

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO "EL NIÑO" 1997-1998
EN EL TRAMO DESVIO TALARA - AGUAS VERDES
Y EN LA CIUDAD DE TUMBES**

TESIS

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

HUMBERTO QUISPE MOSQUETA

**LIMA- PERÚ
1,999**

CONTENIDO

| | Nº PAG. |
|--|---------|
| SUMARIO | 01-08 |
| Capítulo 1.- Introducción | |
| 1.1 Objetivos | 11 - 14 |
| 1.2 Alcances | 14 - 15 |
| Capítulo 2.- Fenómeno "El Niño" | |
| 2.1 Concepto | 16 - 18 |
| 2.2 Indicadores | 18 |
| 2.2.1 Índice de Oscilación Sur (SOI) | 19 - 21 |
| 2.2.2 Temperatura Superficial del Mar (TSM) | 21 - 26 |
| 2.2.3 Intensidad de Lluvias en el Norte Peruano | 26 - 27 |
| 2.2.4 Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) | 27 - 29 |
| 2.3 Antecedentes y Cronología del Fenómeno | 29 - 31 |
| 2.4 Antecedentes de los Principales Desastres en la Zona de Estudio | 32 |
| 2.4.1 "El Niño" 1925 | 33 |
| 2.4.2 "El Niño" 1972 | 33 - 34 |
| 2.4.3 "El Niño" 1983 | 34 - 38 |
| Capítulo 3.- Análisis del Aspecto Natural e Infraestructura Vial | |
| 3.1 Aspectos Generales | 39 - 40 |
| 3.2 Ubicación y Características Generales | 40 |
| 3.3 Análisis del Aspecto Natural del Tramo IV: Desvío Talara - Aguas Verdes | 40 |
| 3.3.1 Topografía | 41 - 42 |
| 3.3.2 Geomorfología | 42 |
| 3.3.3 Geología y Geodinámica | 42 - 44 |
| 3.3.4 Hidrología | 44 - 49 |
| 3.3.5 Mecánica de Suelos | 49 - 50 |
| 3.4 Infraestructura Vial | 50 - 51 |
| 3.4.1 Aspectos Constructivos | 51 - 57 |
| 3.4.2 Obras de Prevención ejecutadas antes de los Efectos del Fenómeno "El Niño" 1997-1998 | 57 - 60 |
| 3.5 Conclusiones | 60 - 62 |

Capítulo 4.- Estudio de los Efectos del Fenómeno “El Niño” 1997-1998 en el Tramo IV: Dv. Talara - Aguas Verdes

| | |
|--|----------|
| 4.1 Generalidades | 63 - 64 |
| 4.2 Identificación de las Zonas de Desastres en la Infraestructura Vial | 64 |
| 4.2.1 Clasificación de los Daños | 64 - 66 |
| 4.2.2 Evaluación de los Daños ocasionados al Tramo IV: Dv. Talara - Aguas Verdes de la Carretera Panamericana Norte | 66 - 78 |
| 4.2.3 Estadística de los Daños ocasionados al Tramo IV: Dv. Talara - Aguas Verdes de la Carretera Panamericana Norte | 78 - 80 |
| 4.3 Efectos del Fenómeno “El Niño” 1997-1998 en la Infraestructura Vial | 80 |
| 4.3.1 Efectos de las Quebradas en el Terraplén de la Carretera | 81 |
| 4.3.2 Efectos de las Quebradas en Puentes | 82 |
| 4.3.3 Efectos de las Quebradas en Alcantarillas y Pontones | 83 - 84 |
| 4.3.4 Efectos de las Lluvias | 84 |
| 4.3.5 Efectos de los Deslizamientos en la Vía | 85 |
| 4.4 Selección y Ubicación del Tramo de Estudio Multidisciplinario | 85 - 86 |
| 4.4.1 Sector Zorritos - La Cruz | 86 - 90 |
| 4.5 Otros Puntos Críticos | 91 - 92 |
| 4.5.1 Quebrada Pariñas | 92 - 94 |
| 4.5.2 Quebrada Honda | 94 - 95 |
| 4.5.3 Quebrada Grande | 95 - 96 |
| 4.5.4 Alcantarillas y Pontones | 96 - 98 |
| 4.5.5 Terraplenes | 99 - 100 |

Capítulo 5.- Medidas de Mitigación en el Tramo Seleccionado

| | |
|---|-----------|
| 5.1 Generalidades | 102 |
| 5.2 Consideraciones de Diseño | 103 |
| 5.2.1 Diseño y Ejecución de los Trabajos contra Deslizamientos | 103 - 113 |
| 5.2.2 Diseño del Equipo de Reforestación Vial en Zonas Desérticas | 113 - 115 |
| 5.2.3 Criterios de Diseño para la Ejecución del Drenaje Vial | 115 - 116 |
| 5.3 Reducción de la Vulnerabilidad | 116 |
| 5.3.1 Obras de Cruce | 116 - 118 |
| 5.3.2 Terraplenes | 118 - 120 |
| 5.4 Modificación de la Exposición al Peligro | 120 - 121 |
| 5.5 Posibilidades de Cambio de Ruta | 121 |
| 5.5.1 Descripción del Trazo | 122 - 124 |
| 5.5.2 Estudio Geotécnico | 124 - 126 |
| 5.5.3 Estudio Geológico | 126 - 128 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 5.5.4 Estudio Hidrológico | 128 - 131 |
|---------------------------|-----------|

Capítulo 6.- Estudio de los Efectos del Fenómeno "El Niño" 1997-1998 en la Ciudad de Tumbes

| | |
|--|-----------|
| 6.1 Ubicación y Características Generales de la Ciudad | 134 - 135 |
| 6.2 Aspectos Naturales de la Ciudad | 135 |
| 6.2.1 Topografía | 135 - 136 |
| 6.2.2 Geomorfología | 136 - 138 |
| 6.2.3 Geología | 138 - 140 |
| 6.2.4 Climatología | 140 - 142 |
| 6.2.5 Hidrología | 142 |
| 6.3 Geodinámica Externa | 143 |
| 6.3.1 Migración Lateral de las Curvas Meándricas | 143 - 144 |
| 6.3.2 Influencia de la Sedimentación en la Intensificación de las Inundaciones | 144 - 145 |
| 6.3.3 Influencia de las Mareas en la Intensificación de las Inundaciones | 145 - 146 |
| 6.3.4 Descargas de Inundación | 146 - 147 |
| 6.4 Desarrollo Urbano | 147 |
| 6.4.1 Tipo y Crecimiento de la Ciudad | 147 - 148 |
| 6.4.2 Usos de Suelo y Equipamiento Urbano | 148 - 149 |
| 6.4.3 Servicios Urbanos | 149 - 150 |
| 6.4.4 Transporte Urbano | 150 |
| 6.4.5 Vialidad | 150 |
| 6.4.6 Vivienda | 150 - 152 |
| 6.5 Obras de Prevención ejecutadas en la Ciudad | 152 - 153 |
| 6.6 Efectos del Fenómeno "El Niño" 1997-1998 en la Ciudad | 154 - 156 |
| 6.6.1 Barrio de San José | 156 - 157 |
| 6.6.2 Quebrada Pedregal | 158 |
| 6.7 Zona de Expansión Urbana proyectada | 158 - 159 |
| 6.8 Medidas de Mitigación | 159 - 160 |

Capítulo 7.- Lineamientos de Planeamiento para la Prevención de Desastres en Carreteras

| | |
|---|-----------|
| 7.1 Generalidades | 161 - 162 |
| 7.1.1 Desastre | 162 - 164 |
| 7.1.2 Prevención de Desastre | 164 - 165 |
| 7.2 Reducción del Riesgo de Peligro Natural en la formulación y evaluación de Proyectos | 165 |

| | Nº PAG. |
|--|----------------|
| 7.2.1 "El Niño" y las Pérdidas Económicas | 165 - 170 |
| 7.2.2 Uso de la Información de Peligros Naturales para la Prevencción de Desastres en Proyectos de Inversión | 170 - 177 |
| 7.2.3 Incorporando los Peligros Naturales en la Planificación y en la toma de Decisiones en el Sector Público | 178 - 181 |
| 7.2.4 Incorporación de los Desastres Naturales al Análisis Económico de los Proyectos de Inversión | 181 - 190 |
| 7.3 Lineamientos de Planeamiento para la Prevencción de Desastres | 190 - 191 |
| 7.3.1 Acciones para cortar la cadena entre el Factor Primario y el Factor Necesario | 191 - 192 |
| 7.3.2 Acciones para evitar el Factor Necesario | 192 |
| 7.3.3 Acciones para cortar la cadena entre el Factor Necesario y el Factor de Ampliación | 192 - 193 |

Capítulo 8.- Conclusiones y Recomendaciones

| | |
|-----------------|-----------|
| Conclusiones | 194 - 197 |
| Recomendaciones | 197 - 202 |

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS:

ANEXO A.- DETERMINACION DE CAUDALES

ANEXO B.- PRECIPITACIONES

ANEXO C.- MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ANEXO D.- CIUDAD DE TUMBES

**ANEXO E.- EVALUACION DE DAÑOS Y PERDIDAS ECONOMICAS
OCASIONADAS POR EL FENOMENO "EL NIÑO"**

SUMARIO

Al encontramos en el umbral del tercer milenio, se hace imperioso rescatar algunas reflexiones sobre la comprensión que debemos tener del fenómeno "El Niño".

Los desastres naturales desencadenados en nuestro país por las variaciones climáticas producidas por "El Niño" 1997/98, no fueron nuevos, ni están únicamente relacionados con este fenómeno, a excepción de las lluvias en zonas áridas y desérticas de la costa norte. Los fenómenos geodinámicos como inundaciones, huaycos, deslizamientos y aluviones, son eventos naturales que se presentan cada año y con mayor frecuencia entre los meses de febrero y marzo en las cuencas hidrográficas del Perú. La presencia de "El Niño" ocasiona que estos mismos eventos varíen en cuanto a su intensidad y magnitud, haciéndose cada vez más severos, debiéndose en parte a la vulnerabilidad de nuestra sociedad.

En la costa norte, estamos acostumbrados a gozar de un clima desértico o semidesértico, sin embargo, una de las lecciones que debemos aprender es que "El Niño" constituye parte de nuestra peculiar climatología y rescata temporalmente la tropicalización del clima, que por su ubicación latitudinal le corresponde. Por ello, debemos adaptar nuestro sistema de producción e infraestructura económico - social, revisar y actualizar el reglamento de construcción, adecuar el desarrollo de nuestras ciudades, pues, "El Niño" es una realidad ineludible con la que debemos coexistir.

Con ese motivo la UNI viene desarrollando cuatro tesis de investigación referidas a la evaluación de daños ocasionados por el fenómeno "El Niño" y medidas de mitigación en la carretera Panamericana Norte.

La presente tesis, que forma parte del proyecto de investigación, está referida a la Sub Región Tumbes.

Dicha Sub Región, tiene especial interés ya que en ella se encuentra la Ciudad de Tumbes, cuya ubicación es estratégica, así mismo, al formar parte de la Región Grau, ofrece posibilidades de desarrollo; además, el estado situacional de las carreteras en el ámbito de la Región es una de las más críticas a nivel nacional, al soportar continuamente la presencia del fenómeno "El Niño" (1972, 1976, 1983, 1992 y 1998).

Entre diciembre de 1997 y enero de 1998, primera etapa de desarrollo de "El Niño", las lluvias e inundaciones se concentraron casi exclusivamente en la Región Grau (Piura y Tumbes) y el norte de Lambayeque. En la segunda etapa, a fines de enero hasta marzo, las lluvias y desbordes abarcaron un área mayor, fuera de la zona declarada en emergencia. A partir de abril las precipitaciones e inundaciones empezaron a disminuir de sur a norte. Sin

embargo, en Piura y Tumbes aún continuaba lloviendo aunque con intervalos de tiempo más amplios, en esta última etapa el río Tumbes experimentó crecidas de vez en cuando.

En todo ese periodo, en la Sub Región Tumbes, las fuertes precipitaciones, inundaciones y crecidas de quebradas en diferentes sectores de la carretera Panamericana Norte dañaron gran parte de la infraestructura vial, como obras de arte, acceso a puentes, terraplenados y pavimentos. Provocando, obviamente, interrupciones al tránsito lo que ocasionó un desabastecimiento de combustibles, alimentos y medicamentos, por lo general para los pueblos del interior de la Sub Región.

Por las razones antes expuestas, el objetivo fundamental del presente estudio es servir de base a los futuros Planes de Prevención que coadyuven a mitigar los desastres, de esa manera contribuir a tomar medidas correctivas para la protección y mejoramiento de la infraestructura vial existente.

El peligro será analizado en el contexto del fenómeno "El Niño" y de la vulnerabilidad de la zona e infraestructura vial.

Con ese propósito, para empezar, es necesario conocer el comportamiento del fenómeno "El Niño" y sus principales indicadores. Cabe mencionar, que la finalidad del presente estudio no es profundizar en las investigaciones de dicho fenómeno.

El fenómeno "El Niño" de 1982/83, tuvo consecuencias devastadoras, afectando globalmente a la tierra, y atrajo la atención de numerosos investigadores e instituciones internacionales y nacionales, quienes de manera coordinada investigaron extensamente sus efectos y trataron de determinar sus causas, revisando además los resultados de estudios efectuados anteriormente. El objetivo de este esfuerzo en común es comprender la dinámica del fenómeno y poder efectuar la predicción de su ocurrencia con meses de antelación, no sólo para disminuir las pérdidas directas sino también utilizarla para optimizar la producción agrícola. Como resultado de este esfuerzo mancomunado se establecieron indicadores internacionales que los investigadores utilizan para realizar el seguimiento y monitoreo del fenómeno, entre los principales tenemos:

- Índice de Oscilación Sur (SOI, siglas en inglés – Southern Oscillation Index).
- Temperatura Superficial del Mar (TSM).
- Lluvias intensas en el Norte Peruano.
- Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Por otro lado, la Arqueología nos brinda informaciones de hace miles de años, los efectos de los eventos del fenómeno "El Niño", han dejado huellas en nuestra historia. Según las excavaciones arqueológicas, el Meganiño más antiguo se presentó entre los años 1700 a 1800 AC., los testimonios de este evento quedaron registrados en el monumento de Sechín, en el Valle de Casma, y, especialmente en las Salinas de Chao. De esta manera, la historia nos enseña que el fenómeno "El Niño", es un fenómeno recurrente que se presenta en periodos irregulares de tiempo y con características siempre cambiantes, distinguiéndose las categorías de Niño Débil (ND) como en 1969, Niño Moderado (NM) como en 1976, Niño Fuerte o Intenso (NI) como en 1972-73 y Niño Extraordinario o Catastrófico (NE) como en 1982-83.

En cumplimiento de los objetivos trazados, es indispensable conocer el medio físico en el cual se haya inmerso el tramo de la carretera Panamericana Norte correspondiente a la Sub Región Tumbes, a fin de realizar un diagnóstico adecuado de la zona. Para tal efecto, se ha dividido el tramo: Desvío Talara – Aguas Verdes de la Carretera Panamericana Norte en dos tramos, a saber:

- Primer Tramo, a partir del Dv. Talara hasta Cancas (del Km 1093+342 al Km 1195+310).
- Segundo Tramo, de Cancas a Aguas Verdes (del Km 1196+000 al Km 1294+232).

El tramo Dv. Talara – Cancas, presenta una topografía accidentada, en algunas zonas, como son en ambas márgenes de la Quebrada Pariñas y la zona entre El Alto y los Organos, con curvas de escaso radio. Es el tramo de mayor altimetría (275 m.s.n.m. en El Alto). Por otro lado, la zona comprendida entre Cancas y Aguas Verdes tiene una topografía llana, pues discurre en gran parte paralelo a la línea del litoral.

A lo largo de este recorrido la carretera cruza varias quebradas que forman parte de la red de drenaje natural. Los rasgos geomorfológicos de los cauces de estas quebradas como son: profundidad, pendiente, sedimentos, restos de avalancha, etc. constituyen indicadores claros que por allí ocasionalmente han discurrido notables volúmenes de escorrentía resultantes de las precipitaciones pluviales.

La Carretera Panamericana Norte esta construida sobre las cuencas Talara y Tumbes que presentan rocas del Terciario, los cuales han sido cubiertos por materiales más recientes del Cuaternario. La topografía en general es llana, con la presencia del Tablazo Talara y Máncora, en ciertas zonas, y, las lutitas Talara que presentan fracturamientos intensos y sistemas de fallas, una con dirección NE – SO y la otra con NO – SE. Afloran rocas desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, predominando el Terciario y Cuaternario. Asimismo, la zona está expuesta a fenómenos geodinámicos externos a través del desgaste, transporte y

acumulaciones de los materiales físicos por acción de agentes hídricos, eólicos y gravitacionales. Los fenómenos más frecuentes son los deslizamientos y las inundaciones. Es necesario señalar que existen zonas vulnerables debido a la falta de cobertura adecuada sobre terrenos de pendiente y a la inestabilidad de los taludes.

En relación a la Hidrología, el estudio efectuado el año 1986 consideró para efectos de diseño un tiempo de retorno de 50 años para las estructuras más importantes y bajo condiciones más críticas. Un aspecto importante a tomar en cuenta es el hecho de que las quebradas de cruce presentan flujo intermitente el cual, no ha logrado desarrollar un cauce definido originando intenso proceso de transporte de material de fondo y suspensión. Cabe recalcar, que este estudio no tomó en cuenta el fenómeno "El Niño" de 1982/83 para el diseño de las obras de drenaje.

Respecto al estudio de la Mecánica de Suelos, se ha encontrado que para la zona comprendida entre Dv. Talara y Cancas los suelos son de origen eólico y aluvial, predominando en la zona de los tablazos depósitos de materiales sedimentarios, correspondientes a un antiguo fondo marino. A partir de Cancas hacia Aguas Verdes, predominan los suelos arcillosos de mediana y alta plasticidad (montmorillonitas) y también las lutitas en la parte central del tramo.

Una vez conocido el medio físico en el cual se desarrolla el tramo en estudio, se analiza en forma complementaria las características de la carretera antes de los efectos del fenómeno "El Niño" 97-98. Luego de la revisión del Expediente Técnico del Proyecto, se ha evidenciado que éste se encuentra incompleto en información, tanto en la topografía como en el estudio de canteras y análisis del pavimento existente. Como consecuencia de ello, durante la ejecución de la rehabilitación de la carretera, se han producido Obras Complementarias que han incrementado el Costo del Presupuesto Original. Por ejemplo, en lo relacionado al diseño del pavimento, no se consideró la falta de capacidad portante de las capas subyacentes (base o sub base) del pavimento existente. Asimismo, al realizar una evaluación sobre el estado de conservación de la carpeta asfáltica, se encontró que las zonas deterioradas eran mayores que las determinadas en el expediente técnico, por lo tanto, el área de parchado aumentó.

Se hizo necesario el empleo de aditivos para mejorar la adherencia entre el cemento asfáltico y el agregado mineral, debido a que los agregados de las Canteras no cumplían con los requisitos de adherencia de las Especificaciones Técnicas. También, se utilizó filler para reducir el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica. En el expediente técnico, tampoco, se consideró el tratamiento de taludes en cortes y rellenos lo cual generó presupuestos adicionales de obra.

Referente a las Obras de Arte, luego de una evaluación en campo se llegó a la conclusión de ejecutar alcantarillas, cunetas, muros de protección en puentes y emboquillados de piedra.

El estudio del proyecto no ha sido ha detalle, en consecuencia, las obras de arte al no estar definidas en forma integral, se han tenido que adecuar al requerimiento obtenidos en campo, sin haber presentado una solución integral adecuada a: el Sistema de Drenaje, la Protección de Taludes, Cortes de Taludes, pies de taludes, etc.

La Rehabilitación de la Panamericana Norte, en lo relacionado a los puentes, sólo contempló su reparación y reconstrucción a nivel de superestructura, y se ejecutaron trabajos de protección de rellenos.

Con los elementos de juicio mencionados en los párrafos anteriores, proseguimos a evaluar los daños ocasionados por efectos de "El Niño" 97-98. Para ello hemos contado con la colaboración del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Se ha podido comprobar que este "nuevo" Niño ha causado "viejos" Desastres a lo largo de la carretera Panamericana Norte. En el tramo comprendido entre Desvío Talara, Cancas y Aguas Verdes se ha apreciado alcantarillas colmatadas; destrucción total y parcial del pavimento; deslizamientos de taludes en cerro; alcantarillas, badenes y pontones colapsados; falla en las protecciones de los taludes de terraplén; erosiones en losas de fondos. Las causas son múltiples como aumento de caudal, con flujo torrencioso en las quebradas "fósiles" y quebradas con régimen temporal; ensanchamiento y profundización de quebradas; flujo de material de arrastre y empalizadas; erosión por escorrentia en los taludes, debido a que llovía en el mismo lugar afectado; falta de protección de taludes en terraplenes; erosiones laterales y regresivas; enlagueamientos e infiltración de las aguas que reducen la capacidad de soporte de la cimentación del pavimento; deficiente sección hidráulica entre otros.

De la evaluación efectuada se ha podido clasificar los daños de la siguiente manera:

- Tipo 1, erosión laminar.
- Tipo 2, erosión local.
- Tipo 3, erosión transversal.
- Tipo 4, erosión regresiva.
- Tipo 5, erosión lateral.
- Tipo 6, erosión longitudinal.
- Tipo 7, erosión general.
- Tipo 8, daños por infiltración.
- Tipo 9, daños por deslizamientos.

El tramo seleccionado fue ubicado en la zona comprendida entre Zorritos y Caleta Cruz, en el que se encuentra el Sector de Mal Paso que presenta zonas de inestabilidad de taludes, y que está conformado por areniscas muy porosas, permeables y débiles, y lutitas altamente plásticas y expansivas. Cuyos deslizamientos de primer tiempo están relacionados con un patrón de precipitación cuya curva esta formada por segmentos ascendentes y horizontales, conocidos en el Japón como tormentas tipo "J", y que pueden ser utilizados para hacer el seguimiento a los deslizamientos y prevenir futuros accidentes. Asimismo, se tiene problemas de taludes en el Sector de Tucillal y Km.1244, que fueron seleccionados por su peculiaridad. De otro lado, se tiene otros puntos críticos en algunas quebradas medianas e importantes, cuyos efectos están relacionados con las inundaciones y crecientes que experimentaron a consecuencia del fenómeno "El Niño" y que destruyeron las obras de drenaje.

Las medidas de mitigación recomendadas han sido adoptadas, previa discusión con los asesores, tomando en consideración las características de la zona (topografía, geomorfología, suelos, etc.), los efectos del desastre y los parámetros del evento que la ligan al sistema natural. Se sugiere que el estudio definitivo de realización posterior incluya el Análisis beneficio/costo de las medidas de mitigación ha implementar. A continuación se indican las alternativas propuestas:

SECTOR MAL PASO

1. Se recomienda la utilización de un sistema de terrazas con taludes de 1:1, con la finalidad de darle estabilidad a los cerros que bordean la carretera.
2. Reforestar el talud de corte con vegetación idónea para la zona, que le dé protección contra los efectos erosivos del agua y contribuya a su estabilización. Asimismo, dar un adecuado mantenimiento posterior a la ejecución.
3. Se recomienda ejecutar obras de drenaje superficial como atarjeas, cunetas, aliviaderos y alcantarillas de tal manera que se elimine el agua en exceso.
4. Considerar el uso de geotextiles como elemento drenante detrás de los muros de contención.
5. Se recomienda la ejecución de pozos, para recolectar el agua subterránea.
6. Es recomendable la utilización de lloraderos horizontales, que son perforaciones en las que se instalan tuberías perforadas para drenar el agua de infiltración de la cara del talud.
7. Considerar la ejecución de muros de contención de concreto armado que absorban las fuerzas laterales del material, así como los esfuerzos de flexión.

SECTOR TUCILLAL

1. Considerar el uso de Geotextiles para la estabilización de taludes del terraplén de la carretera, a fin de evitar el efecto de tubificación por acción del agua.
2. Se recomienda la utilización de enrocado como protección del terraplén en toda la zona afectada de tal manera que se prevenga el efecto de erosión lateral.
3. La profundidad de la cimentación del enrocado es muy importante para evitar los efectos de la erosión local.

SECTOR KM.1244

1. Estabilizar el talud del terraplén mediante un sistema de andenería, de tal manera, que se disminuya la energía cinética del agua de escorrentía.
2. Se recomienda utilizar muros de concreto ciclópeo.
3. Considerar enrocado al pie del muro a fin de evitar que el agua de escorrentía erosione su base.
4. Revestir con vegetación idónea para la zona.
5. Posterior a la reforestación, se debe dar el mantenimiento correspondiente (protección contra daños de ganado y transeúntes, actos de vandalismo, falta de manejo, etc.).
6. Las entregas de las cunetas hacia el talud deben ser emboquilladas para evitar el efecto de erosiones indeseables.
7. Desplazar el eje de la carretera hacia el cerro, ubicado al lado derecho del eje, con la finalidad de alejarlo y tener un área de seguridad entre el talud y la vía.

QUEBRADAS

1. Considerar el ancho del cauce de las quebradas definido por el evento.
2. Evitar las obras de cruce con numerosos ojos.
3. Ampliar las luces libres de las obras de drenaje, de tal manera que su capacidad de conducción soporte no sólo el agua limpia, sino, además los sólidos en suspensión y de arrastre, así como palizadas.
4. Limpieza de los cauces y descolmatación de las quebradas.
5. Protección de los taludes, con emboquillado o losa de concreto, en los accesos a las obras de cruce, tanto a la salida como a la entrada de las estructuras.
6. Muros de encauzamiento.
7. En alcantarillas y pontones, proteger la salida con losa de fondo de concreto o emboquillado, a fin de evitar la erosión regresiva.
8. Proteger las riveras de las quebradas con enrocados y/o forestación.

Debido a la alta sismicidad de la zona y a las características de los depósitos de los materiales, se recomienda realizar un estudio de geotecnia con la finalidad de determinar los sectores potenciales que poseen el efecto de daño por el fenómeno de Licuación Dinámica o

Estática. Asimismo, se sugiere que dicho estudio abarque las obras importantes como son los puentes (pilares y estribos), los cerros inestables y taludes de corte.

