por los fenómenos de 1983 y 1998.
 - Las causas de los efectos del fenómeno, que en su conjunto hacen a un sector mas o menos vulnerable a los efectos del fenómeno de “El Niño”.

Por todo ello, el tramo critico seleccionado está comprendido entre “Lambayeque y la División Bayóvar (Km.783+000 al 886+636)”.

5.7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un eficiente sistema de control y prevención de quebradas, para determinar su posible comportamiento durante una futura ocurrencia del fenómeno “El Niño”, puesto que en eventos anteriores, muchas de estas quebradas han estado sujetas a cambios en su cauce, dirección, caudal, transporte de sedimentos y palizadas, entre otras características; para ello, será necesario:
 - Poner en practica el manejo de quebradas de la cuencas mas importantes-flujos principales.
 - Mitigar la erosión o degradación de los suelos, se debe considerar reforestar las zonas expuestas, para incrementar la capacidad de retención de agua.

- Efectuar un adecuado encauzamiento y canalización.
- Se recomienda implementar un nuevo y eficiente sistema de drenaje, que permita la evacuación de los flujos de un lado de la vía a otro, sin dañar su estructura vial; para ello, se deberá tomar las consideraciones necesarias en los nuevos diseños y/o protección de las estructuras:
 - Efectuar estudios hidrológicos actualizados que contemplen las avenidas extraordinarias sucedidas durante los fenómenos.
 - Se deberá considerar el paso del flujo superficial de agua limpia y el flujo de escombros.
 - Para mitigar las erosiones al pie de las obras de arte, se recomienda proteger las entradas y salidas de las obras de arte, colocando muros cabezales con alas prolongadas.
 - Para mitigar la erosión regresiva, reduciendo la energía cinética originada por la caída aguas abajo de las obras de cruce, se sugiere la construcción de vertederos o colchones disipadores a la salida.
 - Para mitigar las erosiones a la entrada y salida de las obras de arte, se recomienda proteger con enrocado la salida de los vertederos, la entrada al muro cabezal ingreso, y toda la zona de contacto (terraplén).
 - Para mitigar los daños por erosiones en los terraplenes, principalmente en sectores donde los flujos secundarios discurren paralelo a la vía y en sectores enlagunados, se recomienda, proteger los taludes con enrocado y/o muro de gaviones.
 - Para evacuar los flujos principales se recomienda la construcción de un Badén Amplio de Concreto Armado.
 - Para evacuar los flujos secundarios, se recomienda incrementar la capacidad de drenaje y elevar el nivel de la rasante.
 - Para evacuar el enlagunamiento de un lado de la vía a otro, para garantizar que ambos lados mantengan un mismo nivel, se recomienda incrementar la capacidad de drenaje y elevar el nivel de la rasante.

- Para el caso de las quebradas que discurren paralelo a la vía y para los sectores enlagueados, se recomienda la protección del terraplén con Enrocado y Geotéxtil.
 - Para evitar la sedimentación y/o atasco de palizadas en las obras de cruce, se recomienda efectuar el encauzamiento y limpieza periódica de los cauces.
- El tramo en estudio presenta algunos sectores de topografía muy plana (en especial el tramo Lambayeque- División Bayóvar), en el cual el tema del drenaje de caminos es siempre complicado, pues en éste relieve, las áreas de las cuencas como los escurrideros no son fáciles de localizar y son indefinidos en cuanto a sus dimensiones, recomendándose aprovechar temporadas de lluvias y avenidas extraordinarias como la presente, para redefinir la ubicación y magnitud de las obras de drenaje necesarias; y conseguir que el sistema de drenaje del camino evacue las inundaciones futuras sin mayor ocurrencia de daños.
- La evaluación de las alcantarillas se hizo de una manera general debido a que en todo el tramo existen mas de 350 de ellas, pero es necesario que para la etapa de reconstrucción se realice un inventario detallado de todas las alcantarillas, donde se estimen los caudales y se respete la forma, dirección y magnitud de los flujos, con las huellas y secciones dejadas en el terreno. Según la evaluación se observó que:
 - Muchas de las alcantarillas no tienen las obras protección mínimas como son los muros cabezales, colchones disipadores y enrocado del relleno de los cabezales, al ingreso y salida de las alcantarillas.
 - En el tramo Lambayeque – División Bayóvar, las alcantarillas metálicas han sido corroídas por las sales del material del terraplén, disminuyendo con ello la vida útil del conjunto estructura vial - obra de arte.
- Los principales agentes de erosión en el tramo son:

- El agua, que en épocas de lluvias y grandes lluvias generan nuevos cauces que muy lentamente varían la topografía de la zona y la geomorfología con los materiales de arrastre depositados.
- El viento, que a través del traslado de partículas por venteo generan cambios en la topografía y con el movimiento de las dunas generan obstáculos para los cauces; por ello, se debe hacer un monitoreo del movimiento de las dunas a través del tiempo, para estimar sus posibles ubicaciones y analizar si en un futuro obstaculizará el cauce normal de los flujos.
- El Puente Reque, fue destruido por las continuas erosiones que sucedieron en la base de sus pilares, hasta ocasionar el colapso de la estructura. En la etapa de transitabilidad se colocó un puente tipo armadura, donde se mantiene los mismos estribos y por lo tanto la misma luz y dirección del cauce. A la fecha abril de 1999, se observa la acción erosiva del cauce en curva, que embate su fuerza a uno de los estribos, desequilibrando el sistema en conjunto del puente; esto se debe a que el pilar sometido a mayor esfuerzo. Se sugiere estudiar la posibilidad de incrementar la luz del puente respetando su ancho natural, realizar un encauzamiento para que la dirección del cauce no afecte a los estribos, y realizar obras de protección de la zona de contacto.

CAPITULO VI

Medidas de Mitigación del Tramo

Crítico

6.1 GENERALIDADES

En el presente capítulo se plantean las medidas de mitigación de los efectos del fenómeno de “El Niño” para el tramo crítico, y se dan además, lineamientos de prevención para proyectos viales en el sector. Estas medidas planteadas, se presentan como alternativas para ser tomadas en consideración en la etapa de reconstrucción de la carretera panamericana norte.

El objetivo principal es “reducir la vulnerabilidad de la vía al peligro de inundaciones”, realizando para ello, la comprensión de la afectación del fenómeno a la infraestructura vial (como se describe en los capítulos III y V); lo anterior, nos permitió efectuar una identificación del tramo.

6.2 MITIGACIÓN DE SECTORES AFECTADOS POR FLUJOS PRINCIPALES

Este tipo de afectación se presentó en 5 sectores claramente definidos por donde confluyen la vía y los flujos de mediano a gran caudal, que provienen de los ríos y quebradas; estos flujos al ingresar y atravesar los desiertos de esta parte del país (material arenoso y pendiente suave $<0.015\%$), corren en forma divagante en dirección Este-Oeste. Todos los elementos de la infraestructura vial (terraplén y las obras de arte) que se encontraban dentro de estos sectores se vieron comprometidos con múltiples erosiones y principalmente por el corte de vía.

6.2.1 DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

En épocas de ocurrencia de los fenómenos de “El Niño” los grandes ríos como el Motupe- La Leche, Olmos y Cascajal, y Las quebradas San José, El Sarco I y II, han presentado sus flujos principales en forma divagante al atravesar los desiertos, y que al cruzar la vía produjo principalmente las erosiones generales (cortes) de su estructura, interrumpiendo de esta manera el flujo vial (ver planos 5.1, 5.2 y 5.3).

Estos flujos al encontrarse en su recorrido con el terraplén de la vía que presentaba una capacidad de drenaje insuficiente, causaron la erosión general (corte) de la vía en una longitud del ancho de su cauce; además, la escorrentía lateral causó los daños por erosión local, transversal, lateral y longitudinal; estos sucesos se caracterizaron por ser violentos y por comprometer un ancho por donde confluyen los flujos principales divagantes de un río o quebrada y la vía.

Por otro lado, el estancamiento de las aguas a un costado de la vía por periodos relativamente cortos (semanas), generó el humedecimiento del terraplén causando la pérdida de resistencia y con ello produjo asentamiento, deformaciones y deterioro de la estructura del pavimento, así como el colapso

masivo de las alcantarillas metálicas (deterioradas principalmente por la corrosión).

6.2.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN

A continuación se hace una descripción de las alternativas para reducir la vulnerabilidad de estos sectores afectados, considerando al terraplén de la vía y las obras de arte: 1) para desaguar los grandes flujos principales, 2) para proteger el terraplén de la vía, y 3) para mejorar el sistema de drenaje complementario (ver esquema N°6.1).

Para Desaguar el Flujo Principal

A) Badén Amplio de Concreto Armado.

Durante las épocas de anteriores fenómenos de “El Niño”, estos tramos han variado en su punto (s) de corte a la vía, pero enmarcados en un área de influencia; por ello, esta estructura ofrece un área amplia por donde convergerá la vía con el flujo principal y los cauces laterales con la vía. Se sugiere que estos badenes sean amplios (como primera aproximación la longitud triplicaría el ancho de su cauce) para que permita el libre flujo por sobre la losa del badén, de una manera homogénea y suave, cuyo tirante no sobrepase los 50 cm, y no interrumpa el tráfico.

Caso 1) La rasante del badén (mas baja) coincida con el nivel de terreno natural, para evitar las erosiones de su estructura; pero la desventaja principal es el constante mantenimiento que se realizaría al decantarse sobre él, los sedimentos transportados por el flujo.

Caso 2) La rasante del badén (mas baja) se encuentre a 1.00 aprox. del nivel de terreno natural, para evitar la sedimentación y poder drenar los flujos secundarios por alcantarillas intermedias; pero la desventaja principal es la gran erosión que se generaría al pasar sobre él, los flujos principales.

B) Puente de Concreto Armado.-

En esta zona en particular, la ubicación de los flujos y la estimación de caudales, es muy limitada, debido a las características de la zona (topográficas, geomorfológicas, hidrológicas, etc.) que hacen difícil delimitar las cuencas; por ello que estos parámetros son solo estimados.

Esta alternativa ofrece un lugar muy reducido por donde desaguar el flujo principal y los laterales a la vía, pero si se estima grandes avenidas saltan a la vista las desventajas, entre ellas.

- 1) La alta erosión que se generaría en la zona de contacto y cercas a ella, al tener una zona de influencia reducida.
- 2) No es conveniente encajonar un cauce que se caracteriza por la gran amplitud de su zona de influencia, con una estructura tipo puente porque se tendría que realizar grandes obras de encauzamiento y la acción erosiva en todo el sector sería muy grande.

C) Batería de Alcantarillas Tipo Cajón o Celdas Múltiples.-

Esta opción propone colocar una batería de alcantarillas conformadas por varias celdas, que garanticen el paso del flujo de diseño, como las de los ríos Motupe I, II y III; pero esta alternativa presenta demasiadas desventajas, entre ellas.

- 1) La posible obstaculización de la alcantarilla por la gran cantidad de palizadas y materiales de arrastre que suelen traer los cauces, que ocasionaría una erosión generalizada.
- 2) Esta zona presenta alta erosión por lo que sería blanco fácil de las socavaciones.
- 3) El encajonamiento del flujo hacia un sector reducido, que amplifica la erosión en este sector; y que va en contra de la naturaleza del flujo, que es ser divagante.

Para el Terraplén de la Vía

- A) Elevar la rasante de la vía y proteger el Talud con Enrocado y Geotéxtil.-
Se plantea elevar la rasante para mantener la carpeta asfáltica lo mas alejada del espejo de agua de la laguna, evitando su infiltración al mismo y que el agua rebose por sobre la vía. Proteger el talud de la vía con Geotéxtil para evitar el lavado de finos producto de la infiltración al terraplén; y además colocar una capa de enrocado sobre el talud del terraplén para evitar las erosiones.
- B) Protección del Terraplén extendido con Enrocado y Geotéxtil.-
Se colocara una capa de Geotéxtil sobre el talud y anclado en el cimiento del terraplén para disminuir el efecto de lavado de finos y su posterior perdida de resistencia; permitiendo que la vía mantenga su comportamiento estructural. Además se colocara una capa de enrocado para protegerlo de las erosiones laterales y longitudinales.
- C) Protección del Terraplén extendido con una Capa de Revestimiento de Concreto.-
Se colocara una capa de revestimiento de concreto sobre el talud extendido en el cimiento del terraplén para protegerlo de la infiltración de las aguas represadas y de las erosiones laterales, en curva y longitudinales; pero esta alternativa no es conveniente por el alto costo de construcción.

Para el Sistema de Drenaje Complementario

Incremento de la capacidad de drenaje.-

Se plantea incrementar la capacidad de drenaje colocando mas alcantarillas de concreto armado (para evitar la corrosión) en los lugares mas afectados y cambiar las que se encuentren en mal estado o sean insuficientes; para ello, será necesario realizar una inspección y evaluación de todas las alcantarillas y cauces existentes; así como

estimar el diámetro mínimo de la sección, para evitar su obstrucción por palizadas.

B) Protección de las obras de arte.-

Las protecciones mínimas que deberán tener las obras de arte (alcantarillas) son: muros cabezales de entrada y salida, vertederos o colchones disipadores a la salida, protección con enrocado de los vertederos y de la zona de contacto (terraplén); así como realizar el encauzamiento y limpieza periódica de los cauces.

De las alternativas presentadas se sugiere: *"La construcción de un badén amplio de concreto armado, elevar la rasante de la vía y proteger el talud del terraplén con enrocado y geotextil, e incrementar la capacidad de drenaje protegiendo las obras de cruce"* (ver sección 6.7, criterios de diseño).

6.2.3 UBICACIÓN

Después de revisar el informe de daños y realizar una inspección, se determino a 5 sectores como los mas afectados:

Sector 1.- Km.812+800 al Km.814+150.

- Tipo de efecto: Flujo Principal del río Motupe-La Leche
- Tipo de daños:
- 1) Del Km.813+840 al 814+020, erosión general de la vía (corte).
 - 2) Del Km.812+800 al Km.813+840, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas (ver plano 6.1).
- Lineamientos:
- 1) Del Km.813+550 al 814+150, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado y construir muros de encauzamiento.
 - 2) Del Km.812+800 al Km.813+550, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado

para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.2).

Sector 2.- Km.818+400 al Km.820+850.

- Tipo de efecto: Flujo Principal de la Quebrada El Sarco I
- Tipo de daños: 1) Del Km.820+450 al 820+700, erosión general de la vía (corte).
2) Del Km.818+400 al Km.820+450, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas (ver plano 6.3).
- Lineamientos: 1) Del Km.820+100 al Km.820+850, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado y construir muros de encauzamiento.
2) Del Km.818+400 al Km.820+100, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.4).

Sector 3.- Km.820+850 al Km.823+000.

- Tipo de efecto: Flujo Principal de la Quebrada El Sarco II
- Tipo de daños: 1) Del Km.822+400 al 822+460, erosión general de la vía (corte).
2) Del Km.820+850 al Km.822+400 y del Km.822+460 al Km.823+000, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas (ver plano 6.3).
- Lineamientos: 1) Del Km.822+000 al Km.822+500, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado y construir muros de encauzamiento.

2) Del Km.820+850 al Km.822+000 y del Km.822+500 al Km.823+000, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.4).

Sector 4.- Km.836+600 al Km.839+020.

Tipo de efecto: Flujo Principal del río Olmos

Tipo de daños: 1) Del Km.837+060 al Km.837+200, erosión general de la vía (corte).

2) Del Km.836+600 al Km.837+060 y del Km.837+200 al Km.839+020, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas (ver plano 6.5).

Lineamientos: 1) Del Km.837+000 al Km.837+400, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado.

2) Del Km.836+600 al Km.837+000 y del Km.837+400 al Km.839+020, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.6).

Sector 5.- Km.853+000-855+000.

Tipo de efecto: Flujo Principal de Quebrada S/N

Tipo de daños: 1) Del Km.854+000 al Km.854+100, erosión general de la vía (corte).

2) Del Km.853+000 al Km.854+000 y del Km.854+100 al Km.855+000, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas (ver plano 6.7).

- Lineamientos:
- 1) Del Km.853+900 al Km.854+220, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado.
 - 2) Del Km.853+000 al Km.853+900 y del Km.854+220 al Km.855+000, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones, manteniendo la estructura actual como base de la estructura vial, y ampliar la capacidad de drenaje y proteger la zonas de contacto (ver plano 6.8).

6.3 MITIGACIÓN DE SECTORES AFECTADOS POR FLUJOS SECUNDARIOS

Este tipo de afectación fue la mas frecuente en el tramo, y se dio en sectores por donde confluyen la vía y los flujos con caudales de poco a mediano caudal, que provienen de la activación de quebradas no definidas que nacen en el desierto (material arenoso), con pendientes muy suaves (<0.015%). Todos los elementos de la infraestructura vial (terraplén y las obras de arte) que se encontraban dentro de estos sectores se vieron comprometidos.

6.3.1 DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

Estos flujos nacieron de las lluvias caídas en los desiertos de Mórrope, Las Salinas, etc., que luego corrieron en forma divagante hasta confluir con el terraplén de la vía en puntos indistintos, obligando a generar un flujo lateral hasta ubicar un punto de evacuación (alcantarillas) que en algunos casos eran insuficientes o deficientes.

Este efecto se caracterizó por no ser violento y por comprometer un gran porcentaje de la longitud de la vía, originando con su escorrentía las erosiones locales, longitudinales, laterales, etc.; por otro lado, el estancamiento de las aguas a un costado de la vía por periodos relativamente cortos (semanas), generó también los daños por enlagnamiento, así como el colapso masivo de las alcantarillas metálicas (deterioradas principalmente por la corrosión).

6.3.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN

A continuación se hace una descripción de las alternativas para reducir la vulnerabilidad de estos sectores afectados, considerando al terraplén de la vía y las obras de arte (ver esquema N°6.2):

Para el Terraplén de la Vía

- A) Protección del Talud del Terraplén extendido con Geotéxtil y Enrocado.-
Se plantea colocar una capa de Geotéxtil sobre el talud extendiendo una longitud para el cimiento del terraplén, y de esta manera disminuir el efecto de infiltración de las aguas represadas, si se observa el comportamiento hidráulico de la infiltración se espera una gran pérdida de carga por aumentar la distancia de su recorrido, esperando que el efecto de humedecimiento sea el mínimo (ver detalle de líneas de flujo). Además se colocara una capa de enrocado sobre el talud del terraplén, para protegerlo de las erosiones laterales y longitudinales.
- B) Protección del Talud del Terraplén con una capa Impermeabilizada y Enrocado.-
Se colocará una capa de aditivo impermeabilizante-arena/grava sobre el talud extendido en el cimiento del terraplén, para protegerlo de la infiltración de las aguas represadas y de las erosiones laterales, en curva y longitudinales.
- C) Elevación de la Rasante de la Vía y Protección del Talud con Enrocado.-
Se plantea elevar la rasante de la vía para mantener la carpeta asfáltica lo mas alejada del espejo de agua que corre o se estanca a uno o ambos lados de la vía, evitando su infiltración al mismo y el rebose de las aguas embalsadas por sobre la vía. Además colocar una capa de enrocado sobre el talud del terraplén para protegerlo de las erosiones laterales y longitudinales.

Para el Sistema de Drenaje

- A) Incremento de la Capacidad de Drenaje.-
Se plantea incrementar la capacidad de drenaje colocando mas alcantarillas de concreto armado (para evitar la corrosión) en los lugares mas afectados y cambiar las que se encuentren en mal estado o sean

insuficientes; para ello, será necesario realizar una inspección y evaluación de todas las alcantarillas y cauces existentes; así como estimar el diámetro mínimo de la sección, para evitar su obstrucción por palizadas.

B) Protección de las Obras de Arte.-

Las protecciones mínimas que deberán tener las obras de arte (alcantarillas) son: muros cabezales de entrada y salida, vertederos o colchones disipadores a la salida, protección con enrocado de los vertederos y de la zona de contacto (terraplén); así como realizar el encauzamiento y limpieza periódica de los cauces.

De las alternativas presentadas se sugiere: *“Eleva la rasante de la vía y proteger el talud del terraplén con enrocado, e incrementar la capacidad de drenaje protegiendo las obras de cruce”* (ver sección 6.7, criterios de diseño). Los tramos donde se ubicaran este tipo de obra, dependerán del grado de daño sufrido, para ello debe realizarse una inspección adicional de campo al detalle.

6.3.3 UBICACIÓN

Después de revisar el informe de daños, se puede decir que hay muchos sectores afectados, de los cuales, se han podido ubicar para esta tesis los más saltantes, que a continuación se mencionan:

Sectores: Km.783+000 al 790+000, Km.805+000 al Km.809+000, Km.809+000 al Km.812+000, Km.814+150 al Km.818+000, km823+000 al Km.836+600, km839+020 al Km.853+300, Km.855+000 al Km.860+700, y Km.865+000 al Km.882+000.

Tipo de efecto: flujos secundarios de quebradas

Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:

1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.

2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.

Lineamientos: En aquellos tramos donde se presento este tipo de afectación (aun no definidos por falta de una inspección detallada) se sugiere:

1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.

2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

6.4 MITIGACIÓN DE SECTORES AFECTADOS POR ENLAGUNAMIENTO

6.4.1 DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

Los flujos principales de las quebradas (El Sarco I y II) y ríos (Motupe- La Leche, Olmos y Cascajal), y los flujos secundarios que nacen en el desierto, encontraron un gran sector de depresión (hondonada), que atraía e estos cauces por gravedad, depositándose en él, grandes cantidades de agua que formaron el lago "la Niña".

Este tipo de efectos se caracterizó por no ser violento y por comprometer varios kilómetros de longitud de vía que atraviesan el lago la Niña, originando primero escorrentía laterales a la vía, la sobrepresión en las alcantarillas por los caudales que discurrían, y el estancamiento a uno y posteriormente a ambos lados de la vía; causando con ello los siguientes daños, las erosiones longitudinales y laterales del terraplén de la vía, las erosiones locales y transversales de las alcantarillas, y el deterioro y ondulamiento de la carpeta asfáltica por la perdida de capacidad de resistencia del terraplén producto de la infiltración; se menciona además, los colapsos masivos de las alcantarillas metálicas, producto de la alta corrosión del metal.

6.4.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN

A continuación se hace una descripción de las alternativas para reducir la vulnerabilidad de estos sectores afectados, considerando al terraplén de la vía y las obras de arte (ver esquema N°6.3):

Para el Terraplén de la Vía

- A) Elevación de la Rasante de la Vía y Protección del Talud con Enrocado y Geotextil.

Se plantea elevar la rasante y proteger el talud de la vía con Geotextil, para mantener la carpeta mas alejada del espejo de agua y que no ocurra un lavado de finos del terraplén, evitando el rebose del por sobre la vía y su perdida de resistencia. Además colocar una capa de enrocado sobre el talud del terraplén para evitar la socavación del terraplén ante flujos laterales a la vía.

B) Protección del Terraplén extendido con Enrocado y Geotextil.-

Se colocara una capa de Geotextil sobre el talud y anclado en el cimientto del terraplén para disminuir el efecto de lavado de finos y su posterior perdida de resistencia; permitiendo que la vía mantenga su comportamiento estructural. Además se colocara una capa de enrocado para protegerlo de las erosiones laterales y longitudinales.

C) Protección del Terraplén extendido con una Capa de Revestimiento de Concreto.-

Se colocara una capa de revestimiento de concreto sobre el talud extendido en el cimientto del terraplén para protegerlo de la infiltración de las aguas represadas y de las erosiones laterales, en curva y longitudinales.

Para Mejorar el Sistema de Drenaje

A) Incremento de la capacidad de drenaje.-

Se plantea incrementar la capacidad de drenaje colocando mas alcantarillas de concreto armado (para evitar la corrosión) en los lugares mas afectados y cambiar las que se encuentren en mal estado o sean insuficientes; para ello, será necesario realizar una inspección y evaluación de todas las alcantarillas y cauces existentes; asi como estimar el diámetro mínimo de la sección, para evitar su obstrucción por palizadas.

B) Protección de las obras de arte.-

Las protecciones mínimas que deberán tener las obras de arte (alcantarillas) son: muros cabezales de entrada y salida, vertederos o colchones disipadores a la salida, protección con enrocado de los

vertederos y de la zona de contacto (terraplén); así como realizar el encauzamiento y limpieza periódica de los cauces.

De las alternativas presentadas se sugiere: *“La elevación de la rasante de la vía y la protección del talud del terraplén con enrocado y geotextil, e incrementar la capacidad de drenaje protegiendo las obras de cruce”* (ver sección 6.2, criterios de diseño).

6.4.3 UBICACIÓN

Después de revisar el informe de daños y realizar una inspección, se define al sector mas afectado:

Sector.- Km.860+700 al Km.865+000.

Tipo de efecto: Enlagunamiento de la vía

Tipo de daños: Del Km.860+700 al Km.865+000, sucedieron las erosiones laterales y longitudinales del terraplén, y el deterioro de la carpeta asfáltica; en las alcantarillas se presentaron las erosiones locales y transversales (ver plano N°9).

Lineamientos: Del Km.860+700 al Km.865+000,

1) Se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotextil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones, manteniendo la estructura actual como base de la estructura vial.

2) Ampliar la capacidad de drenaje del tramo y proteger las zonas de contacto.

3) Debe considerarse aprovechar el atractivo turístico que tiene este sector en estas épocas, recomendando la ejecución de proyectos que brinden trabajo a los pobladores de la zona; por ejemplo, construir terrazas para ubicar miradores, terrazas donde se pueda acampar y brindar la navegación con botes, etc. (ver plano N°10).

6.5 MITIGACIÓN DE SECTORES DE PUENTES AFECTADOS POR CRECIDAS DE RÍO

6.5.1 DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

Los ríos de la zona, presentan en épocas del fenómeno avenidas extraordinarias, que suelen transportar primero palizadas y al final de la temporada sedimentos, que ocasionan erosión y decantación de material. Entre los principales daños presentados se encuentran las erosiones locales y transversales a los estribos, aleros y accesos.

En todo el tramo existen los siguientes puentes: Salado, Iniche, Motupe I, Motupe II y Motupe III; que no han presentando solo las erosiones dichas anteriormente, sin mayor daño.

6.5.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN

Para las Obras de Arte.

Se deben hacer estudios hidráulicos de puentes que consideren los efectos del fenómeno (sección 6.7.7), y analizar la posibilidad de mejorarlos, ya sea colocando adicionalmente un tramo del puente, colocando un puente adicional fusible, construyendo uno nuevo, etc. donde se respete la naturaleza del cauce.

A) Ampliación del Área Hidráulica.-

Esta opción plantea el incremento de su área hidráulica, construyendo tramo(s) adicionales al puente actual, que permita desaguar las aguas de las crecidas de ríos; pero no es factible, porque los daños sufridos no son lo suficientes para que se amerite dichas construcciones.

B) Construcción de un Nuevo Puente.-

Se plantea la construcción de un nuevo puente que pueda drenar eficientemente las crecidas de río; pero no es factible, porque estas avenidas no son lo suficiente para que amerite dicha construcción.

C) Ubicar Zonas Fusibles.-

Se estima conveniente la presencia de zonas débiles, que actúen como “fusibles” en puntos críticos de la carretera.

Para el Cauce del Río.

A) Efectuar el Encauzamiento y la Limpieza Continua de los Cauces.-

Para que el drenaje de los puentes trabaje a toda su capacidad, se debe hacer una limpieza periódica, y para definir el cauce de los lechos de ríos y quebradas, se ejecutaran obras de encauzamiento.

B) Protección de las Estructuras.-

Estribos y Accesos (Terraplén) con Enrocado, y el Lecho de Río (zona de contacto) con Gaviones y Enrocado.

Para cada uno de estos sectores se sugiere realizar la: *“Protección de la estructura, de sus elementos, de sus riberas y de sus accesos; así como también, efectuar el encauzamiento y limpieza del lecho de río ”* (ver criterios de diseño en la sección 6.7).

6.5.3 UBICACIÓN

Después de revisar el informe de daños y realizar una inspección, se determinó a 4 sectores como los más afectados:

Sector 1: Km.806+050 (Puente Iniche).

Tipo de efecto: Incrementos extraordinarios del caudal del río

Tipo de daños: Erosiones locales y transversales.

Lineamientos: Se sugiere proteger con enrocado los estribos, aleros y caminos de acceso del puente. Este material deberá ser roca grande, pesada y será colocada de manera que resista las erosiones. Así como también, se recomienda hacer una reparación del colchón disipador que ha sido afectado y efectuar el encauzamiento.

Sector 2: Km.807+572 (Puente Motupe I).

Tipo de efecto: Incrementos extraordinarios del caudal del río

Tipo de daños: Erosiones locales y transversales.

Lineamientos: Se sugiere proteger con enrocado los estribos, aleros y caminos de acceso del puente. Este material deberá ser roca grande, pesada y será colocada de manera que resista las erosiones. Se sugieren además colocar un colchón disipador para evitar las erosiones debajo del mismo, y encauzar el río realizando una limpieza de su lecho y el retiro de los restos del antiguo puente(pilares).

Sector 3: Km.809+135 y Sector 4: Km.809+235 (Puentes Motupe II y III).

Tipo de efecto: Incrementos extraordinarios del caudal del río

Tipo de daños: Erosiones locales y transversales.

Lineamientos: Se sugiere proteger con enrocado los estribos, aleros y caminos de acceso del puente. Este material deberá ser roca grande, pesada y será colocada de manera que resista las erosiones. El lecho del río se ha sedimentado con material arenoso y arcillo-limoso, se sugiere limpieza de su lecho realizando periódicamente un mantenimiento y encauce.

6.6 RESUMEN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Para fines de ordenamiento se ha realizado el siguiente resumen de las medidas de mitigación:

Sector: Km.783+000 al Km.790+000

- Tipo de efecto: Flujos Secundarios
- Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:
- 1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.
 - 2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.
- Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no identificados), se sugiere:
- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
 - 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

Sector: Km.805+000 al Km.809+000 (excepto los puentes)

- Tipo de efecto: Flujos Secundarios
- Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:
- 1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.
 - 2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.
- Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no identificados), se sugiere:
- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
 - 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

Sector: Km.806+050 (Puente Iniche).

- Tipo de efecto: Incrementos extraordinarios del caudal del río

Tipo de daños: Erosiones locales y transversales.
Lineamientos: Se sugiere proteger con enrocado los estribos, aleros y caminos de acceso del puente. Este material deberá ser roca grande, pesada y será colocada de manera que resista las erosiones. Así como también, se recomienda hacer una reparación del colchón dissipador que ha sido afectado y efectuar el encauzamiento.

Sector: Km.807+572 (Puente Motupe I).

Tipo de efecto: Incrementos extraordinarios del caudal del río
Tipo de daños: Erosiones locales y transversales.
Lineamientos: Se sugiere proteger con enrocado los estribos, aleros y caminos de acceso del puente. Este material deberá ser roca grande, pesada y será colocada de manera que resista las erosiones. Se sugieren además colocar un colchón dissipador para evitar las erosiones debajo del mismo, y encauzar el río realizando una limpieza de su lecho y el retiro de los restos del antiguo puente(pilares).

Sector: Km.809+135 Y 809+235 (Puentes Motupe II y III).

Tipo de efecto: Incrementos extraordinarios del caudal del río
Tipo de daños: Erosiones locales y transversales.
Lineamientos: Se sugiere proteger con enrocado los estribos, aleros y caminos de acceso del puente. Este material deberá ser roca grande, pesada y será colocada de manera que resista las erosiones. El lecho del río se ha sedimentado con material arenoso y arcillo-limoso, se sugiere limpieza de su lecho realizando periódicamente un mantenimiento y encauce.

Sector: Km.809+000 al Km.812+800

Tipo de efecto: Flujos Secundarios
Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:

- 1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.
- 2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.

Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no identificados), se sugiere:

- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
- 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

Sector: Km.812+800 al Km.814+150.

Tipo de efecto: Flujo Principal del río Motupe-La Leche (ver plano 6.1)

Tipo de daños: 1) Del Km.813+840 al 814+020, erosión general de la vía (corte).
2) Del Km.812+800 al Km.813+840, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas.

Lineamientos: 1) Del Km.813+550 al 814+150, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado y construir muros de encauzamiento.
2) Del Km.812+800 al Km.813+550, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.2).

Sector: Km.814+150 al Km.818+000

Tipo de efecto: Flujos Secundarios

Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:
1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén
2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.

Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no identificados), se sugiere:

- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
- 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

Sector: Km.818+400 al Km.820+850.

Tipo de efecto: Flujo Principal de la Quebrada El Sarco I (ver plano 6.3)

Tipo de daños: 1) Del Km.820+450 al 820+700, erosión general de la vía (corte).

2) Del Km.818+400 al Km.820+450, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas.

Lineamientos: 1) Del Km.820+100 al Km.820+850, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado y construir muros de encauzamiento.

2) Del Km.818+400 al Km.820+100, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.4).

Sector: Km.820+850 al Km.823+000.

Tipo de efecto: Flujo Principal de la Quebrada El Sarco II (ver plano 6.3)

Tipo de daños: 1) Del Km.822+400 al 822+460, erosión general de la vía (corte).

2) Del Km.820+850 al Km.822+400 y del Km.822+460 al Km.823+000, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas.

Lineamientos: 1) Del Km.822+000 al Km.822+500, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado y construir muros de encauzamiento.

2) Del Km.820+850 al Km.822+000 y del Km.822+500 al Km.823+000, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotextil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.4).

Sector: Km.823+000 al Km.836+600.

Tipo de efecto: Flujos Secundarios

Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:

- 1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.
- 2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.

Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no identificados), se sugiere:

- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
- 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

Sector: Km.836+600 al Km.839+020.

Tipo de efecto: Flujo Principal del río Olmos (ver plano 6.5)

Tipo de daños: 1) Del Km.837+060 al Km.837+200, erosión general de la vía (corte).

- 2) Del Km.836+600 al Km.837+060 y del Km.837+200 al Km.839+020, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas.

Lineamientos: 1) Del Km.837+000 al Km.837+400, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado.

2) Del Km.836+600 al Km.837+000 y del Km.837+400 al Km.839+020, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración y erosiones; así también, se sugiere mantener la estructura actual como base de la estructura vial (ver plano 6.6).

Sector: Km.839+020 al Km.853+300.

Tipo de efecto: Flujos Secundarios

Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:

- 1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.
- 2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.

Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no localizados), se sugiere:

- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
- 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

Sector: Km.853+000-855+000.

Tipo de efecto: Flujo Principal de Quebrada S/N (ver plano 6.7)

Tipo de daños:

- 1) Del Km.854+000 al Km.854+100, erosión general de la vía (corte).
- 2) Del Km.853+000 al Km.854+000 y del Km.854+100 al Km.855+000, erosiones laterales y longitudinales del terraplén, deterioro de la carpeta asfáltica, y erosiones locales y transversales a las alcantarillas.

Lineamientos:

- 1) Del Km.853+900 al Km.854+220, se plantea colocar un Badén amplio de concreto armado.
- 2) Del Km.853+000 al Km.853+900 y del Km.854+220 al Km.855+000, se plantea elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para evitar la infiltración

y erosiones, manteniendo la estructura actual como base de la estructura vial, y ampliar la capacidad de drenaje y proteger la zonas de contacto (ver plano 6.8).

Sector: Km.855+000 al Km.860+700.

- Tipo de efecto: Flujos de quebradas pequeñas
- Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:
- 1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.
 - 2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.
- Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no identificados), se sugiere:
- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
 - 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

Sector: Km.860+700 al Km.865+000.

- Tipo de efecto: Enlagunamiento de la vía (ver plano N°9).
- Tipo de daños: Del Km.860+700 al Km.865+000, sucedieron las erosiones laterales y longitudinales del terraplén, y el deterioro de la carpeta asfáltica; en las alcantarillas se presentaron las erosiones locales y transversales.
- Lineamientos: Del Km.860+700 al Km.865+000, se plantea:
- 1) Elevar la rasante y proteger los taludes con Geotéxtil y enrocado para reducir ó evitar: la infiltración de la aguas hacia la carpeta, el lavado de finos del terraplén y las erosiones de los taludes; manteniendo la estructura actual como base de la estructura vial.
 - 2) Ampliar la capacidad de drenaje del tramo y proteger las zonas de contacto.
 - 3) Debe considerarse aprovechar el atractivo turístico que tiene este sector en estas épocas, recomendando la

ejecución de proyectos que brinden trabajo a los pobladores de la zona; por ejemplo, construir terrazas para ubicar miradores, terrazas donde se pueda acampar y brindar la navegación con botes, etc. (ver plano N°10).

Sector: Km.865+000 al Km.882+000.

Tipo de efecto: Flujos Secundarios

Tipo de daños: Solo en algunos sectores de la vía se presentaron:

- 1) Las erosiones laterales y longitudinales en el terraplén.
- 2) Las erosiones locales y transversales en las alcantarillas.

Lineamientos: En aquellos tramos que se presentaron daños (aun no identificados), se sugiere:

- 1) Elevar la rasante de la vía y proteger los taludes con enrocado.
- 2) Incrementar la capacidad de drenaje y proteger las obras de cruce.

6.7 CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS

En esta sección se dan algunos criterios de diseño, para las principales medidas de mitigación sugeridas, para reducir la vulnerabilidad de las obras de las partes mas afectadas:

6.7.1 PARA EL TERRAPLÉN DE LA VÍA

Elevación de la Rasante de la Vía.

A continuación se dan algunas sugerencias técnicas para la concepción del diseño y construcción del mismo.

- El principal objetivo, es mantener lo mas alejado el nivel de la rasante del nivel de aguas que corren o se estancan lateralmente a la vía, reduciendo con ello, la posibilidad que estas superen la vía y se infiltren hacia la carpeta asfáltica. Se estima que la elevación de la rasante debe encontrarse en el orden de los 50.00 cm (por definir).
- Se sugiere mantener la estructura vial actual, como parte del cimiento de la futura vía, por presentar buenas características después de haber estado sometido a esfuerzos y en algunos sectores a máximos asentamientos.
- La ubicación y longitud de los sectores en la que se aplicara esta medida, dependerá de un estudio adicional considerando la topografía integral de la zona, incluido la vía.
- Esta medida permitirá que las alcantarillas puedan tener mayores dimensiones, contrarrestando de esta manera las continuas obstrucciones de las alcantarillas de poco diámetro.

Protección del Talud del Terraplén con Rip-Rap y Enrocado.

A continuación se dan algunas sugerencias técnicas para la concepción del diseño y construcción del mismo.

- El principal objetivo es reducir la vulnerabilidad del terraplén ante escorrentía laterales que origina erosiones laterales y longitudinales.
- Se sugiere que la protección del talud se realice con material rip-rap (a continuación del Geotéxtil, si hubiere) y rocas pesadas (a continuación del rip-rap) y colocadas de manera tal, que no permita la socavación de las mismas.
- Existe una gran cantera de roca en la zona de Batan Grande, haciendo más factible esta medida.
- La ubicación y longitud de los tramos, en la que se aplicara el planteamiento, dependerá de un estudio adicional considerando la topografía integral de la zona, incluido la vía
- En las zonas cercanas a las obras de arte, se deberá colocar el Geotéxtil y el enrocado con mucho cuidado, por ser un lugar de mayor acción erosiva (cambio brusco de las líneas de flujo); de no ser así, estas se convertirían en puntos débiles, como sucedió en épocas de fenómenos anteriores.

Protección del Terraplén con Geotéxtil.

A continuación se dan algunas sugerencias técnicas para la concepción del diseño y construcción del mismo.

- El principal objetivo es evitar al lavado de finos del terraplén, que sucede cuando el agua que corre o se estanca lateralmente a la vía, se infiltra al mismo por la consistencia arenosa y ocasiona este lavado; que produce asentamiento y ondulación de la estructura vial.
- La colocación de la capa de Geotéxtil sobre el talud del terraplén, debe ser homogénea, considerando un traslape longitudinal, cocidos para asegurarlos y en paños, para delimitar la infiltración de las aguas de ocurrir una destrucción de la estructura en este tramo.
- La ubicación y longitud de los tramos, en la que se aplicara el planteamiento, dependerá de un estudio adicional considerando la topografía integral de la zona, incluido la vía.

- En las zonas cercanas a las obras de arte, se deberá colocar el Geotextil y el enrocado con mucho cuidado, por ser un lugar de mayor acción erosiva (cambio brusco de las líneas de flujo); de no ser así, estas se convertirían en puntos débiles, como sucedió en épocas de fenómenos anteriores, como sucedió en épocas de fenómenos anteriores.
- Se recomienda además que exista zonas de anclaje en la parte superior (berma) y en el pie del talud.

6.7.2 PARA LAS OBRAS DE ARTE

Construcción de Badén Amplio de Concreto Armado.

Este tipo de estructura es muy especial, por lo que se recomienda algunos criterios:

- La estructura del badén se sugiere sea de concreto armado para evitar las erosiones sobre él, teniendo en cuenta que la estructura terminará siendo parte del cauce de la corriente. Para garantizar su estabilidad debido a la naturaleza arenosa del material de cimentación (erosionable), será necesario realizar estudios más profundos sobre esta especialidad.
- Se sugiere mantener la geometría del badén igual al del tramo con pavimento flexible; la estimación de las longitudes deberá hacerse después de realizar estudios que consideren el caudal de diseño con las avenidas de los fenómenos, la cantidad del material de arrastre y el grado de socavación a la que serán expuestas.
- Para dimensionar la altura del mismo, se considera que en lo posible la cota de la rasante del badén (más bajo) este en el orden de la cota del terreno natural (lecho de cauce). Con esta medida se evitará el cambio brusco de las líneas de flujo, que son las causantes de erosiones a la entrada y salida del mismo.
- Se sugiere colocar un colchón disipador a la salida, y proteger con enrocado la entrada y salida en los badenes, para proteger la estructura de las socavaciones que se originan con el paso de las avenidas; se sugiere

además que para la construcción del colchón se utilice sistemas con enrocados, cestos de gaviones o mixtos.

Protección de Alcantarillas y Pontones.

Para evitar que las obras de arte sean erosionadas nuevamente se hacen las siguientes recomendaciones:

- Todas las alcantarillas y pontones, así como sus elementos, se sugiere sean de concreto armado, evitando los materiales metálicos por el alto grado de corrosión a las que estarían expuestas (presencia de sales en el suelo).
- Las Alcantarillas que se encuentren en mal estado (corrosión), deberán ser cambiados por nuevas de concreto armado; y la posibilidad de incrementar las dimensiones del mismo y/o incrementar otras alcantarillas, se sujetara a una inspección adicional
- Se debe colocar Muros Cabezales a la Entrada y Salida de las Alcantarillas y Pontones, estos elementos evitara las erosiones locales y transversales, que se generan por la generación de vórtices y remolinos en la entrada y salida de las mismas (ver esquema).
- Es necesario colocar Vertederos o Colchones Disipadores a la Salida de las obras, y sus dimensiones dependerá del tamaño del flujo de estimado, estos elementos deberán colocarse a continuación del muro cabezal. Esta medida evitara la socavación por erosión transversal y regresiva que se forma en estas zonas.
- La colocación de Enrocado a la Salida del Vertedero, como parte del lecho del cauce protegerá al mismo de las erosiones que suceden en esta zona. Las dimensiones dependerán del grado de erosión a la que estará expuesta.
- Otro elemento de Protección son los Enrocados de los Accesos a la entrada y salida de las Alcantarillas y Pontones; esta acción evitara las erosiones transversales y locales por el discurrimiento lateral de las aguas, que se incrementa al acercarse a la obra de cruce.

- Efectuar una continua Limpieza del Cauce y un Encauzamiento, para que el drenaje de las alcantarillas trabaje a toda su capacidad. Esta limpieza debe hacerse periódicamente por la característica deleznable del suelo (arenosa) que acorta la vida útil de estos trabajos.



(Foto N° 6.1.- Vista del Vertedero de Salida de Concreto).

Estudios Futuros de Puentes.

- Se debería realizar el estudio que contemple el calculo de caudales, transporte de sedimentos, material de arrastre (palizadas), delimitación actualizada de las cuencas, etc. que inciden directamente en el diseño de los elementos estructurales.
- Otro aspecto a considerar en puentes, es que la estructura debe amoldarse al cauce respetando su forma y dirección, particularmente en este tramo no se ha observado hasta ahora este caso, pero sí en el tramo Pacasmayo – Lambayeque (Puente Chaman y Reque).
- De los estudios que se efectuó podemos decir que las obras de derivación de las aguas de los ríos Motupe- La Leche al desierto de Mórrope, han cambiado el drenaje de los puentes con relación a anteriores años.
- Otro aspecto importante a considerar son las áreas de cada celda de los puentes tipo celdas múltiples, ya que deberían ser suficientes para evacuar palizadas. Por ahora no se han tenido problemas de obstrucción por

palizadas, pero podría en algún momento suceder, con la que se generaría un gran desborde.

Protección de Puentes.