En lo relacionado a la Ciudad de Tumbes las zonas más afectadas por los continuos desbordes del río Tumbes y las persistentes lluvias se encuentran ubicadas en la parte baja de la ciudad y en la margen izquierda de la Carretera Panamericana Norte. En la que se hallan el Barrio de San José, AA.HH. Salamanca, AA.HH. Los Jardines y Los Lagos. Principalmente, en San José se ha considerado la ejecución de un canal vía y la pavimentación con concreto hidráulico de las calles y avenidas, con la finalidad de encauzar y facilitar la evacuación de las aguas. Asimismo, se recomienda el reforzamiento del Malecón Benavides que fue afectado por el evento, considerar trabajos de: protección del relleno con geotextiles, reestructuración de las losas de protección y profundizar la cimentación.

De otro lado, se recomienda la reubicación de las familias que han ocupado peligrosamente ambos márgenes de la quebrada Pedregal que es una zona que presenta una alta vulnerabilidad, por ser inundable por lluvias y estar amenazada por la quebrada, toda vez que aumenta considerablemente su caudal en periodos lluviosos, y más aún si tomamos en cuenta el fenómeno "El Niño" (1983 y 1998) y la precariedad de sus viviendas.

La zona de expansión urbana recomendada de acuerdo al análisis situacional de la ciudad se encuentra al Noreste de la misma, por estar alejada del río y no sufrir anegamientos importantes, presenta áreas elevadas y una topografía relativamente plana.

En la actualidad la Ciudad de Tumbes no cuenta con un Plan Director actualizado, por lo que resulta imperioso su elaboración a fin de establecer el crecimiento ordenado de la ciudad y poder determinar el uso de suelos, zonas de expansión y crecimiento, y la ubicación del equipamiento urbano necesario.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La Carretera Panamericana Norte tiene especial importancia por las razones siguientes:

1. De ella dependen las ciudades, poblaciones o comunidades para su sobrevivencia y prosperidad.
2. Ubica y sirve a las nuevas actividades económicas.
3. Apoya a las actividades económicas existentes.
4. Proporciona las conexiones a, y el apoyo de, las instalaciones para la emergencia.
5. Contribuye a las actividades de preparativos para los desastres, respuesta y recuperación, y reconstrucción.

6. Por los puntos señalados, debe recibir una alta prioridad para su reforzamiento antes del desastre.

Por lo expuesto, se considera a la Carretera Panamericana Norte como una "instalación crítica", es decir, que por razón de su función, tamaño, áreas de servicios o singularidad, tiene el potencial de causar daño corporal o perturbar las actividades socio-económicas vitales, en el caso de que fuera destruida, dañada o si sus servicios son interrumpidos reiteradamente.

Por ello, el presente trabajo de investigación se centra en los problemas acaecidos por el fenómeno "El Niño", ya que continuamente la infraestructura vial de la Zona Norte de la costa peruana ha sido interrumpida, dañada y/o destruida por este fenómeno.

Por estos motivos, el tema central de esta tesis es dar medidas de mitigación y lineamientos de planeamiento para la prevención de desastres ocasionados por el fenómeno "El Niño" 1997-1998.

Capítulo 1, se exponen los objetivos generales y específicos del estudio, asimismo se señalan los alcances de su desarrollo.

- ❖ **El capítulo 2**, nos explica el comportamiento del fenómeno "El Niño" para un mejor entendimiento de los desastres que ha ocasionado. Se hace una descripción de los desastres principales ocurridos dentro del área en estudio, anteriores al fenómeno 1997-1998, así como sus funestas consecuencias.
- ❖ **El capítulo 3**, es un capítulo importante ya que nos da ha conocer el medio físico en el que se desarrolla el tramo en estudio. De esta manera nos ayuda ha entender la relación que existe entre el entorno que rodea a la carretera y el evento que ocurre en periodos irregulares, y que es causa de muchos desastres. También, se describe las características de la carretera, del tramo: Desvío Talara – Aguas Verdes, antes del fenómeno "El Niño" 1997-1998.
- ❖ **Capítulo 4**, se realiza el estudio de los efectos ocasionados a la infraestructura vial por el fenómeno "El Niño" 1997-1998, según informes de evaluación de daños y observaciones hechas en campo.

- ❖ **En el capítulo 5**, se plantea alternativas de solución a los problemas que se presentaron durante el evento. El capítulo se desarrolla sobre la base de tres puntos, y son: 1) reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, 2) modificar la exposición al peligro del lugar, y 3) posibilidades de cambio de ruta.

- ❖ **En el capítulo 6**, debido a que la Panamericana Norte cruza la ciudad de Tumbes, así como, a la importancia que reviste esta ciudad, se ha realizado un análisis sintetizado de la zona urbana, así como los efectos producidos por el fenómeno "El Niño". Asimismo, se ha tratado su problemática y se ha propuesto alternativas de solución.

- ❖ **En el capítulo 7**, estudia el desastre partiendo de su estructura básica, a saber: 1) Factor primario, 2) Factor necesario, y 3) Factor de ampliación. En este capítulo se considera los peligros desde la etapa de la concepción del proyecto, con la finalidad de dar lineamientos de prevención, y de esa manera, tomar medidas adecuadas con oportunidad.

- ❖ **El capítulo 8**, se presentan las conclusiones y recomendaciones a que se ha llegado, luego del diagnóstico realizado a la Panamericana Norte.

1.1 OBJETIVOS

La Estrategia para el Desarrollo Regional debe partir necesariamente de la determinación de las necesidades, ya que el objetivo primordial es propender a satisfacerlas. Ante esta situación resulta imperativo diseñar un plan de formulación de estrategias integradas para el desarrollo, que se componen de proyectos de inversión.

El manejo de Peligros Naturales es frecuentemente realizado de manera independiente de la Planificación Integrada para el Desarrollo. Es importante combinar ambos procesos, pues, paralelamente a una Inversión surge la temática del Riesgo que ésta implica, y, que de alguna manera la justifica y posibilita su aprobación o no. Para hacer factible proyectos de envergadura, es menester realizar los Estudios Ambientales como requisito indispensable en cada presentación. Los Estudios Ambientales contemplan tanto el Análisis del Impacto Ambiental como el conocimiento de la Vulnerabilidad a la que las Obras quedan sujetas frente a Fenómenos Naturales peligrosos. Ambas condiciones tienen como requisito de partida el adecuado conocimiento del Medio Natural para poder decidir la conveniencia de las inversiones.

En ese sentido, podemos definir al Ambiente como el escenario en el cual el hombre incursiona, se instala y desarrolla sus actividades. Asimismo, el Ambiente o Medio Natural es aquel que no ha sido afectado por la actividad humana, el cual no está libre de la intervención del hombre, y que ante una inadecuada planificación de las actividades humanas, puede llevar a que sucesos naturales que no han sido considerados o evaluados debidamente en cuanto a su magnitud, tengan incidencia sobre la vida, los bienes y las mismas actividades del hombre.

Como se sabe, el Perú es un territorio que presenta zonas sensibles a fenómenos de geodinámica. Precisamente, estas áreas de sensibilidad al recibir la acción del Fenómeno "El Niño" han producido inundaciones, deslizamientos y vientos huracanados en diversas áreas del país, ocasionando pérdidas de vidas humanas y deterioro en la infraestructura económico y social. Principalmente la magnitud de un desastre causado por algún fenómeno natural se refleja en el porcentaje de daños, tanto en la economía como en forma directa contra la vida de la población ¹.

La Región Grau (Piura y Tumbes) en la que se encuentra ubicado el Tramo: Desvío Talara – Aguas Verdes , es una de las que ofrece mayores posibilidades de desarrollo económico, por otro lado, esta región es una de las más amenazadas por desastres ocasionados por fenómenos como "El Niño" (1925, 1983 y 1998).

Se ha determinado que los sectores más afectados son: Transportes, Vivienda y Comunicaciones², puntos específicos en los que hay que incidir a fin de mitigar los efectos de un desastre causado por "El Niño".

Al respecto, desde 1990 a la fecha el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción ha puesto en marcha un plan para rehabilitar las carreteras más importantes. Ha diseñado un nuevo marco para la promoción de la inversión privada y la recuperación del crédito externo, cumpliéndose así los primeros objetivos trazados para remontar la crisis. Dentro de este marco el Ministerio se orientó a normar las actividades de transportes, comunicaciones, vivienda y construcción, así como regular y controlar el desarrollo de los servicios, ejecutar lo concerniente a la red

^{1,2} *TAPIA CANALES, César E. Microzonificación de la Ciudad de Tumbes y Lineamientos para su Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres. Lima 1991.*

vial y promover el desarrollo de la construcción. Tal es así, que el Primer Programa de Carreteras del PERT tiene un costo de 324 millones de dólares. Las metas globales están referidas a la rehabilitación y mantenimiento de 2,758 Km de la Carretera Panamericana (Norte y Sur) y parte de la Carretera Central. Actualmente este programa se encuentra en etapa de Liquidación, habiéndose culminado en 1997 con la Variante Palpa. El Segundo Programa de Carreteras se inició en 1994, a un costo de 420 millones de dólares, con el financiamiento del BID, el Tesoro Público y el Banco Europeo de Inversiones³. Vemos pues, que la inversión en infraestructura vial ha sido importante en los últimos años.

Los estudios realizados anteriormente sobre los estragos ocasionados a los diversos tramos de la carretera por efectos del fenómeno "El Niño", han demostrado que se debe a la insuficiente capacidad de las estructuras de drenaje para evacuar las aguas de escorrentia generadas por las cuencas respectivas, así mismo, las características topográficas del terreno que no permitieron el flujo del agua hacia ningún lado, fueron problemas que se observaron en la carretera. Por otro lado, la geología de las cumbres o cerros que tienen taludes muy empinados o suaves y de material suelto o deleznable que fácilmente es lavado por las aguas pluviales, provocaron deslizamientos e interrumpieron el tráfico en la carretera. Otro factor importante es la erosión de las turbulentas aguas que llevan quebradas y ríos en su trayecto al mar, y que produjeron profundización y ensanchamiento de los cauces, en consecuencia, los puentes sufrieron daños en su estructura y, en otros casos, colapsaron.

Estos efectos del fenómeno que obviamente causan interrupciones al tráfico, ejercen una influencia severa y adversa a las actividades económicas y sociales, además, en los últimos años el sector Transportes ha realizado una inversión importante en infraestructura vial. Por estas razones, **el principal objetivo** de la presente tesis es: dar **Medidas de Mitigación** y elaborar **Lineamientos de Prevención de Desastres**, de esa manera, minimizar los daños, y, contribuir a tomar medidas correctivas para la protección y mejoramiento de la infraestructura vial existente.

³ *Diario "El Comercio". Por los Caminos del Perú. Lima, 5 de Abril de 1998.*

Con este propósito, durante el desarrollo de la tesis 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.
- Dar lineamientos de planeamiento para la prevención de desastres en la selección de la ruta de la carretera.

1.2 ALCANCES

Las medidas de mitigación y los lineamientos de prevención de desastres que se han de tratar en el presente trabajo de investigación, está enmarcado dentro del Sector de Transportes y en el ámbito del fenómeno “El Niño”.

Como ya se ha mencionado, el tramo ha ser estudiado es: Desvío Talara – Aguas Verdes de la carretera Panamericana Norte. Para efectos del estudio la carretera se ha dividido en dos tramos, a saber:

- ❖ **Dv. Talara hasta Cancas (del Km. 1093+342 al Km. 1195+310).**
- ❖ **Cancas a Aguas Verdes (del Km 1196+000 al Km 1294+232).**

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

Las imágenes del comportamiento del fenómeno “El Niño” se han obtenido de INTERNET. De otro lado, 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.

En lo referente a la ciudad de Tumbes existen una gama de estudios realizados con fines agrícolas, y que se ha tenido que acondicionar para cumplir con nuestros objetivos. Estos estudios han sido realizados por el Proyecto Especial Puyango - Tumbes, Ministerio de Agricultura, Proyecto de Irrigación Tumbes, etc.

Por otro lado, la evaluación de daños ocasionados a la carretera se ha basado en informes realizados por el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC – MTC) y complementados con trabajos de campo.

Dado que el tramo tiene una longitud total aproximada de 200 kilómetros, es sumamente difícil abarcar en la presente tesis un área de estudio tan extensa. Por ello, ha sido necesario seleccionar un tramo representativo y adecuado de la Carretera Panamericana Norte, sobre la base del grado de incidencia de los efectos ocasionados por "El Niño".

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

FENÓMENO “EL NIÑO”

El objetivo de la presente Tesis no es profundizar en la investigación del fenómeno “El Niño”, que por cierto es un fenómeno que todavía se encuentra en estudio, aunque, los científicos han adelantado que es un evento natural de una complejidad meteorológica-oceanográfica. Sin embargo, para poder cumplir con las metas propuestas en el presente trabajo, es indispensable conocer las características más importantes de este fenómeno, así como los antecedentes de los efectos en la zona de estudio, toda vez, que sus consecuencias han sido muchas veces devastadoras.

2.1 CONCEPTO

“El Niño”, es un fenómeno oceánico controlado por la atmósfera, y en última instancia por la actividad solar, aunque de manera tan complicada que la ciencia actual no ha logrado entender claramente. Los fenómenos más destructivos de las últimas décadas, que antecedieron al fenómeno de 1998, ocurrieron en 1972 y 1983 coincidiendo con períodos de máxima actividad solar que suceden en ciclos de 11 años, sin embargo, la secuencia es más bien errática ¹.

¹ *KUROIWA H. Julio. CISMID. Lima, 1997.*

Su nombre se origina de la observación que desde hace más de un siglo realizaron los pescadores del norte del Perú y sur de Ecuador, donde el fenómeno se manifiesta con particular severidad. Notaron que en la época de Navidad, fecha de nacimiento de "El Niño" Jesús, una lengua de agua caliente comenzaba a avanzar hacia el sur, elevando la temperatura del agua de mar y la fauna marina cambiaba radicalmente de especies.

Se pensó hasta hace poco que "El Niño" era sólo un fenómeno local, que afectaba el Noroeste peruano, por el avance de la contracorriente ecuatorial, pegado a la costa, que se metía como una cuña desviando más hacia el oeste la fría y llena de nutrientes Corriente Peruana. Sin embargo, relaciona eventos sobre lugares del planeta que se encuentran en los puntos de mayor alejamiento posible, como son Perú e Indonesia a más de diez mil kilómetros de distancia (Hemisferio Sur).

Es un fenómeno que según los últimos estudios, tienen implicancia global sobre la tierra afectándola entre 1/2 y 1/3 de su superficie². Así tenemos, que el más severo de la centuria hasta entonces conocido, el fenómeno "El Niño" ocurrido entre 1982 y 1983, causó efectos desastrosos y cambios meteorológicos alrededor del mundo. El total de daños fue estimado en 8 billones de dólares. La figura N° 01, muestra el impacto de este fenómeno en el mundo:

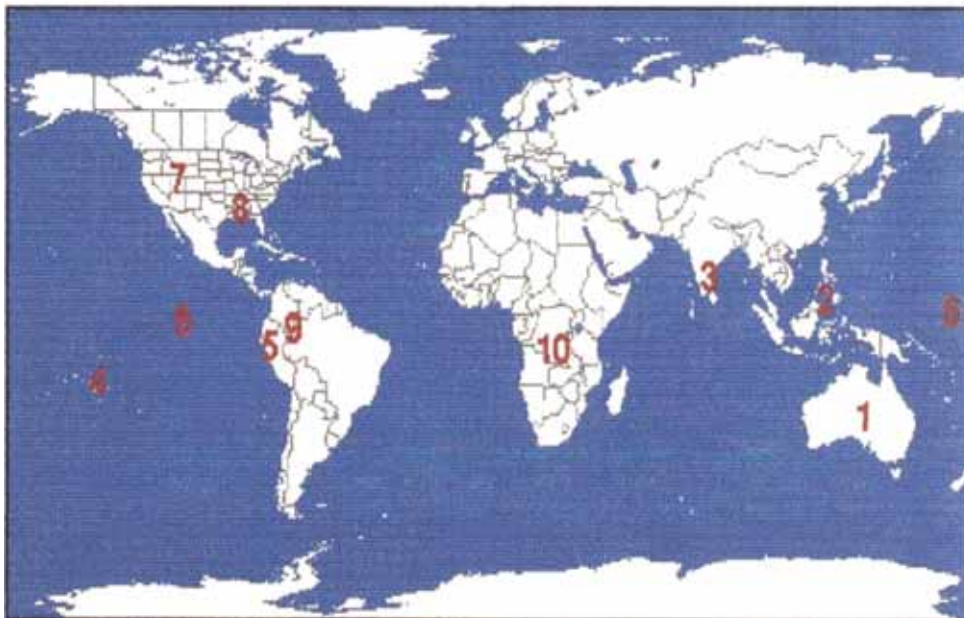


FIG. N° 01.

Fuente: Judith Gradwohl, Ocean Planet. Smithsonian Institution.

² KUROIWA H. Julio. CISMID. Lima, 1997.

1. Australia: Sequía e incendios forestales.
2. Indonesia, Filipinas: Cosechas arruinadas, seguida de hambruna.
3. India, Sri Lanka: Sequía, escasez de agua potable.
4. Tahití: Seis ciclones tropicales.
5. Sur América: Industria Pesquera devastada.
6. Pacífico Central: Muertes de arrecifes coralinos.
7. Cuenca del Río Colorado: Inundación, deslizamientos de lodos.
8. Estados del golfo: Intensas lluvias causan muertes y daños a las propiedades.
9. Perú y Ecuador: Inundaciones y deslizamientos.
10. Africa del Sur: Sequía, enfermedades y mal nutrición.

Por su singular ubicación geográfica relacionada con la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y con el Frente Ecuatorial Marítimo, el Perú se constituye en uno de los escenarios de los efectos del calentamiento del océano adyacente, al cual se le considera el Fenómeno "El Niño"³.

2.2 INDICADORES DEL FENOMENO

El fenómeno "El Niño" de 1982/83, por sus consecuencias devastadoras y que afectó globalmente a la tierra, atrajo la atención de numerosos investigadores e instituciones internacionales y nacionales quienes de manera coordinada investigaron extensamente sus efectos y trataron de determinar sus causas, revisando además los resultados de estudios efectuados anteriormente. El objetivo de este esfuerzo en común es comprender la dinámica del fenómeno y poder efectuar la predicción de su ocurrencia con meses de antelación, no sólo para disminuir las pérdidas directas sino también utilizarla para optimizar la producción agrícola.

Como resultado de las coordinadas investigaciones efectuadas a partir de 1983, la comprensión de la dinámica que produce "El Niño" y sus efectos, han permitido avanzar en ese sentido. De esta manera, se han establecido indicadores internacionales que los investigadores utilizan para realizar el seguimiento al fenómeno, entre los principales tenemos: Índice de Oscilación Sur, Temperatura Superficial del Mar, Intensidad de la Precipitación, y la Zona de Convergencia Intertropical. Además, existen otros indicadores, así tenemos: Intensidad de los Vientos Alisios, Anomalías Térmicas del Pacífico Tropical, Profundidad de la Isotherma de 20°C y otros, que de alguna manera están relacionados con los primeros.

³ *KUROIWA H. Julio. CISMID. Lima, 1997.*

2.2.1 INDICE DE OSCILACIÓN SUR

El conocimiento sobre la dinámica de generación de "El Niño" tomó varias décadas hasta llegar al estado actual. Durante 1920 mientras los científicos en América del Sur estaban ocupados documentando los efectos locales de "El Niño", Walker se encontraba realizando un trabajo en la India, tratando de encontrar la forma de predecir el monzón en el Asia. En el proceso de sortear los mapas climáticos mundiales descubrió una conexión proveniente de las estaciones del Pacífico Este y del Oeste. Observó que cuando la presión sube en el este, generalmente baja en oeste y viceversa. Walker fue quien estampó el término **oscilación del sur** (Southern Oscillation Index, siglas en inglés) para dramatizar el sube y baja registrado en los barómetros del este y del oeste.

Para efectos comparativos se tiene el siguiente gráfico (FIG. N° 02. John L. Daly, El Niño Southern Oscillation), en el que se aprecia el SOI de 1997 y 1998, que alcanza sus valores máximos entre enero y marzo. Para luego decrecer y empezar a normalizarse a partir de mayo.

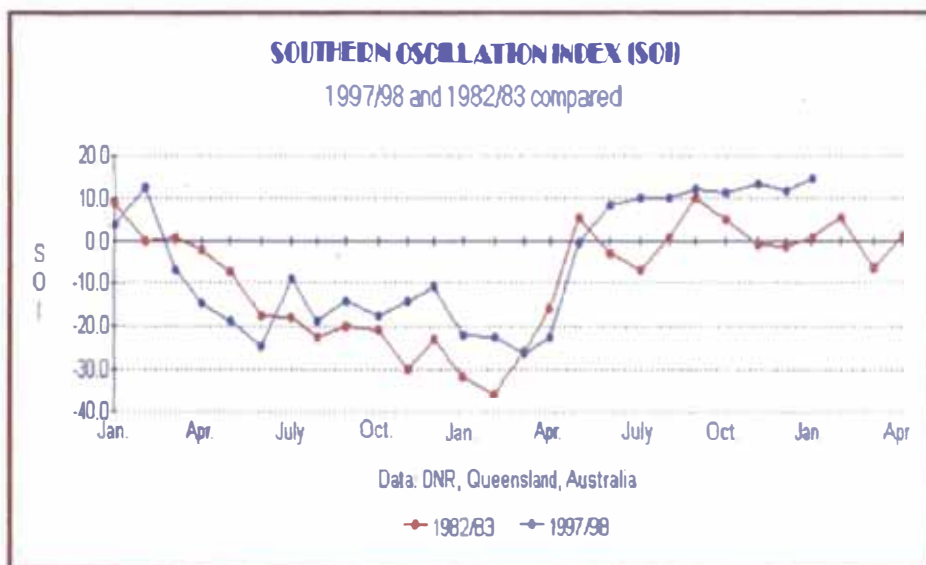


FIG. N° 02.

A continuación, se ha de explicar brevemente la Oscilación del Sur (SO - Southern Oscillation): la parte del sistema de vientos que corre paralela a nuestra costa recibe el nombre de vientos Alisios que gira paralelamente al Ecuador hacia Indonesia. Se ha observado que los vientos tienen la tendencia de desviarse hacia su izquierda, debido a la acción de la fuerza de Coriolis, en el hemisferio Sur. La circulación horizontal no podría ser permanente, sino se completara con una circulación vertical en la que asciende aire por Indonesia y desciende frente a Sudamérica produciendo una circulación horizontal también a un nivel superior, de sentidos más o menos contrario al nivel inferior. Este movimiento de los vientos está de acuerdo con la naturaleza de las

fuerzas que los impulsan. Pues, se sabe que el sentido de la circulación de un gas esta relacionado con la presión que se ejerce sobre el mismo, es decir que el gas fluye de una zona de alta presión a otra de baja presión. En otras palabras, los vientos son impulsados por la presión.

Por eso los vientos van de una zona de alta presión – el anticiclón –, frente a nuestra costa, a una zona de baja presión en Indonesia y norte de Australia. El sistema de los vientos forma un circuito cerrado, con vientos más veloces cuanto mayor es la diferencia de presión entre ambas zonas. Al respecto, el investigador Ramón Mujica señala: *"Para que la circulación de los vientos sea permanente o semipermanente se requiere que estos circuitos se cierren por arriba, regresando el aire a unos 12 Km sobre el nivel del mar. Al llegar encima del lugar señalado con PA [Presión Alta] desciende, así como subió en los lugares señalados con PB [Presión Baja]"*.

Ahora bien, si la presión aumenta más aun en Indonesia, la presión frente a nuestra costa se hace aun menor que la normal, y viceversa, funcionando como los brazos opuestos de un columpio. De esta manera oscila la presión del Pacífico Central y Sur, por lo que ha esta oscilación de presiones se le conoce como Oscilación Sur. Con frecuencia se toma la isla de Tahití como la zona de alta presión y Darwin, Australia, como la de baja presión. Incluso se define el Index de la Oscilación del Sur (Southern Oscillation Index, SOI), como la diferencia entre la presión atmosférica en Tahití, y la presión en Darwin, Australia. Es un indicador útil para monitorear el ENSO (El Niño Southern Oscillation), que es la forma internacional, simplificada, de expresar la Oscilación del Sur de "El Niño". En el gráfico adjunto, se muestra el seguimiento realizado al SOI desde 1947 (John I. Daly, El Niño Southern Oscillation). Se aprecia los valores máximos negativos del SOI, como en los años 1982/83 y 1997/98, en estas épocas "El Niño" afectó severamente la costa norte peruana.

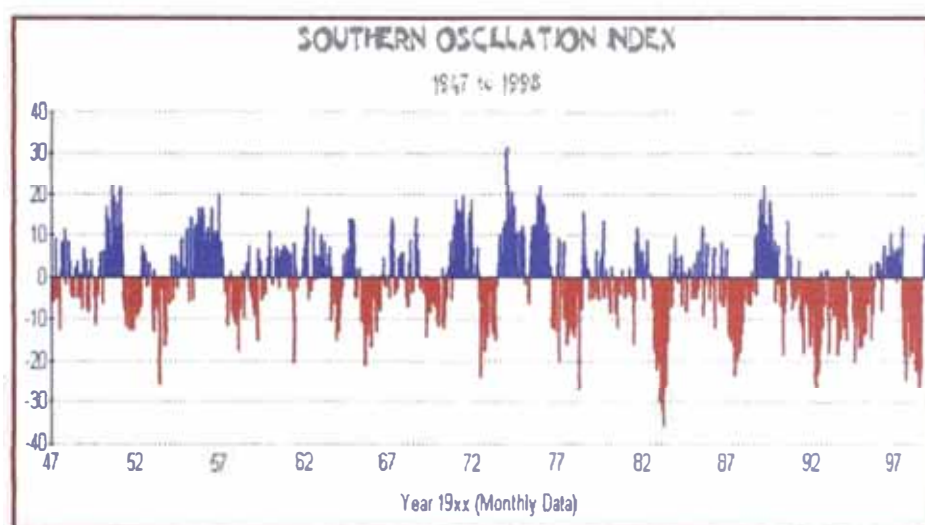


FIG. N° 03

Fuente: John L. Daly. El Niño Southern Oscillation

Del mismo modo el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), realizó el seguimiento del SOI desde enero de 1997 hasta marzo de 1998, en la siguiente lámina se puede apreciar que el mes de enero de 1998 el evento "El Niño" alcanzó su máxima intensidad y se nota un descenso para el mes de Febrero con tendencia a continuar en el mes de Marzo.