A) Protección de Estribos con Enrocado.-

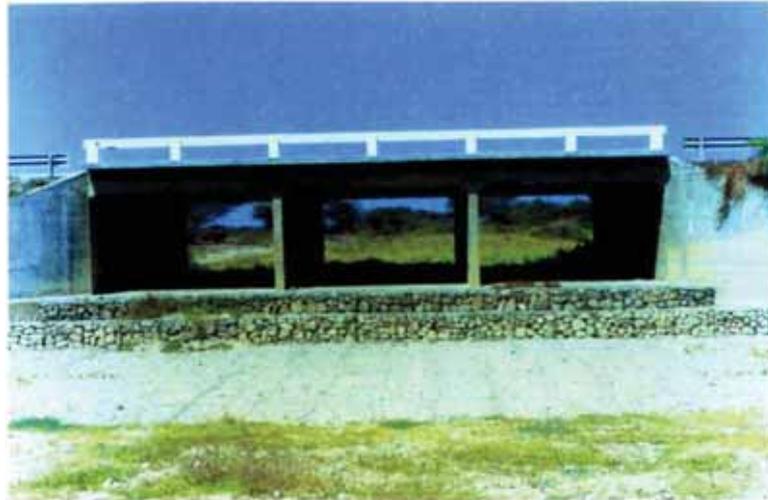
La protección puede efectuarse con enrocados o empedrados, y deben ser colocados de tal manera que estos no sean removidos o alterados por las escorrentías. Esta medida evitará daños por erosiones locales y transversales, que surgen por la generación de vórtices y remolinos en la entrada y salida de los puentes.

B) Protección con Enrocado de los Accesos.-

Debido a la cercanía con el puente y las crecidas del río, se originarán erosiones transversales y locales que involucrarán al terraplén de los accesos, es por ello que la colocación de enrocado evitará dichas erosiones; que de no estar protegido será un blanco fácil de destruir, como ha sucedido en varios puentes durante el fenómeno 97-98.

C) Protección del Lecho de Río (zona de contacto).-

Se recomienda la colocación de colchones disipadores de enrocado a la entrada y salida de los puentes, este elemento protegerá el fondo del puente, la cimentación de los estribos y pilares; evitando de esta manera las erosiones transversales y locales, que suelen suceder en ocurrencias de grandes avenidas. Estas estructuras pueden ser construidas por materiales, como gaviones, enrocados y mixtos; de los cuales la protección con gaviones ha sido usada con éxito en algunos puentes de la zona.



(Foto N° 6.1.- Vista del Vertedero de Salida de Concreto).

D) Efectuar una continua Limpieza y Encauzamiento del Lecho de Río.-

Para que el drenaje de los puentes trabaje a toda su capacidad, se debe hacer una limpieza periódica de escombros, palizadas, entre otros, de los lechos de ríos, donde la característica deleznable del suelo (arenosa) acorta la vida útil de estos trabajos; además, se deben ejecutar obras de encauzamiento, como muros o terraplenes reforzados con enrocado a ambas márgenes, en los tramos aguas arriba y abajo de los puentes y principalmente en las zonas críticas (curvas), que permita definir el cauce de los lechos de ríos y quebradas. Estos elementos deberán ser construidos y diseñados para soportar los caudales extraordinarios.

E) Ubicar Zonas fusibles.-

Recogiendo la experiencia de los daños ocurridos, se estima conveniente la presencia de zonas débiles, que actúen como "fusibles" en puntos críticos de la carretera, los que serán debidamente estudiados y definidos durante el desarrollo del proyecto; estas zonas serán ubicadas considerando que ante la ocurrencia de un posible desastre este sea el primer lugar por donde ocurra el daño.

Reforestación de la Zona de Contacto.

Como una medida para reducir la acción erosiva de las aguas, se incide en la reforestación de todo el sector, en especial de las zonas afectadas, proporcionando una resistencia cohesiva del suelo por la acción del enraizado.

A continuación mencionamos algunos criterios:

- El tipo de reforestación a emplear sería "arborización con algarrobos", por la adaptación de estas plantas a terrenos desérticos.
- Los almácigos se sembrarían a ambos lados de la vía, en especial sobre las huellas de los cauces.
- Se debe realizar el cuidado permanentemente de todas las plantas, como por ejemplo: limpieza de las hojas y tallos del arenamiento, producto de ventarrones continuos de arena.

6.8 LINEAMIENTOS DE PREVENCIÓN DE LA RED VIAL

A continuación se dan algunos lineamientos de prevención que se deberán tener en cuenta para los futuros proyectos en la carretera panamericana norte.

A) Lineamientos Generales.

El principal objetivo es que la red vial se encuentre en condiciones de afrontar los efectos del fenómeno de "El Niño", evitando de esta manera los daños:

- Se debe entender que mejores carreteras requieren mayor inversiones y mantenimiento permanente.
- Se debe actualizar las normas específicas de puentes, obras de cruce, carreteras, etc.; considerando los efectos del fenómeno de "El Niño".
- Se debe modificar los criterios de diseño actual de obras de cruce de quebradas, donde predominan los criterios de trazo para mantener la velocidad directriz, la búsqueda del menor movimiento de tierras y menor envergadura de obras de arte en detrimento de las precauciones contra el comportamiento del flujo de quebradas, lo cual incide en optar por el estrechamiento del cauce, todo lo cual agrava los problemas erosivos y obstruye generalmente el pase de la riada.

B) Lineamientos para Monitoreo de Cuencas.

- Realizar estudios hidrológicos de los ríos y quebradas principales, considerando las lluvias, caudales y avenidas extraordinarias presentadas en épocas de fenómenos "El Niño". Estos estudios contemplaran el flujo de escombros, lodos, palizadas, entre otros.
- Las construcciones de futuras obras civiles, deberán considerar los efectos del fenómeno en los criterios de diseño.
- Se debe realizar un estudio apoyándose en imágenes de satélites para hacer un monitoreo de los cambios de la dinámica fluvial y la geomorfología a través del tiempo.

- En lo posible se debe mantener y respetar la dinámica fluvial de los ríos y quebradas.
- Se debe incluir a la reforestación, como una alternativa para fortalecer el terreno contra las inundaciones.

C) Lineamientos para Mejorar el Funcionamiento Estructural de la Vía.

- Se deberá considerar la construcción de tramos alternativos de emergencia mediante badenes.
- Los nuevos proyectos de carreteras consideraran un mejor diseño de estabilización de taludes.
- Definir las alturas de los terraplenes, de tal forma que se evite la contaminación de las aguas de regadío al atravesar los valles cultivados.
- Estudios más cuidadosos de cimentaciones de puentes y muros en los ríos.
- Pavimentos con mayor capacidad estructural, de alta impermeabilidad para la infiltración y que tenga un buen sistema de bombeo contra las lluvias.
- Para cambios de trazo será necesario, buscar información de los efectos que tuvieron los fenómenos anteriores y considerarlos en los estudios.
- Evitar en lo posible que el trazo de las carreteras corra paralelo al cauce o cerca del mismo.

6.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.9.1 CONCLUSIONES

- En el presente capítulo se sugieren las medidas de mitigación más correctivas para el tramo crítico, que está comprendido entre “Lambayeque y la División Bayóvar (Km.783+000 al 886+636)” y que fue seleccionado tomando en cuenta la cantidad y magnitud de daños observados, el tipo de daño y su incidencia, la ocurrencia y reiteración de daños en zonas próximas y a las causas de los efectos del fenómeno, que en su conjunto hacen de este tramo el más afectado.

- Luego de efectuar el estudio de los efectos en el tramo de la carretera en estudio y analizar el concepto de riesgo, el cual depende de dos factores: LA VULNERABILIDAD de las construcciones y EL PELIGRO o AMENAZA natural; se puede decir que presenta una alta vulnerabilidad por las características de las construcciones, y la presencia del peligro o amenaza esta afirmada por la recurrencia del fenómeno “El Niño” (antecedentes históricos); por lo tanto, el riesgo es inminente (Riesgo = Vulnerabilidad + Peligro).

- Para los sectores expuestos a flujos principales, se sugiere la construcción de un badén amplio de concreto armado para su evacuación, la elevación de la rasante de la vía y la protección del talud del terraplén con enrocado y Geotéxtil, e incrementar la capacidad de drenaje protegiendo las obras de cruce. Entre los sectores más expuestos se encuentran:
 - Sector 1.- Km.812+800 al Km.814+150.
 - Sector 2.- Km.818+400 al Km.820+850.
 - Sector 3.- Km.820+850 al Km.823+000.
 - Sector 4.- Km.836+600 al Km.839+020.
 - Sector 5.- Km.853+000-855+000.

- Para los sectores expuestos a flujos secundarios, se sugiere la elevación de la rasante de la vía y la protección del talud del terraplén con enrocado y Geotéxtil, e incrementar la capacidad de drenaje protegiendo las obras de cruce.
 - Sector 1: Km.783+000 al Km.790+000
 - Sector 2: Km.805+000 al Km.809+000
 - Sector 3: Km.809+000 al Km.812+000
 - Sector 4: Km.814+150 al Km.818+000
 - Sector 5: Km.823+000 al Km.836+600
 - Sector 6: Km.839+020 al Km.853+300
 - Sector 7: Km.855+000 al Km.860+700
 - Sector 8: Km.865+000 al Km.882+000.

- Para los sectores expuestos a enlagueamiento, se sugiere la elevación de la rasante de la vía y la protección del talud del terraplén con enrocado y Geotéxtil, e incrementar la capacidad de drenaje protegiendo las obras de cruce.
 - Sector.- Km.860+700 al Km.865+000.

- Para los sectores expuestos a crecidas de río, se sugiere efectuar la protección de la estructura del puente, de sus elementos, de sus riberas y de sus accesos; así como también, efectuar el encauzamiento y limpieza del lecho de río.
 - Sector 1: Km.806+050 (Puente Iniche)
 - Sector 2: Km.807+572 (Puente Motupe I)
 - Sector 3: Km.809+135 (Puente Motupe II)
 - Sector 4: Km.809+235 (Puente Motupe III)

- Durante las épocas del fenómeno de “El Niño”, las lluvias e inundaciones transforman totalmente la apariencia de ésta parte del Norte del país, por la formación de áreas verdes que cubren toda la superficie y la formación del lago “La Niña” que juntos dan vida a una gran variedad de plantas y animales que se cobijan en éste paraíso temporal. La formación de éste

gigantesco embalse denominado “La Niña” se origina por la confluencia de las aguas de los ríos Olmos, Cascajal, Piura y las aguas desviadas de los ríos Motupe y La Leche, en un sector de depresión ubicado en el desierto de Sechura; la extensión de ésta maravillosa obra de la naturaleza es de aproximadamente 354 Km² y la Carretera Panamericana Norte la atraviesa desde el Km.860 al Km.865.

- En algún momento se pensó efectuar el cambio de vía de la ruta Lambayeque- División Bayóvar-Piura a la ruta Lambayeque- División Bayóvar-Piura, pero los estudios indican que no es factible, por contar con la panamericana antigua como ruta alterna, volviéndose de esta forma antieconómica construir una tercera ruta de Lambayeque a Piura.
- Es común encontrar los puentes, pontones y alcantarillas, subdimensionados para las avenidas del fenómeno de “El Niño”, esto se debe a que los efectos del fenómeno como el cauce, avenidas, palizadas, transporte de sedimentos y escombros, entre otros, no son considerados en su verdadera magnitud, para el diseño de las obras de arte (especialmente en los puentes), donde se debe respetar la forma, caudal y dirección de los flujos que logran obtener en dichas épocas.
- Por muchos meses después de ocurrido el fenómeno, algunos sectores afectados por flujos principales y sectores afectados por enlagueamiento, han presentando daños por infiltración como el ondulamiento y asentamiento progresivo del terraplén. Como se ha sugerido en las medidas de mitigación la elevación de la rasante considera conservar al terraplén deteriorado como parte de la estructura vial para la reconstrucción (fecha en la cual se habrá presentado ya el máximo asentamiento).

6.9.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario que se entienda que estos fenómenos volverán a ocurrir y que la periodicidad de ocurrencia cada vez se acorta, y es por ello que nuestros diseños deben contemplar ya, los efectos del fenómeno y además amoldarse al comportamiento del mismo; para conseguir una reducción de los efectos destructivos.
- Se recomienda que al diseñar las obras de cruce, se respete los anchos naturales de las quebradas, y se altere lo mínimo posible el cauce de dichas quebradas.
- Es recomendable emplear como material de protección del talud de terraplén, de las obras de cruce, y de las riberas y lechos de los ríos y quebradas, al ENROCADO por las siguientes ventajas: 1) El buen comportamiento que tiene este elemento debidamente acomodado, contra las erosiones de los cauces, 2) Se cuenta con grandes canteras de piedra, ubicadas en Batangrande, muy cerca a la zona.
- Se recomienda el empleo del Geotéxtil como alternativa de filtro de grava, pues es muy usado en la hidráulica actual y ha solucionado los problemas de lavado de finos de los suelos (riberas, taludes, lechos, etc.); para el tramo en estudio donde la exposición de los terraplenes a las inundaciones es imperante, la aplicación de este material como elemento de protección, nos brinda una nueva forma de alternativa para la mitigación.
- Las obras de encauzamiento como espigones y diques serán colocados para evitar los desbordes y para conducir la alineación del flujo, pero más no, para canalizar los cauces.
- Se recomienda evitar la exposición al terreno de materiales metálicos sin protección, para evitar el alto grado de corrosión a las que estarían expuestas (presencia de sales en el suelo). A través de los años se ha reincidido en colocar alcantarillas metálicas corrugadas, con resultados

negativos, porque no solo colapsan en algunos años y se tienen que reparar continuamente, sino que de alguna manera, reduce la vida útil de la estructura vial en su conjunto.

- Se recomienda promover la ejecución de proyectos de inversión, que permitan explotar el atractivo temporal del lago “La Niña” por ser un recurso potencial para el turismo y una gran fuente de empleo para los pobladores de la zona, principalmente en el tramo de vía que atraviesa el lago comprendido entre los Km.860-865.
- El presente estudio ha sido desarrollado con información básica obtenida con recursos limitados, se hace esta aclaración para que en futuros proyectos, se contemple la realización de estudios específicos que son necesarios para efectos de cálculo en los diseños de las obras de arte, y donde los parámetros se ajusten mas a la realidad.
- Es necesario que las Normas de Construcción Peruanas consideren los Efectos del Fenómeno, donde cada región estime sus propios criterios de diseño; ello permitirá mayor flexibilidad al diseñar las estructuras y garantizar una mejor vulnerabilidad, porque las Normas de Construcciones actuales estandarizan para todas las diversas regiones del país.

SEGUNDA PARTE

***Efectos del Fenómeno de “El Niño” 1997-98 en la
Ciudad de Chiclayo***

CAPITULO VII

Estudio de los Efectos del Fenómeno en la Ciudad de Chiclayo

7.1 ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD

La ciudad de Chiclayo es la capital del departamento de Lambayeque y fue fundada en 1,720, pertenece a la provincia del mismo nombre-departamento de Lambayeque-región Nor Oriental del Marañon RENOM. La ciudad esta constituida por tres distritos, el distrito Chiclayo, el distrito de José Leonardo Ortiz y el distrito de La Victoria, y es también llamada "la Ciudad de la Amistad".

La ciudad de Chiclayo es una de las ciudades mas importantes y prosperas del Perú, la cual crece vigorosamente y consolida al mismo tiempo sus roles administrativo, comercial y de servicios. La economía del departamento de Lambayeque presenta un marcado carácter agrícola. En la ciudad de Chiclayo y en sus alrededores hay, sin embargo, numerosos centros industriales y artesanales.

7.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La ciudad de Chiclayo se encuentra localizada en el sector nor-occidental del territorio peruano (costa norte), a una distancia de 770 Km. de la ciudad capital Lima, con una latitud de 06°46'05" Sur y longitud de 79°50'13" Oeste del Meridiano de Greenwich.

La ciudad de Chiclayo tiene una extensión total de 227.49 km^2 y a una altura sobre el nivel del mar de 29 m.s.n.m.

Los límites políticos de la ciudad de Chiclayo son:

Por el norte : El distrito de Lambayeque

Por el sur : Los distritos de Reque, Monsefú y Zaña

Por el este : Los distritos de San José y Pimentel

Por el oeste : Los distritos de Zaña y Picsi.

7.1.2 ASPECTOS HISTORICOS

Efectos del Fenómeno del año 1983.-

El fenómeno de “El Niño” de este año se presentó con intensas precipitaciones y grandes descargas de los ríos, de las cuales se tienen los siguientes registros:

- Máxima descarga promedio diario del río La Leche = 215.813 m³/s (27 de mayo de 1,983)
- Descarga promedio diario del río La Leche = 103.438 m³/s (26 de mayo de 1,983)
- Descarga promedio diario del río La Leche = 109.438 m³/s (27 de abril de 1,983)

Las fuertes precipitaciones pluviales y las inundaciones que se presentaron en el departamento de Lambayeque, desde Enero a Mayo, ocasionaron daños con cuantiosas pérdidas económicas. Las áreas más afectadas fueron: agricultura, transportes, vivienda, saneamiento, educación y salud:

A) Sector vivienda -

En la provincia de Chiclayo se tiene 510 casas afectadas: 62.7% destruidas y 37.3% parcialmente destruidas.

B) Sector saneamiento -

El inadecuado diseño y estructura de los sistemas de agua potable y alcantarillado para soportar aguas pluviales les ha ocasionando serios daños en las ciudades y ciertos poblados que prestan este servicio. Por su magnitud física y por el monto de daños, corresponde los daños mayores a la infraestructura de alcantarillado y en segundo término a la infraestructura del agua potable.

C) Sector educación -

La infraestructura educativa departamental se vio seriamente afectada, alcanzando el 60.8% de la capacidad instalada (612 centros educativos).

D) Sector salud -

Los daños en la infraestructura hospitalaria, de centros de salud y puestos sanitarios del departamento ascienden a 43 establecimientos.

Además de ocasionar daños al sector agricultura, transporte, electricidad y comunicaciones.

7.1.3 POBLACIÓN

Chiclayo, capital del departamento de Lambayeque, constituye en centro más importante de las actividades económicas de su región. El núcleo poblacional lo constituyen los distritos de Chiclayo, José Leonardo Ortiz y la Victoria. Según los resultados definitivos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la población de la ciudad de Chiclayo, se elevó en 1993 a 419,600 habitantes (Ver cuadro 7.1).

La proyección de la población para el año 2012 muestra una población que llegará a los 700, 000 habitantes en promedio (Ver cuadro 7.2 y gráfico 7.1).

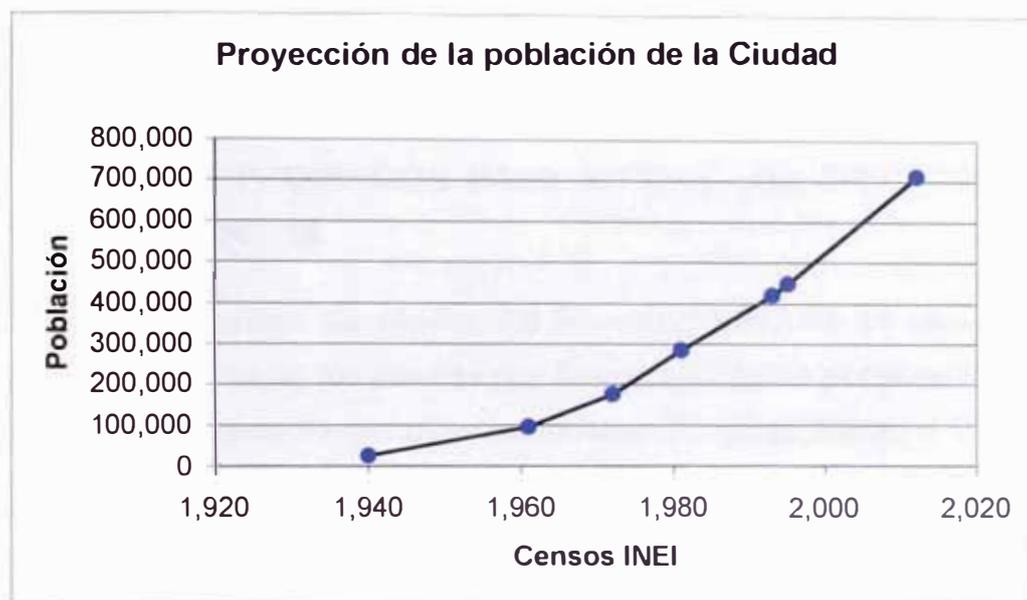
Cuadro 7.1: Población de la ciudad según Censo INEI-1,983

DISTRITOS	POBLACIÓN (HAB.)	AREA BRUTA(HAS.) RESIDENCIAL OCUPADA	DENSIDAD (HAB./HA)
Chiclayo	239 900	1 205	199
J. Leonardo Ortiz	119 400	400	299
La Victoria	60 300	350	172
TOTAL CERCO URBANO	419 600	1 955	215

Cuadro 7.2: Proyección de la población de la ciudad (Fuente EMAPAL oct. 1994).

AÑO	TOTAL
1,940	25,000
1,961	95,000
1,972	176,000
1,981	284,000
1,993	419,600
1,995	447,700
2,012	710,400

Grafico 7.1: Proyección de la población de la Ciudad (Fuente EMAPAL oct 1994).



7.1.4 ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA URBANA

El área del proyecto abarca el casco urbano de la ciudad, es decir, los distritos de Chiclayo, J. L. Ortiz y la Victoria, que la conforman, tal como lo indica el plano 7.1 donde se muestra los límites políticos. Las áreas ocupadas se muestran en el plano 7.2.

Con fines de desarrollo urbano, se caracterizó la estructura urbana en los niveles siguientes: residencial, comercial, industrial, uso público y otros. En el nivel residencial se encuentran las urbanizaciones y los asentamientos urbanos. El desarrollo urbano ha acelerado éstos últimos años por una migración en demanda de terrenos para edificar sus precarias viviendas, tal como es el caso de los pueblos jóvenes que no cuentan con los servicios indispensables, existiendo en la actualidad, más de 100 pueblos jóvenes repartidos en los tres distritos:

- 64 en el Distrito de Chiclayo
- 27 en el Distrito de J. L. Ortiz
- 06 en el Distrito de La Victoria

Por otro lado se ha desarrollado 130 nuevas urbanizaciones, repartidas de la forma siguiente:

- 113 en el distrito de Chiclayo
- 18 en el distrito de J. L. Ortiz

7.1.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL FENÓMENO 1997-98

Con la finalidad de mitigar los efectos del fenómeno 1,997-98, se ejecutaron obras en diversos sectores, las mismas que fueron ejecutadas por la ex CTAR-RENOM, las Direcciones Regionales Sectoriales, Proyecto Especial Olmos-Tinajones y otros Organismos Públicos Descentralizados que operan en el ámbito del departamento . entre las obras más importantes se mencionan las siguientes :

- a) Limpieza de 15.62 Km. de tubería en el distrito de J.L. Ortiz.
- b) Limpieza de 18 Km. de tubería en el distrito de Chiclayo.
- c) Limpieza de 9 Km. de tubería en el distrito de La Victoria.
- d) Mejoramiento del sistema de drenaje del Aeropuerto José Quiñones González.
- e) Mejoramiento de 25 Centros Educativos en los distritos de La Victoria, Chiclayo y J.L. Ortiz.
- f) Mejoramiento de 01 hospitales y 09 Centros de Salud en los distritos de La Victoria, Chiclayo y J.L. Ortiz.

En la parte final de la tesis se ha elaborado el panel fotográfico que contiene fotos de las obras de prevención para el Fenómeno 97-98 (ver anexo–fotos de obras de prevención ciudad de Chiclayo), entre ellas se destacan la limpieza y reforzamiento de los drenes que atraviesan y circulan por la periferia de la ciudad, la apertura de canales en sectores críticos, y la protección de edificaciones precarias como viviendas, iglesias, etc.

¹ Informe de Evaluación plan de Defensa Fenomeno El Nino Fase Preventiva realizado por EL Consejo Transitorio de Administración Regional Región Nor Oriental del Marañon

7.2 ASPECTO FÍSICO

7.2.1 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

7.2.1.1 Características Topográficas

La ciudad se encuentra ubicada a una altura promedio de 29 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), entre las cotas 20 y 35 m.s.n.m.; presenta una pendiente muy suave en el orden del 0.17% y esta ubicada en una zona topográficamente "mas baja" respecto a las zonas agrícolas aledañas. El relieve interno de la ciudad muestra sectores planos, hondonados y otros relativamente elevados, este ultimo debido a la presencia de terraplenes conformados para construir algunas calles, pistas o acequias principales (ver plano 7.2).

La ciudad de Chiclayo se encuentra ubicada dentro de las pampas aluviales, formadas por antiguos conos de deyección de los ríos andinos y que no llegan a los 50 m.s.n.m.; en general todo el valle está apoyado sobre un depósito de suelos finos, sedimentarios, heterogéneos de unidades estratigráficas recientes en estados sumergidos y/o saturados.

7.2.1.2 Características Geomorfológicas

Las Unidades Geomorfológicas son las que han dado la configuración topográfica que se observa en la actualidad, y entre las que predominan en la zona de estudio tenemos:

A) LAS PAMPAS ALUVIALES.-

Generalmente las pampas aluviales, forman una franja continua e ininterrumpida a lo largo de la costa, pero las que se ubican al sur del río Reque tienen características algo diferentes. Estas tienen elevaciones que varían de entre 25 a 200 m.s.n.m., y consisten en abanicos extensos de material conglomerado que representan antiguos conos de deyección de

los ríos Jequetepeque, Zaña y Reque. En general estas pampas son desérticas y se hallan exentas de vegetación. Al norte del río Reque, se nota un cambio característico de las pampas aluviales, estas son mas bajas, formadas por antiguos conos de deyección de los ríos andinos y que no llegan a los 50 m.s.n.m.

B) LA MORFOLOGÍA DE LA COSTA.-

La costa al norte del río Reque muestra señales de crecimiento y construcción, asentado sobre playas anchas y abiertas. El límite entre playa y pampas esta representado por bancos de gravas, depositados cerca al límite del alcance de las olas. Un fenómeno que es común en el ámbito del proyecto es el desarrollo de barreras de arena que obstaculizan o cierran por completo las desembocaduras de los ríos. Estas barreras se han formado por arenas eólicas transportadas del sur, las que se han depositado en los vacíos formados por las bocas de los ríos, los cuales no han tenido suficiente caudal para limpiar las obstrucciones de sus cauces.

C) LAS DUNAS DE ARENA.-

El movimiento eólico del material clásico es uno de los aspectos característicos de las planicies costaneras del Perú, el área del proyecto contiene una variedad de dunas y acumulaciones irregulares de arena; se han reconocido dos grupos de depósitos eólicos de edades diferentes: 1) Dunas Antiguas, son acumulaciones complejas y extensas conocidas como "morros de arena" estos han sido modificados por erosiones posteriores perdiendo su forma típica; la erosión es generada por el agua que bajan de los cerros en forma de riachuelos cortando capas de arena de hasta 15m de profundidad. En el cuadrángulo de Chiclayo, ciertas dunas que ya están estabilizadas y aisladas de su fuente de abastecimientos, también se les considera como dunas antiguas. 2) Dunas Recientes, el mayor porcentaje de las arenas que forman las dunas modernas proviene de las playas y en menor porcentaje de las

pampas, donde el viento ha sido el principal agente transportador del material fino.

7.2.2 CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS

Un análisis cualitativo de la estratigrafía que conforma los depósitos sedimentarios de suelos finos, ubica un estrato de potencia definida sobre depósitos fluviales, eólicos, aluviales, del cuaternario reciente, cuarcitas mal graduadas envueltas por arcillas inorgánicas de plasticidad baja, media y alta.

7.2.2.1 Características Geológicas

La ciudad presenta las siguientes unidades geológicas individuales:

A) AFLORAMIENTOS ROCOSOS.-

Están constituidos por tres cerros testigos, ubicados en las cercanías del cementerio del Carmen y frente al Parque Industrial. Estos afloramientos pertenecen al grupo Gollarisquizca del Cretáceo- Inferior y están constituidos esencialmente por Ortocuarcita de color gris claro a marrón claro. Estas últimas presentan en capas de 20 a 40 cm de espesor, ocasionalmente en bancos de hasta 1.00 m. A veces se encuentran intercalaciones de lutitas muy solidificadas en forma de laminillas. El fracturamiento es muy escaso y se manifiesta en dos sistemas de diaclasas que corren en rumbos de N20°E y N80°O y buzamientos de 85°SE y 80°EN respectivamente. Debido a la fuerte compactación y a la alta silificación de estas rocas, aunado al poco fracturamiento, se puede considerar como impermeables al flujo hídrico y por esta el grupo Gollariquizca en esta área, se puede considerar como sub- estrato rocoso impermeable del acuífero superficial.

B) TERRAZAS MARINAS.-

Se encuentran ubicadas en el extremo occidental y sur occidental del área en estudio constituidas por una antigua plataforma, formada por depósitos

marinos. Posteriormente al producirse la emersión de esta extensa faja costera, las corrientes fluviales han erosionado a esta antigua plataforma dejando en la actualidad remanentes de ella y depositando en las partes bajas sedimentos aluviales. Al sur de Pimentel se puede observar la escarpa de 6.00 m de altura de la terraza marina, con las características del material siguiente de arriba hacia abajo: 1) Depósitos de material clásico subredondeados, de tamaños variables con relleno de arena muy fina. 2) Debajo de los anteriores, encontramos que el conglomerado es netamente calcáreo.

C) DEPÓSITOS ALUVIALES.-

Estos depósitos han sido dejados por los ríos Chancay- Lambayeque y el río Reque, los cuales constituyen los agentes modeladores del actual paisaje geomorfológico. Los materiales que conforman los depósitos aluviales consisten de gravas, arenas, limos y arcilla, entremezcladas en diferentes proporciones, debido a que han sido depositados en condiciones muy variables en cuanto a volumen y velocidad de flujo, de allí que dichos sedimentos sean diferentes tanto en su carácter litológico como en sus propiedades acuíferas.

D) MANTOS ARENOSOS.-

Se encuentran ubicadas en el extremo Nor- Occidental del área en estudio, bajo esta denominación se agrupan aquellas áreas que en la actualidad se hallan cubiertas por depósitos de arena, sean estas en forma de mantos propiamente dicho o de dunas. En su mayoría se consideran que son depósitos de origen eólico, de partículas finas de tamaño de arcilla o limo, material que debió ser transportado como polvo eólico.

7.2.2.2 Características Geotécnicas

Complementando las características geomorfológicas y geológicas, se menciona como aspecto geotécnico la presencia de "FOCOS DE ARCILLAS

EXPANSIVAS“ en los extramuros del casco urbano de Chiclayo sobre los ejes: Chiclayo- Reque y Chiclayo- Ferreñafe.

Las características específicas de los depósitos heterogéneos y sedimentarios es que están formados por suelos finos; SUCS: CL, ML, SM, SC, SP muy compresibles que se presentan en espesores muy variables y estratos apreciablemente paralelos. Estos depósitos están gobernados por las arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad CL de consistencia media a blanda y por limos plásticos ML, estos suelos ocupan un 80% de la configuración estratigráfica; las arcillas CL poseen un ángulo de fricción de 20° a 25° y una cohesión C de 0.20 a 0.30 kg/cm².

Los problemas de CAPACIDAD DE CARGA y de ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES que plantean los depósitos de suelos finos son crítico mas aun si se tiene el FENOMENO EXCEPCIONAL NATURAL EL NIÑO planteado por la variación de la napa freática, que en determinadas épocas del año ubican a estos suelos en condiciones de SUMERGIDO Y/O SATURADO.

Un análisis cualitativo de la estratigrafía que conforman los depósitos sedimentarios de suelos finos del valle del Chancay, ubica a un estrato de potencia definida compuesta por gravas cuarcíticas mal graduadas empacadas por arcillas inorgánicas con abundancia de trazas blancas de carbonatos de compacidad relativa de media a compacta. Este ESTRATO RESISTENTE de potencia definida se ubica a profundidades de 8 m a 12m en el casco urbano y sobre el se apoyan todas las estructuras piloteadas para entregarle su TERMINO DE PUNTA.

El llamado “Estrato Resistente” se ubica a profundidades mayores en los ejes: Chiclayo- Reque y Chiclayo- Ferreñafe. En el eje Chiclayo- Pimentel (Urb. Los Parques, Libertadores, Remigio Silva, José Quiñones, Tres de Octubre, Cerropon y Parque Industrial) se presenta una zona de transición donde el estrato se sitúa cada vez más superficial hasta ubicarse en determinadas zonas de este eje al nivel de terreno.

7.2.3 CARACTERISTICAS CLIMATOLÓGICAS

7.2.3.1 Temperatura, Evaporación y Viento

El clima de la región es variable, entre cálido y templado con temperaturas con temperaturas medias a la sombra variando entre 19.3° a 25.7° en los meses de invierno y verano respectivamente, la temperatura promedio es de 25.7°. La humedad relativa es de 75%.

La evaporación diaria media varia de 5.2 mm como máximo en los meses de verano a 3.6 mm como mínimo en los meses de invierno.

Una de las características principales de la ciudad de Chiclayo es la persistente presencia de corrientes de aire proveniente del sur, que se inician prácticamente después del mediodía, cuya velocidad promedio anual es de 8.2 nudos por hora (4.2 m/s), motivando el arrastre de partículas de arena fina/polvo que se depositan dentro de las casas, motivando trabajos diarios de limpieza en casi todos los hogares de la población.

7.2.3.2 Precipitación e Infiltraciones

El departamento de Lambayeque se caracteriza por ausencia de lluvias en casi todos los años, en razón de la presencia de fuertes vientos que impiden la acumulación de nubes, aún aquellas que proceden del Anticiclón del Atlántico; la excepción ha sido los años 1971-72, 1982-83, 1992 y 1997-98, en que hubo grandes precipitaciones, cuya causa principal fue la corriente del Niño al aumentar la temperatura del agua de mar que pasa por el litoral.

La presencia de una napa freática en profundidades que varían de 2 a 5 m, en distintos puntos de la ciudad, es debida principalmente a la infiltración de los campos de cultivo de arroz, que es uno de los principales cultivos del valle del Chiclayo, que prácticamente envuelven el área urbana de la ciudad en sus

cuatro puntos cardinales, incrementadas en mayor o menor grado por los distintos canales de riego que cruzan la ciudad de este a oeste, algunos canalizados y otros no, dentro de los cuales se pueden mencionar las acequias Cois, Pulen, Yortuque y Tecnope, que sirven además para arrastre de residuos sólidos (basuras) que arrojan a su paso los pobladores de los asentamientos humanos que atraviesan. Se estima un coeficiente de infiltración de 0.5-1.5 l/s/km como contribución a las redes de alcantarillado.

7.2.4 CARACTERISTICAS HÍDRICAS Y DRENAJE

7.2.4.1 Recursos Hidricos

Dentro del valle de Lambayeque existen dos fuentes de agua para los usos de riego y consumo humano, constituidos por aguas superficiales del río Chancay, Reque y La Leche que cruzan los valles respectivos y sirven para riego de las áreas agrícolas disponibles y para consumo potable, como es el Chancay. Y la otra fuente es constituida por las aguas subterráneas, que ha sido explotada en forma regular para uso agrícola por las Cooperativas Patapo, Tuman, Pucalá y Pomalca.

7.2.4.2 Drenaje

Para abastecer el drenaje superficial de las aguas y las de consumo humano, existen en el área de estudio drenes, acequias y redes colectoras. Fuera de la ciudad existen drenes circundantes como: los drenes D-4500, D-3000, D3100, D3200, D-3700, entre otros; que en épocas normales tienen la función específica de reunir y evacuar las aguas de riego, remanente de los terrenos agrícolas, evitando de esta manera su salinización. En la ciudad existen 04 acequias que atraviesan la ciudad como: las acequias Pulen, Cois, Yortuque y Tecnope; que en épocas normales drenan las aguas de riego de zonas altas, y que al atravesar la ciudad se convierten en arterias que alivian el drenaje de la ciudad; además estas acequias drenan las aguas servidas de ciertos sectores que aun no están conectados a la red de colectores.

7.3 EFECTOS DEL FENÓMENO EN LA CIUDAD

Los indicadores del fenómeno advertían que la ciudad de Chiclayo se encontraba en una zona muy propensa a los efectos de fenómeno, y que era de esperar las condiciones necesarias para que se muestre; transcurrieron los meses de diciembre y enero con normalidad, hasta que el día 14 de febrero de 1,998 se presentaron fuertes precipitaciones pluviales que tuvieron su mayor registro en intensidad y periodo.

La estación CORPAC registró:

Máxima intensidad instantánea de lluvia en la ciudad = 167 mm (14 de febrero 1,998).

7.3.1 DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

El fenómeno de el niño 97-98 mantuvo a la ciudad de Chiclayo en zozobra hasta el día 14 de febrero de 1998, día que todos los presentes en la ciudad recordaran por la gran precipitación pluvial que se desató alrededor de las 6:00 de la tarde de forma inesperada, esta lluvia fue la mas intensa registrada en la ciudad y mostraba su furia con relámpagos y truenos, bastaron algunos minutos para que la ciudad se viera rodeada de flujos de quebradas formados en los alrededores de la ciudad que atravesaban todas por las calles y vías, para finalmente enlagunarse en sectores topográficamente mas bajos; durante todo este proceso la ciudad se veía afectada y su estructura seriamente dañada.

Durante las intensas lluvias se observo la falta de un sistema de drenaje pluvial de la ciudad, que permitiera una rápida evacuación de las aguas de lluvia, es por ello que sus calles permanecieron con agua, muchos días después de dichos eventos. Al no existir desagüe pluvial, la evacuación de las aguas de lluvia se efectuó en forma muy lenta a través de:

- 1) La red general de colectores de desagüe, que una vez sobresaturado, colapsado, atorado, etc., empezaron a rebosar las aguas servidas, con la consiguiente exposición de la población a una contaminación,
- 2) Algunos drenes que discurrían en forma natural por gravedad, y
- 3) Las acequias que atraviesan la ciudad, las mismas que por su ubicación sirven a las zonas que están dentro de su área de influencia (sectores enlagueados) para la evacuación de sus aguas utilizando motobombas.

Es necesario alertar sobre otro efecto que puede presentarse en un próximo fenómeno, de no tomarse las medidas correctivas, pues no se descarta la posibilidad que ocurra inundaciones por flujo de quebradas o desborde de canales, porque la topografía es suave en esta parte del país y cualquier flujo puede estar sometido a cambio de direcciones; como el presentado el día 14 de febrero de 1998 donde el desborde del canal Taymi arrasó con los centros poblados que se encontraban en su trayecto, atravesando las provincias de Ferreñafe y Chiclayo siguiendo la ruta por Mesones Muro, Ferreñafe, Mocce, Pícsi, etc; el trayecto de este gran flujo tuvo dirección este-oeste a 10 Km. al norte de la ciudad de Chiclayo (ver foto). En la última parte se presenta el Panel Fotográfico- Daños Desborde Canal Taymi, en el que se muestran las fotos del desastre.



(Foto N° 7.1.- Desastre de Pícsi -fecha: 17-02-98).



(Foto N° 7.2.- Desastre de Mocce en el Km. 883 de la Carretera Panamericana Norte - fecha: 14-02-98).

Fuente Diario El Comercio

7.3.2 EVALUACIÓN DE DAÑOS

Toda la estructura e infraestructura de la ciudad se vió de alguna manera afectada, como el sector vivienda (edificaciones precarias), el sector saneamiento (colectores de la red de alcantarillado) el sector transportes (pavimentación de las calles y pistas), y el sector energía (redes eléctricas); a continuación describiremos solo los daños más críticos:

7.3.2.1 Distrito de Chiclayo

El distrito se ha visto afectado en un 56% del total(*) de su área urbana: identificándose afectaciones en 45 unidades urbanas constituidas por: Asentamientos Humanos, Pueblos Jóvenes, UPIS y 13 Urbanizaciones.

A) Daños a las Edificaciones Precarias.

De acuerdo a la evaluación realizada se han registrado 3,406 viviendas colapsadas en todo el ámbito urbano del Distrito, que representa de acuerdo al censo realizado por el INEI (93) , el 7% del total de las viviendas existentes y una población damnificada de 17,728 habitantes que representa el 7% de la población concentrada en los centros urbanos del distrito.

Según el censo 93, El total de viviendas del Distrito de Chiclayo es 48,578 y el total de la población del Distrito de Chiclayo es 239,887.

Sector Centro.

Casco Central: Es la zona urbana consolidada, ubicada entre las avenidas Leguia, Sáenz Peña, Bolognesi con Luis Gonzáles, ocupa el 5% del área de uso residencial: comprende aparte del uso residencial, el comercio central (intensivo) y el institucional administrativo. El material predominante es el adobe y el ladrillo habiéndose producido el colapso de 50 viviendas y una población damnificada de 290.

Sector Norte.

P.J. El Porvenir: Zona consolidada antigua la cual presenta un área de afectación de 08 has., comprendida desde la cuadra 5 hasta la cuadra 8 de la calle Raymondi, zona receptora de convergencia de agua de lluvias, por su topografía baja, produciendo el colapso de 98 viviendas que representan el 20% del total existente y una población damnificada de 568 habitantes.

P.J. Tupac Amaru: Zona en proceso de consolidación, presenta un área de afectación de 02 has., comprendidas entre las calles Huascarán, Cajamarca, Tungasuca y El Progreso, habiendo sufrido el la afectación del 61% del total de sus viviendas existentes, con una población damnificada de 418 habitantes.

Sector Este.

P.J. San Antonio y Ampliación San Antonio: Considerado como parte de la zona antigua de la ciudad de Chiclayo, caracterizados por presentar en su mayoría construcciones de quincha y adobe. El área de influencia por la afectación es de 32 has., enmarcada entre las calles Los Laureles, Miraflores, Humbolt y San

Carlos. Produciéndose el colapso de 122 viviendas y una población damnificada de 708 habitantes.

UPIS Cesar Vallejo: Zona incipiente en proceso de consolidación, presenta un área de afectación de 2 has., comprendido entre las calles Los Arrieros, Poemas Humanos, Las Colinas, y Trilce; y el colapso de 73 viviendas que representa el 14% del total existente y una población damnificada de 423 habitantes.

P.J. Enrique López Albuja: Zona consolidada que presenta la afectación de 11 has., identificándose la zona baja entre las calles Los Carrizos, Nicolás de Pierola y Cañaverales produciéndose el colapso de 67 viviendas que significa el 14% del total existente y una población damnificada de 389 habitantes.

P.J. Diego Ferre: Considerado como parte de la zona antigua de la ciudad de Chiclayo, caracterizados por presentar en su mayoría construcciones de quincha y adobe. El área de influencia por la afectación es de 40 has., enmarcadas entre las calles Arenales, Miguel de Cervantes, Fiscarral y Vigil produciéndose el colapso de 46 viviendas que significan el 7% del total existente y una población damnificada de 267 habitantes.

Asentamiento Humano Fanny Abanto Calle: Zona en proceso de consolidación, presenta el colapso de 52 viviendas que representan el 11% del total existente en el sector.

Sector Oeste.

P.J. y 9 de Octubre: Presenta un área de afectación de 6 has., comprendido entre las calles Av. Soberanía, 9 de Octubre, Los Laureles, Las Margaritas, Miranda y Av. Elvira García y García con el colapso de 67 viviendas y una población damnificada que asciende a 387 habitantes.

Ampliación 9 de Octubre: Se ha identificado 49 viviendas destruidas y una población damnificada de 284 habitantes.

UPIS Cruz de la Esperanza: Produciéndose el colapso de 62 viviendas, comprendiendo un área de afectación de 2 has., entre las calles Juana de Arco, Santa Fe y El Progreso. Presenta una población damnificada de 360 habitantes.

P.J. Ricardo Palma: Zona en proceso de consolidación, presenta un área de afectación de 2.8 has., y el colapso de 62 viviendas y una población damnificada de 360 habitantes.

P.J. Cruz del Perdón: Presenta un área de afectación de 2 has., y un total de 35 viviendas colapsadas que representan el 6% de las existentes y una población damnificada de 203 habitantes.

Urb. Los Precursores: Zona consolidada donde no se ha identificado derrumbamientos de viviendas pero si la afectación parcial de sus estructuras, presenta un área de afectación de 6 has., localizándose la zona inundable entre las calles Nicolás La Torre, Av. Salaverry, Los Naranjos y Elvira García y García; no se tiene registros de población damnificada.

Urb. José Quiñones Gonzáles: Zona consolidada donde no se ha identificado derrumbamientos de viviendas pero si la afectación parcial de sus estructuras, presenta un área de afectación de 2 has., localizándose la zona inundable entre las calles Sargento Lores e Iquitos.

P.J. Santo Toribio de Mogrovejo: La totalidad del asentamiento ha sido afectada 6 has., con el colapso de 244 viviendas que representa el 80% del total existente, siendo estas en su mayoría de construcción precaria y una población damnificada de 1,414 habitantes.

P.J. Jorge Basadre: Presenta un área de afectación de 2 has. Localizada a lo largo de la Prolongación Av. Leguia, con el colapso de 125 viviendas el 52% del total existente y una población damnificada de 725 habitantes.

P.J. Simón Bolívar: Presenta un área de afectación de 1.5 has., comprendido entre las calles Prolongación Av. Belaunde, Simón Bolívar y Benavides con el colapso de 216 viviendas de construcción precaria y una población damnificada de 1,253 habitantes.

Sector Sur.