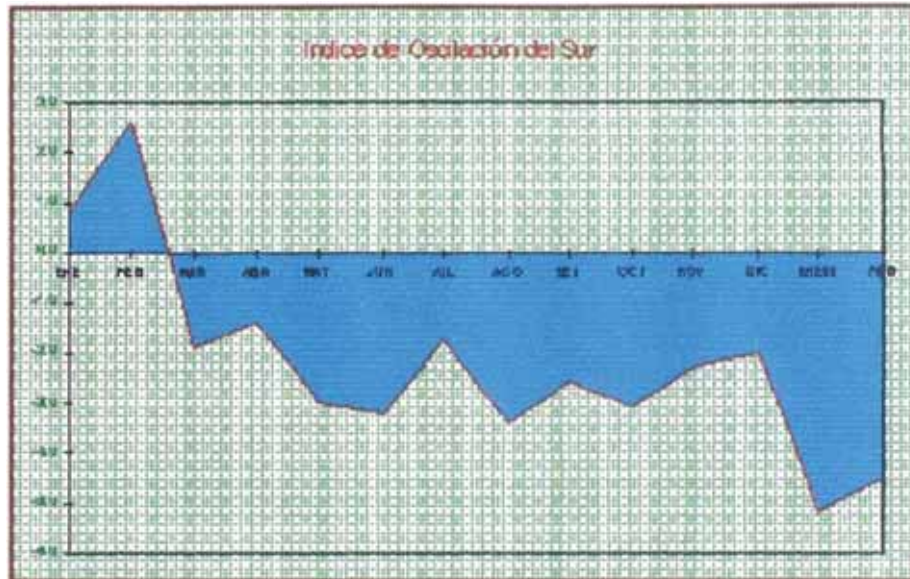


FIG. N° 04

Fuente: IMARPE

Beilage en 1957 fue el primero en demostrar una correlación consistente entre el SOI y la fluctuación de la Temperatura de la Superficie del Mar a lo largo de la costa del Perú.

2.2.2 TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR

La temperatura del mar es el indicador más conocido del fenómeno "El Niño", incluso está contenida dentro de la definición dada en Miami en 1982 del fenómeno, la cual se refiere a la temperatura del mar en cinco lugares de nuestro litoral.

Las frías aguas que circulan frente a las costas sudamericanas pueden ser atribuidas al afloramiento de aguas profundas (upwelling) ricas en nutrientes. La explicación de este suceso, se ha sintetizado de la siguiente manera: los vientos próximos a la línea ecuatorial soplan desde América hacia Australia en el Pacífico, son los vientos Alisios que actúan sobre la superficie del mar. De manera semejante en nuestras costas, las aguas superficiales son empujadas por los vientos alisios predominantes en la dirección Noroeste, los que conjuntamente con la fuerza de Coriolis, aleja el agua superficial hacia el centro del Pacífico, llevando a la superficie agua de cierta profundidad y por lo tanto más fría y con mayor cantidad de fosfatos y

otras sales útiles para el Plancton vegetal, lo que genera abundante pesca. Así tenemos agua más fría y fértil de lo que corresponde a latitudes tropicales, en la proximidad de la línea ecuatorial y frente a la costa peruana. Esta situación corresponde a un año normal, que se caracteriza por precipitación escasa a lo largo de la costa oeste de Sudamérica, lo que hace de las costas del norte de Chile y a lo largo de la costa del Perú, zonas desérticas o semidesérticas. En los años que se manifiesta "El Niño", aunque todo evento es diferente, la causa común es el debilitamiento o colapso de los vientos alisios en el centro y este del Pacífico Tropical, a la vez que se observan calentamiento anormal de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM). En la figura N° 05.A, se esquematiza este evento.

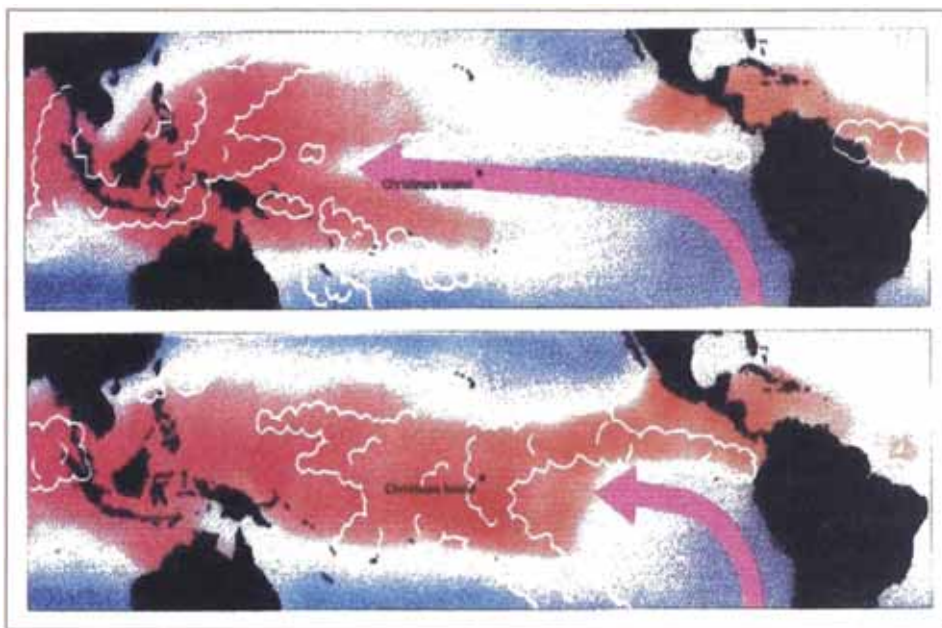


FIG. N° 05.A.

Presentamos los valores promedios alcanzados durante los meses de Enero a Junio de 1998 y que fueron registrados en la Estación Caleta Grau (IMARPE):

| MES | TEMPERATURA PROMEDIO (°C) |
|---------|---------------------------|
| ENERO | 30.0 |
| FEBRERO | 29.6 |
| MARZO | 30.4 |
| ABRIL | 30.1 |
| MAYO | 29.8 |
| JUNIO | 28.6 |

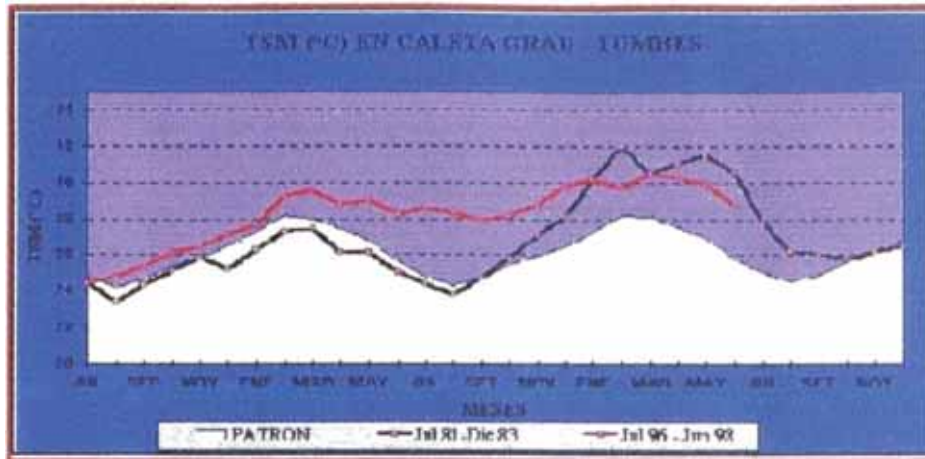


FIG. N° 05.B. La figura muestra los valores de la temperatura del mar alcanzados durante las épocas 1981-83 y 1996-1998.

Según la estación Caleta Grau los valores de la TSM del año 1983 (Periodo: Enero a Junio) fueron mayores a los alcanzados en el mismo periodo del año 1998. Si comparamos estos últimos valores con el patrón de la TSM, vemos que hay una diferencia de 3°C como promedio.

Con respecto a "El Niño" 1997/1998, aproximadamente en marzo de 1997 se hicieron evidentes ciertas anomalías principalmente oceanográficas como fue la elevación de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Sudeste. Con dicha anomalía térmica, podría decirse que el fenómeno inició su desarrollo visible. La evolución de las anomalías térmicas en las capas superficiales del Pacífico, abarcaron cada vez más áreas al oeste del Océano, a continuación apreciamos un seguimiento de este calentamiento (presentado por IMARPE), desde agosto de 1997 hasta marzo de 1998, en el cual se distingue el debilitamiento global del evento "El Niño" especialmente a partir de febrero de 1998.

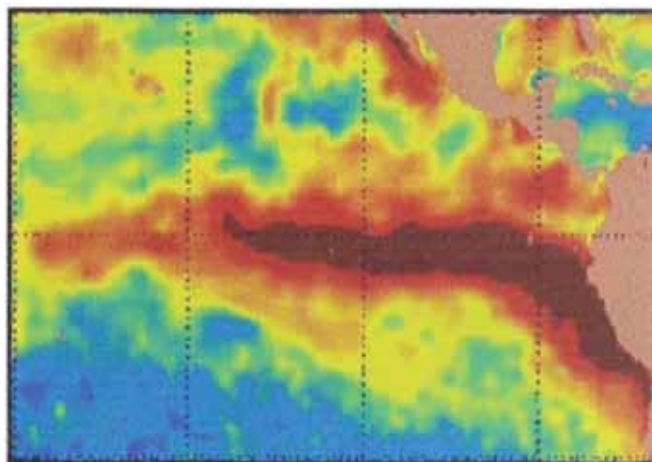


FIG. N° 06. AGOSTO 1997.

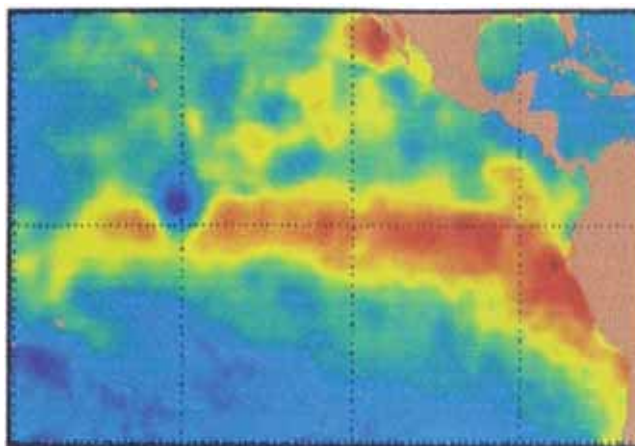


FIG. N° 07. SETIEMBRE 1997.

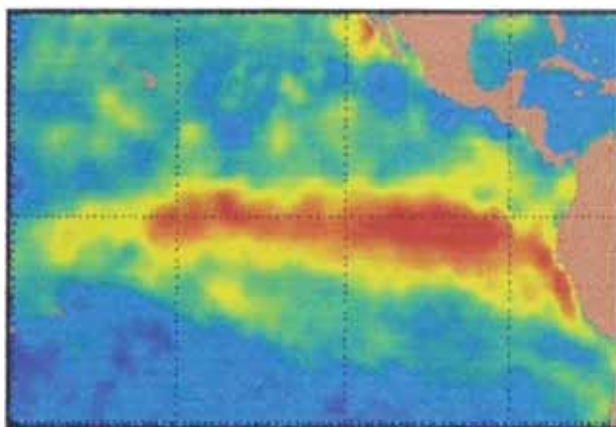


FIG. N° 08. OCTUBRE 1997.

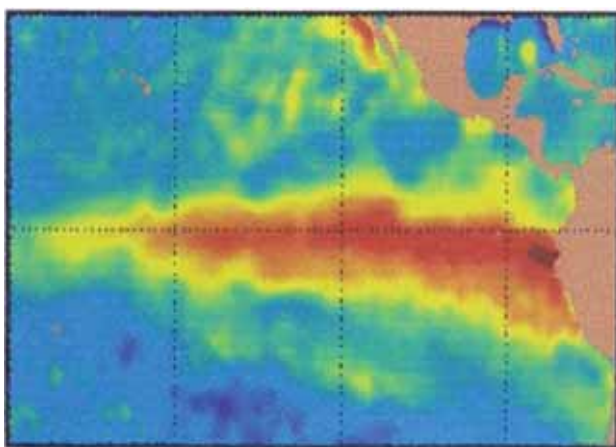


FIG. N° 09. NOVIEMBRE 1997.

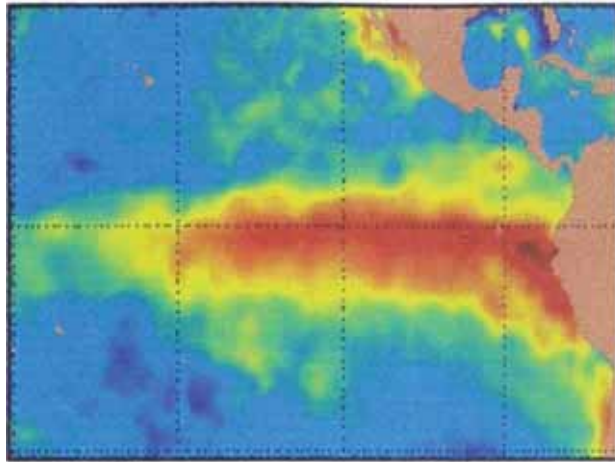


FIG. N° 10. DICIEMBRE 1997.

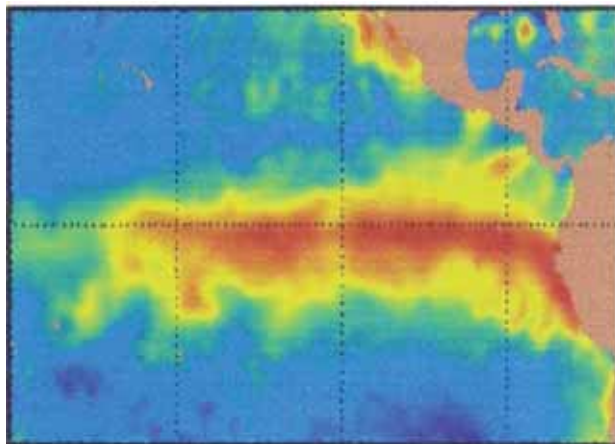


FIG. N° 11. ENERO 1998.

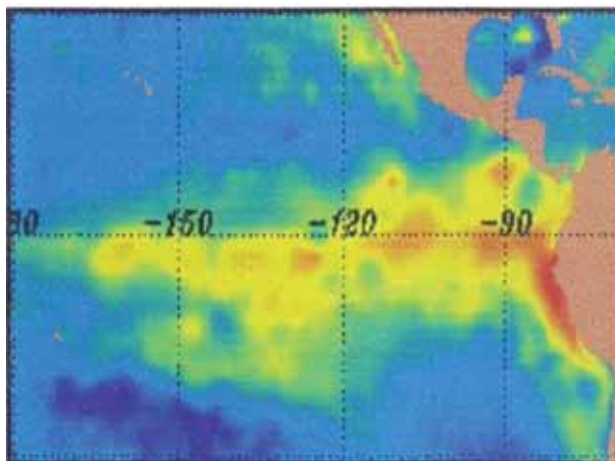


FIG. N° 12. FEBRERO 1998.

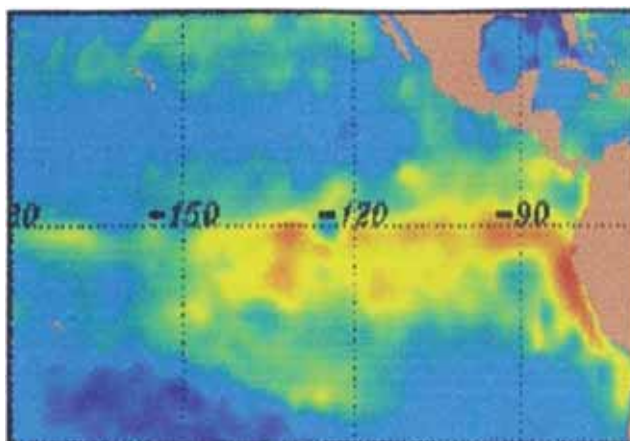


FIG. N° 13. MARZO 1998.

Normalmente los vientos del Este empujan las aguas superficiales oceánicas hacia el Pacífico Oeste, causando la profundización de la termoclina, (superficie que separa las aguas calientes de las frías) causando además la elevación del nivel del mar del Oeste con respecto al Este. Cuando ocurre un ENSO (El Niño Southern Oscillation), los vientos disminuyen en potencia, las aguas tibias son desplazadas hacia las costas sudamericanas en forma de ondas llamadas Kelvin, revertiendo el estado anterior, causando la profundización de la termoclina, y la elevación de la superficie del mar en las costas de Perú y Ecuador.

2.2.3 INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS EN EL NORTE PERUANO

En la costa Noroeste del Perú predominan las lluvias de temporales entre enero y abril, todos los años, debido a que la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT, zona donde convergen los vientos alisios del Norte y del Sur) se desplaza hacia el Sur hasta zonas cercanas de la frontera peruano-ecuatoriana.

En la selva Amazónica prácticamente llueve todo el año, aunque estas se intensifican entre setiembre y abril, época en que también llueve en la sierra.

En la parte alta de la Cordillera Occidental de los Andes llueve entre enero y abril, debido a que el proceso convectivo se desplaza hacia el oeste cruzando los Andes (llamado también "trasvase de la nubosidad amazónica"), y provee de agua a la parte alta de la costa, en forma de lluvia o nevados. Las lluvias que caen sobre las cabeceras de las cuencas occidentales son las que ocasionan el aumento del caudal de los ríos que proveen de agua a los valles costeros, y que en ocasiones se desbordan e inundan las partes bajas de nuestra costa.

Conviene recordar, en esta parte, que las condiciones del movimiento del aire facilitan la lluvia. Las nubes y las lluvias no existirían sin movimientos ascendentes del aire. Por eso la circulación más normal de los vientos alisios ayuda a entender que al norte de Australia y en Indonesia haya abundantes lluvias, mientras que en la zona de alta presión las lluvias sean mínimas. A consecuencia del Fenómeno "El Niño", esta circulación se debilita, y más aun circula en sentido contrario, es entonces, que las lluvias disminuyen en Indonesia y provocan distorsiones en la distribución de las precipitaciones en el norte de Perú y el Sur de Ecuador. En la figura N° 14, se puede apreciar las precipitaciones de los "Niños" 82/83 y 97/98 en contraste con la distribución de años en que no ocurre dicho fenómeno- Estación Tumbes

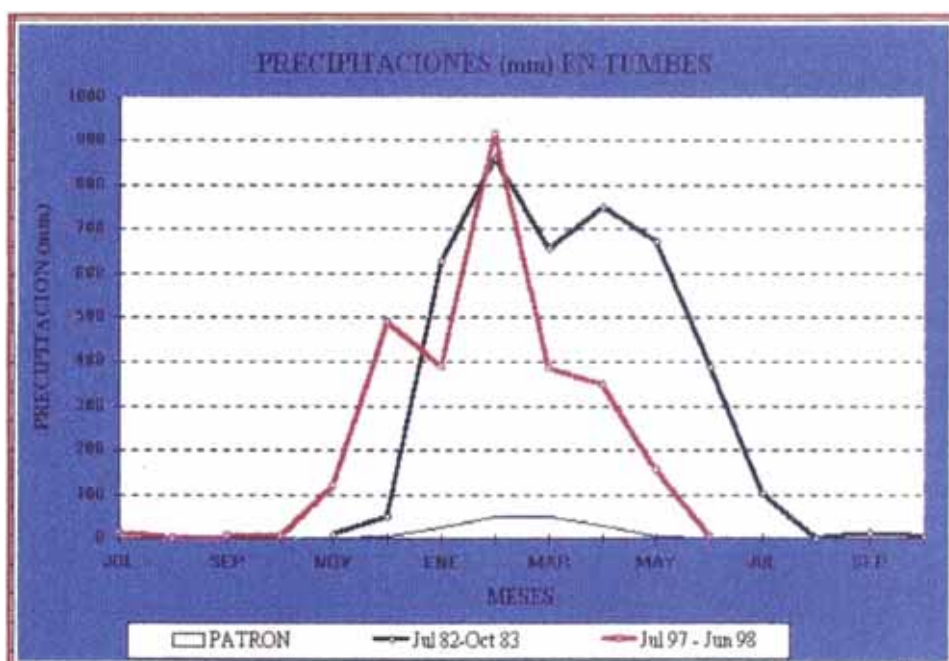


FIG. N° 14.

Fuente: IMARPE

Distorsiones en la distribución de la precipitación por efecto del Fenómeno "El Niño" en los periodos 82/83 y 97/98, en la Sub Región Tumbes - Norte peruano -.

2.2.4 ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT)

Es una banda nubosa de actividad convectiva (FIG. N° 15) que normalmente se encuentra sobre el Ecuador, generalmente 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 "El Niño", la Zona de Convergencia Intertropical desciende, ubicándose en las cercanías de los 5 grados de Latitud Sur⁴

⁴ UNIVERSIDAD DE PIURA, "El Niño en las Costas del Perú". Piura, 1998.

En el periodo 1997/98, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) indicador de la precipitación en toda la zona norte, estuvo localizada entre los 2°N – 4° S y entre los 80°W – 110°W, con una actividad convectiva de moderada a fuerte y un desplazamiento oscilante que en algunas semanas alcanzó los 10° de Latitud Sur. Esta zona de convergencia asociada con el calentamiento y los vientos del Este ocasionaron lluvias que superaron sus normales. Sobre el continente la actividad convectiva de la zona de convergencia se incrementó en la última semana del mes de febrero, sobre la selva de Perú, Brasil central y norte de Bolivia, formando frentes meteorológicos que generaron una mayor intensidad de lluvias⁵.

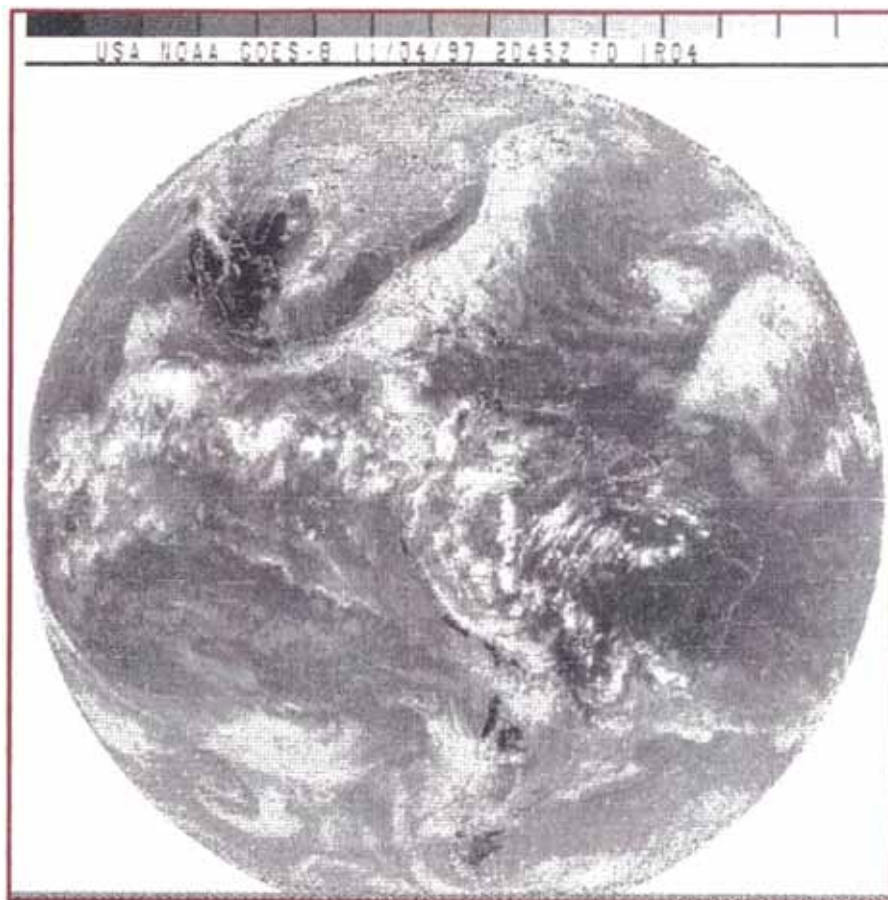


FIG. N° 15

Fuente: USA NOAA.

⁵ *GIAMPIETRI R. Luis. "Fenómeno El Niño". Conferencia del Vicealmirante ante el Congreso de la República. Lima, Marzo 1998.*

Cuando ocurre un ENSO intenso, la ZCIT se desplaza más al sur de lo usual, y cruza la línea ecuatorial y el proceso convectivo intensifica las lluvias. La TSM se eleva entre 2 y 12°C por encima del promedio, dependiendo de la intensidad del fenómeno. Esto aumenta la evaporación en el mar, que luego se precipitan como lluvias sobre el océano y la franja costera, posteriormente se traslada hacia el este produciendo lluvias torrenciales hasta unos 300 m. de altura, por encima de esta elevación las lluvias disminuyen. Imágenes de satélites indican que los dos fenómenos antes mencionados que causan tormentas al pie de la Cordillera Occidental en el Noroeste del Perú, se intensifican por procesos convectivos que ocurren en la selva, que se desplazan hacia el oeste y cruzan los Andes⁶.

Por otro lado, las investigaciones han determinado que **existe correlación entre el Índice de Oscilación del Sur (SOI)**, que es la diferencia de presión atmosférica en milibares entre Darwin, Australia, y Tahití, Polinesia Francesa; la **Temperatura de la Superficie del Mar (SST)** frente a Chicama en grados centígrados; y, la **Intensidad de las Lluvias** en Chulucanas, que se expresa en milímetros⁷.

Finalmente, se puede concluir que cuando la presión atmosférica es menor en el centro del Pacífico (Tahití) que en su extremo oeste (Australia), y la temperatura de la superficie del mar es mayor que la normal en el este del Pacífico, se producen lluvias intensas en el noroeste peruano representado por el registro de lluvias en Chulucanas, lugar estratégico, por su geomorfología y altura con respecto al nivel del mar⁸.

2.3 ANTECEDENTES Y CRONOLOGÍA DEL FENÓMENO

En lo que respecta a "El Niño", la Arqueología nos brinda informaciones de hace miles de años, mientras que los datos empleados para la elaboración de proyectos civiles se basan en registros de hace 100 años⁹. Los efectos de los eventos del fenómeno "El Niño", han dejado huellas en nuestra historia, los arqueólogos investigan sus rastros en la geomorfología y en los monumentos arqueológicos.