P.J. Muro: Zona consolidada que presenta un área de afectación de 3 has., comprendido entre las calles Cáceres, Naylamp y Andrés Lastres, identificándose 76 viviendas colapsadas, las mismas que representan el 14% del total existente y una población damnificada de 441 habitantes.

P.J. Zamora: Zona consolidada en el área de afectación se localiza en la plazuela Ureta, por ser una zona baja de convergencia de aguas de lluvia, presentando un área de afectación de 0.5 has., y el colapso de 127 viviendas, que representa el 68% del total existentes y una población damnificada de 737 habitantes.

P.J. San Francisco: Presenta un área de afectación de 4 has., comprendida entre las calles Nazareth y La Santa Victoria, con el colapso de 55 viviendas, que representa el 18% del total existente, y una población damnificada de 319 habitantes.

P.J. Buenos Aires: Presenta un área de afectación de 3 has., que comprendida entre las calles Nazareth, Huallaga, Primero de Mayo y Av. Garcilaso de la Vega, con el colapso de 65 viviendas que representan el 31% del total existente y una población de 377 habitantes.

UPIS Señor de los Milagros: Presenta una área de afectación de 6 has., localizadas entre las calles El Paraíso, La Fe, La Esperanza, Av. Las Américas, y calle La Resurrección con el colapso de 57 viviendas que representan el 19% del total existente y una población damnificada de 331 habitantes.

Elías Aguirre: Zona en proceso de consolidación presenta un área de afectación de 3.5 has., comprendida entre las calles Carlos Aguirre y Mario Cornejo, con 242 viviendas colapsadas que representa el 98% del total existente y una población damnificada de 1,043 habitantes.

B) Daños al Sistema de Alcantarillado.

Esta dado por el colapso del Emisor y Colector Norte, afectando un área de influencia de 278 has., el cual involucra a una población de 260,625 habitantes.

C) Daños a las Obras de Pavimentación.

La evaluación identifico afectación en algunas vías que son receptoras de aguas de lluvias, por localizarse en zonas bajas, originándose problemas de enlagueamiento lo cual es una de las causas de la destrucción de la capa asfáltica en muchas de ellas y afectación de las viviendas adyacentes. (Cuadro 7.3).

Cuadro N° 7.3: Daños a las Obras de Pavimentación

INFRAESTRUCTURA VIAL	METRADO ML
Calle Alfonso Ugarte (Tramo Manuel Prado - Av. Augusto B. Leguia)	250
Calle Juan Guglievan (Tramo Manuel Prado - Av. Augusto B. Leguia)	250
Calle Leticia (Tramo Av. Pedro Ruiz - Amazonas)	300
Calle 7 de Enero (Tramo Av. Pedro Ruiz – Juan Fanny)	300
Av. Bolognesi (7 de Enero - Av. José Balta)	150
Elías Aguirre (Av. Larco – J.L. Ortiz)	150
Av. Leonardo Ortiz (Maria Izaga – Elías Aguirre)	170
Fitzcarreal (Av. Haya de la Torre – Av. Agricultura)	1,800
Chinchaysuyo (Antenor Orrego – Av. Los Incas)	100
Calles Juan Vizcardo	170
Av. Fitzcarral	850
Av. 28 de Julio	600
Av. Andrés A. Cáceres (Entre la calle Naylamp y calle Andrés Lastres)	120
Plaza Ureta	30
Calle Nazareth	230
Calle Huallaga	200
Calle 1° de Mayo	850
Av. Las Americas	230
Calle Nazareth	250
Calle Los Negreiros	130
Calle El Trébol	130
Calle Las Gardenias	120
Av. Colonial	100
Calle Condorcanqui	80
Av. 8 de Octubre	200
Calle San Martín	60

INFRAESTRUCTURA VIAL	METRADO ML
Calle Santa Ana	150
Calle Viru	60
Calle Danuvio	100
Calle La Plata	80
Av. Las Americas	150
Calles Paraíso	100
La Esperanza	200
Calle Carlos Aguirre	200
Calle Mariano Cornejo	300
Av. 9 de Octubre	1,350
Av. El Ejercito	150
Calle Fe y Alegría	250
Calle Los Arrieros	350
Calle Poemas Humanos	50
Calle Manuel Suárez	200
Calle Nicolás Cuglievan	250
Calle Cois	350
Calle Raymondi	150
Av. Confraternidad	350
Calle Los Literatos	100
Calle Manuel Arteaga	300
Av. El Progreso	100
Calle Los Carrizos	150
Calle Los Cañaverales	200
Calle Capirona	230
Calle Arizola	350
Calle Raca Rumi	50
Calle La Florida	200
Av. Libertad	400
Calle Pacasmayo	150

INFRAESTRUCTURA VIAL	METRADO ML
Calle Jacarandá	100
Calle Pimentel	200
Calle Reque	120
Calle Nicolás La Torre	230
Calle Cadenillas	150
Calle Valiente	150
Calle Arbulu García	200
Cuneo Salazar	150
Calle Napo	100
Calle Tigre	100
Calle Iquitos	200
Calle Sargento Lores	50
Av. Andrés Belaunde	300
Calle La Quebrada	200
Calle Francisco Pizarro	400

7.3.2.2 Distrito de La Victoria

La evaluación identifico que el 100% de las unidades urbanas que conforman el distrito se han visto afectadas por el total o parcial destrucción de su estructura urbana, integrado básicamente por cuatro asentamientos humanos reconocidos y una urbanización popular en proceso de consolidación.

De acuerdo a la evaluación realizada se han identificado 399 viviendas colapsadas en todo el ámbito urbano del Distrito, que representa de acuerdo al censo realizado por el INEI (93), el 4% del total de las viviendas existentes y una población damnificada de 2,314 habitantes que representa el 4% de la población del Distrito.

CUADRO 7.4: Magnitud de la Población Afectada del Distrito de la Victoria

SECTORES	POBLACION TOTAL	POBLACION AFECTADA	% DE AFECTACION
P.J. Víctor Raúl	3,195	534	17
P.J. Primero de Junio	2,039	197	10
El Bosque	5,108	145	3
P.J. Antonio Raymondi	795	162	20
Urb. Santa Rosa	580	104	18
Casco Central	46,424	1,172	3
TOTAL	58,141	2,314	

A) Daños a las Edificaciones Precarias.

El 80% de las unidades urbanas del Distrito se han visto afectadas por la existencia de zonas bajas receptoras de aguas de lluvia, las mismas que después de producida la afectación vienen presentando problemas de insalubridad por el exceso de humedad existente. Las cuales se detallan a continuación:

Sector Centro.

Área Central: Es la zona urbana consolidada, ubicada entre las Av. Miguel Grau, Chinchaysuyo, Gran Chimú, y Víctor Raúl Haya de la Torre, ocupa el 80% del área destinado para uso residencial, que pertenecen a los estratos bajos y medios. Siendo el material predominante el adobe y en menor magnitud el ladrillo. El área presenta tres zonas receptoras de agua de lluvia las mismas que han ocasionado el deterioro de la estructura urbana focalizados en los siguientes puntos: El primero comprendido entre las calles Las Ñustas, Cahuide, Imperio y Prolongación Chimú presentando un área de afectación de 9 has., El Segundo identificado entre las calles Los Tumbos, Pachacutec, Inti Raymi y Yupanqui presentando un área afectada de 3 has., y El Tercero y último localizado entre las calles Puerto Palos, Santa María, El Niño, y Av.

Víctor Raúl Haya de la Torre, presentando un área de afectación de 5 has. Registrando un total de 122 viviendas colapsadas y una población damnificada de 708 habitantes.

Sector Norte.

P.J. Víctor Raúl Haya de la Torre: Zona en proceso de consolidación localizada en el límite urbano rural del distrito, alojando a una población de escasos ingresos, en viviendas de construcción precaria. Identificándose un área afectada de 2 has., comprendidas entre la prolongación de la Av. Chinchaysuyo, siendo esta zona receptora de convergencia de agua de lluvias registrándose el colapso de 70 viviendas y una población damnificada de 406 habitantes.

Sector Sur.

P.J. Primero de Junio: Zona de incipiente consolidación que limita con el área agrícola la misma que estaba siendo ocupada en forma progresiva y espontánea, en su mayoría con viviendas construidas a base de adobe y techos planos. Identificándose un área de afectación de 2 has., la misma que registra el colapso de 34 viviendas provenientes de las Mzas. M, N, O, P Y H, y una población damnificada de 197 habitantes.

P.J. El Bosque: Zona en proceso de consolidación presenta un área de afectación de 5 has., comprendido entre las calles Arguedas, MantaCapac, Macchu Picchu, siendo esta zona receptora de convergencia de aguas de lluvias. Registrándose el colapso de 25 viviendas que representa el 3% del total existente en el sector y una población damnificada de 145 habitantes.

P.J. Antonio Raymondi: Zona de incipiente consolidado consolidado presenta un área de afectación de 29 has., con el colapso de 28 viviendas y una población damnificada de 162 habitantes.

Urb. Santa Rosa: Área urbanizada como producto de la extensión y crecimiento del distrito, esta zona no esta totalmente consolidada, en muchos casos se observa la presencia de lotes vacíos sin uso y/o tierras cultivas o en abandono, localizada en el limite del borde urbano rural. Presenta un area de afectación de 0.5 has., con el colapso de 18 viviendas y una población damnificada de 108 habitantes.

CUADRO 7.5: Viviendas Afectadas del Distrito de La Victoria

SECTORES	TOTAL VIVIENDAS SECTOR	VIVIENDAS DESTRUID.	VIVIENDAS SEMI DESTR.	VIVENDAS AFECTADAS	% DE AFECT.
P.J. Victor Raul	656	60	32	92	14
P.J. 1ro de Junio	570	13	21	34	6
P.J. El Bosque	976	13	12	25	3
P.J. Antonio Raymondi	137	11	17	28	20
Urb. Santa Rosa	100	2	16	18	18
Casco Central	7,809	80	122	202	3
TOTAL	10,248	179	220	399	

B) Daños al Sistema de Alcantarillado.

Esta dado por el colapso del Emisor y Colector Sur, afectando un área de influencia de 49 has., el cual involucra a una población de 45,938 habitantes focalizadas en los siguientes ejes viales.

CUADRO 7.6: Colapso del Sistema de Alcantarillado del Distrito de La Victoria

DESCRIPCION	UBICACIÓN CALLE/AV.	DIAMET. (PULG)	LONG (M)	PROF. (M)	MATER.	OBSERVACION
Colector colapsado	Antenor Orrego	8	368	2.5-3.0	CSN	Calle de Tierra
Colector colapsado	Puerto de Palos	8	460	2.5-3.0	CSN	Calle de Tierra

3	Colector colapsado	Manuel Seoane	8	460	2.5-3.0	CSN	Calle de Tierra
4	Colector colapsado	Wiracocha	8	392	2.0	CSN	Calle de Tierra
5	Colector colapsado	Inca Roca	8	300	2	CSN	Calle de Tierra
6	Colector colapsado	Los Incas	8	48	4	CSN	Calle de Tierra
7	Colector colapsado	Los Incas	16	144	4	CSN	Calle de Tierra
8	Colector colapsado	Las Nustas	18	960	4	C°Reforz	Calle de Tierra
9	Colector colapsado	Los Amautas	48	660	2.5-3.0	CSN	Calle de Tierra
10	Colector colapsado	Mitimaes	8	276	2	CSN	Calle de Tierra
11	Colector colapsado	Paramonga	8	276	2	CSN	Calle de Tierra
12	Colector colapsado	Las Leyendas	8	92	2	CSN	Calle de Tierra
13	Colector colapsado	El Ayllu	8	92	2	CSN	Calle de Tierra
14	Colector colapsado	El Tumi	8	92	2	CSN	Calle de Tierra
15	Colector colapsado	Viru	8	92	2	CSN	Calle de Tierra
16	Colector colapsado	Manco Inca	8	92	2	CSN	Calle de Tierra
17	Colector colapsado	Emisor Sur	48	1,156	4	CSN	Calle de Tierra
18	Colector colapsado	Emisor Sur	56	1,984	4	CSN	Calle de Tierra
19	Colector colapsado	Emisor Sur	52	2,484	4	CSN	Calle de Tierra

C) Daños a las Obras de Pavimentación.

En el área urbana del distrito de La Victoria se han identificado las siguientes vías que han presentado enlagueamiento.

CUADRO 7.7: Puntos Críticos en el Sistema Vial del Distrito de La Victoria

INFRAESTRUCTURA VIAL	METRADO ML
Av. Las Ñustas (Entre la Av. Cahuide - Av. Haya de la Torre)	1,700
Av. Los Incas (Entre la Av. Los Amautas – Mascalpacha)	600
Calle Pachacutec (Entre las Av. Los Amautas- Mascalpacha)	765
Calle Los Tambos (Entre las calles Pachacutec – Yoque Yupanqui)	200
Calle Sinchi Roca (Entre las Av. Los Andes – Las Ñustas)	200
Calle Imperio (Los Andes –Los Tambos)	100
Calle Antisuyo (Av. Los Incas – Yoque Yupanqui)	200
Calle Cahuide (Union – Prolongación Gran Chimu)	700
Calle Paramonga (Los Amautas – Inti Raymi)	500
Calle Tambos (Cahuide – Viru)	410
Calle Viru (Inti Raymi – Los Andes)	100
Calle Paracas (Viru – Las Leyendas)	160
Calle Unión (Av. Miguel Grau – Viru)	340
Calle Los Orfebres (Unión – Amauta)	200
Calle Ayllu (Amauta – Unión)	200
Calle El Tumi (Unión – Amauta)	330
Calle Amauta (Av. Miguel Grau – Viru)	140
Av. Miguel Grau (Amauta – Unión)	120
Calle Yahuarhuaca	100
Calle Coricanche	200
Av. Víctor Raúl Haya de la Torre (Entre Andes – Antiraymi)	400
Macchu Picchu – Mochicas, Santa Maria – La Niña)	280
Prolongación Los Incas (Entre Sacsayhuaman – Gran Chimu)	300
Prolongación Amasua	300

7.3.2.3 Distrito de José Leonardo Ortiz

La evaluación identifico el 71% de las unidades urbanas del Distrito se han visto afectadas por el colapso parcial o total de la estructura urbana, verificadas en 31 concentraciones poblaciones constituidas por UPIS, Asentamientos Humanos, Pueblos Jóvenes reconocidos y 09 Urbanizaciones Populares, cuyas habilitaciones se han venido consolidando progresivamente.

De acuerdo a la evaluación realizada se han identificado 2,550 viviendas colapsadas en todo el ámbito urbano del Distrito, que representa de acuerdo al censo realizado por el INEI (93), el 12% del total de las viviendas existentes y una población damnificada de 8,580 habitantes que representa el 7% de la población concentrada en los centros urbanos del Distrito.

CUADRO N° 7.8: Magnitud de la Población Afectada del Distrito de José Leonardo Ortiz

SECTORES	POBLACION TOTAL	POBLACION AFECTADA	% DE AFECTACION
Upis San Miguel	4,063	116	3
Urrunaga	25,176	887	4
Upis Primero de Mayo	3,274	441	14
Villa Hermosa	1,055	116	24
Urb. Prl. Nuevo San Lorenzo	10,850	255	2
P.J. Las Palmeras	713	174	24
Urb. Popular Miraflores	1,096	Sin Información	Sin Información
P.J. Ramiro Priale	2,703	777	29
P.J. Santa Ana	1,591	29	2
Urb. Popular Barsallo	1,509	389	26
Upis Víctor R. Haya de la Torre	5,160	452	9
Villa El Sol	3,338	870	26
P.J. Jorge Chavez	1,500	121	8

P.J. Lujan	5,724	98	2
Urb. San Carlos	8,620	168	20
Urb. Popular La Explanada	Sin Información	116	Sin Información
P.J. Francisco Cabrera	2,700	197	7
Upis Atusparias	3,929	290	7
P.J. Micaela Bastidas	2,520	104	4
P.J. Medio Mundo	2,247	429	19
P.J. Santos Chocano	4,397	406	9
Upis Maria Parado de Bellido	4,515	522	12
Upis Artesanos Independientes	1,632	41	3
A.H. 12 de Octubre	650	63	10
Urb. Francisco Bolognesi	4,354	29	1
Urb. La Tina	7,215	29	1
P.J. Garces	2,439	75	3
P.J. Las Mercedes	5,134	52	1
Urb. San Lorenzo	1,392	41	3
A.H. Casa Blanca	1,500	615	41
Upis Milagro de Dios	1,520	145	10
Urb. Santa Maria	4,050	516	13
Urb. Técnico Municipal J.L. Ortiz	Sin Información	17	
TOTAL	97,091	8,580	

A) Daños a las Edificaciones Precarias.

El 18% de las habilitaciones del Distrito presentan este tipo de afectación de las cuales el 9% son las mas representativas por el numero de viviendas colapsadas y población damnificada, detalladas a continuación:

Sector Centro.

Mercado Mayorista Moshoqueque Sector I, II, y III: Zona consolidada, que comprende el área comercial del Distrito por la localización del mercado mayorista Moshoqueque, caracterizado por la ocupación de sus vías por ambulantes informales, el congestionamiento vehicular, el hacinamiento y la delincuencia. Presenta una afectación de 10 has., localizado entre las calles Av. Kennedy, Venezuela, y Simón Bolívar.

Sector Norte.

P.J. Ramiro Priale: Zona de incipiente consolidación, localizada en el límite del borde urbano rural del distrito, presenta un área de afectación de 3 has. aproximadamente, comprendido entre las calles, Madre de Dios, Ica, Av. Chiclayo y Av. Perú, que constituye la parte mas baja del asentamiento, con 134 viviendas colapsadas que representan el 22% del total existente y una población damnificada de 1,108 habitantes.

P.J. Víctor Raúl Haya de la Torre: Zona en proceso de consolidación, presenta un área de afectación de 4 has. aproximadamente, comprendido entre las calles Paraguay, San Salvador, Jorge Chávez, por la proximidad al Dren 3,000 este a servido para la evacuación de aguas de lluvia de este sector. Presenta 68 viviendas colapsadas y una población damnificada de 394 habitantes.

Sector Norte.

Urb. Miraflores: Zona en proceso de consolidación, presenta una área de afectación de 3 has., entre las calles Arequipa, Pasaje México, Ucayali, y Caraveli con 174 viviendas colapsadas.

4to Sector Urrunaga: La mayor parte del asentamiento, presenta construcciones precarias habiéndose producido el colapso de 153 viviendas y una población damnificada de 1,160 habitantes.

Villa El Sol: Zona en proceso de consolidación, presenta una área de afectación de 2 has., con 150 viviendas colapsadas y una población damnificada de 870 habitantes.

Sector Este.

P.J. Atusparias: Son asentamientos que se han consolidado en antiguos rellenos sanitarios, presenta el colapso de 50 viviendas colapsadas y una población damnificada de 899 habitantes.

P.J. Santos Chocano: Zona en proceso de consolidación, siendo sus construcciones predominantes de adobe, presenta 70 viviendas colapsadas y una población damnificada de 528 habitantes.

Upis Maria Parado de Bellido: Zona de incipiente consolidación, presenta un área de afectación de 6 has., comprendidas entre las calles José Balta, Prolongación México, Av. Chiclayo, Prolongación Agricultura. Presenta 90 viviendas colapsadas y una población damnificada de 911 habitantes.

Sector Oeste.

A.H. Casa Blanca: Zona de incipiente consolidación, con presencia de áreas agrícolas localizadas al borde del Distrito, las cuales están siendo ocupadas espontáneamente. Presenta un área de afectación de 3 has., con 106 viviendas colapsadas y una población damnificada de 1,117 habitantes.

Urb. Santa Maria: Zona semi-urbanizada que se encuentra bordeando el límite urbano del Distrito; esta zona viene siendo ocupada en forma progresiva y espontánea. Presenta 89 viviendas colapsadas y una población damnificada de 772 habitantes.

CUADRO N° 7.9: Viviendas Afectadas del Distrito de José Leonardo Ortiz

SECTORES	TOTAL VIVIENDAS SECTOR	VIVIENDAS DESTRUID.	VIVIENDAS SEMI DESTR.	VIVIENDAS AFECTADAS	% DE AFECT
Upis San Miguel	700	5	15	20	3
Urrunaga	4,406	24	152	176	4
Upis Primero de Mayo	1,546	7	69	76	5
Villa Hermosa	739	8	82	90	12
Urb. Prl. Nuevo San Lorenzo	1,989	29	15	44	2
P.J. Las Palmeras	133	17	13	30	23
Urb. Popular Miraflores	189	111	63	174	92
P.J. Ramiro Priale	734	134	600	734	100
P.J. Santa Ana	291	3	2	5	2
Urb. Popular Barsallo	272	31	36	67	25
Upis Víctor R. Haya de la Torre	890	59	19	78	17
Villa El Sol	739	150	0	150	20
P.J. Jorge Chavez	259	11	6	17	20
P.J. Lujan	1,006	8	21	29	2
Urb. San Carlos	1,591	8	12	20	2
Urb. Popular La Explanada	Sin Inform.	5	29	34	Sin Inform.
P.J. Francisco Cabrera	466	15	35	50	11
Upis Atusparias	672	10	8	18	7
P.J. Micaela Bastidas	434	9	65	74	17
P.J. Medio Mundo	409	28	42	70	18
P.J. Santos Chocano	486	50	40	90	19
Upis Maria Parado de Bellido	866	10	3	7	10
Upis Artesanos Independientes	298	5	4	9	3

A.H. 12 de Octubre	126	8	5	13	10
Urb. Francisco Bolognesi	795	4	21	25	3
Urb. La Tina	1,401	2	26	28	2
P.J. Garces	430	7	75	83	19
P.J. Las Mercedes	897	4	5	9	1
Urb. San Lorenzo	264	2	5	7	3
A.H. Casa Blanca	259	64	42	106	41
Upis Milagro de Dios	262	22	3	25	10
Urb. Santa Maria	698	39	50	89	13
Urb. Técnico Municipal J.L. Ortiz	Sin Inform.	3	0	3	Sin Inform.
TOTAL	26,870	892	1,450	2,550	

B) Daños al Sistema de Alcantarillado.

Esta dado por el colapso del Emisor y Colector Norte, afectando un área de influencia de 278 has., el cual involucra a una población de 96,744 habitantes focalizadas en los siguientes ejes viales.

CUADRO N° 7.10: Puntos de Colapso del Sistema de Alcantarillado en el Distrito de José Leonardo Ortiz.

DESCRIPCION	UBICACIÓN CALLE/AV.	DIAMET. (PULG)	LONG. (M)	PROF. (M)	MATER.	OBSERVACION
Colector colapsado	Democracia	20	216	2.0	CSM	Calle de Tierra
Colector colapsado	Democracia	24	216	2.0	Concreto Reforz.	Calle de Tierra
Colector colapsado	América	24	88	2.5	Concreto Reforz.	Calle de Tierra
Colector colapsado	Tahuantinsuyo	24	52	3.0	Concreto Reforz.	Calle de Tierra
Colector colapsado	Ferreñafe	24	208	3.0	Concreto Reforz.	Calle de Tierra
SUBTOTAL			780			

C) Daños a las Obras de Pavimentación.

En el área urbana del distrito de José Leonardo Ortiz se han identificado zonas bajas que se inundan a consecuencia de las precipitaciones pluviales, identificadas en los siguientes sectores:

CUADRO N° 7.11: Puntos Críticos en el Sistema Vial del Distrito de J.L. Ortiz

INFRAESTRUCTURA VIAL	METRADO ML
Av. Panamá (Entre Huascar - Incanato)	150
Av. Mariano Cornejo (Entre Av. Augusto B. Leguía - Circunvalación)	1,200
Calle Kennedy (Entre Dorado - Circunvalación)	1,200
Av. Bolívar (Argentina - El Dorado)	620
Calle Dorado (Entre Kennedy - Av. José Balta)	850
Circunvalación (Chayes - Colombia)	300

7.3.3 IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS TÍPICOS

7.3.3.1 Daños a las Edificaciones Precarias

Al presentarse las intensas lluvias, las edificaciones precarias fueron afectadas por:

- 1) Las Precipitaciones Pluviales.
- 2) La Activación de pequeñas Quebradas que se forman en las cercanías (zona de muy suave pendiente), y
- 3) El Enlagueamiento que se presento en sectores de topografía baja y/o con presencia de depresiones.

Estos eventos afectaron directamente a dichas construcciones, construidas generalmente con paredes de adobe o tapia o quincha, techos de caña o esteras y pisos de tierra, etc., cuyos materiales no soportaron el humedecimiento o saturación, ocasionando con ello, una perdida de resistencia de sus elementos y erosión de los mismos, para finalmente causar el colapso parcial o total de la vivienda (ver plano 7.2).

Los sectores mas castigados fueron los asentamientos humanos y pueblos jóvenes por estar ubicados en depresiones, que no contaban con:

- 1) Un Sistema de Drenaje Eficiente,
- 2) Un Adecuado Sistema de Impermeabilización,
- 3) Protección de los Cimientos, y
- 4) Protección de los Techos.

Por lo cual, se dañaron parcial o totalmente (destrucción) las viviendas; otro sector afectado fue el casco central de la ciudad cuyas edificaciones antiguas estaban construidas con material de quincha y adobe; además debemos mencionar que las plantas industriales, pequeñas empresas y negocios fueron también afectados por la inundación y enlagueamiento.



(Foto N° 7.3: Destrucción de viviendas)

Fuente :Diario La República

Luego de analizar el tipo de afectación al que las edificaciones estuvieron expuestas, los daños que estos causaron fueron desastrosos, donde las edificaciones afectadas se volvieron inhabitables quedando sus moradores desamparados y la actividad industrial e comercial quedaron paralizadas. Hacemos el hincapié de que durante la emergencia las vidas de los pobladores estaban expuestas al peligro (ante la caída de parte o toda la edificación), de ahí la importancia de que las medidas de mitigación sean tomadas muy en cuenta y que el costo de dichas medidas sea un factor secundario.

7.3.3.2 Daños al Sistema de Alcantarillado

Al presentarse las intensas lluvias, el sistema de alcantarillado fue afectado por:

- 1) Los flujos que corrían por las calles y se infiltraban en las redes de alcantarillado a través de los buzones, y
- 2) El enlagueamiento que se presentó en sectores de topografía baja y/o con presencia de depresiones que saturaba los colectores.

Estos sucesos crearon una sobrepresión en la red de alcantarillado, empezando a presentarse las roturas, fallas, obstrucciones, y en general el colapso de la red. Si a esto se adiciona el factor del mal estado en que se

encontraba el sistema de drenaje en el momento de la emergencia (insuficiente y/o deficiente), simplemente era de esperarse el colapso de las mismas (ver plano 7.1).

Debemos también mencionar que hubo pérdida de vidas humanas por negligencia, como el dejar abiertas las tapas de las alcantarillas que produjo la caída de transeúntes que no se percataron de este hoyo (sifón)².



(Foto N° 7.4: Colapso del Sistema de Alcantarillado)

Fuente: Revista Caretas

7.3.3.3 Daños a las Obras de Pavimentación.-

Al presentarse las intensas lluvias, las obras de pavimentación de las calles fue afectado por:

- 1) Las precipitaciones pluviales,
- 2) La activación de pequeñas quebradas formadas en la cercanía, y
- 3) Los enlagueamientos

Estos eventos deterioraron la pavimentación de las calles por:

- 1) No estar diseñadas para soportar la alta humedad y/o saturación,
- 2) La falta de sello asfáltico de los pavimentos,
- 3) Porque no contaba con un sistema de drenaje pluvial, y

² Fuente *Diario La República*

4) Por el mal estado en que se encontraba las calles en el momento de la emergencia.

Por lo cual, se empezaron a presentarse deterioros (baches, fisuras, grietas, fallas, etc.) hasta causar finalmente la destrucción de las calles.

Luego de analizar el tipo de afectación al que las calles y pistas estuvieron expuestas, los daños que estos causaron fueron cuantiosos, convirtiendo a la ciudad en un lugar intransitable.



(Foto N° 7.5: Deterioro de la Pavimentación de las Calles)

7.3.4 EFECTOS DEL FENÓMENO

Las manifestaciones principales fueron el efecto de las precipitaciones pluviales, el efecto de las quebradas por formación de flujos, y el efecto de enlagnamiento; y que al no contar con un sistema de drenaje pluvial adecuado ocasionaron cuantiosos daños a la infraestructura.

Los causas principales para se hayan presentado todos estos efectos son: Las lluvias extraordinarias, la suave topografía del terreno, la insuficiencia y/o deficiencia del sistema de alcantarillado y de los drenes existentes, la construcción inadecuada de las edificaciones y de las pavimentaciones, la falta de un sistema de drenaje pluvial y el que la ciudad presente una expansión desordenada del área urbana.

En la ciudad de Chiclayo se presentaron los siguientes efectos:

7.3.4.1 Efectos de las Precipitaciones Pluviales

Este efecto fue el primero en presentarse, y sucedió al caer las precipitaciones pluviales sobre la ciudad y encontrar a sus estructuras vulnerables a sus efectos (irresistentes y desprotegidas), generando el humedecimiento paulatino y con ello la pérdida de su resistencia, hasta ocasionar en muchos casos el colapso de las mismas.

Este catastrófico le sucedió a las edificaciones precarias construidas con adobe y quincha, las cuales se desplomaban peligrando las vidas humanas, debido a que la ciudad cuenta con un gran porcentaje de viviendas construidas con estos materiales y cuyos pobladores son generalmente muy pobres que no cuentan con el dinero suficiente para proteger sus bienes, y a que no contaban con una capacitación adecuada del peligro que corrían sus vidas y pertenencias.

El pavimento de las calles que al no estar diseñadas para soportar la humedad se deterioraron y en muchos casos se destruyeron.



(Foto N° 7.6: Deterioro por las Precipitaciones Pluviales)

7.3.4.2 Efecto de las Quebradas

Este efecto fue generado por la activación de pequeñas quebradas que se forman en las cercanías (zona de muy suave pendiente), por la formación de flujos producto de la caída de las lluvias, que empezaron a correr por acción de la gravedad sobre las calles (llegando a alcanzar los 70 cm de altura), y por los desbordes de drenes y acequias; dañando las edificaciones, la pavimentación de las calles, las redes de alcantarillado, los bienes personales y hasta las vidas humanas.

Estos flujos a medida que recorrían las calles fueron tomando fuerza abrasiva, y fue este factor el que causo los daños; mientras esto sucedía, las calles se volvieron intransitables y los pobladores solo podían pensar en rescatar sus bienes, trasladándolos al techo de sus viviendas o a sus pisos superiores.



(Foto N° 7.7: Flujo de Quebradas)

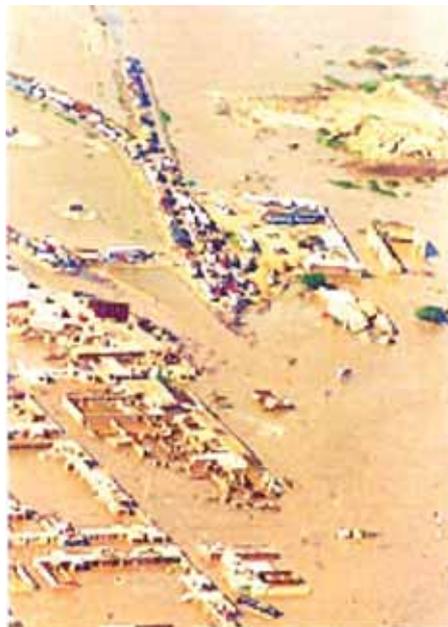
7.3.4.3 Efectos del Enlagueamiento

Generado por la acumulación de agua proveniente de las precipitaciones pluviales, quebradas, desbordes y formación de flujos de agua en zonas topográficamente bajas, las cuales se han comportado como reservorios naturales que llegaron a alcanzar hasta 1.50 m de altura y que perduró por varios días; con la consecuente afectación de las edificaciones, colapso del alcantarillado y destrucción de la capa asfáltica de los pavimentos.

Algunas de avenidas principales de la ciudad presentan rasantes elevadas, las cuales consiguen encerrar áreas pobladas que relativamente forman sectores topográficamente bajos, por ello al presentarse las lluvias y las inundaciones se formaron almacenamientos, por no contar con salidas para su drenaje (sus drenes naturales-canales también tienen sus rasantes elevadas) y formar finalmente los enlagnamientos, que duraron varios días.

Este efecto fue el mas dañino, pues afecto a todos los sectores de la ciudad, entre los principales están el sector economía, vivienda, transportes y salud.

Las viviendas precarias construidas con adobe y quincha fueron las que mayormente sufrieron el efecto hidrodinámico, las mismas que por falta de un adecuado sistema de impermeabilización y protección en cimientos y techos han hecho colapsar sus estructuras.



(Foto N° 7.8: Enlagnamiento de la Ciudad)

Fuente: Diario La Republica

Además debemos mencionar que producto del enlagnamiento (que perduro por varias semanas) y de la contaminación que se generó por rebose de las aguas servidas (que provenían de los colectores de desagüe), empezaron a

proliferarse las enfermedades y epidemias que afectaban la salud de los moradores del lugar.

7.3.5 CAUSAS DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO

Existieron muchas causas, entre las que se distinguen:

- A) Lluvias Extraordinarias
- B) Suave Topografía del Terreno
- C) Presencia de un Estrato Impermeable
- D) Insuficiencia y/o Deficiencia de los Canales Existentes
- E) Falta de un Sistema de Drenaje Pluvial
- F) Construcción Inadecuada de las Edificaciones
- G) Insuficiencia y/o Deficiencia del Sistema de Alcantarillado
- H) Construcción Inadecuada de las Pavimentaciones
- I) Expansión desordenada del área urbana

A continuación describiremos cada uno de los factores que agravaron la inundación:

A) Lluvias Extraordinarias

Durante la época del fenómeno “El Niño” se produjeron lluvias intensas, que en algunos casos se tornaron extraordinarias; a continuación mostramos las precipitaciones más importantes:

CUADRO N° 7.12: Registros de Lluvias Extraordinarias.

FECHA	PRECIPITACIÓN	CARACTERÍSTICAS
16 de Diciembre de 1,997	37 mm	Causó aniegos en las zonas urbanas de baja topografía
14 y 15 de Febrero de 1,998	167 mm	La lluvia duró 13 horas continuas y produjo aniegos y daños a la infraestructura de la ciudad.

Las precipitaciones extraordinarias produjeron que los ríos aumentaran considerablemente su caudal; a continuación se muestra las descargas máximas para cada río importante, que nos da una idea de la magnitud del evento:

CUADRO N° 7.13: Registros de Caudales Extraordinarios de Ríos.

RÍO	FECHA	CAUDAL	CARACTERÍSTICAS
La Leche	08/02/98	1,100 m ³ /s	Aproximadamente 05 veces mas la descarga producida en el año 1,983
Zaña		750 m ³ /s	
Chancay		750 m ³ /s	
Reque	14/03/98	1,996 m ³ /s	Se registró el caudal máximo extraordinario y causó la perdida de 330 Has. de cultivos.

En el anexo hidrológico (al final de la tesis) se muestran cuadros de aforos de los principales ríos Motupe, Cascajal, La Leche y Reque.

B) Suave Topografía del Terreno

La ciudad se encuentra ubicada en una zona topográficamente “mas baja” respecto a las zonas agrícolas aledañas; y dentro de la ciudad presenta un terreno de topografía muy suave con pendiente 0.17%. El relieve interno de la ciudad muestra sectores planos, hondonados y otros relativamente elevados,

este ultimo debido a la presencia de terraplenes conformados para construir algunas calles, pistas o acequias principales (ver plano 7.2).

Toda la ciudad se encuentra ubicada en una zona topográficamente "mas baja" respecto a las zonas agrícolas aledañas; y dentro de la ciudad presenta un terreno de topografía muy suave con pendiente 0.17%, observándose sectores planos, y en otros con presencia de hondonadas; esto debido a la presencia de terraplenes por sobre el nivel natural, conformado para construir algunas calles, pistas o acequias principales (como se muestra en el Plano Topográfico de la ciudad de Chiclayo).

C) Presencia de un Estrato Impermeable

Durante la época del fenómeno EL NIÑO, las lluvias e inundaciones presentadas consiguen un aumento del nivel de la napa freática por la presencia de un estrato resistente (gravas cuarcíticas mal graduadas empacadas por arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad) que actúa como estrato casi impermeable, donde las aguas al no poder infiltrarse elevan el nivel de la napa freática hasta formar enlagnados y que para drenarlos se necesitaría de mucho tiempo.

D) Insuficiencia y/o Deficiencia de los Canales Existentes

Los canales Cois, Pulen, Yortuque y Tecnope, que atraviesan la ciudad se encuentran en estado deficiente, y presentan insuficiencia de drenaje; porque que su sección hidráulica es muy reducida en comparación con los caudales que debieran circular por las mismas durante las épocas de intensas lluvias. Estos canales fueron utilizados para desaguar las aguas pluviales sucedidas en los fenómeno de El Niño 97-98, pero de una manera muy restringida, puesto que era necesario bombear las aguas de los sectores enlagnados hacia los canales utilizando motobombas.

E) Falta de un Sistema de Drenaje Pluvial

La ciudad de Chiclayo, no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, que permita una rápida evacuación de las aguas de lluvia, es por ello que sus calles permanecen con agua, muchos días después de cada precipitación pluvial. Al no existir desagüe pluvial la eliminación del agua de lluvia discurre a través de la red general de colectores de desagüe, pero para ello, después de cada precipitación pluvial se atora con el consiguiente rebose de las aguas servidas, y es latente el peligro de contaminación. La otra vía que se utilizó para desaguar este tipo de aguas, fueron los canales que atraviesan la ciudad.

F) Construcción Inadecuada de las Edificaciones

La ciudad de Chiclayo también cuenta con un gran porcentaje de construcciones precarias de adobe y quincha, debido a que estos pobladores desconocen la alta vulnerabilidad de estos elementos ante los efectos del fenómeno de “El Niño”, y también porque no cuentan con posibilidades económicas para edificar sus viviendas con albañilería y/o concreto.



(Foto N° 7.9: Destrucción de Viviendas Precarias)

G) Insuficiencia y/o Deficiencia del Sistema de Alcantarillado

La red de alcantarillado no esta ni estuvo en condiciones de evacuar ni afrontar las grandes precipitaciones que sucedieron en la ciudad, por las siguientes razones:

- 1) Los criterios de diseño fueron de solo evacuar la cantidad de agua destinada al consumo humano,
- 2) Casi toda la red, especialmente las troncales se encontraban subdimensionadas,
- 3) Por la antigüedad que presentaban las tuberías de las redes y troncales, se observó un deterioro de las mismas y la disminución de la sección hidráulica por las partículas adheridas en su interior,
- 4) La falta de limpieza de las redes y troncales, que en muchos tramos estuvo obstaculizado.

Todos estos factores agudizaron aun mas la inundación, ya que en el momento de la emergencia se esperaba que las redes de alcantarillado pudieran drenar las aguas que se estancaban, todo lo contrario fue adverso, porque al colapsar el alcantarillado las aguas servidas empezaron a emerger en las calles y viviendas inundadas, propagándose con ello las enfermedades.

H) Construcción Inadecuada de las Pavimentaciones

Las pavimentaciones de la ciudad se encontraron vulnerables a los efectos del fenómeno, por no haber sido diseñados y construidos con materiales que resistan la exposición de las mismas a los efectos del fenómeno como son, las precipitaciones, los flujos de quebradas y enlagueamientos, y no contar con cunetas y un eficiente Sistema de Drenaje Pluvial.

I) Expansión Desordenada del Área Urbana

La ciudad de Chiclayo al igual que otras ciudades prosperas del país se encuentra en constante crecimiento de su área urbana, pero el afán por

conseguir un lugar donde vivir ciega muchas veces a la gente quienes obvia la importancia de realizar estudios del terreno antes de construir una vivienda (ver plano 7.6). A continuación mencionaremos algunos casos:

- Instalación de viviendas en zonas de depresión u hondonada.- Una parte del crecimiento de la ciudad tiende a ubicarse en sectores de niveles topográficos bajos; esto conllevará a que en un futuro fenómeno de "El Niño" se formara un enlagonamiento.
- Tendencia del crecimiento de la Ciudad hacia la Periferia y hacia las afueras del mismo (por las vías principales de entrada y salida hacia Reque, Pomalca, Ferreñafe, Lambayeque y Pimentel), sin importar las condiciones de vulnerabilidad y peligro a la que están expuestos.

7.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN.-

El objetivo principal de un programa de mitigación de desastres debe ser reducir las pérdidas humanas y materiales, al menor costo posible, que permita el desarrollo sostenido de una región o país, sin pérdidas catastróficas que puedan reducir de manera significativa el ritmo de su desarrollo social y económico. Dicho objetivo se puede lograr si se reduce el RIESGO.

El riesgo depende de dos factores: EL PELIGRO o AMENAZA natural y la VULNERABILIDAD de las construcciones; luego de estudiar las características de la ciudad, se puede decir que presenta una alta Vulnerabilidad, y la presencia del Peligro o Amenaza esta afirmada por la recurrencia del fenómeno “El Niño” (antecedentes históricos); por lo tanto, el Riesgo es inminente (Riesgo = Vulnerabilidad + Peligro).

Para reducir los efectos principalmente el de Inundación que afecta a la ciudad de Chiclayo, se están proponiendo las siguientes medidas:

- 1) Realizar una Zonificación de la Ciudad.
- 2) Proponer un Sistema de Drenaje Pluvial Integral.
- 3) Reducir la Vulnerabilidad de los Elementos, y
- 4) Sugerir sectores para la expansión urbana de la ciudad.

Todas estas medidas están enmarcadas en el Fenómeno “El Niño”:

7.4.1 ZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD

Después de analizar las zonas afectadas por las inundaciones se ha clasificado la ciudad en tres zonas: zonas severamente afectadas-principalmente por enl lagunamiento, zonas moderadamente afectadas-por activación de pequeñas quebradas formadas en las cercanías y zonas levemente afectadas-por las precipitaciones pluviales (ver plano 7.4 de Inundación).

Se hace la aclaración que se obtuvo información de varias fuentes como INADUR, EPSEL, y Otros, de las cuales algunos de sus datos diferían notablemente; como el plano de enlagueamiento, en el que se tuvo que realizar un plano *consolidado de inundación* apoyándose en las características topográficas de la ciudad (ver plano 7.3).

7.4.1.1 Zonas Severamente Afectadas

Los centros poblados que se encuentran dentro de estas zonas han sido afectados por enlagueamiento, activación de pequeñas quebradas y por las precipitaciones pluviales; por tales motivos son las principales áreas donde deben tomarse las medidas de reducción de la vulnerabilidad de las edificaciones, pavimentación y sistema de colectores, y contemplar el sistema de drenaje pluvial por gravedad o bombeo. Entre los centros poblados más afectados se encuentran:

C.H. Augusto B. Leguia	Urb. Mira
Urb. San Isidro	Urb. La Primavera -III Etapa
P. J. Ampliación Tupac Amaru	Patazca
P.J. Las Palmeras	C.P. 12 de Octubre
Urb. San Luis	Upis Cois
Upis Artesanos Independientes	Urb. Francisco Bolognesi
Mercado Moshoqueque –I Sector	Mercado Moshoqueque–II sector
Mercado Moshoqueque –III Sector	Urrunaga
Urb. San Eduardo	Urb. Federico Villarreal
Urb. Arturo Cabrerros Falla	Urb. La Florida –I
Urb. El Amauta	Urb. Pinos de la Plata
Urb. La Florida –II	P.J. José Olaya
Adriano Baca Burga	P.J. Ampliación 9 de Octubre
Urb. Felipe Salaverry	Urb. Los Libertadores
Urb. Caja de Depósitos	Urb. Los precursores
Urb. Santa Elena	C.H. José Balta
Urb. Santa Lila	Urb. Los Mochicas

Urb. San Carlos	P.J. Ricardo Palma
P.J. Jorge Basadre	P.J. 4 de Noviembre
P.J. Luis Alberto Sánchez	

7.4.1.2 Zonas Medianamente Afectadas

Los centros poblados que se encuentran dentro de estas zonas han sido afectados por la activación de pequeñas quebradas que se forman en las cercanías, y por acción directa de las lluvias; por ello deben también ser tomados en cuenta en las medidas de reducción de la vulnerabilidad de las edificaciones, pavimentación y sistema de colectores de desagüe, y contemplar el sistema de drenaje pluvial por gravedad. Entre los centros poblados más afectados se encuentran:

Urb. La Primavera –II Etapa	P.J. Túpac Amaru
Urb. La Primavera	P.J. Chiclayo
El Porvenir	P.J. El Porvenir
Urb. San Lorenzo	Nuevo San Lorenzo
P.J. Santa Ana	P.J. Ramiro Priale
Urb. Popular Miraflores	Víctor Raúl Haya de la Torre
Jorge Chávez	Villa El Sol
P.J. Santa Beatriz	Upis Primero de Mayo
Urb. Carlos Stein Chávez	Urrunaga –IV Sector
Urrunaga –V Sector	P.J. Villa Hermosa
P.J. José Santos Chocano	Upis Maria Parado de Bellido
Asentamiento Saúl Cantoral	Upis Cesar Vallejo
P.J. E. López Albuja	A.H. Fanny A. Calle
P.J. Jorge Chávez	P.J. Puente Blanco
P.J. San Antonio	P.J. Chino
P.J. Zamora	Urb. Santa Victoria
P.J. Buenos Aires	P.J. San Francisco
P.J. San Martín	P.J. San Nicolás
Upis Señor de los Milagros	Urb. Santa Angela

Urb. Ana de los Angeles	Urb. Los Jardines de Santa Rosa
Urb. San Felipe	Urb. Las Delicias
Urb. Daniel Alcides Carrión	Primero de Junio
Urb. Monterrico	P.J. Elías Aguirre
San José Obrero	P.J. 9 de Octubre
Urb. Cruz del Perdón	P.J. José Carlos Mariátegui
Ampliación Cruz del Perdón	Upis Los Olivos
Urb. Ciudad Del Chofer	

7.4.1.3 Zonas Levemente Afectadas

Los centros poblados que se encuentran dentro de estas zonas han sido afectados por la acción directa de las precipitaciones pluviales; dañando principalmente las edificaciones precarias, para ello se deben tomar en cuenta las medidas para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones y pavimentación. Entre los centros poblados que presentan estas características se encuentran:

Urb. Del Ingeniero II	Urb. Cruz de Chalpón
Urb. La Primavera –IV Etapa	La Primavera
P.J. Santa Rosa	P.J. Luis Heysen
Urb. Los Rosales	P.J. Francisco Cabrera
Upis Atusparias	Urb. La Tina
P.J. Micaela Bastidas	Las Mercedes
P.J. José Balta	Urb. San Martín
Campodónico	Urb. San Juan
P.J. Suazo	P.J. Diego Ferré
Upis Ciro alegría	P.J. Muro
P.J. Víctor Raúl Haya de la Torre	Urb. Las Margaritas
Urb los Parques	Urb. Las Brisas
San Miguel	Urb. El Paraiso
Urb. Progreso Cerropón	Urb. Las Mercedes
Urb. La Colina	Urb. Avientel
Urb. La Concordia	La Plata
Urb. La Pradera	Parque Industrial

Urb. Panamericana Norte	Urb. del Ingeniero
Urb. José A. Quiñones González	Urb. Remigio Silva
Urb. Cruz de la Esperanza	P.J. Vista Alegre
P.J. Simón Bolívar	Urb. 3 de Octubre

7.4.2 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

Los estudios efectuados anteriormente dejan en claro que se debe tener bien presente que los fenómenos y sus efectos volverán a presentarse en la ciudad (zona muy propensa) pudiendo ser de mayor o menor intensidad; por lo tanto, la estructura de la ciudad, incluyendo su sistema de drenaje pluvial, deberá considerar para sus diseños dichos efectos:

- 1) En el caso del efecto de las precipitaciones, se sugiere considerar un nuevo tiempo de precipitación, intensidad y recurrencia de diseño.
- 2) En el caso de la activación de pequeñas quebradas formadas en las cercanías, se considerará un nuevo caudal de diseño, las palizadas, la turbiedad y el transporte de sedimentos.
- 3) En el caso de enlagueamientos, se tomara en cuenta el área afectada, los volúmenes de inundación, etc.