^{6,7,8}

KUROIWA H. Julio. CISMID. Lima, 1997.

⁹

ALVA, Walter. PREDES. "Rescatar el Pasado para Prevenir el Futuro". Lima 1998.

Según los estudios arqueológicos, el Meganiño más antiguo se presentó entre los años 1700 a 1800 AC., los testimonios de este evento quedaron registrados en el monumento de Sechín, en el Valle de Casma, y, especialmente en las Salinas de Chao, un extenso asentamiento precerámico de la misma época. Se encontraron construcciones afectadas y cauces en el desierto como evidencias de este desastre ¹⁰.

Se ha hallado rastros de otro Meganiño ocurrido alrededor de los años 1200 a 1300 antes de nuestra era, en el asentamiento de Purulen. Por entonces, en la desembocadura del Valle de Saña se ubicó un asentamiento pre-urbano de aproximadamente dos mil a dos mil quinientos habitantes. Como resultado del Meganiño algunos templos no se terminaron y los materiales de construcción fueron abandonados. Posteriormente, se descubrió que en la parte baja del Valle ocurrió un cambio de cauce del río Saña, pues, se desplazó casi 5 Km al norte, en consecuencia, los campos de cultivo quedaron sin sistema de riego, colapsando su base económica y obligándolos a volver de un patrón urbano a otro de aldeas dispersas.

Dos mil quinientos años después, en 1578, otro Niño catastrófico volvió a inundar la zona, el pueblo tuvo que migrar más al norte. Luego, en 1891, un Niño catastrófico los obligó nuevamente a desplazarse del lugar, esta vez no tanto por las lluvias sino por las plagas inmediatamente desatadas.

Entre los siglos II y III DC., poco antes del reinado del señor de Sipán, otro Niño fuerte afectó las paredes de las construcciones, asimismo, dejó una capa de sedimento muy clara en los estratos.

A decir del arqueólogo Walter Alva, el Meganiño del año 1100 DC. *"fue el más destructivo de toda la prehistoria, quizás hasta el presente"*. Este Meganiño marcó la decadencia de la cultura Lambayeque, creadora de casi todas las manifestaciones arquitectónicas de la costa norte y una de las más ricas del Antiguo Perú. En aquella época, los sistemas de riego fueron destruidos, los campos de cultivo quedaron arrasados y trajeron como consecuencia un arenamiento de los mismos. El desastre quedó tan marcado que pervivió en la leyenda de Naylamp, en la que se relata el diluvio de 30 días seguido de una sequía.

¹⁰ ALVA, Walter. *PREDES. "Rescatar el Pasado para Prevenir el Futuro"*. Lima 1998.

En la época colonial, en el año de 1578, otro "Niño" hace su aparición. Su registro queda evidenciado en los reclamos que hacen las poblaciones indígenas ante la imposibilidad de pagar tributos a la corona, debido a la pobreza extrema en que vivían por la ausencia total de lluvias e inundaciones.

De esta manera, la historia nos enseña que el fenómeno "El Niño", es un fenómeno recurrente que se presenta en periodos irregulares de tiempo y con características siempre cambiantes, distinguiéndose las categorías de Niño Débil (ND) como en 1969, Niño Moderado (NM) como en 1976, Niño Fuerte o Intenso (NI) como en 1972-73 y Niño Extraordinario o Catastrófico (NE) como en 1982-83.

Históricamente se han registrado los siguientes:

| Intensidad | Año |
|-------------------|---|
| I Débil | 1932, 1951, 1963, 1969 |
| II Moderado | 1791, 1804, 1814, 1854, 1877/78, 1844, 1953, 1965, 1976, 1992 |
| III Intenso | 1828, 1845, 1871, 1940/41, 1957, 1958, 1972 |
| IV Muy intenso | 1891, 1925 |
| V Catastrófico | 1982/83 |

Las estadísticas demuestran que "El Niño" es un fenómeno irregular en el tiempo. En los eventos más débiles, las temperaturas se elevaron sólo 1 a 2 grados centígrados con impactos moderados en las pesquerías de las costas del pacífico de América del Sur. Sin embargo, los eventos catastróficos como "El Niño" de 1982 - 83 dejaron una profunda huella, por ejemplo, la temperatura superficial del mar en las islas Galápagos y a lo largo de la costa de Ecuador subieron de su nivel normal de alrededor de los 22 grados centígrados hasta cerca de los 30 grados centígrados.

2.4 ANTECEDENTES DE LOS PRINCIPALES DESASTRES EN LA ZONA DE ESTUDIO

En esta parte de la tesis, cabe recordar lo que es un **peligro natural**. El peligro o amenaza, es el grado de exposición de un lugar o emplazamiento a los fenómenos naturales dentro de un periodo determinado de tiempo, independiente de lo que sobre dicha ubicación se construya¹¹. Así, el origen de un desastre no es puramente natural sino que **la causa se atribuye** "a la presencia concurrente de actividades humanas y eventos naturales"¹².

En nuestro caso, el tramo en estudio discurre sobre terrenos afectados localmente por problemas de geodinámica externa. Asimismo, el eje de la carretera es atravesada por numerosas quebradas que, al ser activadas, tienen un alto poder erosivo. Estas zonas sensibles asociadas al fenómeno "El Niño" han sido el origen de muchos desastres.

Al respecto, han existido periodos en que las intensidades han sido inusualmente altas produciéndose verdaderas catástrofes. Dos de estos picos de intensidades que han precedido al del año 1998, son los ocurridos en 1925 y 1983, de grandes magnitudes y con características diferentes, siendo el primero de corta duración (3 meses) y el segundo de larga duración comprendido entre Diciembre de 1982 a Junio de 1983, (7 meses)¹³.

Debido a la falta de planeamiento y sistemas de prevención (tanto en el aspecto físico como social), cada vez que se produce el fenómeno los daños ocurren en los mismos sectores de producción y estratos sociales, acrecentándose estos por el caótico y permanente crecimiento demográfico¹⁴.

¹¹ KUROIWA H. Julio. CISMID. Lima, 1997.

¹² CISMID, CERESIS, OEA. *Curso Internacional sobre Mitigación de Desastres "Uso de Información de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de Inversión"*. Lima, Octubre 1992.

¹³ ROMERO, Gilberto. PREDES. "Elementos para Evaluar la Prevención y el Manejo de la Emergencia durante el Fenómeno El Niño". Lima, 1998.

¹⁴ TAPIA C., César E. CISMID – Facultad de Ingeniería Civil, UNI. "Microzonificación de la Ciudad de Tumbes y Lineamientos para su Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres". Lima, 1991.

2.4.1 “EL NIÑO” 1925

Respecto al evento ocurrido en 1925, Petersen narra: “Tales precipitaciones producidas en breve tiempo, destruyeron todos los caminos y puentes, paralizando el tránsito por largas semanas, y hasta meses. Su desastroso efecto, fue acrecentándose por la falta de vegetación tupida ó césped fuerte que las suavice en su curso por la superficie accidentada de aquellos parajes”.

Asimismo, Petersen describe el comportamiento de las quebradas y antiguos afluentes de los ríos, que constituían “valles secos” durante muchos años. Señala, que se convirtieron de repente en ríos caudalosos, las fuertes pendientes hicieron que se comportaran en ríos “torrentosos y lodosos”, que al desembocar en el mar, la enturbiaban hasta varios kilómetros a ambos lados de la desembocadura.

En aquel año se formaron charcos y pantanos en vasta escala, lo que fomentó el desarrollo de plagas y enfermedades en una magnitud nunca conocida. Paludismo, Malaria, Beri Beri, Disentería y otras enfermedades tropicales cobraron una gran cantidad de víctimas, fue tan grande la mortandad que hubo en Tumbes días en que no se dieron abasto para enterrar a los muertos. Por otro lado, la destrucción de los caminos produjo escasez de alimentos.

Tumbes, sufrió la acometida de la naturaleza, presentando un sistema de infraestructura vial vulnerable, y los daños provocados tanto en la ciudad como en las áreas agrícolas se debió a que no se contaba con un sistema de drenaje.

2.4.2 “EL NIÑO” 1972 - 1973

Las fuertes lluvias del año 1972 dieron lugar a inundaciones, destrucción y erosión de los accesos de las obras de cruce de la Carretera Panamericana Norte, especialmente en el tramo Desvío Talara – Aguas Verdes. Además, en ciertas zonas se presentó deslizamientos y flujo de lodo por la cercanía del eje de la carretera a los cerros. Seguidamente, se presenta una relación de obras de cruce en quebradas y ríos, y otras zonas que fueron afectadas ese mismo año:

Puente del Río Zarumilla, zona lluviosa, inundación de la vía.

Puente El Cuartel, régimen eventual.

Puente Quebrada Grande, zona de sedimentación, presenta obstrucción por palizadas.

Puente Quebrada El Padre, condiciones semejantes al anterior.

Puente del Río Tumbes, en este sector la pista sufrió inundación. La inundación no afectó el nivel del puente.

- Drenes en Corrales, zona de inundación provenientes del desborde del río Tumbes.
- Zona Los Cedros, zona lluviosa fue inundada.
- Puentes Panteón y Tucillal, material deleznable.
- Zona Zorritos, en esta zona ocurrió flujo de lodos y deslizamientos que afectaron tramos de la carretera.
- Puente Quebrada Bocapán, quebrada ancha de materiales finos.
- Puentes Huacura, Palo Santo y Rubio, quebradas llanas, material fino de fondo.
- Puente Quebrada Seca, quebrada ancha de materiales finos.
- Alcantarilla Peña Mala, fue afectada por las lluvias.
- Alcantarilla El Cardo Alto, fue destruida por las inundaciones.
- Quebrada Honda, el flujo de la quebrada inundó la carretera deteriorándola. En esa época no existía obra de cruce.
- Quebrada Pariñas, presentó las mismas condiciones que el anterior.

De manera general, se puede decir que la carretera fue afectada por los ríos (Tumbes y Zarumilla) y quebradas (grandes y pequeñas) que llevaron grandes volúmenes de agua, arrastrando cantidades apreciables de materiales de fondo y suspensión, y que pusieron en peligro las obras de cruce y afectaron gravemente la carretera. De otro lado, los tramos ubicados al pie de acantilados y cerros, fueron dañados por los deslizamientos y pequeños derrumbes (por ejemplo, Zona de Zorritos). En ciertas zonas las precipitaciones incidieron directamente sobre la vía afectándola al no estar protegida.

2.4.3 "EL NIÑO" 1982 - 1983

La ciudad de Tumbes sufrió los embates del fenómeno climático ocurrido durante el año 1983 por el fenómeno "El Niño". A diferencia de 1925-26 su duración fue larga; aunque las precipitaciones máximas diarias fueron mayores en 1925, el tiempo de duración del evento en 1983 fue un factor determinante.

La población se vio amenazada por las fuertes precipitaciones extraordinarias, en el casco urbano se produjeron daños en las calles asfaltadas y sin asfaltar, las fuertes pendientes tuvieron mucho que ver, ya que el agua discurría por ellas con un alto poder erosivo. Las zonas más afectadas fueron las calles: 24 de Julio, Los Angeles, Los Tumpis, San Martín, José Olaya, Túpac Amaru y Av. El Ejército. También las calles Bolognesi, San Martín, por donde discurría el agua hacia la Plaza de Armas, y, las calles Piura, Abad Puell y Av. Teniente Vásquez, fueron afectadas en su capa asfáltica casi por completo como consecuencia de la erosión producida por las aguas de escorrentía. La topografía del lugar contribuyó a que se produjeran

enlagunamientos, en las Av. Teniente Vásquez (Panamericana) y Mariscal Castilla donde desembocaban las aguas que fluían de las partes altas ¹⁵.

Las torrenciales lluvias de 1983, aumentaron el caudal y nivel del río Tumbes, por consiguiente, el Malecón Benavides fue afectado por el poder erosivo de las aguas del río. Debido a la baja pendiente del río, las aguas al subir de nivel variaron su cauce normal, y en la zona del Puente El Viejo, justo donde se inicia el malecón, se formó una curva bastante cerrada, que antes se encontraba a unos 500 metros aguas arriba. Como se sabe, el agua tiene una mayor velocidad en la parte convexa de la curva, por lo que su poder erosivo aumenta en esta zona, esto explica que poco a poco las aguas iban socavando los cimientos del Malecón Benavides hasta quedar destruido aproximadamente en 600 mts. Lo que ocasionó el desborde del río e inundación de los lugares urbanizados, llegando inclusive hasta la Plaza de Armas ¹⁶. Las edificaciones ubicadas en esa zona fueron anegadas de agua y el tránsito vehicular y peatonal se vio dificultado lo cual fue favorecido por la falta de obras de drenaje en la ciudad.

En lo referente a la red vial, las precipitaciones pluviales de 1983 la afectaron en un gran porcentaje, lo que ocasionó un aislamiento total, tanto interno como externo. Originando un desabastecimiento de productos de primera necesidad, combustible, medicinas, etc., lo que agravó la situación crítica de sus habitantes. Los productos ingresaron por Ecuador a precios muy elevados. A continuación se describe la Evaluación de los Daños de la Carretera Panamericana Norte ocasionados por "El Niño" 1982/83, en el tramo a estudiar:

Tramo: Talara – Acceso al Tablazo

Este fue uno de los tramos más críticos del proyecto. La carretera cruza en el Km.1096, la Quebrada Pariñas. Esta quebrada tiene un cauce de más de 500 mts. de ancho, que en su mayor creciente estuvo completamente cubierto por el caudal, con un tirante estimado de 2 mts. Pasando esta quebrada, la carretera se desarrolla íntegramente por zonas bajas que han sido totalmente inundadas por las aguas provenientes principalmente de la Quebrada Gavilanes, Quebrada Honda y otras más pequeñas, las que han sobre saturado la subrasante provocando la pérdida de la capacidad de soporte.

^{15, 16} *CASTRO S., Leonel. CISMID – Facultad de Ingeniería Civil, UNI. "Efectos de lluvias torrenciales de 1983 en las Obras de Ingeniería Civil de Paita, Talara, Máncora y Tumbes". Lima, 1984.*

Tramo: Acceso al Tablazo – El Alto

Luego de cruzar la quebrada Honda, la carretera asciende hacia el Tablazo de El Alto. Este ascenso, que vence una altura de 110 mts. en 2 Kilómetros, no presenta daños muy considerables debido a que las cuencas de escurrimiento son muy pequeñas. A partir del Km.1098, la carretera se ubica en la parte alta del Tablazo y en los primeros 10 kilómetros de él, no se presentan mayores problemas porque el área de esorrentía también es pequeña. Pero en el Km.1123, la carretera enrumba hacia la localidad de El Alto, atravesando varias quebradas de drenaje del Tablazo con esorrentía importante, lo que ha determinado la destrucción de las pequeñas estructuras de drenaje que existían y de partes importantes de la carretera.

Tramo: El Alto - Los Organos

En este tramo también se observa la erosión pronunciada de los taludes de corte y relleno, especialmente en la bajada del tablazo hacia la playa, donde está ubicada la localidad de los Organos. En la propuesta de reconstrucción de este sector se contempló la construcción de obras de drenaje, especialmente en la parte baja, la que fue cubierta casi totalmente por la esorrentía de las laderas aquel año.

Tramo: Los Organos – Máncora

Este es uno de los tramos de carretera más seriamente dañados, pues a la erosión provocada por las aguas de lluvia se sumó la erosión provocada por el mar en aquellos secciones donde la rasante de la carretera estaba tan baja que las olas llegaron a barrer la plataforma. Este tramo está surcado por las quebradas Carrillos, Vichayito, Conulsa y Cabo Blanco, las que han cortado la carretera con cauces que varían de 80 a 200 mts. de ancho

Tramo: Máncora – Cancas

La destrucción en este tramo está concentrada especialmente en el cruce de las quebradas. En estos puntos, las aguas han derribado los puentes existentes y han formado cauces de más de 400 mts. de ancho, como ocurre en la quebrada Fernández o Máncora, y en la quebrada Seca.

Tramo: Bocapán – La Cruz

En la constatación de los procesos geológicos, en esta parte del territorio, se ha podido colegir, que como consecuencia de la precipitación pluvial descomunal del periodo 1982/83, han variado el estado y las propiedades de las rocas, se han modificado las formas del relieve y han alterado la estructura geológica del terreno.

En el inicio del tramo se encuentra una quebrada, que atraviesa la carretera a través de una alcantarilla, la alcantarilla colapsó por erosión en sus estribos, el material

de apoyo es arena suelta; y, mas adelante (aproximadamente 1 kilómetro) la carretera ha sido erosionada por la margen Este o derecha formando una quebrada paralela al eje de la carretera. Muchas alcantarillas se encuentran igualmente destruidas por estar apoyados en arena.

Desde Zorritos se observan deslizamientos de menor magnitud hasta las proximidades de Caleta Grau, pero entre los kilómetros 1245 al Km.1247, se han producido deslizamientos que han comprometido muy seriamente a la carretera, produciéndose corte total del tráfico. Su origen se ha explicado, uno de los factores fundamentales y concomitantes es el hidrogeológico en sus dos formas, aguas de escorrentía y aguas subterráneas; este subtramo se ubica como área crítica o sea el tramo que existe entre Mal Paso chico y Mal Paso grande.

Otro de los fenómenos geodinámicos, es la acción erosiva del mar como la observada en algunas zonas del sector Villar; y en las proximidades de Mal Paso.

Tramo: La Cruz – Tumbes

Las 53 obras de drenaje transversal que fueron ejecutadas, no tuvieron un mantenimiento adecuado, además de ser insuficientes y/o ineficientes, como se comprueba en algunos cursos de agua. Asimismo las zanjas y cunetas laterales han sido deficitarias en conservación y mantenimiento, notándose que algunas de dichas obras de drenaje transversal (alcantarillas, etc.) han fallado por la forma inapropiada de ubicación (sistema de tabiquerías de concreto con aviajamento invertido respecto a la dirección del flujo).

Por las características de la zona, anotadas desde el punto de vista climático, topográfico y geológico, el comportamiento de las quebradas o cursos de agua ha sido variable, y su incidencia sobre la vía puede resumirse en dos formas de comportamiento que han originado serios problemas en la carretera, llegando incluso a motivar interrupciones del tráfico por periodos prolongados. Tales formas de comportamiento son las siguientes:

1. Empozamiento o Embalse, Reboce y Ruptura de la Vía.- Producido por la insuficiente capacidad de las estructuras de drenaje para evacuar las aguas de escorrentía, generadas por las cuencas respectivas. A ello habría que añadir las características topográficas del terreno que no permitieron el flujo de aguas hacia ningún lado, ni su movimiento en forma paralela a la vía. Debido a esta situación, el agua de escorrentía fue embalsada a un lado de la carretera, actuando este como dique, hasta que las aguas adquirieron la altura suficiente para rebasar el nivel de la

rasante y discurrir sobre la plataforma, causando la erosión respectiva y el rompimiento del terraplén, generando el desembalse brusco posterior.

2. Escurrimiento por la Vía.- En algunas zonas, por la falta de capacidad de conducción del agua o por la inexistencia de cunetas o canales laterales; el agua proveniente de las zonas altas e intermedias, escurrió por la carretera causando la consiguiente erosión y destrucción de los taludes de relleno y parte de la plataforma de la vía.

Para concluir, podemos decir de manera concreta que los desastres que suceden año tras año, a consecuencia de "El Niño", no son nuevos ni son excepcionales, como algunos creen. Es de esperar que en el futuro, "El Niño" ocurra con mayor frecuencia, intensidad y magnitud. Pues, se debe tomar en cuenta el **efecto invernadero** que afecta globalmente a la tierra y que de alguna manera incide en "El Niño".

Referente a este hecho, el investigador peruano Julio Kuroiwa señala: *"Al aumentar la temperatura promedio de la Tierra, la atmósfera incrementa su capacidad de retener, transportar y liberar agua. Por cada grado Celsius de incremento, la capacidad de la atmósfera de admitir vapor de agua aumenta en aproximadamente 6%. Entonces puede asumirse que las lluvias serán más intensas y las inundaciones más severas en las próximas décadas, etapa en la que se sitúa la vida útil de las obras de ingeniería que se construyan o rehabiliten en los próximos años. Y éste es el reto, que tiene que asumir la Ingeniería con soluciones racionales"*.

La carretera comprendida en el presente estudio fue destruida en su totalidad por "El Niño" del periodo 1982/83. Los daños ocasionados, en ese tiempo, a la infraestructura vial, se han repetido en el periodo 1997/98. Es por ello, que estudiando los diversos grados de impacto en las obras, así como otros testimonios culturales, nos ayudarán a prevenir los desastres. Es importante rescatar las experiencias del pasado para enfrentar el futuro.

CAPITULO III

ANÁLISIS DEL ASPECTO NATURAL E INFRAESTRUCTURA VIAL

3.1 ASPECTOS GENERALES

Si damos una mirada retrospectiva al pasado, podemos ver que el problema de la ejecución de obras viales que garantice la posibilidad de tránsito de vehículos de transporte es, en realidad, tan antiguo como el hombre mismo.

Las civilizaciones clásicas del Medio Oriente, Egipto, China, etc. y los imperios Inca y Maya dejaron evidencias históricas de mucho interés respecto a redes incipientes de caminos, con un grado de desarrollo sorprendente. El Imperio Romano ofrece quizá el primer ejemplo en el sentido moderno de cómo una red caminera bien construida y conservada ayuda a la conquista y sostenimiento de un dominio universal. La era Napoleónica ofrece otro ejemplo del mismo fenómeno que suele citarse insistentemente; el talento del notable técnico Tressaguet hizo más que algún ejército en favor de la expansión francesa.¹

El ilustre escritor Antonello Gervi, en su libro "Por los Caminos del Perú" decía: "*El camino no es un simple instrumento, por muy formidable que éste sea, el camino es sinónimo de bienestar y progreso. Es compromiso de unión y de fe; en suma, el camino es símbolo de Patria*".

¹ JUAREZ BADILLO, Eulalio. *Mecánica de Suelos. Tomo II: Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos. México, 1979.*

En la actualidad, la frase supracitada aún tiene vigencia, por el estado deteriorado en el que se encuentran nuestras principales carreteras producto del fenómeno “El Niño”, y por la repercusión, que esto implica en los diferentes sectores productivos, en la economía y en la población misma. Precisamente, previo a la evaluación de los efectos ocasionados por este fenómeno en el sistema vial, es imprescindible tener conocimiento del medio que lo rodea y de la infraestructura vial antes de la ocurrencia de este fenómeno.

3.2 UBICACION Y CARACTERISTICAS GENERALES

El Tramo: Desvío Talara – Aguas Verdes, de la Carretera Panamericana Norte, tiene una longitud aproximada de 201 kilómetros, se encuentra ubicada en la Costa Noroeste del Perú, entre las progresivas Km 1093+342 hasta Km 1294+232.

Este tramo de la Carretera Panamericana, pasa a 10 kilómetros de la Ciudad de Talara, en su trayecto atraviesa otros poblados importantes, como los siguientes: El Alto, Los Organos, Máncora, Cancas, El Papayo, Casitas, Zorritos, Nueva Esperanza, Corrales, Ciudad de Tumbes, Zarumilla, y finalmente Aguas Verdes.

En la zona comprendida entre Desvío Talara y Cancas, la topografía es accidentada en algunos tramos, como es el caso de la Quebrada Pariñas, y el área entre El Alto y Los Organos. También, presenta zonas onduladas y planas. Es el tramo de mayor altimetría, aproximadamente, de unos 275 metros sobre el nivel del mar, en El Alto.

De otro lado, a partir de Cancas hasta Aguas Verdes su topografía es llana, pues discurre en gran parte paralelo a la costa.

3.3 ANÁLISIS DEL ASPECTO NATURAL DEL TRAMO: DESVIO TALARA – AGUAS VERDES DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE.

Para realizar un diagnóstico adecuado del tramo en estudio, es indispensable conocer el medio natural en el cual se haya inmerso. Para tal efecto, se ha dividido el tramo: Desvío Talara – Aguas Verdes de la Carretera Panamericana Norte en dos tramos, a saber:

1^{er} Tramo Dv. Talara hasta Cancas (del Km 1093+342 al Km 1195+310). (Plano III.1)

2^{do} Tramo Cancas a Aguas Verdes (del Km 1196+000 al Km 1294+232). (Plano III.2)

Los Estudios Básicos que a continuación se presentan, fueron realizados por las empresas consultoras TYPASA- Técnica y Proyectos S.A., y, P. y V. Ingenieros S.A. para la Rehabilitación de la Panamericana Norte el año de 1993.

3.3.1 TOPOGRAFÍA

Tramo: Dv. Talara – Cancas

Este tramo se inicia en la progresiva Km 1093+342.15 del relevamiento del eje de la carretera en estudio, coincidente con el poste kilométrico 1093 existente en la carretera actual y termina en el Km 1195+310.31, progresiva que es coincidente con el poste kilométrico 1196 existente. La longitud del tramo es de 101+968.16 kilómetros, atravesando en su recorrido los poblados siguientes: El Alto, Los Organos, Máncora y Cancas.

La carretera está localizada en sectores de topografía accidentada, ondulada y plana. En el recorrido presenta cortes cerrados y a media ladera altos, así como rellenos muy pronunciados; tal es el caso de la bajada de los puentes de la Qda. Pariñas entre los Km 1096 y 1097, la subidas de la Qda. Honda entre los Km 1107 y 1108, entre los Km 1141 y 1145, en la bajada a los Organos y la llegada a los Organos entre los Km 1148+500 y 1151.

Entre los poblados de los Organos y Máncora existen cortes cerrados alternados con rellenos, entre Máncora y Cancas (Km 1174 y 1191) también existen cortes y rellenos alternados.

Además, este tramo cuenta con puentes de mayor y menor luz para el cruce de las quebradas importantes, tales como: Pariñas, Honda, tres quebradas entre Los Organos y Máncora, Cabo Blanco, Máncora, Fernández, Seca, Carpitás, Punta Sal y Zapotal.

Tramo: Cancas – Aguas Verdes

Tiene una longitud aproximada de 98.5 kilómetros, está formado por los sectores Cancas – Zorritos del Km 1196+000 al Km 1240, aproximadamente; y Zorritos – Tumbes, del Km 1240 al Km 1267+467 aproximadamente, y aún de un tercer sector comprendido entre el Km 1267+467, ubicado en el estribo izquierdo del puente sobre el río Tumbes y en el centro del Puente Internacional, Aguas Verdes, ubicado en el Km 1294+232.40.