La propuesta sugiere que durante las épocas de fenómenos de "El Niño", se abran frentes por donde las aguas puedan evacuarse, entre ellos:

- 1) Los Drenes que circundan la ciudad y los que están fuera de ella, deberán captar, conducir y evacuar todas las aguas que provengan de las lluvias (caídas fuera de la ciudad), regadío y en general todas aquellas que acostumbraban circular por la ciudad; y
- 2) Los Canales Principales y Secundarios (ubicados dentro de la ciudad), deberán evacuar las aguas que provengan de las lluvias caídas sobre la ciudad; estos canales captaran las aguas que lleguen a él por gravedad o bombeo (no muy recomendable) a través de los conductos, canales o tuberías, según sea el caso, para luego ser conducidas a los Canales de

Recepción que podrían ser los Drenes D-3400, D-3200, D-3100, D-4400 y D-4000.

7.4.2.1 Drenaje Exterior de la Ciudad

Toda el agua que provenga de las lluvias (caídas fuera de la ciudad), regadío y en general todas aquellas que acostumbran circular por la ciudad a través de las acequias, deberán ser captadas, conducidas y evacuadas hacia los drenes que se encuentran fuera de ella, como el D-3000, D-3700, entre otros; para que solo el agua que se precipite en la ciudad sea la única a evacuar por los canales que atraviesan la ciudad (antes acequias). A continuación se describen algunas recomendaciones generales y consideraciones de diseño:

RECOMENDACIONES GENERALES:

- Dichos drenes deberán ser mejorados colocando compuertas, ampliando su sección hidráulica y realizando un constante mantenimiento.
- Se debe proteger con enrocado las riberas de los cauces, por lo menos en los sectores donde la erosión es mayor (cruces, puentes, alcantarillas, tomas, etc.).
- Las obras de arte deberán contemplar criterios adicionales para su diseño, como considerar los caudales extraordinarios que circula en épocas de avenidas y adicionar a ello los caudales que llegaban a la ciudad (para no agudizar el problema de desbordes en la ciudad).

7.4.2.2 Drenaje Interior de la Ciudad

La propuesta sugiere ubicar dentro de la ciudad, un sistema de drenaje capaz de evacuar eficientemente las aguas que provengan de las lluvias caídas sobre la ciudad; para ello es necesario proyectar un sistema de canales basado en la captación sectorizada de las aguas de lluvia a través de los canales

secundarios, y en la conducción de las mismas hacia las afueras de la ciudad a través de los canales principales.

El sistema de drenaje deberá acopiar y conducir todos los flujos por gravedad; desde su acopio a través de las canaletas de las edificaciones y bombeo de los pavimentos hacia las cunetas laterales a las calles, para luego ser conducidas hacia los canales secundarios, posteriormente hacia los canales principales, y finalmente evacuadas hacia los drenes fuera de la ciudad.

Con la información obtenida (donde la topografía no es muy confiable) se sugiere en primera instancia desarrollar el siguiente sistema de drenaje pluvial dentro de la ciudad:

- 1) Los Canales Principales serán:
 - Tipo 1.- Serán Canales de Gran Envergadura (Grandes y profundos), porque a ellos llegarán los canales Tipo 2; los mencionados canales evacuarán las aguas por gravedad.
 - Tipo 2.- Serán Canales de Mediana Envergadura (Medianos y poco profundos), su profundidad variará según las cotas de llegada de los Canales Secundarios (los cuales llegan a este) y la topografía de la zona; los mencionados canales evacuarán las aguas por gravedad.
- 2) Los Canales Secundarios deberán conducir por gravedad todos los flujos posibles, de ahí la importancia de una topografía detallada para determinar el número y ubicación de los mismos.

Las zonas afectadas severamente por enlagnamiento, y medianamente por flujos de quebradas (ver sección 7.4.1), deberán evacuar sus aguas por gravedad a través de los canales secundarios que se dispondrán en toda la ciudad para luego ser enviados a los canales principales; pero también se podría utilizar el drenaje por bombeo (partes más críticas) pero no es recomendable, necesitándose para ello preparar un lugar amplio (puede ser un parque o área libre) que sirva de embalse.

Los Canales Principales podrían ser proyectados en primera instancia por la ruta las acequias Cois, Pulen, Yortuque y Tecnope, Dren D-3000, y la posibilidad de construir el Canal que atravesase la calle México en el Distrito de José Leonardo Ortiz, por presentar una topografía de depresión relativa. Estos canales aprovecharan el área libre de las acequias para construir en ellos, canales de mayores dimensiones y principalmente mayor profundidad para que puedan captar las aguas de lluvia por gravedad. Con esta medida se evitara además los desbordes de las acequias que en anteriores eventos agudizaba aun más el problema.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- Según las Normas Peruanas de Carreteras, se sabe que las pendiente mínima longitudinal de la rasante de los drenajes de aguas superficiales es de 0.4%, pero en la ciudad de Chiclayo las pendientes transversales y longitudinales, no están en el rango permitido, porque la pendiente media de la ciudad es de 0.17%; por ello, la evacuación se ha de desarrollar en forma secuencial primero por las calles, luego por los canales secundarios para finalmente llegar a los canales principales de evacuación.
- Los canales deberán tener mayor área hidráulica y mayor profundidad, para poder conducir un caudal considerable que los proyectistas se encargaran de calcular; además, se debe considerar un ancho de retiro, destinado para la protección de los mismos, evitándose la construcción de centros poblados que agudizarían el problema de desbordes (como la sucedido durante el fenómeno de 1998).
- Para el diseño de los canales se deberá considerar los efectos del fenómeno de “El Niño”, y ello conlleva a establecer:
 - 1) Para las lluvias, un nuevo tiempo de precipitación, intensidad y recurrencia de las lluvias,
 - 2) Para los flujos de quebradas, un nuevo caudal de diseño, palizadas, turbiedad y el transporte de sedimentos, y
 - 3) Para los enlagueamientos, los volúmenes o niveles de inundación.

- Para los cálculos hidráulicos de estos canales, se debe tomar en cuenta la lluvia extraordinaria presentada el 14 de febrero de 1,998 durante 14 horas y que registro una intensidad máxima de 130 mm, el área tributaria, pendiente, la evaporación, la infiltración, el aporte natural de los cauces, puntos de alimentación y caudales de bombeo, etc.
- El tipo de material con el que se construirán los canales dependerá de los estudios futuros que se efectúen de abrasión y durabilidad; pero por la exigencia a la que estarán expuestas se puede sugerir el concreto armado o de piedra-cemento.
- Se sugiere que estos canales tengan forma trapezoidal, con talud 1:1, pendiente del fondo 0.17%, y las dimensiones de su base y altura dependerá de un estudio adicional que considere datos de topografía al detalle y área de recepción.
- Se sugiere construir los canales evitando los tramos techados (solo cuando sea necesario), ya que esto conlleva a la reducción de su sección hidráulica convirtiéndolas en sectores críticos; porque cuando se presente nuevamente el fenómeno en estos puntos empezaran a surgir los atoramientos de palizadas y el estancamiento de las aguas, originando los desbordes que luego causaran daños a la ciudad.
- Se sugiere la construcción de muros o rejas de protección lateral para evitar que los pobladores arrojen basura y desmonte en los mismos, que perjudicarían su funcionamiento hidráulico y a la vez ocasionarían la proliferación de enfermedades.
- Se debe identificar áreas libres o descampados dentro de los sectores de enlagueamiento para utilizarlos como embalses que captaran las aguas por gravedad y que durante la emergencia puedan actuar como almacenamientos provisorios de agua hasta que sean evacuados por bombeo hacia los canales principales o secundarios.
- En la sección 7.4.1 "Zonificación de la Ciudad" y la sección 7.4.3 "Reducción de la Vulnerabilidad de la Estructura e Infraestructura mas Afectada" se están sugiriendo medidas de mitigación que complementan la Propuesta de un Sistema de Drenaje Pluvial.

- Existe una estrecha relación entre el sistema de drenajes y el sistema vial, por ello ambos proyectos se influyen entre si de forma tal que al proyectarse el sistema de recolección de aguas de lluvia en las calles deba tenerse presente tanto las pendientes longitudinales como transversales de las calzadas. Asimismo en ocasiones por razones de drenaje, resulta conveniente cambiar en el proyecto algún sentido de las pendientes de las calles, que permitan descargas de aguas de lluvia con el mínimo de daños y mayor facilidad hacia los puntos naturales de recolección.
- Se sugiere proyectar cunetas laterales a la vía (calles), para dirigir el flujo de las aguas pluviales hacia los canales secundarios o principales, y evitar que las aguas circulen libremente por la vía obstruyendo el tránsito peatonal y vehicular.
- Es necesario también proyectar sumideros y buzones de inspección que estén ubicados estratégicamente a fin de lograr mayor eficiencia de drenaje.

7.4.3 REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD DE LAS OBRAS CIVILES MÁS AFECTADAS DE LA CIUDAD

Después de analizar los tipos de afectación y los daños que han sufrido el sistema de alcantarillado, las obras de pavimentación y las edificaciones precarias, citamos a continuación algunas recomendaciones para reducir su vulnerabilidad ante el peligro principal de inundaciones:

7.4.3.1 Edificaciones Precarias

Se sabe que la ciudad presenta edificaciones con paredes de adobe-quincha y techos con caña y torta de barro, en un mayor porcentaje que las edificaciones de albañilería, concreto y otros, y la necesidad nuestra es dar a esta población posibilidades para que sus viviendas sean protegidas de las intensas lluvias con ventarrones que se presentan durante las épocas del fenómeno. entre las principales recomendaciones que se dan están:

- Se sugiere evitar construir edificaciones precarias en las zonas severamente afectadas, que en la sección 7.4.1 se han identificado; porque la inminente exposición a las inundaciones y/o enlagueamiento (topografía baja) ocasionaría la destrucción de los materiales que componen dichas edificaciones por erosión y deterioro.
- Las edificaciones que se encuentren ubicadas en zonas medianamente y severamente afectadas (ver sección 7.4.1), el factor que rige para determinar la altura mínima de sobrecimiento ó protección de muros dependerá del nivel máximo que alcanzó el agua durante los últimos fenómenos ó el nivel que un estudio topográfico detallado lo indique.
- Para el caso de las edificaciones que se encuentren ubicadas en zonas levemente afectadas (ver sección 7.4.1) se debe construir las viviendas con alturas de sobrecimiento de concreto a una altura mínima de 0.30 m sobre el nivel de terreno natural y colocar zócalos exteriores a 0.70 m; en el caso de que la edificación esté construida, se debe proteger el muro con zócalos exteriores de 0.70 m contruidos con mortero de concreto y reforzado con malla de acero resistentes a la erosión, humedad e infiltración.
- Se sugiere realizar estudios para determinar el tipo de suelo en el cual se va a cimentar o se ha cimentado la edificación, puesto que existen sectores de la ciudad que presentan terrenos malos; es decir, suelos que pierden capacidad de resistencia ante el humedecimiento y saturación de los mismos. De lo dicho anteriormente se debe evitar entonces construir sobre terrenos blandos, rellenos, etc. (inapropiados).
- Las construcciones que presentan signos de fracturación (fisuras, grietas) deberán ser reconstruidas total o parcialmente según el caso.
- Las paredes deben estar revestidas para protegerlas de la humedad, pudiendo usarse para ello:

³ Manual para la Construcción de Viviendas de Adobe, Ing. Roberto Morales M., Dr. Rafael Torres Cabrejos, Ing. Luis A. Rengifo y el Ing. Carlos Irala Candiotti

- Revestimiento de yeso con cal.- una primera capa revestida con tierra y la segunda capa 1 parte de yeso, 1 parte de arena y 1/10 parte de cal.
 - Revestimiento de tierra con cal.- utilizar una muestra compuesta de 5 partes de tierra y 1 parte de cal apagada.
 - Revestimiento de tierra con cemento.- utilizar tierra arenosa y mezclar 10 partes de tierra con una parte de cemento. Emplear un sistema de fijación, que puede ser utilizando juntas hundidas en los muros o una malla metálica (alto costo).
 - Revestimiento de arena cal y cemento.- utilizar un mezcla compuesta de 1 parte de cemento, 1 parte de cal y 6 a 8 partes de arena. Emplear un sistema de fijación, ya sea una red de alambres o malla clavada.
- Los materiales para las construcciones futuras de viviendas deberán cumplir con las normas de construcción con adobe por ser afectado también por sismos.
 - Los techos de las edificaciones tendrán la forma de una o dos aguas con pendientes mínimas y los aleros perimetrales tendrán una longitud mínima de 50 cm. Para impedir que los muros sean humedecidos por el agua de lluvia. además se deberán construir canaletas perimetrales para dirigir el transito de las lluvias caídas hacia las calles (también con canales).
 - La protección exterior de los techos puede efectuarse con tejas, asbesto, cemento (eternit), calaminas u otro material que tenga la característica de resistencia al intenso calor e intensas lluvias.

7.4.3.2 Sistema de Alcantarillado

Debido a que la ciudad de Chiclayo presenta una extensión y población muy grande, y en constante aumento, es necesario reconstruir el sistema de alcantarillado de toda la ciudad haciendo notar que en algunos sectores como la zona céntrica los colectores de relleno tienen mas de 50 años de servicio; la Empresa Prestadora de Servios de Lambayeque ha venido realizando esfuerzos antes, durante y después (Plan Maestro) de ocurrido el fenómeno,

pero que no contempla algunos criterios. Los colapsos de las tuberías de alcantarillado que se presentaron durante el fenómeno nos han demostrado que este sector es altamente vulnerable, y el efecto al que estaría sometido en eventos futuros del fenómeno es la saturación del terreno, donde los materiales a emplear serán los mas adecuados. A continuación se dan algunas sugerencias:

- Según la pendiente del terreno de la ciudad se puede pensar en dos formas de evacuación:
 1. Sistema por gravedad (el mas usado), para ello las redes y principalmente los colectores deberán estar colocados en niveles profundos, para cumplir con la velocidad mínima de conducción; y
 2. Sistema Mixto, para ello las redes o colectores transportaran las aguas servidas por gravedad, hasta un punto (mas bajo) en el que serán bombeados hacia colectores ubicados en niveles mas altos y puedan finalmente ser evacuados por gravedad.
- Se debe realizar una inspección de todo el sistema de alcantarillado y ver el estado en que se encuentran cada una de las tuberías y demás elementos que componen dicho sistema, para luego cambiar las que se encuentren en mal estado, las que presenten deficiencias constructivas o aquellas cuya secciones hidráulicas sean insuficientes.
- Se debe realizar una periódica inspección y mantenimiento del sistema de alcantarillado, para detectar a tiempo las zonas problemáticas y no contribuir a generar un problema en serie.
- Las tapas de los buzones no deberán permitir la infiltración de las aguas de lluvia hacia los ductos, para no causar el colapso de las tuberías; además se deberá proteger sus tapas contra la maniobrabilidad de la población y poder evitar la contaminación, colmatación y demás daños que inciden en su seguridad.

7.4.3.3 Obras de Pavimentación

En las obras de pavimentación debe contemplarse el sistema de drenaje pluvial planteado anteriormente, y las recomendaciones que en esta sección se dan para mejorar las características de las obras, como las siguientes:

- Debe considerarse colocar pavimentos resistentes a la erosión y a la exposición de humedad y saturación, principalmente en las zonas severamente y medianamente afectadas (ver sección 7.4.1) por ser las que mayormente estarán expuestas a inundación.
- Es recomendable que las cunetas laterales a las vías (calles), tengan una pendiente mínima de 0.4% y la velocidad máxima de 10 m/s. Estas cunetas incorporadas a la vía deben tener como mínimo 15 cm. de profundidad y 60 cm. de ancho, y la parte más profunda adyacente a la vereda
- El bombeo de la superficie pavimentada de las calles de la ciudad debe tener una pendiente en el orden de 2- 3%, a excepción de la carretera panamericana norte que por ser vía principal la pendiente debe estar en el orden de 1 y 2%.
- Se designaran algunas calles por donde se construirán los canales secundarios que por gravedad transportaran el agua captada de las calles hacia los canales principales (ex-acequias); generalmente esas calles estarán ubicadas transversalmente a los canales principales.

7.4.4 PLANTEAMIENTO PARA LA EXPANSIÓN URBANA

La ciudad de Chiclayo presenta características de Topografía, Geotécnica y Dinámica Fluvial muy parecidas tanto fuera como dentro de la ciudad. Actualmente todo el área que circunda la ciudad está rodeada de áreas de cultivo.

Asimismo el incremento de la población debe ser tomado en cuenta para estimar la tamaño de la expansión en función al tiempo:

CUADRO N° 7.14: Registros de Poblaciones de la Provincia de Chiclayo.

AÑO	TOTAL	CHICLAYO	LA VICTORIA	J. LEONARDO ORTIZ
1,993	419600	239900	60300	119,400
1,995	447,700	250,800	67,000	129,900
2,012	710,400	406,200	102,100	202,100

Por lo sucedido durante este fenómeno se recomienda que la expansión urbana a corto plazo sea dirigida hacia los centros poblados de Ciudad de Dios y San José⁴; y a largo plazo la expansión urbana se presentara hacia afueras de la ciudad por las vías principales de entrada y salida⁵ (como se observa en el plano), poblándolo a ambos lados como sucede en las carreteras hacia Reque, Pomalca, Ferreñafe, Lambayeque y Pimentel.

Se sugiere entonces la zona oeste de la ciudad para la expansión urbana (ver plano), por ser la mas apropiada y contar con buenas condiciones de tipo de terreno, topografía, etc; y es necesario tomar en cuenta la s recomendaciones mencionadas a continuación.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- Es necesario que los futuros lugares para la expansión urbana cuenten con estudios multidisciplinarios que contemplen todas las exigencias básicas de habilitación, y que se añada además, un estudio sobre los efectos del fenómeno "El Niño" y su incidencia en el ámbito de estudio.
- Se deberá hacer estudios específicos en los futuros lugares para la expansión urbana para desarrollar un sistema de drenaje pluvial eficiente,

⁴ Informe de Evaluacion de la Afectacion de la Ciudad de Chiclayo por el Fenomeno El Niño efectua por el INADUR

⁵ Informe del Plan Director de la ciudad de Chiclayo efectuado por el INADUR

que tal vez se integre al de la ciudad actual o sea proyectado individualmente.

- El diseño del sistema de drenaje, deberá considerar los efectos del fenómeno El Niño, y ello conlleva a establecer los siguientes parámetros de diseño:
 - 1) Para las lluvias, un nuevo tiempo de precipitación, intensidad y recurrencia de las lluvias,
 - 2) Para los flujos de quebradas, un nuevo caudal de diseño, palizadas, turbiedad y el transporte de sedimentos, y
 - 3) Para los enlagueamientos, los volúmenes o niveles de inundación.
- Las edificaciones, las redes de alcantarillado y las pavimentaciones, deberán ser diseñadas y construidas para soportar lluvias intensas como la sucedida en 1983 y 1998, así como tomar en cuenta las recomendaciones que se han dado en la sección 7.4.1, 7.4.2 y 7.4.3.

7.5 CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

7.5.1 CONCLUSIONES

- La ciudad de Chiclayo es la capital del departamento de Lambayeque y se encuentra ubicada geográficamente en la latitud de 06°46'05" Sur y longitud de 79°50'13" Oeste del Meridiano de Greenwich, y su altitud sobre el nivel del mar es en promedio 29 m.s.n.m.
- Según el censo de 1,993 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la población de la ciudad de Chiclayo se elevó a 419,600 habitantes, mientras que la proyección para el año 2012 muestra una población que llegará a los 700 000 habitantes en promedio.
- La ciudad se encuentra ubicada entre las cotas 20 y 35 m.s.n.m. y en promedio tiene una altitud de 29 m.s.n.m., presenta una pendiente muy suave en el orden del 0.17 % cuyo relieve interno de la ciudad muestra sectores planos, hondonados y otros relativamente elevados; En el aspecto geomorfológico, la ciudad esta asentado en las pampas aluviales, formadas por antiguos conos de deyección de los ríos andinos y que no llegan a los 50 m.s.n.m., conformados por depósitos de suelos finos, sedimentarios, heterogéneos de unidades estratigráficas recientes en estados sumergidos y/o saturados.
- Esta parte del norte del país presentan una estratigrafía muy particular, donde el primer estrato superficial está formado por suelos finos muy compresibles gobernados por las arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, que se presentan en espesores muy variables y estratos apreciablemente paralelos; seguidamente se ubica un estrato de potencia definida compuesta por gravas cuarcíticas mal graduadas empacadas por arcillas inorgánicas, este ESTRATO RESISTENTE de potencia definida se ubica a profundidades de 8 m a 12m en el casco urbano y sobre el se

apoyan todas las estructuras piloteadas para entregarle su TERMINO DE PUNTA.

- El clima de la región es variable, entre cálido y templado con temperaturas con temperaturas medias a la sombra variando entre 19.3° a 25.7° en los meses de invierno y verano respectivamente, la temperatura promedio es de 25.7°. La humedad relativa es de 75%.
- Se hace la aclaración que los estudios realizados se han efectuado apoyándose en información recopilada de instituciones serias (como CTAR-LAMBAYEQUE, DEPOLTI, MTC, SINMAC, entre otros) y en pocos casos de informaciones únicas (como la topografía de la ciudad); por ello es recomendable que se haga esfuerzos para financiar nuevos estudios antes de hacer el proyecto definitivo.
- Los antecedentes históricos muestran la presencia del fenómeno en la ciudad desde tiempos remotos; de los cuales se tienen informes de que el fenómeno “El Niño” de 1,982-83 se presentó con fuertes precipitaciones pluviales e inundaciones en el departamento de Lambayeque, desde Enero a Mayo, que ocasionaron daños con cuantiosas perdidas económicas. Las áreas más afectadas fueron: agricultura, transportes, vivienda, saneamiento, educación y salud.
- Con la finalidad de mitigar los efectos del fenómeno 1997-98 se ejecutaron obras de prevención en diversos sectores, las mismas que fueron ejecutadas por la ex CTAR-RENOM, las Direcciones Regionales Sectoriales, Proyecto Especial Olmos- Tinajones y otros Organismos Públicos Descentralizados; entre las obras más importantes se mencionan la limpieza de drenes, acequias y canales para la evacuación de aguas pluviales, la limpieza de tuberías de alcantarillado en los distrito de J.L. Ortiz, Chiclayo y La Victoria, el mejoramiento del sistema de drenaje, el mejoramiento de locales públicos, etc.

- El fenómeno de “El Niño” 97-98 mantuvo a la ciudad de Chiclayo en zozobra hasta el día 14 de febrero de 1998, día que todos los presentes en la ciudad recordaran por la gran precipitación pluvial que se desató alrededor de las 6:00 de la tarde de forma inesperada, esta lluvia fue la mas intensa registrada en la ciudad y mostraba su furia con relámpagos y truenos, bastaron algunos minutos para que la ciudad se viera rodeada de flujos de quebradas formados en los alrededores de la ciudad que atravesaban todas por las calles y vías, para finalmente enlagnarse en sectores topográficamente mas bajos; durante todo este proceso la ciudad se veía afectada y su estructura seriamente dañada.

- Durante las intensas lluvias se observo la falta de un sistema de drenaje pluvial de la ciudad, que permitiera una rápida evacuación de las aguas de lluvia, es por ello que sus calles permanecieron con agua, muchos días después de dichos eventos. Al no existir desagüe pluvial, la evacuación de las aguas de lluvia se efectuó en forma muy lenta a través de:
 - 1) La red general de colectores de desagüe, que una vez sobresaturado, colapsado, atorado, etc., empezaron a rebosar las aguas servidas, con la consiguiente exposición de la población a una contaminación.
 - 2) Algunos drenes que discurrían en forma natural por gravedad, y
 - 3) Las acequias que atraviesan la ciudad, las mismas que por su ubicación sirven a las zonas que están dentro de su área de influencia (sectores enlagnados) para la evacuación de sus aguas utilizando motobombas.

- Las manifestaciones principales del fenómeno fueron el efecto de las precipitaciones pluviales, el efecto de las quebradas por formación de flujos, y el efecto de enlagnamiento; y que al no contar con un sistema de drenaje pluvial adecuado ocasionaron cuantiosos daños a la infraestructura.

- Las causas principales para se hayan presentado todos estos efectos son: Las lluvias extraordinarias, la suave topografía del terreno (0.17%), la insuficiencia y/o deficiencia del sistema de alcantarillado y de los canales existentes, la construcción inadecuada de las edificaciones y de las pavimentaciones, la falta de un sistema de drenaje pluvial y el que la ciudad presente una expansión desordenada del área urbana.
- Los principales daños ocasionados a la estructura de la ciudad, fueron la erosión y/o destrucción de las viviendas precarias, el colapso del sistema de alcantarillado y el deterioro de las calles pavimentadas.
- El Distrito de Chiclayo se ha visto afectado en un 56% del total de su área urbana, identificándose afectaciones en 45 unidades urbanas constituidas por: Asentamientos Humanos, Pueblos Jóvenes, UPIS y 13 Urbanizaciones. De acuerdo a la evaluación realizada se han registrado :
 - A) Daños a las Edificaciones Precarias.- Un total de 3,406 viviendas colapsadas en todo el ámbito urbano del Distrito, que representa de acuerdo al censo realizado por el INEI (93) , el 7% del total de las viviendas existentes y una población damnificada de 17,728 habitantes que representa el 7% de la población concentrada en los centros urbanos del distrito.
 - B) Daños al Sistema de Alcantarillado.- Esta dado por el colapso del Emisor y Colector Norte, afectando un área de influencia de 278 has., el cual involucra a una población de 260,625 habitantes.
- El Distrito de La Victoria se ha visto afectado al 100% de las unidades urbanas que conforman el distrito se han visto afectadas por el total o parcial destrucción de su estructura urbana, integrado básicamente por cuatro asentamientos humanos reconocidos y una urbanización popular en proceso de consolidación. De acuerdo a la evaluación realizada se han identificado:

- A) Daños a las Edificaciones Precarias.- Un total de 399 viviendas colapsadas en todo el ámbito urbano del Distrito, que representa de acuerdo al censo realizado por el INEI (93), el 4% del total de las viviendas existentes y una población damnificada de 2,314 habitantes que representa el 4% de la población del Distrito. Además el 80% de las unidades urbanas del Distrito se han visto afectadas por la existencia de zonas bajas receptoras de aguas de lluvia, las mismas que después de producida la afectación vienen presentando problemas de insalubridad por el exceso de humedad existente.
 - B) Daños al Sistema de Alcantarillado.- Esta dado por el colapso del Emisor y Colector Sur, afectando un área de influencia de 49 has., el cual involucra a una población de 45,938 habitantes.
- El Distrito de José Leonardo Ortiz se ha visto afectado al 71% de las unidades urbanas del Distrito por el colapso parcial o total de la estructura urbana, verificadas en 31 concentraciones poblaciones constituidas por UPIS, Asentamientos Humanos, Pueblos Jóvenes reconocidos y 09 Urbanizaciones Populares, cuyas habilitaciones se han venido consolidando progresivamente. De acuerdo a la evaluación realizada se han identificado:
 - A) Daños a las Edificaciones Precarias.- Un total de 2,550 viviendas colapsadas en todo el ámbito urbano del Distrito, que representa de acuerdo al censo realizado por el INEI (93), el 12% del total de las viviendas existentes y una población damnificada de 8,580 habitantes que representa el 7% de la población concentrada en los centros urbanos del Distrito.
 - B) Daños al Sistema de Alcantarillado.- Esta dado por el colapso del Emisor y Colector Norte, afectando un área de influencia de 278 has., el cual involucra a una población de 96,744 habitantes.
 - El caso mas catastrófico sucedió a las edificaciones precarias que registraron el mayor numero de viviendas destruidas del departamento de

Lambayeque, **en total la Ciudad de Chiclayo registro 6,355 viviendas colapsadas o destruidas**, que en su mayoría estaban construidas con adobe y quincha. Las viviendas se desplomaban peligrando las vidas humanas, debido a que la ciudad registra un gran porcentaje de viviendas construidas con estos materiales y cuyos pobladores son generalmente muy pobres que no cuentan con el dinero suficiente para proteger sus bienes, y a que no contaban con una capacitación adecuada del peligro que corrían sus vidas y pertenencias.

- El sistema de alcantarillado fue afectado por la activación de pequeñas quebradas formadas en la cercanía y los enlagueamientos, cuyas aguas se infiltraban a las redes de alcantarillado a través de los buzones hasta ocasionar la saturación de los colectores. Estos efectos ocasionaron una sobrepresión en la red de alcantarillado, empezando a presentarse las roturas, fallas, obstrucciones, y en general el colapso de la red; si a esto se adiciona el factor del mal estado en que se encontraba el sistema de drenaje en el momento de la emergencia (insuficiente y/o deficiente), simplemente era de esperarse el colapso de las mismas.

- Las obras de pavimentación de las calles fueron afectados por las precipitaciones pluviales, la activación de pequeñas quebradas formadas en la cercanía, y los enlagueamientos; estos efectos deterioraron la pavimentación de las calles por:
 - 1) No estar diseñadas para soportar la alta humedad y/o saturación.
 - 2) La falta de sello asfáltico de los pavimentos.
 - 3) Porque no contaba con un sistema de drenaje pluvial, y
 - 4) Por el mal estado en que se encontraba las calles en el momento de la emergencia.

Por la cual, empezó a presentarse deterioros (baches, fisuras, grietas, fallas, etc.) hasta causar finalmente la destrucción de las calles.

- Producto de los enlagueamientos que cubrieron gran parte del área de la ciudad llegando a alcanzar hasta los 1.5 m. de altura (que perduro por varias semanas) y de la contaminación que se generó por rebose de las aguas servidas (que provenían de los colectores de desagüe), empezaron a proliferarse las enfermedades y epidemias que afectaban la salud de los moradores del lugar.
- Los canales que atraviesan la ciudad, en épocas de lluvia, son una constante amenaza para la población por el peligro de desborde de sus aguas, y en épocas de estiaje donde el caudal es mínimo se vuelven puntos críticos de contaminación ya que se arroja a su cauce basura y desmonte.
- La ciudad esta ubicado dentro de un sector que presenta un alto peligro o amenaza por el río Chancay-Reque (caudal registrado 1,500 m³/s) y sus efluentes, pues no se descarta la posibilidad que ocurra inundaciones por flujo de quebradas o desborde de canales, porque la topografía es suave en esta parte del país y cualquier flujo puede estar sometido a cambio de direcciones; como el presentado el día 14 de febrero de 1998 donde el desborde del canal Taymi arrasó con los centros poblados que se encontraban en su trayecto, atravesando las provincias de Ferreñafe y Chiclayo siguiendo la ruta por Mesones Muro, Ferreñafe, Mocce, Pisci, etc; el trayecto de este gran flujo tuvo dirección este-oeste a 10 Km. al norte de la ciudad de Chiclayo (ver foto). En la ultima parte se presenta el Panel Fotográfico- Daños Desborde Canal Taymi, en el que se muestran las fotos del desastre.
- Luego de efectuar el estudio de los efectos en la ciudad de Chiclayo y analizar el concepto de riesgo, el cual depende de dos factores: LA VULNERABILIDAD de las construcciones y EL PELIGRO o AMENAZA natural; se puede decir que presenta una alta Vulnerabilidad (características de las construcciones), y la presencia del Peligro o Amenaza esta afirmada por la recurrencia del fenómeno “El Niño”

(antecedentes históricos); por lo tanto, el Riesgo es inminente (Riesgo = Vulnerabilidad + Peligro).

- Con la información obtenida se sugiere efectuar la zonificación de la ciudad en tres zonas: zonas severamente afectadas-principalmente por enlagueamiento, zonas moderadamente afectadas-por activación de pequeñas quebradas formadas en las cercanías y zonas levemente afectadas-por las precipitaciones pluviales (ver plano 7.4 de Inundación).
- Se sugiere la Implementación de un Sistema de Drenaje Pluvial, y esta propone que durante las épocas de fenómenos “El Niño”, se abran frentes por donde las aguas puedan evacuarse, entre ellos:
 - 1) Los Drenes que circundan la ciudad y los que están fuera de ella, deberán captar, conducir y evacuar todas las aguas que provengan de las lluvias caídas fuera de la ciudad, regadío y en general todas aquellas que acostumbraban circular por la ciudad; y
 - 2) Los Canales Principales y Secundarios, ubicados dentro de la ciudad, deberán evacuar las aguas que provengan de las lluvias caídas sobre la ciudad captadas por gravedad y por bombeo (no recomendable); para ello, es necesario construir un sistema de canales basado en la captación sectorizada de las aguas de lluvia a través de los canales secundarios, y en la conducción de las mismas hacia las afueras de la ciudad a través de los canales principales.
- Las carreteras de acceso de entrada y salida de la ciudad han sido también afectados con erosiones (algunos cortes), enlagueamiento, caída de puentes (Reque), etc.; que han afectado directamente el flujo de la producción de la ciudad; por ello en la primera parte de la tesis se han dado algunas medidas para mitigar estos efectos (tramo Pacasmayo – División Bayóvar), y se espera sean tomados en cuenta.

7.5.2 RECOMENDACIONES

- Este fenómeno de 1997-98 al igual que el sucedido en 1982-83 ha cobrado víctimas y ha causado pérdidas cuantiosas para el país; estas experiencias nos debe hacer reflexionar de que los desastres naturales son parte de nuestra vida, y debemos darle la debida (vital) importancia a las medidas de mitigación que se propongan, no solo en este estudio sino a todos los proyectos afines que se realicen en el futuro. Definitivamente se tendrán que hacer grandes inversiones y nuestras autoridades no deber ceñirse a optar por la solución mas económica, sino se debe enfocar los aspectos técnicos y vitales que a la larga nos dará una mayor seguridad.
- Es necesario alertar sobre otro efecto que puede presentarse en un próximo fenómeno, de no tomarse las medidas correctivas, pues no se descarta la posibilidad que ocurra inundaciones por flujo de quebradas o desborde de canales, porque la topografía es suave en esta parte del país y cualquier flujo puede estar sometido a cambio de direcciones; como el presentado el día 14 de febrero de 1998 donde el desborde del canal Taymi arrasó con los centros poblados que se encontraban en su trayecto, atravesando las provincias de Ferreñafe y Chiclayo siguiendo la ruta por Mesones Muro, Ferreñafe, Mocce, Pícsi, etc; el trayecto de este gran flujo tuvo dirección este-oeste a 10 Km. al norte de la ciudad de Chiclayo (ver foto). En la última parte se presenta el Panel Fotográfico-Daños Desborde Canal Taymi, en el que se muestran las fotos del desastre.
- Las Medidas de Mitigación que son sugeridas, tienen sus restricciones porque la información obtenida no es suficiente para ahondar en las propuestas; por ello, se recomienda continuar con las investigaciones, para efectuar el o los proyectos que necesita la Ciudad de Chiclayo. Estas medidas son descritas en la sección 7.4 y en ella, se hacen múltiples

recomendaciones que abarcan el como mitigar los efectos del Fenómeno “El Niño”.

- Se recomienda que las edificaciones precarias sean construidas con materiales resistentes a los efectos hidrodinámicos y construidas considerando los efectos del fenómeno; y en el caso de las edificaciones que ya están construidas, serán protegidas con un adecuado sistema de impermeabilización, y reforzadas en sus partes expuestas (cimientos, paredes y techos) con cunetas, canaletas, techos a dos aguas, etc. Además, se sugiere evitar construir edificaciones precarias en las zonas mas afectadas (por flujos de quebradas y/o enlagueamiento).
- Se sugiere realizar estudios para determinar el tipo de suelo en el cual se va a cimentar o se ha cimentado la edificación, puesto que existen sectores de la ciudad que presentan terrenos malos; es decir, suelos que pierden capacidad de resistencia ante el humedecimiento y saturación de los mismos. De lo dicho anteriormente se debe evitar entonces construir sobre terrenos blandos, rellenos, etc. (inapropiados).
- El sistema de alcantarillado esta diseñado para evacuar sólo las aguas servidas, debiendo evitarse que las aguas de lluvia se infiltren por los buzones, principalmente en sectores expuestos a flujos y enlagueamiento; para ello, las tapas de los buzones deberán ser selladas para no permitir la infiltración de aguas hacia los mismos. Se deberá realizar además, una inspección para determinar los tramos de la red a cambiar por mal estado o subdimensionamiento, así como también realizar un periódico mantenimiento y limpieza.
- La pavimentación de las calles deberá estar diseñada para resistir la humedad y saturación, además de contemplar la implementación del sistema de drenaje pluvial (construcción de canaletas, conductos o canales según sea el caso).

- Al respecto de la propuesta del sistema de drenaje pluvial, se hacen sugerencias con limitaciones (ver sección 7.4.2), puesto que no se cuenta con toda la información requerida. Pero es necesario que el drenaje exterior e interior de la ciudad propuesto evacuen las aguas provenientes de la lluvia causando el menor daño posible.
- Se sugiere que la expansión urbana a corto plazo sea dirigida hacia los centros poblados de Ciudad de Dios y San José; y a largo plazo la expansión sea dirigida hacia las afueras de la ciudad por las vías principales de entrada y salida, poblándolo a ambos lados como sucede en las carreteras hacia Reque, Pomalca, Ferreñafe, Lambayeque y Pimentel; por ser en ambos casos la más apropiada y contar con buenas condiciones de tipo de terreno, topografía, etc
- Si bien es cierto que los ríos incrementan extraordinariamente sus caudales, es aceptable decir que la depredación de la vegetación de los márgenes de los mismos han agudizado la amenaza de inundación sobre todo cerca de las ciudades originando desbordes, transporte de sedimentos y maleza, entre otros; es por ello, que se debe elaborar y ejecutar en el menor tiempo posible "el plan de arborización de los cauces y riberas"; para empezar a devolver su resistencia a la cohesión de los suelos (hasta antes de su depredación), desde las partes altas hasta su desembocadura al océano pacífico, atravesando en algunos casos por ciudades y centros poblados.
- Uno de los problemas de las obras construidas hasta nuestros días es que en los criterios de diseño no se considera como debería de ser los efectos del fenómeno de "El Niño", sabiendo que en la ciudad de Chiclayo se han presentado varias veces como indican los registros de los años 1972, 1982-83 y 1997-98.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARIAS GOVEA, Eduardo, "Alcantarillado y Drenaje Pluvial".
Lima – Perú
Octubre de 1,995
Tomo II.
2. ASESORAMIENTO TÉCNICO BARRIGA, "Estudio de Factibilidad del Tramo:
Chimbote- Aguas Verdes".
Lima – Perú
Año 1,974
3. CENTRO DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE
DESASTRES - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (CISMID- UNI).
"Memorias Curso Internacional sobre Mitigación de Desastres: Uso de
Información de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de
Inversión".
Lima – Perú
Del 14 de Setiembre al 9 de Octubre de 1992
Tomo I.
4. CONSEJO TRANSITORIO DE ADMINISTRACIÓN REGIONAL- REGIÓN
NOR-ORIENTAL DEL MARAÑÓN (CTAR- RENOM). "Evaluación Plan de
Defensa Fenómeno 'El Niño' Fase Preventiva".
Chiclayo – Perú
Marzo de 1,998
5. CONSEJO TRANSITORIO DE ADMINISTRACIÓN REGIONAL (CTAR)-
LAMBAYEQUE. "Programa de Rehabilitación y Reconstrucción Fenómeno El
Niño 1,998-99 Lambayeque".
Chiclayo – Perú
Abril de 1,999

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6. C.P.S. DE INGENIERÍA S.A. - Consultoría, Proyectos, Supervisión. "Estudios Definitivos del tramo: Pacasmayo- División Bayóvar".
Lima – Perú
Enero de 1,994

7. DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN. "Fase de Emergencia del Fenómeno 'El Niño' 1998".
Chiclayo – Perú
Octubre de 1,998

8. DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN - RENOM. "Zonas afectadas 'Fenómeno El Niño' Carretera Panamericana Norte tramo Mocce- Cruce Bayóvar"
Chiclayo – Perú
Año 1,998

9. EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE (EMAPAL). "Servicios de consultoría para el proyecto de alcantarillado de Chiclayo".
Chiclayo – Perú
Mayo de 1,997

10. ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.(EPSEL). "Plan maestro de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Chiclayo".
Chiclayo – Perú
Octubre de 1,995

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

11. GONZÁLEZ CANGALAYA, Ricardo. "Evaluación de Daños del Tramo: Lambayeque – Mórrope – Piura".
Lima – Perú
Año 1,983
12. INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO URBANO (INADUR). "Plan Director de la ciudad de Chiclayo".
Lima – Perú
Año 1,992
13. INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO URBANO (INADUR). "Evaluación de la afectación de la ciudad de Chiclayo por el fenómeno 'El Niño' y Propuesta de rehabilitación Urbana".
Chiclayo – Perú
Año 1,998
14. INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO URBANO (INADUR). "Evaluación de la Afectación de la Ciudad de Chiclayo por el Fenómeno 'El Niño' y propuesta de Rehabilitación Urbana".
Chiclayo – Perú
Año 1,998
15. INSTITUTO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN- Oficina Departamental de Lambayeque, "Programa Integral de Rehabilitación y Reconstrucción del Departamento de Lambayeque".
Chiclayo – Perú
Mayo de 1,983
16. INTEGRAL S.A., "Estudio de Puentes Mórrope II, San José, El Sarco y Tomasita, en el tramo: Lambayeque- Piura".
Lima – Perú

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Enero de 1,999

17. MINAYA ESPINOZA, Elsa V. Tesis "Planteamiento y Desarrollo de un Esquema de Drenaje vial en el Ámbito del Fenómeno 'El Niño' Carretera Panamericana Norte Sullana - Aguas Verdes".

Lima – Perú

Año 1,996

18. ROCHA FELICES, Arturo. "Hidráulica Fluvial".

Lima – Perú

Año 1,998

19. SALCEDO DE LA VEGA, Carlos y RAZURI SÁNCHEZ, Carlos. "Rehabilitación a nivel de Transitabilidad de la Carretera Panamericana Norte, tramo Lambayeque- División Bayóvar- Piura (Km.781+000 al Km.972+000)".

Lambayeque – Perú

Mayo de 1,998

20. SANDOVAL LINARES, Olga. "Informe de Evaluación para la Rehabilitación e la Carretera Panamericana Norte, sector Km.574+000 al Km.782+109".

Lima - Perú

Abril de 1,998