La carretera discurre paralelamente a la playa, muy cercano al mar, tan es así que en la marea alta sube hasta el nivel del relleno de la carretera. Esto sucede hasta Zorritos y desde este punto la carretera se aleja del mar.

En esta parte del tramo, la carretera atraviesa por poblados como: Punta mero, El Papayo, Casitas, Zorritos, Nueva Esperanza, Corrales, Ciudad de Tumbes, Zarumilla y llega a Aguas Verdes. La carretera discurre por terrenos de topografía plana. El perfil

longitudinal presenta pendientes suaves, estando en relleno en casi toda su longitud, alternando con zonas de pequeños cortes.

3.3.2 GEOMORFOLOGÍA

El rasgo dominante en el área de estudio es el de la Llanura Costanera. Se ubica entre la línea de playa y la cordillera de los Amotapes, o sea entre los 0 y los 250 m.s.n.m., su inclinación regional es hacia el oeste.

Esta íntimamente relacionado con los sedimentos terciarios especialmente con los "Tablazos", que son extensas planicies sobre los cuales se depositan desordenadamente restos detríticos orgánicos e inorgánicos. Esta llanura ha sido cortada por los ríos, formando valles como el Tumbes, Zarumilla, Casitas, Bocapán, Arenillas, Santa Rosa, Máncora, etc., los que han sido rellenados por suelos limo arcillosos, fundamentalmente, y por gravas y arenas en menor proporción.

En las áreas donde las formaciones geológicas son arcillosas, se han desarrollado drenajes detríticos.

En las desembocaduras de los ríos Tumbes, Zarumilla, Arenilla y Santa Rosa, y paralela a la línea de playas, existen alineaciones alargadas de acumulaciones arenosas dispuestas escalonadamente en medio de las cuales crece abundante vegetación inundable en épocas de lluvia y por las mareas altas. Estos aspectos morfológicos se denominan "manglares" y se forman como resultado de la colmatación de los conos o deltas de los ríos.

3.3.3 GEOLOGÍA Y GEODINÁMICA

En estudios de esta naturaleza, el aporte geológico, viene a ser uno de los instrumentos que sirven para el diseño de refuerzo o reemplazo del pavimento existente, en este caso la Panamericana Norte, porque conociendo la geología de la zona en estudio es fácil identificar tramos que presentan problemas de estabilidad de taludes, deslizamientos, suelos arcillosos, etc.

La zona en estudio abarca siete cuadrángulos de la Carta Geológica Nacional: Sullana, Zorritos, Zarumilla, Tumbes, Lobitos, Talara, Quebrada Seca.

El tramo en estudio abarca desde Km. 1093+396 (a 10 Km. de la ciudad de Talara) hasta el Km. 1294+232 en Aguas Verdes. En el trayecto pasa por las ciudades de El Alto, Los Organos, Máncora, Cancas, Punta Mero, Acapulco, Zorritos, Caleta Cruz, Tumbes, y a 1 Km. de Zarumilla.

Las formaciones que afloran a lo largo del tramo son las siguientes:

Tramo: Dv. Talara – Cancas

Talara Superior, del Eoceno terciario compuesto de lutitas gris oscuras y parduscas, calcáreas con intercalación de arenisca Presentando en ciertas áreas fallamiento inverso.

Formación Chira, del Eoceno compuesto por lutitas marrón y calizas margosas intercalada entre areniscas y conglomerado fino de facie marina.

Formación Verdun, del Eoceno compuesto por conglomerado gruesa calcárea en la base, y lutita gris verdosa, de facie fluvio litoral.

Formación Mirador, de Eoceno de areniscas y conglomerados finos con intercalación de lutitas marrón oscuro.

Formación Carpitas, de Eoceno de lutitas marrón con intercalación de calizas laminares.

Tramo: Cancas – Aguas Verdes (Ver Plano III.3)

Formación Zorritos, del Mioceno del terciario que presentan areniscas gruesas de naturaleza cuarzosa semiangulosa, con matriz arenosa y poca arcilla, conglomerados con disposición caótica de facie fluvio deltaico marino.

Formación Cordalitos, del Mioceno terciario con litología de lutita gris verdosa de facie marino continental.

Formación Tumbes, del Mioceno terciario con litología conglomerado y areniscas gruesas parduscas a rojizas, arcilla bentonítica de facie fluvio deltaico.

A manera de información se presenta la estratigrafía del tramo:

Km. 1093+000 – 1110+000, en el Km. 1096 aproximadamente se encuentra la Quebrada Pariñas, afloran Tablazo Talara, en ciertas zonas la formación Verdun de facie fluvio deltaicos, Tablazo Máncora y depósitos aluviales recientes. En el Km. 1106 se encuentra la Quebrada Honda.

Km. 1110+000 – 1140+000, afloran depósitos aluviales recientes, formaciones Chira – Verdun de facies de plataforma interna con influencia tidal y en gran extensión Tablazos Talara.

Km. 1140+000 – 1150+000, afloran formación Talara Superior, depósitos aluviales, formación Chira de facie plataforma externa y en zonas muy reducidas la formación Verdun.

Km. 1150+000 – 1170+000, afloran depósitos aluviales, formación Chira – Verdun, formación Mirador. Las carretera es atravesada con fallas, las cuales afectan la formación Mirador.

Km. 1170+000 – 1195+000, afloran depósitos eólicos, formación Carpitás, formación Máncora del Oligoceno.

Km. 1195+000 – 1230+000, el trayecto es paralelo a la orilla del mar. El pavimento se encuentra sobre la formación Chira – Verdun, atravesado por fallas en el Km. 1218. Afloran depósitos aluviales del cuaternario y la formación Zorritos.

Km. 1230+000 – 1240+000, afloran la formación Zorritos, formación Heath del terciario.

Km. 1240+000 – 1250+000, afloran la formación Cordalitos, formación Tumbes.

Km. 1250+000 – 1260+000, en esta zona predominan los depósitos aluviales.

Km. 1260+000 – 1270+000, afloran depósitos recientes aluviales, en el Km. 1265 aproximadamente, cruza el río Tumbes y la ciudad de Tumbes.

Km. 1270+000 – 1294+232, aflora depósitos aluviales.

3.3.4 HIDROLOGÍA

El estudio hidrológico del tramo, realizado en 1986, está orientado por la naturaleza del proyecto a determinar las condiciones extremas de aporte pluviométrico en las áreas de drenaje de los cauces que cruzan la vía entre el Km.1093+342.15 y 1294+232.40, así como determinar las descargas de diseño de las estructuras involucradas. Cabe señalar, que para el diseño de las obras de drenaje no se tomó en cuenta el fenómeno “El Niño” de 1983, por razones, principalmente, económicas y la poca información que se tenía de este fenómeno natural (Ver Planos hidrológicos III.4 y III.5). Los criterios del estudio hidrológico para la ejecución de la rehabilitación (1994) se encuentran en el Anexo A.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se halla ubicada en los Departamentos de Piura y Tumbes pertenecientes a la Región Grau entre los paralelos 3°30' y 5° de latitudes Sur y entre 80° y 81.5° de longitud Oeste, con altitudes, que van desde los 0 a 1600 m.s.n.m.

La vía del presente estudio cruza las cuencas de los ríos Chira, Puyango – Tumbes y Zarumilla, así como las quebradas de Pariñas, Honda, Máncora, Carrillos, Vichayito, Carpitás, Curo, Canoas, Plateritos, Rubio, El Avejal, Tronco Mocho, Bocapán, Charán, y La Cruz entre los más importantes.

La parte alta de la cuenca se conoce como montaña de los Amotapes y pertenece al sistema de la Cordillera de la Costa, caracterizada por suelos fluviosoles éutricos y sálicos y en menor extensión vertisoles pélicos y crómicos.

La vegetación de las quebradas y sus cuencas se puede identificar como de tipo monte ribereño y chaparral donde predominan los algarrobos (*Prosopis pallida*) y plantas arbustivas espinosas de tallo flusiforme género: *Ferreyranthus*.

Toda esta caracterización permite identificar el escaso nivel de aporte pluviométrico anual el cual oscila entre 65 mm (sector Mallares) y 150 mm (sector los Cedros - Tumbes), lo cual origina una típica región árida. La cual es abruptamente modificada por el fenómeno conocido como "El Niño", que tropicaliza a la región.

Las temperaturas máximas absolutas alcanzan 39 a 42 °C (Febrero) con valor mínimo entre 12 y 14 °C (Julio) y humedad relativa del orden de 50% a 70%.

Del análisis de precipitaciones de Mallares, Chilaco y los Cedros, se observa que el 32% del año, la precipitación es inferior a 1.00 mm/día, mientras que sólo el 4% del tiempo habría lluvias superiores a 20 mm/día esto es 15 días al año. Además en la estación los Cedros, la lluvia máxima mensual observada llega a 540 mm (Mayo 1983).

ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

Para el efecto del estudio de precipitación máxima se utilizaron las estaciones que pertenecen a la cuenca de los ríos Chira, Piura y Puyango – Tumbes. En cambio para las lluvias de menor duración se han considerado las estaciones de: Peñitas, Tnte. Astete, Ucumares, Marcabeli, Cap. Hoyle, Chacritas, El Tigre y Angostura en la cuenca del río Tumbes, Chilaco en la del río Chira y los Cedros en la cuenca del Zarumilla.

Aunque casi la totalidad de los estudios anteriores tanto para el diseño de la vía como para estudios del proyecto Chira – Piura y Puyango – Tumbes, asumen que la función Gumbel es la ley de ajuste, sin embargo, esta ley no presenta adecuadamente la distribución de los valores para tiempos de retorno sobre 10 años y en especial no explica el evento de 1983. En la mayoría de los casos el ajuste mediante la ley Log – Pearson III por el método de la máxima verosimilitud, muestra mayor bondad, por lo que se asumió esta ley para efectos de cálculo de los aportes.

Las estaciones más representativas para el 1^{er} tramo, Dv. Talara – Cancas, resultan ser Pananga y los Cedros; asimismo, para el 2^{do} tramo, Cancas – Aguas Verdes, son: El tigre, El caucho y los Cedros, por su ubicación y régimen pluviométrico.

Comparando los valores calculados para 50 y 100 años de tiempo de retorno, mediante Gumbel y Log – Pearson III, con la máxima ocurrida en 1983, se encontró que los valores obtenidos por Log – Pearson III, superan los registrados en “El Niño” de 1983. En las estaciones El Tigre y El Caucho la lluvia de 1983 correspondería a tiempos de retorno de 15 y 100 años respectivamente, y en el caso de los Cedros superaría los 100 años. En casi la totalidad de estaciones la lluvia de 1983 supera los 20 años de tiempo de retorno.

DESCARGAS DE DISEÑO

Para el tramo considerado se determinó las descargas de diseño correspondientes a las quebradas de cruce sobre la base de un procedimiento hidrometeorológico, Precipitación – Escorrentía, utilizando como base la lluvia máxima de 24 hr. Igualmente fue utilizada la información elaborada en relación a intensidades máximas de lluvia para intervalos menores de tiempo. Las características hidrológicas de las quebradas, así como, sus respectivos caudales de diseño se muestran en los cuadros III.1 y III.2, respectivamente. **Cabe recalcar**, que los resultados de los cálculos presentados en estos Cuadros citados, corresponden al estudio de Rehabilitación, y se mencionan de manera referencial, pues, el diseño **no consideró** los parámetros del fenómeno “El Niño” que debieron incluirse en el diseño, como son: arrastre de gran cantidad de sedimentos, troncos y palizadas que navegan a la deriva y quedan atrapados en los pilares de los puentes o en las numerosas aberturas de alcantarillas y pontones, etc.; que ocasionaron, de manera significativa, la reducción de la sección hidráulica, y por ende, la disminución de su capacidad de conducción; aceleración del escurrimiento y aumento de su poder erosivo; elevación del nivel de lecho de las quebradas que las vuelven propensas a inundaciones; remanso localizados; etc.

La descarga fue estimada en el caso de cuencas mayores de 0.5 kilómetros cuadrados, en base al método del hidrograma unitario de Snyder, considerando la lluvia

efectiva obtenida por el procedimiento establecido por el U. S. Soil Conservation Service. Basándose en la Carta Nacional se determinaron las áreas de drenaje, además de los parámetros: longitud de cauce, diferencia de altitud, longitud de centro de gravedad.

Considerando la situación límite provocada por una lluvia extrema ocurrida durante el tiempo de concentración característico de cada cuenca y asumiendo que la lluvia es explicada por los registros de las estaciones: Pananga, El Tigre, El Caucho y los Cedros, en base a la relación lineal del tipo:

$$P = a \times P_{lc} + b \times P_{pa}$$

a y b varían de 0.2 a 0.8, tal que: $a + b = 1$

P_{lc} : Precipitación en la estación los Cedros (para los tramos 1^{ro} y 2^{do})

P_{pa} : Precipitación en la estación Pananga (tramo 1^{ro}) ó El Tigre (tramo 2^{do})

El estudio consideró que para efectos del diseño un tiempo de retorno de 50 años para las estructuras más importantes y bajo las condiciones más críticas, toda vez que en el área de proyecto se han observado registros de precipitación por efecto de "El Niño" cercanos a estos valores. Asimismo, se establecieron tres condiciones típicas de escurrimiento: situación optimista, promedio y pesimista.

SOCAVACIÓN DE CAUCE EN QUEBRADAS DE PASO

El estudio de la socavación estuvo dirigido a varias quebradas importantes con cruces de puentes, mereciendo especial atención las quebradas: Curo, Canoas, Plateritos, Rubio, El Avejal, Palo Santo, Bocapán, Tronco Mocho, Charán, La Cruz, La Matanza y otras.

Estas quebradas se caracterizan por un ancho variable de cauce potencial oscilante entre 10 m. y 250 m. con granulometría de lecho bastante uniforme con predominio de arena fina y media (con D_{50} entre 0.3 y 1.00 mm).

Por las condiciones de escurrimiento del flujo de avenidas es de esperar que durante la ocurrencia de máximas el transporte de sedimentos tanto en suspensión como de fondo sea significativo puesto que las velocidades medias pueden alcanzar con facilidad los 2.00 m/s para tirantes promedio superiores a 2.00 m.

Para efectos del dimensionamiento de las estructuras de protección de cauce: relleno de la vía, entrega de cunetas y protección de pilas de puentes y estribos; se han determinado los probables niveles de erosión a esperar, en forma general, con las limitaciones de la información disponible.

El ancho promedio de las quebradas más importantes normalmente es reducido por efecto del relleno de los puentes y alcantarillas limitando así el cauce potencial, el cual no muestra afloramiento rocoso y una granulometría más o menos uniforme (arena fina y media con matriz de grava y canto rodado en menor proporción). La gradiente hidráulica es reducida como límite superior a 8 por mil y los tirantes de agua máximos registrados en las márgenes por huellas del paso del agua del orden de hasta 4 m.

A continuación presentamos, de manera referencial, las relaciones que fueron utilizadas para estimar el nivel de erosión en la rehabilitación de 1994, y que deberán adecuarse a la nueva situación generada por el fenómeno.

Para el caso de erosión potencial generalizada:

Blodgett (US Department of Transportation)

$$ds = 6.5 \cdot D_{50}^{-0.110} \quad \text{Si } D_{50} > 0.002 \text{ m.}$$

$$ds = 3.66 \text{ m.} \quad \text{Si } D_{50} < 0.002 \text{ m.}$$

Laursen (1962), comúnmente aceptada para explicar el nivel de socavación probable.

$$Y_2/Y_1 = (W_1/W_2)^{6/7} \cdot (V_1^2/120Y_1^{1/3}D_{50}^{2/3})^{3/7}$$

W_1/W_2 Ancho inicial/ Ancho final o contraído.

Y_2 Tirante en el tramo contraído y erosionado.

D_{50} Diámetro medio o al 50%

Para el caso de Socavación local en pilar de puentes, tenemos:

Se consideró una condición de transporte de sedimentos intenso, con Número Froude > 0.5.

Relación de Shen (1969)

$$d_1 = 1.59U_o^{0.67}b^{0.63}$$

Relación de Laursen (1958)

$$d_1 = 1.11U_o^{0.50}b^{0.50}$$

Siendo,

b Ancho de pilar de puente (m)

U_o Velocidad de aproximación (m/s)

D_{50} Diámetro medio e igual a 0.001 m.

Para las condiciones siguientes:

$V_1 = 3 \text{ m/s}$, $Y_1 = 3 \text{ m}$ (promedio), $D_{50} = 0.001 \text{ m}$, $U_o = 3 \text{ m/s}$;

tenemos:

| EROSIÓN POTENCIAL GENERALIZADA | | SOCAVACIÓN LOCAL: PILARES DE PUENTES | | |
|--------------------------------|--------------|--------------------------------------|-----------|--------------|
| W_1/W_2 | Erosión (m.) | b (m.) | SHEN (m.) | LAURSEN (m.) |
| 2.0 | 1.9 | 1.0 | 2.1 | 2.0 |
| 1.5 | 1.5 | 1.5 | 4.3 | 2.3 |
| 1.2 | 1.2 | 2.0 | 5.2 | 2.7 |

La excavación localizada para los puentes existentes en el tramo se estimó del orden de 2.0 a 4.3 m como máximo.

La condición crítica se presenta por la superposición de los efectos simultáneos de erosión local y generalizada llegando a valores límites entre 3.5 m para una condición de contracción de cauce 1.5 y pilares de puentes de 1.0 m de diámetro, y, 6.2 m de socavación para una razón de contracción de 2.0 y pilares de 1.5 m de diámetro. En todo caso la protección de la solera del cauce no deberá ser menor de 3.5 m en zona de cimentación de zapatas.

3.3.5 MECANICA DE SUELOS

Evaluación de las capas del pavimento

Para la evaluación de las diversas capas del pavimento, se llevó a cabo un programa de excavación de calicatas superficiales (tipo 1) las cuales se excavaron ubicándolas en ambos lados de la pista, igualmente espaciadas a una distancia de 500 m. En total se excavaron 200 calicatas (1^{er} tramo) y 196 calicatas (2^{do} tramo), las que alcanzaron una profundidad promedio de 0.60 m. dimensión que permitió un adecuado estudio de las capas. Los materiales fueron clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Evaluación de la Subrasante

A fin de evaluar las características físico – mecánicas del suelo de subrasante, se excavaron calicatas profundas (tipo 2): 18 en el primer tramo y 16 en el segundo tramo, las que se ubicaron de acuerdo a los ensayos de deflexión, a fin de que el tramo fuese estudiado convenientemente. Así se tiene:

La profundidad alcanzada en todos los pozos fue de 1.10 m. a excepción de aquellos en donde se encontró conglomerado o excesiva cementación. En cada

ubicación se efectuaron rutinariamente densidad de campo a 0.50 m. y a 1.00 m. de profundidad, se registró el perfil estratigráfico y se hizo un muestreo de los materiales del pavimento y la subrasante para ser ensayados en el laboratorio.

Perfil Estratigráfico del terreno

La información obtenida en los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio permiten inferir sobre las características de las capas del pavimento y los suelos de la subrasante.

El pavimento está compuesto por una carpeta asfáltica y una capa o capas de materiales granulares que en conjunto tiene un espesor promedio, para todo el tramo, de 45 cm. La carpeta está construida con mezcla asfáltica en caliente, y en la base con materiales de buena calidad, siendo mayoritariamente gravas bien graduadas ligeramente limosas o limosas completamente, clasificados como GW – GM y GM respectivamente, de acuerdo al sistema SUCS.

Los resultados de los ensayos de laboratorio, en cuanto a la clasificación y plasticidad de los materiales de subrasante, son concordantes con la naturaleza de los suelos encontrados. En la zona comprendida entre Dv. Talara y Cancas predominan los suelos de origen eólico y aluvial, en el área de los tablazos se ha encontrado depósitos de materiales sedimentarios , correspondientes a un antiguo fondo marino.

Así mismo, entre Cancas y Aguas Verdes los suelos que predominan son los arcillosos de mediana y alta plasticidad (montmorillonitas) y también las lutitas en la parte central del tramo.

Los suelos arenosos se clasifican como SM o SP – SM, mientras que los suelos arcillosos como CL o CH. Estos suelos se encuentran en estado parcialmente saturado y densificaciones que van desde sueltos a medianamente densos, en el caso de los suelos arenosos, y , de medianamente rígidos a rígidos los suelos arcillosos. En la parte final del tramo los suelos están saturados por efecto de las aguas de riego.

3.4 INFRAESTRUCTURA VIAL

Dentro de los Planes y Programas, a partir de 1990, que tuvo el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para el Desarrollo Socio - Económico del país, se encontraba la Rehabilitación y Mantenimiento de las Carreteras a Nivel Nacional, involucrando pueblos de la Costa, Sierra y Selva, debiendo para esto mejorar los niveles de transitabilidad en que se hallaban debido al deterioro de las carreteras, el aumento del volumen del tránsito, el aumento de carga de diseño y velocidad.

Para dicho efecto el Ministerio de Transportes llevó a cabo una Licitación Pública, en concordancia con las normativas vigentes, sobre la base del Estudio Definitivo que comprendían actividades de Rehabilitación y Mantenimiento del tramo: Dv. Talara – Aguas Verdes. Dentro de sus objetivos principales podemos citar los siguientes:

- Lograr un índice de serviciabilidad igual a 2.
- Establecer sistemas que permitan analizar el estado de la red vial en el país.
- También tiene como objetivo recuperar las características técnicas y los diversos dispositivos de señalización y seguridad para las que fueron diseñadas a fin de obtener adecuados niveles de transitabilidad, seguridad y comodidad a los usuarios. Así como, apoyar a los sectores productivos para un mayor desarrollo socioeconómico.
- Uniformar los anchos de la calzada y bermas.
- Disminuir la rugosidad y deflexiones de superficies pavimentadas.
- Obtener una superficie de rodadura pavimentada y bermas con tratamiento superficial monocapa.

No se efectuó ninguna modificación en cuanto al trazo de alineamiento horizontal y vertical de la Carretera, habiéndose hecho ligeras modificaciones al diseño de la subrasante de acuerdo a la realidad del terreno encontrado. En general, se conservaron las secciones típicas del proyecto previstas para los diferentes tramos de la Carretera.

3.4.1 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Para la licitación pública el tramo Dv. Talara - Aguas Verdes se dividió en dos tramos:

| TRAMOS | PPTO. BASE | FECHA INICIO | FECHA FINAL | PLAZO EJECUC. |
|------------------------------|--|--------------|-------------|---------------|
| DV. TALARA- CANCAS | S/. 13'094,340.30 más US\$. 1'460,976.00 | 08.MAY.94 | 10.JUN.95 | 399 días |
| CANCAS – AGUAS VERDES | S/. 15'600,831.31 más US\$. 1'758,128.73 | 03.MAY.94 | 13.MAY.95 | 377 días |

Entre los principales trabajos ejecutados, para cada tramo, tenemos:

TOPOGRAFÍA

Tramo: Dv. Talara – Cancas

El Proyecto definió como punto inicial del trazo vial el hito kilométrico 1093 de la Carretera Panamericana Norte y su punto final el kilómetro 1096, adaptándose dicho trazo a la geometría de la vía, conservando sustancialmente sus características geométricas. Las características más importantes del tramo se presentan a continuación:

Km.1093+342.15 – Km.1126+000, en este subtramo la vía discurre por terreno de topografía ondulada y plana, presentan 34 curvas horizontales, con radios comprendidos entre 25.5 m. y 2,900 m.; las pendientes son suaves de mas o menos 1 % con excepción de la Bajada Pariñas (Km.1096+000 – Km.1096+800) que tiene una pendiente de -7.9% en 800 m. de longitud y la Quebrada Honda (Km.1106+000 – Km.1108+000) que presenta pendientes superiores al 7% en 2 kilómetros de longitud. La mayor longitud de este subtramo discurre sobre relleno, existiendo zonas de corte cerrado desde el Km.1096+000 al Km.1096+740 (Bajada Pariñas), desde el Km.1106+000 al Km.1108+0000(Quebrada Honda).

Km.1126+400 – Km.1140+000, en este subtramo la vía discurre por terreno de topografía ondulada presenta 19 curvas horizontales con radios comprendidos entre 200 m. y 7000 m. El perfil longitudinal presenta pendientes suaves, siendo la máxima de 3.75% en una longitud de 280 m.; la mayor longitud de este subtramo discurre en relleno, alternando con zonas de pequeños cortes.

Km.1140+000 – Km.1145+000, la zona tiene una topografía accidentada con fuertes pendientes, el alineamiento horizontal es bastante sinuoso, presenta 39 curvas horizontales con radios comprendidos entre 23.5 m. y 300 m., y se desarrolla en su mayor longitud en media ladera, alternando con zonas de corte cerrado; el alineamiento presenta zonas de pendientes superiores al 7%.

Km.1145+000 – Km.1195+310, se aprecia una topografía del terreno entre accidentada y ondulada, y presenta 63 curvas horizontales con radios de curvatura entre 177 m. y 2,500 m.

Tramo: Cancas – Aguas Verdes

Durante el proceso de ejecución se estableció la necesidad de realizar algunas modificaciones a los planteamientos del estudio, las mismas que no alteraron sustancialmente las características originales de la vía en su trazo y perfil.

Este tramo discurre entre las progresivas Km.1196+000 al Km. 1294+232, la topografía de la ruta es de carácter plano y sus altitudes están muy próximas al nivel del mar. Presenta 85 curvas horizontales con radios comprendidos entre 280 y 5200 metros. El perfil longitudinal presenta pendientes suaves, estando en relleno en la mayor longitud de este tramo, alternando con zonas de pequeños cortes.

MOVIMIENTO DE TIERRA

Tramo: Dv. Talara – Cancas

Constituye uno de los tramos mas accidentados de la Panamericana Norte, el mayor movimiento de tierra se da en el tramo Km.1126+000 al Km.1152+000 aproximadamente, donde fue necesario una rehabilitación total de la carretera, donde se hizo incluso ligeras modificaciones, al encontrarse que las características del terreno diferían al del estudio.

El trabajo de perfilado y compactación se hizo en forma adecuada. En diversos lugares fueron detectados materiales subyacentes con baja capacidad de soporte.

En el sector norte se detectó la necesidad de efectuar una mayor cantidad de parchados en el pavimento, para lo cual fue necesario eliminar el material contaminado inclusive desde la sub-base.

Tramo: Cancas – Aguas Verdes

El proyecto contempló la no-alteración de la geometría existente de la vía; sin embargo, para ejecutar las obras de mantenimiento periódico proyectadas, se consideró la preparación, limpieza y adecuación del tramo, en este sentido y bajo este rubro de ejecución de obra se ejecutaron partidas de corte en material común y roca suelta, terraplenes, perfilados compactación, desbroce y limpieza de material de bermas, así como el escarificado de bermas. Todo material susceptible de eliminación fue transportado a los botaderos.

Se realizó un mayor movimiento de tierra, por razón de que en algunos lugares se hizo necesario reemplazar el suelo de baja capacidad portante, mejorándose las características del material de subrasante

PAVIMENTOS

Tramo: Dv. Talara – Cancas

Luego de concluidos los trabajos de Movimiento de Tierra y ejecutado su respectivo perfilado y compactación, se procedió a la colocación y compactación de las bases granulares, tanto para la sustentación del pavimento como para bermas laterales.

Una vez concluida la colocación de las bases y verificado sus niveles y compactación, se procedió a efectuar la imprimación de la superficie correspondiente a la zona a pavimentar, utilizando Rc-250 con un 17 a 20% de kerosene.

La Carpeta Asfáltica cuyo espesor es de 2", con un ancho de 7.20 m. fue producida, colocada y compactada siguiendo los procedimientos normales de la actividad ingenieril y de acuerdo a las especificaciones técnicas. Para la mezcla asfáltica se utilizó cemento asfáltico PEN 40/50 y agregados seleccionados de canteras.

A la mezcla asfáltica se le incluyó 1.10 bolsas de cemento por m³ aproximadamente, como material de filler; asimismo, y sobre la base de los resultados de laboratorio efectuados, fue necesario el empleo de un aditivo denominado **AD RED "RADICOTE"** a fin de mejorar la adherencia entre asfalto y agregados.

En ciertos tramos, previamente evaluados, de los 101.968 kilómetros ejecutados, se procedió a efectuar el Recapeo Asfáltico sobre la carpeta existente, el mismo que consistió en una capa de 2" de espesor.

A todo lo largo de la carretera y en ambas márgenes se hicieron los trabajos de complemento de las bermas granulares hasta el nivel de carpeta asfáltica, efectuándose el respectivo Tratamiento Superficial Monocapa.

Por otro lado, en los tramos en que se conservó la carpeta antigua se procedió al colocado del Sello Asfáltico con el uso de agregado seleccionado conveniente.

Tramo: Cancas – Aguas Verdes

Al igual que el tramo anterior, se consideraron diferentes alternativas. Se efectuaron actividades de mantenimiento en la carpeta asfáltica existente considerando los tipos de fallas presentadas:

- Fisuras de contracción, fisuras longitudinales y transversales, se corrigieron mediante el tratamiento de fisuras.
- Zonas que presentan desintegración, sin comprometer la base se corrigieron mediante parchado superficial, verificando su correcto acabado a nivel de la superficie existente. Los despostillamiento y fisuras en los bordes también se corrigieron mediante parchado superficial.

- En las zonas que presentaban fallas de tipo depresión y coarrugamiento que comprometían la capa de base y sub-base se corrigieron mediante parchado profundo.

Sobre el nivel de rasante se ejecutaron trabajos como: Sello Asfáltico, en las superficies que presentaron peladura superficial severa y exponían agregados pulidos, se corrigió aplicando un sello para superficies muy gastadas, según las especificaciones especiales; Carpeta Nueva, de espesor de 2", en las progresivas en que se removió la carpeta antigua, por razón de encontrarse muy deterioradas. En las zonas que presentaban deflexiones pronunciadas se efectuó el trabajo de Capa Nivelante. Por otro lado, en las bermas se ejecutó el Tratamiento Superficial Monocapa.

Sobre la base de los ensayos y resultados efectuados en laboratorio, fue necesario el empleo de un aditivo denominado "RICOT - Z", utilizado en la mezcla asfáltica tanto para la superficie como para el recapeo o capa nivelante, con el objeto de mejorar la adherencia entre asfalto y agregados.

Aproximadamente, se efectuó un trabajo de Sello Asfáltico a lo largo de 27 kilómetros. La colocación de la Carpeta Asfáltica se hizo a lo largo de 70 Kilómetros, con un espesor promedio de 2". Para su elaboración se utilizó asfalto sólido de penetración 40/50.

OBRAS DE ARTE

Tramo: Dv. Talara – Cancas

Las Obras de Arte en este tramo estuvieron constituidas básicamente por cunetas, alcantarillas, entregas, emboquillados de taludes de relleno, muros de encauzamiento y resanes de puentes y alcantarillas.

El estudio del proyecto no ha sido ha detalle, de allí que en cuanto se refiere a las obras de arte, estas al no estar definidas en forma integral en el proyecto original se han tenido que adecuar a los requerimientos obtenidos en campo; definiciones que se fueron dando paulatinamente durante el desarrollo de las actividades, conforme a las ordenes y autorizaciones dadas por la Supervisión.

Tramo: Cancas – Aguas Verdes

Se ejecutó la limpieza de alcantarillas (fondo, entrada y salida), y la limpieza de cauces de ríos eliminando material suelto, maleza y vegetación, aumentando de esa manera su sección hidráulica para un adecuado drenaje de las aguas superficiales provenientes de las precipitaciones pluviales.

Se demolieron estructuras deterioradas, así tenemos: demolición de pontones en forma total en Mal Paso y Peña Redonda, y de manera parcial en Caleta Grau; también, 533 alcantarillas y cunetas antiguas en el sector Mal Paso.

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

La Señalización y Seguridad Vial ha sido desarrollada considerando las condiciones geométricas de la vía, puntos notables, zonas que pudieran presentar peligro al tráfico, y, asimismo, se consideró la necesidad de restringir y regular algunas acciones, proporcionar información adecuada al usuario y en general dar seguridad a la circulación vial.

Se ejecutaron trabajos, tales como las señales verticales, señales de tipo preventivas, regulativas e informativas, demarcación del pavimento, guardavías, tachas direccionales y obras conexas.

OBRAS DE PROTECCIÓN

En ambos tramos se rehabilitaron pontones, puentes y alcantarillas, asimismo, se ejecutaron obras de protección y encauzamiento, así tenemos:

Resane de Estructuras, comprende el trabajo de revestir las caras de las estructuras que han sufrido desgaste por abrasión y/o meteorización con el tiempo, y es necesario darles recubrimiento debido, para garantizar una mayor durabilidad. Para unir el concreto nuevo y el viejo se utilizó un pegamento epóxico con 100% de sólidos, que une con gran fuerza todos los materiales usados en la construcción.

Reconstrucción de elementos Estructurales, consiste en la reconstrucción de elementos estructurales y/o de contención que han sufrido fallas por efectos de un mal procedimiento constructivo, por impacto de cargas exteriores, por ataques agresivos de la fuerza del agua o agentes químicos. A diferencia del resane, el trabajo que se ejecuta va más allá de un simple tarrajeo, pues es necesario inclusive encofrar el elemento para alcanzar sus formas originales. Este tipo de solución se aplicó en alcantarillas tipo marco de concreto, pontones, losas armadas, barandas de concreto, estribos, pilares y puentes en general.

Emboquillado de Piedra, a la salida de las alcantarillas y pontones la fuerza del agua tiene un alto poder erosivo que dañan las estructuras en la parte inferior de las losas y cabezales. El estudio contempló la ejecución de emboquillados de piedra, como una manera de protegerlas, ya que el emboquillado es mucho más resistente que el terreno natural, además, sirve como disipador de energía por su forma ondulada.

Muro de Gaviones para Encauzamiento y Sostenimiento, se ejecutó utilizando piedras confinadas por medio de unas cajas en red de alambre galvanizado con protección de PVC tipo Macaferri o similar, de dimensiones 2.0x1.0x1.0 y 1.5x1.0x1.0, según sea el caso, para formar el muro deseado tal como indican los planos; además cuenta con un colchón de 0.23 y 0.30 metros de espesor, y 2.0 y 5.0 metros de largo, de acuerdo a los planos, para evitar la socavación de los muros cuando los niveles de la misma alcancen 1.33 m. o alturas menores para muros de encauzamiento y 3.33 m. para muros de sostenimiento.

Muros de Encauzamiento y Protección, este tipo de muros es utilizado para el encauzamiento y control de aguas provenientes de las cunetas de drenaje hacia los cauces de quebradas de paso o depresiones topográficas (barranco). Se observó, en la etapa de estudio, que una gran parte de las áreas de entrega a los cauces ubicadas entre el terraplén y su unión con el terreno se hallaban totalmente erosionadas por efectos del agua, poniendo en peligro la estabilidad de los estribos de los puentes y/o alcantarillas. Se ejecutaron los muros, hechos de mampostería de piedra, para brindar protección a estas estructuras, por ser muy resistentes a la abrasión, además, genera condiciones de rugosidad que reduce el efecto erosivo por disminución de la velocidad de entrega.

3.4.2 OBRAS DE PREVENCIÓN EJECUTADAS ANTES DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO “EL NIÑO”

La presencia del Fenómeno “El Niño”, evidenció la ausencia de diversas medidas de prevención en el ámbito nacional, regional y local, por ello, se formuló una estrategia priorizando las acciones de prevención con el objeto de minimizar los efectos del fenómeno. Por consiguiente, durante el año 1997 el Gobierno dispuso la ejecución de Obras de Prevención ante el anunciado fenómeno “El Niño”. Dichas obras fueron ejecutadas por la Sub Región de Desarrollo o INDECI de Tumbes. Las obras se ejecutaron en quebradas y drenes importantes tanto en la ciudad como en los poblados interiores. Nos interesa especialmente, las obras ejecutadas en las quebradas por las que cruza la Panamericana.

La fecha de inicio de la ejecución de estas obras, por lo general, fue la segunda semana del mes de Agosto de 1997. En el caso de Qda. Corrales la fecha de inicio corresponde al día 02.AGO.97, y en el Puente Bolsico al día 05.SET.97. A continuación se presenta una breve descripción de las obras ejecutadas:

DISTRITO DE ZORRITOS

Descolmatación y revestimiento de diques Quebrada Huacura

Descolmatación del cauce de la quebrada: 1,832.99 m³.

Conformación de 170 m. de diques, revestidos con una losa de concreto $f_c=140$ kg/cm².

Tiempo de ejecución: 15 días.

Descolmatación y Limpieza de taludes de la Quebrada Los Pozos

Limpieza de 2,130.00 m² de enrocado existente.

Descolmatación de la quebrada en una longitud de 860 m.

Tiempo de ejecución: 27 días.

Descolmatación y Limpieza de taludes de la Quebrada Las Delicias

Limpieza de enrocado existente de 2,184.00 m².

Descolmatación de la quebrada en 780 m.

Tiempo de ejecución: 11 días.

Enrocado de la Quebrada El Panteón

Descolmatación de 418 m. de lecho de quebrada (ancho promedio 18 m.).

Construcción de 9,026.90 m³ de dique de material de relleno.

Protección del talud del dique con enrocado en un área de 1,758.07 m³.

Dren de evacuación de agua pluvial cerco posterior de cementerio antiguo.

Obras de arte.

Tiempo de ejecución: 04 meses y 13 días.

DISTRITO LA CRUZ

Muro de Contención de concreto ciclópeo Quebrada Los Cedros

Construcción muro de contención concreto ciclópeo 218.77 m.

Descolmatación cauce de quebrada 160.00 m.

Tiempo de ejecución: 02 meses.

DISTRITO CORRALES

Encauzamiento y Enrocado Quebrada Corrales

Descolmatación de 850 m. de cauce de quebrada.

Conformación de 138.50 m. de muros de tierra.

Revestimiento de taludes con concreto $f_c=175$ Kg/cm² en 4,986.70 m².

Revestimiento de taludes de roca con mortero: 772.50 m.

Construcción de tres aliviaderos.

Tiempo de ejecución: 03 meses y 09 días.

Enrocado Quebrada La Jota

Construcción 2,440.45 m² de losa en talud.

Construcción 3,017.20 m³ de terraplén de material granular y 2,052.40 m³ de afirmado en su superficie e=0.20 m.

Construcción de dos pases de agua y un badén.

Descolmatación y encauzamiento de 3,466.40 m³ en la quebrada.

Tiempo de ejecución: 04 meses y 21 días.

Encauzamiento Quebrada Carranza San Isidro

Encauzamiento de la quebrada en una longitud de 355.50 m.

Descolmatación y limpieza de 355.50 m. aguas arriba de la Carretera Panamericana.

DISTRITO TUMBES

Encauzamiento de la Quebrada Luay

Construcción muro de defensa enrocado de 176.90 m. con terraplén de relleno con material de préstamo lateral:

Enrocado e=0.30 m.: 702.27 m³.

Enrocado e=0.20 m.: 1,855.18 m³.

Construcción enrocado de protección de estribos de puente y muro natural con un e=0.20 m., 620.50 m².

Descolmatación de tramo crítico: 10,484.58 m³.

Tiempo de ejecución: 03 meses y 14 días.

Encauzamiento y enrocado Quebrada Pedregal

Descolmatación de 600 m. de cauce de la quebrada.

Muro de defensa conformado por un terraplén, protegido con enrocado de e=0.20- 0.30 m., apoyado en una capa de afirmado de e=0.20- 0.30m.

Enrocado de e=0.20 m. protección de estribos del puente.

Tiempo de ejecución: 01 mes.

PROVINCIA ZARUMILLA

Limpieza y Descolmatación Quebrada El Bramador

Limpieza y descolmatación de la quebrada.

Tiempo de ejecución: 11 días.

Descolmatación Quebrada Piedritas

Descolmatación de la quebrada en 160m.

Tiempo de ejecución: 06 días.

Descolmatación y Encauzamiento Quebrada Marco Felipe

Descolmatación y encauzamiento de la quebrada en 953.50 m.

Tiempo de ejecución: 02 días.

del Cuaternario. La topografía en general es llana, con la presencia del Tablazo Talara y Máncora, en ciertas zonas, y, las lutitas Talara que presentan fracturamientos intensos y sistemas de fallas, una con dirección NE – SO y la otra con NO – SE. Afloran rocas desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, predominando el Terciario y Cuaternario. Asimismo, la zona está expuesta a fenómenos geodinámicos externos a través del desgaste, transporte y acumulaciones de los materiales físicos por acción de agentes hídricos, eólicos y gravitacionales. Los fenómenos mas frecuentes son los deslizamientos y las inundaciones. Es necesario señalar que existen zonas vulnerables debido a la falta de cobertura adecuada sobre terrenos de pendiente y a la inestabilidad de los taludes.

En relación a la Hidrología, por la naturaleza del trabajo (Rehabilitación) no se tomó en cuenta para el diseño del sistema de drenaje, al fenómeno "El Niño" 1982/83. Por ello, el estudio consideró para efectos de diseño un tiempo de retorno de 50 años para las estructuras más importantes y bajo condiciones más críticas. Un aspecto importante a tomar en cuenta es el hecho de que las quebradas de cruce presentan flujo intermitente el cual, no ha logrado desarrollar un cauce definido originando intenso proceso de transporte de material de fondo y suspensión.

Respecto al estudio de la Mecánica de Suelos, se ha encontrado que para la zona comprendida entre Dv. Talara y Cancas los suelos son de origen eólico y aluvial, predominando en la zona de los tablazos depósitos de materiales sedimentarios, correspondientes a un antiguo fondo marino. A partir de Cancas hacia Aguas Verdes, predominan los suelos arcillosos de mediana y alta plasticidad (montmorillonitas) y también las lutitas en la parte central del tramo.

El Expediente Técnico del Proyecto, es incompleto en información, tanto en la topografía (secciones cada 50 m.) como en el estudio de canteras y análisis del pavimento existente. Como consecuencia de ello, durante la ejecución de la Rehabilitación del tramo, se han producido Obras Complementarias que han incrementado el Costo del Presupuesto Original. Por ejemplo, al efectuar los ensayos para el diseño del pavimento, no se consideró situaciones de falta de capacidad portante de las capas subyacentes (base o sub base) del pavimento existente. Asimismo, al realizar una evaluación sobre el estado de conservación de la carpeta asfáltica, se encontró que las zonas deterioradas eran mayores que las determinadas en el expediente técnico, por lo tanto, el área de parchado aumentó.

Se hizo necesario el empleo de aditivos para mejorar la adherencia entre el cemento asfáltico y el agregado mineral, debido a que los agregados de las Canteras no cumplían con los requisitos de adherencia de las Especificaciones Técnicas. También, se utilizó filler para reducir el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica. En el expediente técnico, tampoco, se

Descolmatación y Encauzamiento Río Bolsico sectores Huachapell y Puente Bolsico

Descolmatación y limpieza de 190.00 m. aguas arriba del Puente Bolsico.

Encauzamiento de 200 m. del río Bolsico aguas arriba sector Huachapeli.

Tiempo de ejecución: 01 mes y 25 días.

Como se aprecia, los trabajos ejecutados en las quebradas estuvieron dirigidos a la descolmatación a fin de aumentar la capacidad de conducción; también, se tuvo en cuenta la protección de taludes y estribos de puentes, con enrocado o concreto armado para evitar el efecto erosivo del flujo de quebradas. Con la finalidad de controlar las aguas, se contempló la construcción de muros de encauzamiento.

No obstante, por el enorme arrastre de sólidos en suspensión y de fondo, y las bajas pendientes de las quebradas, las alcantarillas, pontones y puentes sufrieron el efecto de la sedimentación. A esto hay que añadir la cercanía al mar. Pues, en el sector de Zorritos, la arena acumulada en la línea de playa por la acción de la marea, impide la salida libre de las aguas de las quebradas, facilitando así, la sedimentación, y por consiguiente remansos localizados indeseables.

De otro lado, la mayoría de las obras de protección fueron dañadas de manera parcial o totalmente, pues la socavación fue mayor que la esperada, como es el caso de las de las obras en las quebradas: Huacura, El Panteón, Los Cedros, La Jota, Luay, Pedregal y Bolsico.

3.5 CONCLUSIONES

El tramo Dv. Talara – Cancas, presenta una topografía accidentada, en algunas zonas, como son en ambos márgenes de la Quebrada Pariñas y la zona entre El Alto y los Organos, con curvas de escaso radio. Es el tramo de mayor altimetría (275 m.s.n.m. en El Alto). Por otro lado, la zona comprendida entre Cancas y Aguas Verdes tiene una topografía llana, pues discurre en gran parte paralelo a la línea del litoral.

A lo largo de este recorrido la carretera cruza numerosas quebradas que forman parte de la red de drenaje natural. Los rasgos geomorfológicos de los cauces de estas quebradas como son: profundidad, pendiente, sedimentos, restos de derrumbes, etc. constituyen indicadores claros que por allí ocasionalmente han discurrido notables volúmenes de escorrentía resultantes de las precipitaciones pluviales.

La Carretera Panamericana Norte esta construida sobre las cuencas Talara y Tumbes que presentan rocas del Terciario, los cuales han sido cubiertos por materiales más recientes

consideró el tratamiento de taludes en cortes y rellenos lo cual generó presupuestos adicionales de obra.

Referente a las Obras de Arte, luego de una evaluación en campo se llegó a la conclusión de ejecutar alcantarillas, cunetas, muros de protección en puentes y emboquillados de piedra.

El estudio del proyecto no ha sido al detalle, en consecuencia, las obras de arte al no estar definidas en forma integral, se han tenido que adecuar al requerimiento obtenidos en campo, sin haber presentado una solución integral adecuada al Sistema de Drenaje, Protección de Taludes, Cortes de Taludes, pies de taludes, etc. También, cabe señalar, que la restricción presupuestal es uno de los factores que no permitieron tomar medidas pertinentes en cuanto a disminuir la vulnerabilidad de la carretera.

En lo relacionado a los puentes, sólo se contempló su reparación y reconstrucción a nivel de superestructura, y se ejecutaron trabajos de protección de taludes en los rellenos de los accesos.

Las obras de prevención ejecutadas en la etapa de emergencia consideró, básicamente, trabajos de encauzamiento y limpieza de cauce en las quebradas, con la finalidad de que sean conducidos adecuadamente los flujos de las mismas hacia las obras de cruce, evitar erosiones en las riveras y accesos, y, mejorar la capacidad de conducción de las quebradas. De esa manera, evitaron que los daños fueran mayores, aunque, en la actualidad se encuentren en la mayoría de los casos dañadas ya sea en forma parcial o total.

CUADRO III.1. PARAMETROS DE HIDROGRAMA DE CRECIDAS
TRAMO: DESVIO TALARA - CANCAS

| N° | NOMBRE CUENCA | UBICA. DE CRUCE (Km) | AREA DE CUENCA (Km2) | Longitud de cauce (Km) | Longitud de C. G. (Km) | DIFERENCIA DE ALTURA (m) | GRADIENTE CUENCA (m/m) | TIEMPO DE CONCENTRACION VARIOS | | | | | To |
|----|-----------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|----------|---------|------------|-----|----|
| | | | | | | | | C. D. H. | V. T. CH | GANDROT | U. S. Army | | |
| 1 | Q. Pariflas | 1097.460 | 1046.8 | 76 | 31.5 | 1030 | 0.01 | 9.7 | 4.4 | 0.6 | 7.1 | 7.1 | |
| 2 | | 1099.000 | 7.2 | 5.5 | 3.5 | 55 | 0.01 | 1.4 | 1.2 | 0.4 | 1.2 | 1.2 | |
| 3 | Q. Honda | 1103.540 | 423.3 | 60 | 28 | 405 | 0.01 | 10.6 | 5.1 | 0.5 | 7.1 | 7.1 | |
| 4 | | 1124.200 | 13.3 | 4 | 2 | 55 | 0.01 | 1.0 | 0.8 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | |
| 5 | | 1127.100 | 6.1 | 5 | 1.5 | 50 | 0.01 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | |
| 6 | | 1127.700 | 3.5 | 4.5 | 2 | 45 | 0.01 | 1.2 | 0.8 | 0.1 | 0.9 | 0.9 | |
| 7 | | 1128.000 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 40 | 0.03 | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 0.3 | 0.3 | |
| 8 | Q. Chamizal | 1129.600 | 15.4 | 5.1 | 3.5 | 25 | 0.005 | 1.8 | 1.5 | 2.0 | 1.3 | 1.3 | |
| 9 | Q. Verde | 1139.200 | 1.3 | 0.5 | 0.2 | 225 | 0.45 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | |
| 10 | | 1145.400 | 7.9 | 4 | 2 | 225 | 0.06 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | |
| 11 | Q. El Nuro | 1148.880 | 27.53 | 8 | 3 | 245 | 0.03 | 1.3 | 0.8 | 0.7 | 1.1 | 1.1 | |
| 12 | | 1151.500 | 0.91 | 0.9 | 0.4 | 145 | 0.16 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | |
| 13 | | 1153.300 | 4.8 | 2.2 | 1.2 | 145 | 0.07 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | |
| 14 | Q. Carrillo | 1155.000 | 14.32 | 6.5 | 4 | 225 | 0.03 | 1.0 | 0.9 | 0.4 | 1.1 | 1.1 | |
| 15 | Q. Vichayifo | 1157.400 | 25.77 | 9 | 3 | 262 | 0.03 | 1.4 | 0.8 | 0.5 | 1.1 | 1.1 | |
| 16 | | 1159.000 | 3.4 | 4.5 | 2 | 125 | 0.03 | 0.8 | 0.6 | 0.1 | 0.7 | 0.7 | |
| 17 | | | 3.1 | 3.6 | 2 | 170 | 0.05 | 0.6 | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | |
| 18 | | | 1.5 | 3 | 1 | 170 | 0.06 | 0.5 | 0.3 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | |
| 19 | | | 1.7 | 1.5 | 0.75 | 170 | 0.11 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | |
| 20 | | | 1.2 | 1.1 | 0.5 | 170 | 0.15 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | |
| 21 | | | 0.9 | 1.5 | 0.5 | 170 | 0.11 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | |
| 22 | Q. de Conulsa | 1162.900 | 4.3 | 2.5 | 1 | 145 | 0.06 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | |
| 23 | Q. Cabo Blanco | 1164.600 | 84.5 | 19 | 11 | 469 | 0.02 | 2.6 | 1.9 | 0.5 | 2.5 | 2.5 | |
| 24 | Q. Los Pasos | 1166.150 | 12 | 4.5 | 3 | 225 | 0.05 | 0.7 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | |
| 25 | Q. del Camal | 1168.150 | 10.9 | 3 | 1 | 205 | 0.07 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | |
| 26 | Q. de Fernández | 1168.900 | 757.8 | 62 | 27 | 1590 | 0.03 | 8.5 | 3.3 | 0.5 | 5.5 | 5.5 | |
| 27 | | 1170.200 | 5.2 | 2.5 | 1.1 | 185 | 0.08 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | |
| 28 | | 1172.450 | 2.9 | 2 | 1.2 | 175 | 0.09 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | |
| 29 | | 1174.860 | 3.2 | 4.5 | 2.5 | 200 | 0.04 | 0.7 | 0.6 | 0.0 | 0.7 | 0.7 | |
| 30 | | 1175.200 | 1.4 | 2 | 0.9 | 175 | 0.09 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | |
| 31 | | 1176.210 | 3.1 | 3.5 | 2 | 200 | 0.06 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | |
| 32 | | 1177.450 | 2.5 | 3.5 | 1.5 | 175 | 0.05 | 0.5 | 0.4 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | |
| 33 | | 1177.660 | 3.1 | 4 | 2.2 | 175 | 0.04 | 0.6 | 0.8 | 0.1 | 0.7 | 0.7 | |
| 34 | Q. Seca | 1179.000 | 467.7 | 56.5 | 26.5 | 1125 | 0.02 | 8.7 | 3.5 | 0.1 | 5.8 | 5.8 | |
| 35 | | 1180.200 | 6.3 | 5.5 | 2.3 | 125 | 0.02 | 1.1 | 0.7 | 0.2 | 0.9 | 0.9 | |
| 36 | | 1181.400 | 2.3 | 2 | 1 | 100 | 0.05 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | |
| 37 | Q. de Carpitás | 1183.100 | 45.2 | 11 | 5 | 225 | 0.02 | 1.9 | 1.2 | 0.9 | 1.6 | 1.6 | |
| 38 | | 1184.100 | 1.2 | 1.5 | 0.7 | 172 | 0.11 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | |
| 39 | | 1185.150 | 3.4 | 1.7 | 0.9 | 172 | 0.10 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | |
| 40 | | 1187.150 | 2.95 | 1.5 | 0.9 | 120 | 0.08 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | |
| 41 | Q. Zapotal | 1189.700 | 13.2 | 5 | 2 | 200 | 0.04 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | |
| 42 | Q. Canoas I | 1194.300 | 11.9 | 3.5 | 1 | 140 | 0.04 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | |
| 43 | Q. Canoas II | 1195.140 | 6.8 | 2.5 | 0.7 | 115 | 0.05 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | |
| 44 | Q. Curo | 1198.700 | 9.5 | 3.5 | 1.1 | 200 | 0.06 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | |

FUENTE: MTC

ELABORACION: TYPISA

CUADRO III.2. DISEÑO DE DESCARGAS MAXIMAS DE DISEÑO: 50 AÑOS DE TIEMPO DE RETORNO (OBRA DE REHABILITACION 1984)
TRAMO: DESVIO TALARA - CANCAS

| N° | NOMBRE CUENCA | UBICAC. CRUCE | AREA DE CUENCA | To (hr) | Q pico Unitario (m ³ /seg/cm) | Tiempo Pico (hr) | Lluvia máxima (cm) | Curva Tipo CN1 | Curva Tipo CN2 | Curva Tipo CN3 | Lluvia neta N1 (cm) | Lluvia neta N2 (cm) | Lluvia neta N3 (cm) | Caudal Máximo1 (m ³ /seg) | Caudal Máximo2 (m ³ /seg) | Caudal Máximo3 (m ³ /seg) |
|----|-----------------|---------------|----------------|---------|--|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Q. Paríñas | 1097.460 | 1046.8 | 7.1 | 228.18 | 7.8 | 19.3 | 68 | 48 | 84 | 11.89 | 7.94 | 15.40 | 2713 | 1811 | 3514 |
| 2 | | 1099.000 | 7.2 | 1.2 | 9.25 | 1.3 | 11.7 | 68 | 48 | 84 | 5.75 | 3.47 | 8.23 | 53 | 32 | 76 |
| 3 | Q. Honda | 1103.540 | 423.3 | 7.1 | 92.47 | 7.8 | 17.4 | 68 | 48 | 84 | 10.35 | 6.77 | 13.66 | 957 | 626 | 1263 |
| 4 | | 1124.200 | 13.3 | 0.8 | 25.37 | 0.9 | 10.0 | 68 | 48 | 84 | 4.56 | 2.67 | 6.75 | 116 | 88 | 171 |
| 5 | | 1127.100 | 6.1 | 0.8 | 11.23 | 0.9 | 9.6 | 68 | 48 | 84 | 4.26 | 2.55 | 6.37 | 48 | 28 | 71 |
| 6 | | 1127.700 | 3.5 | 0.9 | 6.01 | 1.0 | 9.8 | 68 | 48 | 84 | 4.38 | 2.55 | 6.52 | 26 | 15 | 39 |
| 7 | | 1128.000 | 1.5 | 0.3 | 7.58 | 0.3 | 7.4 | 68 | 48 | 84 | 1.57 | 1.57 | 4.47 | 21 | 12 | 34 |
| 8 | Q. Chumizal | 1129.600 | 15.4 | 1.3 | 17.80 | 1.5 | 10.8 | 68 | 48 | 84 | 5.12 | 3.04 | 7.45 | 91 | 54 | 133 |
| 9 | Q. Verde | 1139.200 | 1.3 | 0.1 | 25.44 | 0.1 | 5.2 | 68 | 48 | 84 | 1.59 | 0.01 | 2.72 | 40 | 0 | 69 |
| 10 | | 1145.400 | 7.9 | 0.6 | 19.70 | 0.7 | 8.9 | 68 | 48 | 84 | 3.77 | 2.16 | 5.73 | 74 | 43 | 113 |
| 11 | Q. El Nuro | 1148.880 | 27.53 | 1.1 | 40.28 | 1.2 | 10.2 | 68 | 48 | 84 | 4.67 | 2.74 | 6.88 | 188 | 110 | 277 |
| 12 | | 1151.500 | 0.91 | 0.2 | 9.00 | 0.2 | 6.2 | 68 | 48 | 84 | 2.13 | 1.15 | 3.50 | 19 | 10 | 32 |
| 13 | | 1153.300 | 4.8 | 0.4 | 18.79 | 0.4 | 7.9 | 68 | 48 | 84 | 3.14 | 1.76 | 4.90 | 59 | 33 | 92 |
| 14 | Q. Carrillo | 1155.000 | 14.32 | 1.1 | 20.80 | 1.2 | 10.2 | 68 | 48 | 84 | 4.58 | 2.75 | 8.90 | 97 | 57 | 144 |
| 15 | Q. Vichayito | 1157.400 | 25.77 | 1.1 | 36.71 | 1.2 | 10.3 | 68 | 48 | 84 | 4.77 | 2.81 | 7.01 | 170 | 100 | 250 |
| 16 | | 1159.000 | 3.4 | 0.7 | 7.09 | 0.8 | 9.3 | 68 | 48 | 84 | 4.06 | 2.34 | 6.10 | 29 | 17 | 43 |
| 17 | | | 3.1 | 0.6 | 7.78 | 0.7 | 8.8 | 68 | 48 | 84 | 3.78 | 2.15 | 5.72 | 29 | 17 | 45 |
| 18 | | | 1.5 | 0.4 | 6.44 | 0.5 | 8.1 | 68 | 48 | 84 | 3.24 | 1.82 | 5.03 | 18 | 10 | 27 |
| 19 | | | 1.7 | 0.3 | 10.20 | 0.3 | 7.1 | 68 | 48 | 84 | 2.63 | 1.45 | 4.20 | 27 | 15 | 43 |
| 20 | | | 1.2 | 0.2 | 10.03 | 0.2 | 6.5 | 68 | 48 | 84 | 2.29 | 1.24 | 3.73 | 23 | 12 | 37 |
| 21 | | | 0.9 | 0.2 | 6.30 | 0.2 | 6.8 | 68 | 48 | 84 | 2.47 | 1.35 | 3.98 | 16 | 9 | 25 |
| 22 | Q. de Conulsa | 1162.900 | 4.3 | 0.4 | 16.78 | 0.4 | 7.9 | 68 | 48 | 84 | 3.15 | 1.76 | 4.90 | 53 | 30 | 82 |
| 23 | Q. Cabo Blanco | 1164.600 | 84.5 | 2.5 | 52.14 | 2.8 | 12.7 | 68 | 48 | 84 | 6.52 | 4.00 | 9.17 | 340 | 208 | 478 |
| 24 | Q. Los Pasos | 1166.150 | 12 | 0.8 | 7.40 | 2.8 | 12.7 | 68 | 48 | 84 | 6.52 | 4.00 | 9.17 | 48 | 30 | 68 |
| 25 | Q. del Camal | 1168.150 | 10.9 | 0.4 | 40.93 | 0.5 | 8.0 | 68 | 48 | 84 | 3.20 | 1.79 | 4.97 | 131 | 73 | 203 |
| 26 | Q. de Fernández | 1168.900 | 757.8 | 5.5 | 213.61 | 6.0 | 15.5 | 68 | 48 | 84 | 8.75 | 5.58 | 11.81 | 1868 | 1192 | 2502 |
| 27 | | 1170.200 | 5.2 | 0.4 | 20.70 | 0.4 | 7.9 | 68 | 48 | 84 | 3.12 | 1.69 | 4.87 | 65 | 36 | 101 |
| 28 | | 1172.450 | 2.9 | 0.4 | 12.42 | 0.4 | 7.7 | 68 | 48 | 84 | 3.03 | 1.69 | 4.74 | 38 | 21 | 59 |
| 29 | | 1174.860 | 3.2 | 0.7 | 6.70 | 0.8 | 9.3 | 68 | 48 | 84 | 4.05 | 2.34 | 8.09 | 27 | 15 | 41 |
| 30 | | 1175.200 | 1.4 | 0.3 | 6.69 | 0.4 | 7.5 | 68 | 48 | 84 | 2.89 | 1.61 | 4.56 | 19 | 11 | 31 |
| 31 | | 1176.210 | 3.1 | 0.6 | 8.16 | 0.6 | 8.7 | 68 | 48 | 84 | 3.69 | 2.11 | 5.63 | 30 | 17 | 46 |
| 32 | | 1177.450 | 2.5 | 0.5 | 7.15 | 0.6 | 8.6 | 68 | 48 | 84 | 3.57 | 2.03 | 5.47 | 26 | 15 | 39 |
| 33 | | 1177.660 | 3.1 | 0.7 | 7.11 | 0.7 | 9.1 | 68 | 48 | 84 | 3.90 | 2.24 | 5.90 | 28 | 16 | 42 |
| 34 | Q. Seca | 1179.000 | 467.7 | 5.8 | 131.09 | 6.1 | 15.5 | 68 | 48 | 84 | 8.76 | 5.59 | 11.83 | 1149 | 733 | 1550 |
| 35 | | 1180.200 | 6.3 | 0.9 | 11.11 | 1.0 | 9.7 | 68 | 48 | 84 | 4.34 | 2.52 | 6.48 | 48 | 28 | 72 |
| 36 | | 1181.400 | 2.3 | 0.4 | 9.50 | 0.4 | 7.8 | 68 | 48 | 84 | 3.07 | 1.72 | 4.81 | 29 | 16 | 48 |
| 37 | Q. de Carpitás | 1183.100 | 45.2 | 1.6 | 44.69 | 1.7 | 11.2 | 68 | 48 | 84 | 5.44 | 3.26 | 7.85 | 243 | 146 | 351 |
| 38 | | 1184.100 | 1.2 | 0.3 | 7.41 | 0.3 | 7.0 | 68 | 48 | 84 | 2.60 | 1.43 | 4.16 | 19 | 11 | 31 |
| 39 | | 1185.150 | 3.4 | 0.3 | 17.77 | 0.3 | 7.3 | 68 | 48 | 84 | 2.79 | 1.54 | 4.42 | 50 | 27 | 79 |
| 40 | | 1187.150 | 2.95 | 0.3 | 15.46 | 0.3 | 7.3 | 68 | 48 | 84 | 2.79 | 1.54 | 4.41 | 43 | 24 | 58 |
| 41 | Q. Zapotal | 1189.700 | 13.2 | 0.7 | 28.64 | 0.8 | 9.2 | 68 | 48 | 84 | 4.01 | 2.31 | 6.04 | 114 | 65 | 171 |
| 42 | Q. Cancas I | 1194.300 | 11.9 | 0.4 | 38.07 | 0.5 | 8.3 | 68 | 48 | 84 | 3.41 | 1.93 | 5.26 | 130 | 73 | 200 |
| 43 | Q. Cancas II | 1195.140 | 6.8 | 0.5 | 29.07 | 0.4 | 7.3 | 68 | 48 | 84 | 2.77 | 1.53 | 4.39 | 80 | 44 | 128 |
| 44 | Q. Curo | 1198.700 | 9.5 | 0.5 | 31.37 | 0.5 | 7.3 | 68 | 48 | 84 | 2.80 | 1.55 | 4.43 | 88 | 49 | 139 |

FUENTE: MTC

ELABORACION: TYPISA

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO “EL NIÑO” 1997-1998 EN EL TRAMO IV: DESVÍO TALARA AGUAS VERDES

4.1 GENERALIDADES

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción a través del Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras – SINMAC encargó la evaluación de los daños causados a la Carretera Panamericana Norte por el fenómeno “El Niño”, con la finalidad de darle transitabilidad a la vía. Esta evaluación fue presentada en su oportunidad al SINMAC mediante informes.

El presente tema ha sido desarrollado basándose en estos informes, y que a continuación mencionamos:

- ❑ **“Evaluación Integral de Daños causados por el fenómeno ‘El Niño 97-98’, en Pavimentos y Obras de Arte. Tramo: Salida de la Ciudad de Piura Km.972 a Sullana, y entre las Ciudades de Sullana – Talara - Máncora”,** realizado en el mes de Febrero de 1998, por los ingenieros Juan Zumaeta B. y Eleodoro Villegas.
- ❑ **“Evaluación del Estado de Situación de la carretera Panamericana. Tramo: Máncora – Puente Internacional”,** presentado en el mes de Marzo de 1998, y elaborado por los ingenieros Félix Iglesias y Alejandro Párraga.
- ❑ Reportes **“Estado Situacional de la Red Vial Nacional”,** elaborados por el Sr. Linares.

Además, ha sido necesario realizar visitas de inspección a la carretera con la finalidad de conocer el estado situacional actual de la infraestructura, recopilar informaciones relacionadas con el fenómeno y complementar la información existente, de esa manera, poder realizar un diagnóstico y tomar medidas adecuadas de mitigación.

4.2 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE DESASTRES

Es el Agua, el principal agente que ha ocasionado los desastres en la Panamericana Norte, por ello es imprescindible tener presente a las estructuras o elementos (obras de drenaje) que guardan relación con el comportamiento de este agente, así como las deficiencias en cuanto al diseño y ejecución de los mismos.

4.2.1 CLASIFICACIÓN DE DAÑOS

Antes de empezar con la evaluación de los daños a la carretera, determinaremos, para mejor explicación, los tipos de daños que ha presentado la infraestructura vial. Para ello, se hace necesario clasificar los daños según lo observado en el campo.

El tramo Desvío Talara – Aguas Verdes, de la Carretera Panamericana Norte, ha sufrido desastres ocasionados, fundamentalmente, por las intensas precipitaciones. A lo largo de su recorrido, ha experimentado fenómenos como: 1) Sedimentación, 2) Erosión, 3) Inundaciones y 4) Deslizamientos o pequeños derrumbes. El siguiente cuadro muestra la clasificación de daños por efectos del fenómeno:

| TIPOS DE DAÑO | DESCRIPCIÓN |
|---------------|--------------------------|
| 1 | Erosión Lamlnar |
| 2 | Erosión Local |
| 3 | Erosión Transversal |
| 4 | Erosión Regresiva |
| 5 | Erosión Lateral |
| 6 | Erosión Longltudinal |
| 7 | Erosión General |
| 8 | Daños por infiltración |
| 9 | Daños por Desllzamientos |

Tipo 1. Erosión Laminar

Producido por efecto de las lluvias o del escurrimiento de las aguas sobre la plataforma, provocando desgaste de la capa de rodadura, grietas, surcos en los taludes de rellenos, etc.

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:

Erosión general del acceso de la obra de cruce.

Erosión general de terraplén y obras de cruce.

Erosión general del terraplén por ausencia de la obra de drenaje.

Tipo 8. Daños por Infiltraciones

Producido por la insuficiente capacidad o ausencia de las estructuras de drenaje para evacuar las aguas de escorrentía generadas por las cuencas respectivas, así como, por la gran cantidad de materiales de arrastre (flujo de sólidos y palizadas) que obstaculizaron las obras de cruce. A ello habría que añadir las características topográficas del terreno que no permitieron el flujo de las aguas hacia ningún lado, ni su movimiento en forma paralela a la vía.

Debido a esta situación el agua de escorrentía fue embalsada a un lado de la carretera actuando esta como dique, lo que originó infiltración al terreno de fundación, disminuyendo su capacidad de soporte, y ocasionando asentamiento y deterioro del pavimento.

Tipo 9. Daños por Deslizamientos

Los deslizamientos o pequeños derrumbes están íntimamente relacionados con precipitaciones de alta intensidad, aunque no es el único factor, si es 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. Falla y desplazamiento de la masa del terreno que afecta a la carretera.

4.2.2 EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS OCASIONADOS AL TRAMO IV: DESVÍO TALARA – AGUAS VERDES DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE

Es conveniente hacer algunas aclaraciones respecto al sistema de referencia empleado para el kilometraje, así tenemos:

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:

Socavación local en pilas.

Socavación local en estribos.

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 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 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 produce en:

Al pie de 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.

Las corrientes laterales más fuertes aparecen normalmente cerca de la pared externa en la sección media de la curva.

Tramo: Desvío Talara – Máncora, para el inventario de la ruta se tomó como referencia los hitos kilométricos existentes y la ayuda del odómetro de la camioneta en que se recorrió el tramo. Se complementó con la visita de campo (Noviembre 1998).

Tramo: Máncora – Tumbes, el kilometraje fue determinado tomando en cuenta el Manual: Itinerario de Rutas Nacionales de la Dirección de Caminos del Ministerio de Transportes (Mayo de 1993). Sin embargo, fue reajustada y corregida durante la inspección ocular a la carretera (Noviembre 1998), de acuerdo con el kilometraje actual.

Seguidamente, se hace mención de los efectos ocasionados por el fenómeno "El Niño" a la infraestructura vial:

TRAMO: DESVÍO TALARA – CANCAS (Ver Plano IV.1)

Km.1097+400 al Km.1097+900. Qda. Pariñas. Tipos de daño: 2, 3 y 7.

Descripción: Se localiza la Quebrada Pariñas, el área de entrada a los puentes es plana, de pendiente suave, a juzgar por lo visto se aprecia la palizada en la entrada, mermando la capacidad de salida de las aguas. Se han deteriorado fuertemente los muros de defensa en los estribos. El muro de encauce en el lado izquierdo fue arenado, y sufrió deterioro en la entrada al puente. Se observó salinización de suelos. Aguas arriba del puente se observan formaciones de cárcavas. Por otro lado, las baterías de las alcantarillas no funcionaron por encontrarse obstruidas, lo que produjo erosiones en los accesos; posteriormente el flujo de la quebrada aumentó y arrasó completamente el terraplén.

Km.1098+800. Tipos de daño: 2, 4 y 7.

Descripción: Se encuentra la alcantarilla de marco de concreto armado de sección 2.00x2.00 mts. A la entrada se observa erosión en el terraplén. A la salida destrucción del terraplén que cubre la mitad de la alcantarilla. El terraplén de la carretera ha sido destruido por completo, aproximadamente, en unos 40 mts, precisamente por esta zona cortada se ha establecido el nuevo cauce de la quebrada.

Km.1098+884 al Km.1099+020 Tipos de daño: 6.

Descripción: Presentó erosión longitudinal, se destruyó el carril izquierdo, pavimento sufrió fisuras longitudinalmente.

Km.1100+000 al 1100 +100, 1102+850 al 1102+900. Tipos de daño: 1.

Descripción: Erosión por escorrentía en talud, lado izquierdo, de la carretera.

Km.1103+500. Puente Honda. Tipos de daño: 2 y 3.

Descripción: Ha presentado arrastre de árboles y sólidos. El acceso derecho del puente está destruido. A la entrada, en el lado derecho, los muros de concreto para el encauzamiento están colapsados por socavación en la cimentación. Salinización de suelos. Aguas arriba del puente se observa formaciones de cárcavas en la quebrada.

Km.1103+630 al Km.1104+430. Tipos de daño: 6.

Descripción: Erosión longitudinal destruyó parcialmente la plataforma.

Km.1106+200 al 1106+300. Tipos de daño: 6.

Descripción: Corrimiento de terraplén, erosión longitudinal.

Km.1108+000 al 1105+000. Tipos de daño: 1.

Descripción: Zona en corte, flujo de lodos.

Km.1116+400-1116+500,1121+950-1122+080, Tipos de daño: 1.

1123+890-1123+980, 1124+900-1124+920.

Descripción: Se ha presentado erosión por escorrentía en la berma izquierda.

Km.1127+685.70 Tipos de daño: 7.

Descripción: En esta progresiva se ubican dos alcantarillas, una es de tipo marco de concreto armado de dos ojos, cuya sección es de 1.50x1.50 mts. cada uno, y, la otra está formada con 02 tuberías metálicas corrugadas de igual diámetro, siendo su medida 2.00 mts. No han sido suficientes para evacuar las aguas. Posteriormente, colapsó la alcantarilla por socavación en su cimentación, sufrió asentamiento. Terraplén cortado en aproximadamente 30 mts.

Km.1129+020 al 1129+040, 1135+200 al 1135+250. Tipos de daño: 1

Descripción: Berma izquierda dañada por escorrentía.

Km.1130+200 al Km.1130+280. Tipos de daño: 7.

Descripción: Corte de la plataforma.

En la bajada de la zona El Ñuro Km.1141+400. Tipos de daño: 6

Descripción: Se ha deteriorado la vía por erosión longitudinal

- Km.1143+075.60. Tipos de daño: 4.
Descripción: Alcantarilla de un ojo, erosión regresiva en losa de fondo a la salida.
- En el Km.1145+015. Tipos de daño: 2, 3 y 4.
Descripción: La alcantarilla de sección 1.50x1.50 mts. se encontró obstruida por palizadas y arenamiento, que no permitieron el paso de las aguas. El terraplén fue afectado severamente por la erosión de las aguas. Se presentó erosión regresiva en losa de fondo.
- Km.1145+000 al Km.1145+378. Tipos de daño: 6.
Descripción: Se produjo erosión longitudinal a ambos lados de la carretera, destruyó el carril izquierdo en una longitud de 50 mts., el resto del tramo afectó las bermas.
- Km.1146+010. Tipos de daño: 2, 3 y 4.
Descripción: Alcantarilla de dos ojos, a la entrada, lado izquierdo, sufrió destrucción parcial la protección del talud. A la salida, en ambos lados, las protecciones de taludes fallaron. Se presentó erosión regresiva en losa de fondo.
- Km.1146+010 al Km.1146+090 Tipos de daño: 7.
Descripción: El terraplén de la carretera sirvió de dique acumulando el agua de la quebrada. Posteriormente, el agua rebasó la rasante de la vía y el poder erosivo del caudal de la quebrada destruyó la plataforma de la carretera, precisamente por esta zona pasa el nuevo cauce de la quebrada.
- Km.1146+090 al 1146+200. Tipos de daño: 6.
Descripción: Erosión longitudinal en terraplén lado izquierdo, deterioró la berma.
- Km.1147+554 al Km.1147+704. Tipos de daño: 5.
Descripción: La carretera ha sufrido erosión lateral en toda la plataforma, la parte cóncava de la curva del cauce se ubica en este tramo.
- Km.1147+704.55. Tipos de daño: 4.
Descripción: Se apreció erosión regresiva de losa de fondo de la alcantarilla. A la entrada de la alcantarilla, en el lado izquierdo, la entrega de la cuneta ha sufrido erosión regresiva.
- Km.1148+900. Tipos de daño: 1.

Descripción: En el lado derecho, el terraplén sufrió deterioro por falta de drenaje longitudinal y canal de bajada.

Km.1149+950 al km.1150+120.

Tipos de daño: 6.

Descripción: Erosión longitudinal en terraplén, deterioro de la berma izquierda.

Km.1150+254

Tipos de daño: 1, 2 y 4.

Descripción: A la salida de la alcantarilla, se encontró erosionada la zona aledaña a los aleros y cabezal. Erosión regresiva en losa de fondo. Zona de sedimentación.

Km.1150+900 al Km.1151+100.

Tipos de daño: 6.

Descripción: Erosión longitudinal en terraplén, afectó berma derecha.

Km.1151+100.

Tipos de daño: 6.

Descripción: En la bajada al poblado Los Organos se tiene una quebrada pequeña que sirve de drenaje. El caudal de sus aguas ha erosionado fuertemente la plataforma de la carretera en forma paralela.

Km.1154+360. Puente Carrillo.

Tipos de daño: 2, 3.

Descripción: Presenta erosión en ambos accesos. Las protecciones de taludes se encontraron destruidas.

En el Km.1155+825.

Tipos de daño: 4.

Descripción: Se tiene alcantarilla tipo marco de concreto armado de sección de 3.00x3.00 mts. que ha funcionado adecuadamente, pero a la salida, en lado izquierdo, el canal de bajada ha sufrido deterioro en la cimentación.

Km.1157+400: Puente Vichayito:

Tipos de daño: 2.

Descripción: A la salida, el lado izquierdo, presentó daños en la protección del talud. Zona de sedimentación.

En el Km.1162+245.

Tipos de daño: 9.

Descripción: Se tiene que la salida de la alcantarilla esta bloqueado por rocas que han caído de las quebradas.

Km.1162+780.

Tipos de daño: 1, 4.

Descripción: En la bajada al poblado de Máncora, el muro de concreto que sirve de protección ha sido erosionado por las lluvias, asimismo, la cimentación del canal de bajada ha sufrido erosión.

En el Km.1163+000.

Tipos de daño: 9.

Descripción: La vía recorre por zona de corte cerrado. Las aguas de lluvia ocasionaron un pequeño derrumbe.

Km.1164+191.75, Puente Cabo Blanco.

Tipos de daño: 2 y 3.

Descripción: Zona plana de sedimentación. Tanto a la entrada como a la salida del puente ambos accesos presentaron daños. Los muros de encauzamiento (gaviones) se encontraron colapsados.

Progresiva Km.1166+600.

Tipos de daño: 1, 2 y 3.

Descripción: Se observó que a la entrada de la alcantarilla el talud adyacente ha sido erosionado por las aguas de lluvia que baja hacia ella. También se ha observado que ambos caudales, el que baja por el talud y el que discurre por la quebrada han sido excesivos, ocasionando que sedimente material sólido disminuyendo en consecuencia la capacidad de drenaje de dicha alcantarilla.

Km.1167+477.62: Puente Máncora:

Tipos de daño: 2 y 3.

Descripción: La entrada y la salida del puente presenta daños en ambos accesos, destrucción parcial de la protección de los taludes, socavación de los muros de contención. La carpeta asfáltica ha sufrido la erosión de las aguas. Se observó salinización de suelos.

En el Km.1169+200.

Tipos de daño: 1, 2 y 4.

Descripción: Se pudo apreciar a la salida de la alcantarilla la erosión por escorrentía en los taludes adyacentes por el agua de lluvia que baja, y, la erosión regresiva a la losa de fondo de salida. Asimismo, el caudal de salida y de lluvia han erosionado el canal de tierra, que sirve de alivio a la alcantarilla. De otro lado, los aleros carecen de cimiento.

Km.1173+050.Cerro Pelado.

Tipos de daño: 7.

Descripción: La alcantarilla se encontró colapsada, el tramo de la carretera estuvo cortado en aproximadamente 40 mts.

Km.1173+750 al 1173+850, 1174+200 al 1174+600,
1175+000 al 1175+500, 1177+000 al 1177+500.

Tipos de daño: 1 y 9.

Descripción: La carretera pasa por zona en corte, flujo de lodos y/o derrumbes han ocasionado destrucción de la carpeta asfáltica y entierro de cunetas.

Km.1178+351.90: Puente Quebrada Seca. Tipos de daño: 2 y 3.

Descripción: Zona plana de sedimentación. Entrada y salida del puente presentaron erosión de ambos accesos, que destruyó la protección de los taludes.

Km.1180+720 al Km.1180+800. Tipos de daño: 4 y 6.

Descripción: Se ha producido erosión longitudinal en, aproximadamente, unos 80 mts. destruyendo el carril izquierdo de la carretera. Y, en el Km.1180+800, la entrada así como la salida de la alcantarilla presenta erosión en talud alrededor de los aleros y cabezales. Es una zona plana, se apreció salinización de suelos. Asimismo, se observa erosión regresiva en losa de fondo.

Km.1182+494.90: Puente Carpitás. Tipos de daño: 3 y 5.

Descripción: Salinización de suelos. Tanto a la entrada como a la salida del puente ambas protecciones del acceso izquierdo se encontraron fallados, por erosión de sus bases.

Km.1184+576. Tipos de daño: 1, 3, 4 y 6.

Descripción: Alcantarilla de dos ojos, a la entrada de la alcantarilla, en el lado izquierdo, presenta erosión en zona cercana al alero. A la salida erosión por escorrentía alrededor de la alcantarilla, también, se tiene erosión regresiva en losa de fondo. Zona presenta salinización. También, en Km.1185, alcantarilla de un ojo, se aprecia sedimentación a la entrada. A la salida se observa erosión por escorrentía en zonas adyacentes a los aleros y cabezal. También presenta erosión regresiva en losa de fondo. El suelo se encuentra salinizado. Asimismo, ocurrió erosión longitudinal por el agua de escorrentía que afectó el terraplén (berma).

Km.1186+708. Tipos de daño: 1, 3, 4 y 6.

Descripción: A la entrada de la alcantarilla se observó erosión en las zonas adyacentes a los aleros. A la salida, se tiene erosión regresiva en la losa. También ha ocurrido erosión longitudinal (berma).

Km.1187+005.20: Puente Punta Sal. Tipos de daño: 1 y 2.

Descripción: A la salida del puente en ambos lados, la zona adyacente a la protección de los taludes se encontró erosionada.

- Km.1188+600. Tipos de daño: 1, 2, 3, 4 y 6.
Descripción: Alcantarilla de un ojo, erosión en lado derecho de la entrada. A la salida, erosión regresiva en losa, y erosión por escorrentía en áreas adyacentes a los aleros. También se produjo erosión longitudinal a la salida de la alcantarilla, por el lado derecho, afectando a la berma izquierda de la carretera.
- Km.1189+307.60: Puente Zapotal. Tipos de daño: 2, 3 y 6.
Descripción: A la entrada ambos accesos se encontraron deteriorados. La cimentación de sus protecciones fue socavada. En el lado izquierdo, se produjo erosión longitudinal, aprox. 20 mts. La quebrada es una zona de sedimentación, baja pendiente.
- Km.1191+600. Tipos de daño: 3.
Descripción: La capacidad hidráulica de la alcantarilla fue insuficiente, se destruyó el carril derecho en aproximadamente 15 mts.
- Km.1191+620 y Km.1191+700. Tipos de daño: 6.
Descripción: Aguas abajo, se han producido erosiones longitudinales. El cauce de las aguas corrió en forma paralela a la carretera en esta zona.
- Km.1192+161: pontón Punta Sal: Tipos de daño: 7.
Descripción: Colapsó por asentamiento de estribo, la carretera en esta zona se encontró cortada. La quebrada también recibió el aporte de agua de las partes altas de otras zonas, la que discurrió casi en forma paralela a la carretera.
- Km.1192+200 al 1198+000. Tipos de daño: 1.
Descripción: El tránsito estuvo restringido por la caída de lodo que cubrió la vía.
- Km.1193+635.30: Puente Cancas I: Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: Presentó erosión a la entrada, lado izquierdo, en la protección del talud.
- Km.1194+435: Puente Cancas II: Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: Zona de sedimentación presenta salinización. A la entrada y salida del puente ambos accesos se encontraron erosionados.

TRAMO CANCAS – AGUAS VERDES (Ver Plano IV.2)

- Km.1197+203: Puente Anima: Tipos de daño: 2 y 3.

Descripción: Puente de diez luces. Zona de sedimentación. Entrada lado derecho e izquierdo, la protección del talud se encontró erosionada en sus bases. A la salida, el lado derecho e izquierdo, presentó erosión en las zonas aldañas del alero.

Km.1197+835.Pontón El Anima Tipos de daño: 7.

Descripción: Km.1197+835, el pontón El Anima, fue una estructura de 8.00 metros de luz, que sufrió daños a partir de diciembre de 1997. En febrero de 1998 el pontón colapsó por socavación en su cimentación. Como acciones previas se instalaron alcantarillas de tubo, pero fueron arrastradas por las crecidas de la quebrada.

Km.1201+060.45: Puente Canoas: Tipos de daño: 2, 3 y 7.

Descripción: A la entrada del puente, falla cerca al estribo derecho, se desbordó la quebrada, rompiendo la carpeta en aproximadamente 5 mts.

Km.1205+463.40: Puente Plateritos. Tipos de daño: 2, 3, 7.

Descripción: Zona presenta materiales de sedimentación. A la entrada del puente, falla cerca al estribo derecho del puente ocasionado por el aumento de caudal en la quebrada. Se ha producido la rotura de la carretera por desbordamiento de las aguas de la quebrada. Los muros de gaviones en esta parte se encontraron colapsados. En el lado izquierdo los muros estuvieron arenados. Por otro lado a la salida, lado derecho, los muros de gaviones fueron destruidos, y, en el lado izquierdo se aprecia arenamiento en los gaviones.

Km.1207+400: Puente Curseu: Tipos de daño: 2.

Descripción: Presentó erosión al pie de estribo.

Km.1209+522.70: Puente El Rubio. Tipos de daño: 2, 3 y 7.

Descripción: Zona sedimentación. Tanto a la entrada como a la salida del puente, ambos accesos han sufrido erosión. En el lado derecho, se produjo rotura total de pavimento de 7 metros de largo por 5 metros de profundidad, se interrumpió totalmente el tránsito.

Km.1213+049.50 al 1213+196.18. Tipos de daño: 6.

Descripción: En este tramo el lado derecho de la carretera ha sufrido erosiones laterales que han comprometido a la berma. El agua discurrió del puente Lavejal I al puente Lavejal II.

- Km.1213+049.50, Puente Lavejal I. Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: Puente de cinco luces, en el lado derecho de la entrada al puente, la protección del talud ha fallado por socavación; a la salida la protección, en el mismo lado, ha sido destruida, por asentamiento. Asimismo, el Puente Lavejal II, Km.1213+196.18, de dos luces, a la entrada la protección del acceso izquierdo se destruyó por la socavación que sufrió la cimentación; a la salida del puente las protecciones de los taludes de ambos lados se encontraron fallados por socavación.
- Km.1213+956. Tipos de daño: 7.
Descripción: Alcantarilla Lavejal, ha sido destruida.
- Km.1216+850: badén Cardelitos. Tipos de daño: 7.
Descripción: El badén se encontró destruido. El caudal de la quebrada fue excesivo y las aguas cubrieron completamente el badén. La pista cercana al badén ha sido arrasada
- Km.1218+853.90: Puente Palo Santo: Tipos de daño: 2, 3.
Descripción: Zona de sedimentación, se apreció salinización de los suelos. A la entrada de puente, el muro de gaviones del lado derecho se encontró colapsado por asentamiento. A la salida ambos accesos del puente fueron erosionados, el ala del estribo izquierdo sufrió asentamiento.
- Km.1222+572.60: Puente Huacura: Tipos de daño: 2, 3 y 6.
Descripción: Zona de sedimentación. Ambos accesos a la salida se encontraron erosionados. A la entrada las protecciones de los accesos han colapsado por socavación de la cimentación. Se aprecia por las marcas dejadas en el terreno que el agua discurrió de las partes altas y casi paralelo a la carretera, por ambos lados del carril y por ambas márgenes de la quebrada. Se observó salinización de los suelos.
- Km.1223+100-Km.1223+300. Tipos de daño: 3, 4 y 7.
Descripción: Tramo de carretera cortada. La alcantarilla, Km.1223+200, cuya longitud es de 30 mts. se encontró fallada.
- Km.1231+870.87: Puente Bocapán. Tipos de daño: 2, 3 y 7.
Descripción: Zona de planicie, ambos accesos se encontraron erosionados. Un tramo de puente ha sido cortado en aproximadamente 60 mts. De otro lado, los muros de encauzamiento han sufrido asentamiento.

- Km.1240+368.58 Puente Panteón. Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: A la entrada de puente se observa falla de la protección de talud del acceso derecho, por socavación en sus bases. Se aprecia materiales sedimentados.
- Km.1241+573.50: Puente Tucillal: Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: Daños a la entrada en ambos accesos, erosión en las protecciones de taludes. A la salida erosión en protección de talud del acceso izquierdo. Zona de sedimentación.
- Km.1241+600 al 1243. Tipos de daño: 1.
Descripción: Es un tramo de flujo de lodos, zona de cárcavas, escasa vegetación.
- Km.1244+000. Tipos de daño: 1.
Descripción: La carretera pasa por una zona de relleno de aproximadamente 15 mts. de altura. El cual ha sufrido erosión por escorrentía, en el lado izquierdo, por razón de que las cunetas entregaban el agua de lluvia directamente al talud del terraplén, dañando de esa manera a la berma y comprometiendo la carpeta asfáltica. El terraplén presentó inestabilidad.
- Km.1245+027.50, Puente Caleta Grau. Tipos de daño: 4.
Descripción: Zona de sedimentación. A la salida, lado derecho, la entrega de cuneta se encontró erosionada en su cimentación.
- Km.1246 al 1248. Tipos de daño: 1 y 9.
Descripción: Se observa zona de arrastre de materiales de los cerros. En este tramo se encuentra el Sector Mal Paso, Km.1247+000, ocurrió deslizamiento de cerro, la vía se cubrió de lodo.
- Km.1246+340. Tipos de daño: 1.
Descripción: Alcantarilla de 01 ojo se colmató, se apreció indicio de flujo de lodos. A la entrada, lado derecho del alero, presentó daños.
- Km.1249+124.50, Puente Charán. Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: A la entrada la protección del talud ha sido erosionada, aproximadamente unos 60 mts. de acceso. A la salida, lado derecho e izquierdo, las protecciones de taludes se encontraron erosionados. Por otro lado, a la entrada, en el lado izquierdo, los muros de encauzamiento han sido socavados, se observa asentamiento.

- Km.1250+498.60, Puente La Cruz. Tipos de daño: 2.
Descripción: Daños a la salida del puente, lado derecho, en la protección del talud del terraplén.
- En la progresiva Km.1254+000. Tipos de daño: 1 y 9.
Descripción: Sector La Cruz, sobre la panamericana se encontró aproximadamente, 70 metros de lodo y piedra.
- En el Km.1255+200. Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: El flujo de la quebrada ha socavado en 5 metros la alcantarilla.
- Km.1256+100. Tipos de daño: 1.
Descripción: Alcantarilla fue colmatada, zona de sedimentación.
- Km.1263+865.10, Puente Corrales. Tipos de daño: 1.
Descripción: Se observó materiales de sedimentación. No presentó mayores daños.
- Km.1264+667, Puente Piojo. Tipos de daño: 2, 3.
Descripción: Ambas accesos sufrieron daños. La protección de taludes fallaron por socavación en sus bases.
- Km.1265. Tipos de daño: 6.
Descripción: Erosión longitudinal en el lado izquierdo de la carretera, zona de arrozales, deterioro de la berma.
- A partir del Km.1265+000 hasta Km. 1266+000. Tipos de daño: 1 y 8.
Descripción: Panamericana Norte fue inundada.
- Km.1266+358 al 1266+458.18. Tipos de daño: 6.
Descripción: La carretera ha sido erosionada longitudinalmente por el lado izquierdo, afectando la berma, en dirección al puente El Viejo.
- Km.1266+458.18: Puente El Viejo: Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: A la entrada del puente, lado derecho, se produjo erosión en la base de la protección del talud del acceso.
- Km.1270+000: Puente Héroes del Cenepa: Tipos de daño: 2 y 3.
Descripción: Falla cerca del estribo izquierdo por socavamiento de las aguas de la quebrada.

Km.1283+660 al 1283+860.

Tipos de daño: 6.

Descripción: Tramo afectado por erosión longitudinal, la berma izquierda fue destruida.

Km.1283+860, Puente Quebrada Grande.

Tipos de daño: 2 y 3.

Descripción: La mitad del tramo del puente ha sufrido colapso debido al asentamiento. El asentamiento fue mayor a la mitad del cauce de la quebrada y a la salida del puente; asimismo, ambos accesos a la entrada del puente se encontraron erosionados. La entrega de la cuneta a la salida del puente se fue destruida por erosión en su cimentación.

Km.1284+000.

Tipos de daño: 1.

Descripción: Erosión de bermas como consecuencia de las lluvias.

Km.1293+503 al 1293+703.

Tipos de daño: 6.

Descripción: El tramo ha sido dañado por erosión longitudinal, destruyendo la mitad de la carpeta asfáltica. Las aguas llegaron de aguas arriba de la zona afectada, probablemente debido al desborde del río Zarumilla.

Km.1293+803: Puente Bolsico:

Tipos de daño: 2.

Descripción: Muro de encauzamiento izquierdo y muro de gaviones a la derecha de la salida se encontraron asentados. Erosión local, socavación en la cimentación de los muros. Se observó asentamiento de un pilar intermedio del puente Bolsico.

4.2.3 ESTADISTICA DE LOS DAÑOS OCASIONADOS AL TRAMO IV: DESVÍO TALARA – AGUAS VERDES DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE

Se ha elaborado el presente cuadro estadístico sobre la base de las evaluaciones realizadas en campo al Tramo IV del estudio, la relación de las obras de cruce y tramos afectados se detallan en el Anexo E.

El 1^{er} tramo Desvío Talara a Cancas posee las siguientes características:

Longitud total de carretera pavimentada: 101.97 Km.

Cantidad de Puentes: 12.

Cantidad de Alcantarillas y Pontones: 163.

Por otro lado, el 2^{do} tramo Cancas a Aguas Verdes tiene:

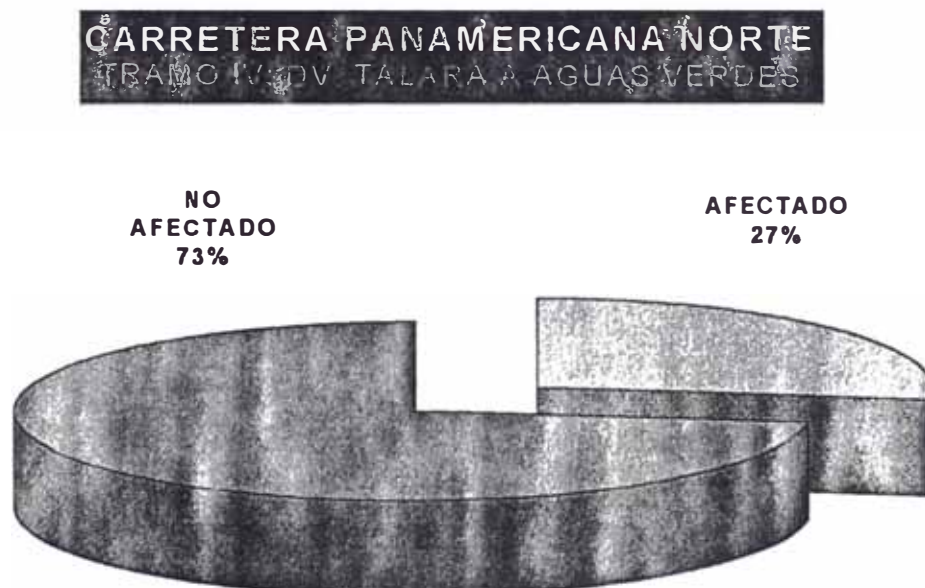
Longitud total de carretera pavimentada: 99.39 Km.

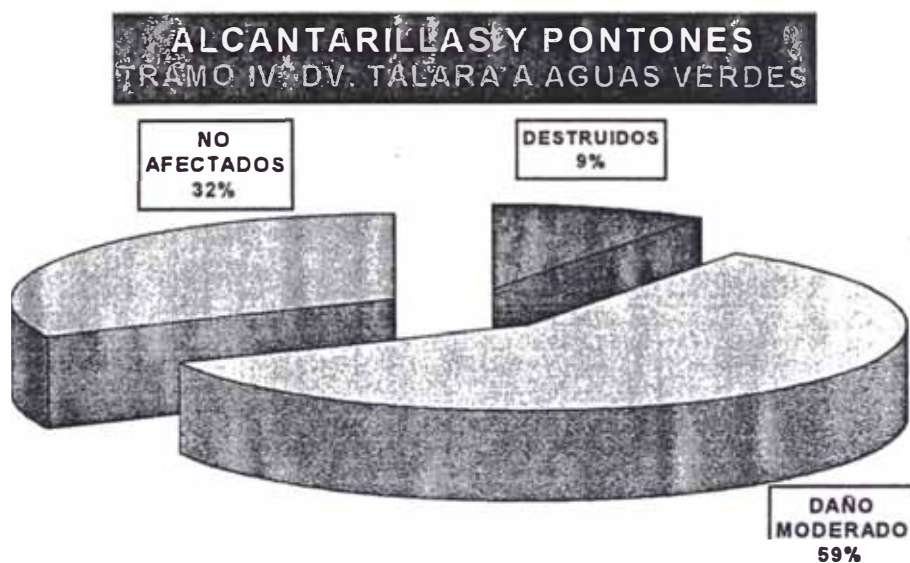
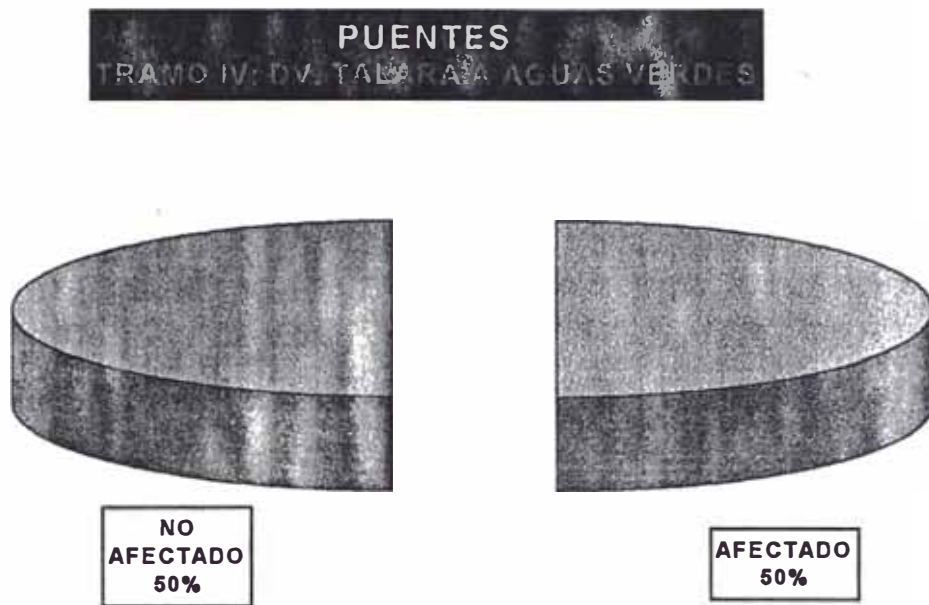
Cantidad de Puentes: 30.

Cantidad de Alcantarillas y Pontones: 252.

| DESCRIPCION | DV. TALARA A CANCAS | | | CANCAS A AGUAS VERDES | | |
|---|---------------------|----------|------|-----------------------|----------|------|
| | TOTAL | AFECTADO | % | TOTAL | AFECTADO | % |
| Carretera (Km) | 101.97 | | | 99.39 | | |
| Erosión lateral, longitudinal y general (tipo 5,6 y 7) | | 21.0 | 20.6 | | 34.0 | 34.2 |
| Puentes (un.) | 12 | | | 30 | | |
| Erosión local (tipo 2) | | 4 | 33.3 | | 17 | 56.7 |
| Erosión transversal (tipo 3) | | 4 | 33.3 | | 14 | 46.7 |
| Alcantarillas y Pontones (un.) | 163 | | | 252 | | |
| Erosión General (tipo 7) | | 15.0 | 9.2 | | 23.0 | 9.1 |
| Erosión transversal, local y regresiva (tipo 2, 3 y 4, respectivamente) | | 72.0 | 44.2 | | 172.0 | 68.3 |

A continuación se representa gráficamente los resultados globales del Tramo IV, Dv. Talara a Aguas Verdes de la Carretera Panamericana Norte:





4.3 EFECTOS DEL FENÓMENO "EL NIÑO" 1997-1998 EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL

De la evaluación anterior se puede concluir que los efectos están íntimamente relacionados con las altas precipitaciones acaecidas como consecuencia del fenómeno "El Niño", así como a la vulnerabilidad de la carretera.

4.3.1 EFECTOS DE LAS QUEBRADAS EN EL TERRAPLÉN DE LA CARRETERA

a. Erosión Lateral.

En el acceso norte del puente Tucillal, la erosión lateral se produjo debido a que el acceso se encuentra en la parte convexa de la curva de la quebrada. En esta zona el efecto de la aceleración centrífuga del flujo de la quebrada

provoca que se incrementen las fuerzas helicoidales, por ende, se tiene mayor poder erosivo.



Foto N°01. Km. 1241+573, Sector Tucillal. Fecha: Feb.98

b. Erosión Longitudinal

Este tipo de erosión se produjo por desbordamiento del flujo de las quebradas. A partir de cierto tirante las aguas empezaron a correr por los terrenos de mayor pendiente y en forma paralela a la carretera.



Foto N° 02. Km. 1191+600. Sector Punta sal.

Fecha: FEB.98

4.3.2 EFECTOS DE LAS QUEBRADAS EN PUENTES

a. Erosión Local



FOTO N° 03.Km.1293+803. Pte. Bolsico Fecha: FEB.98

Producido al pie las estructuras, como estribos, pilares de puentes, etc. Debido a que estos elementos constituyen obstáculos que contribuyen a

la formación de remolinos con capacidad erosiva; a ello hay que añadir el tipo de terreno arenoso, que es fácilmente erosionable; y, los materiales de arrastre como palizadas que al quedar atrapadas, provocan aceleraciones del escurrimiento.

b. Erosión transversal en Puentes

Es un común denominador, el hecho de que la sección hidráulica natural de las quebradas ha sido reducida, debido a que los accesos de los puentes ocupan en parte dicha sección natural. El estrechamiento ha ocasionado la aceleración del escurrimiento provocando

erosiones en los accesos a los puentes, que al no tener una adecuada protección, en muchos casos, han sido arrasados.



FOTO N° 04.Km.1265+463. Pte. Plateritos. Fecha: FEB.98

4.3.3 EFECTOS DE LAS QUEBRADAS EN ALCANTARILLAS Y PONTONES

a. Erosión Local y Transversal



FOTO N° 05. Km.1246

Fecha; FEB.98

En los cruces con las quebradas se ubicaron alcantarillas o pontones de secciones hidráulicas deficientes, que obviamente, no soportaron el

enorme caudal que bajaba por las quebradas. Por consiguiente, al reducirse la sección hidráulica, dificultaron el paso del flujo lo que ocasionó la formación de vórtices o remolinos producto de la aceleración del escurrimiento.

b. Erosión Regresiva.

Es típico este tipo de daños a la salida de las obras de cruce, que empieza con la socavación en el pie de la estructura, para luego avanzar aguas arriba por debajo del elemento de cimentación.



FOTO N° 06. Alcantarilla

Fecha: FEB.98

c. Erosión General

Como resultado de las deficiencias, en lo que respecta a las secciones hidráulicas, las aguas se represaron. A ello, contribuyeron el enorme transporte de sedimentos tanto en suspensión como de arrastre, y, el material biodegradable

flotante que obstaculizaron la entrada a dichas obras de cruce. En consecuencia, las aguas se desbordaron, y posteriormente provocaron el colapso de la obra.



FOTO N° 07. Km.1127+685.

Fecha: FEB.98.

4.3.4 EFECTOS DE LAS LLUVIAS EN LA VÍA

a. Erosión Laminar

Las altas precipitaciones y las fuertes pendientes ocasionaron erosión laminar en los taludes desprotegidos de la carretera, que desestabilizaron el terraplén.

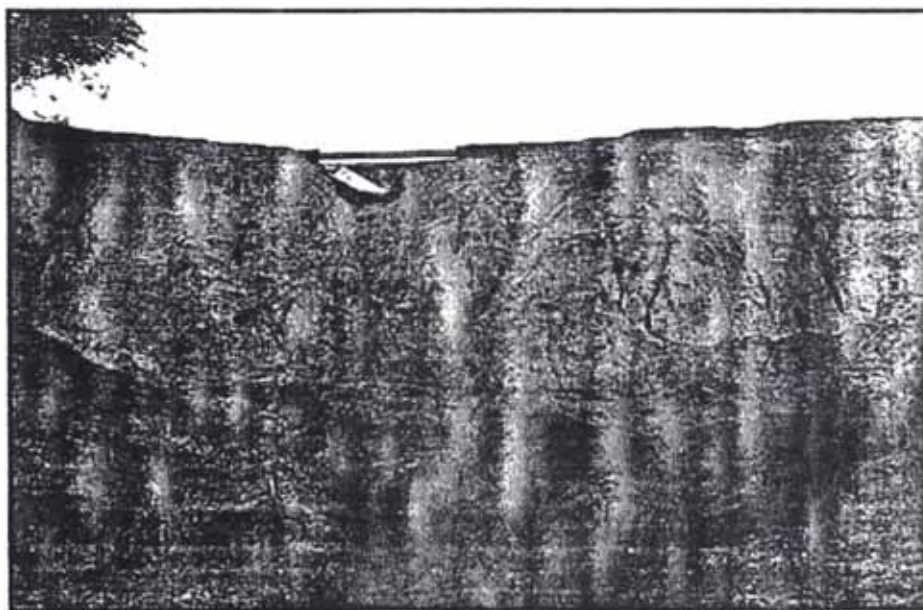


FOTO N° 08. Km.1244.

Fecha: FEB.98

4.3.5 EFECTOS DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA

a. Deslizamiento

Las altas precipitaciones producidas por el fenómeno "El Niño" indujeron a deslizamientos, que si bien es cierto, no es el único factor si es el más importante. Su mecanismo se puede resumir como sigue: a) Precipitación, b) Infiltración e incremento de la presión de agua en el terreno, c) Reducción del esfuerzo cortante, y, d) Falla y desplazamiento de la masa.

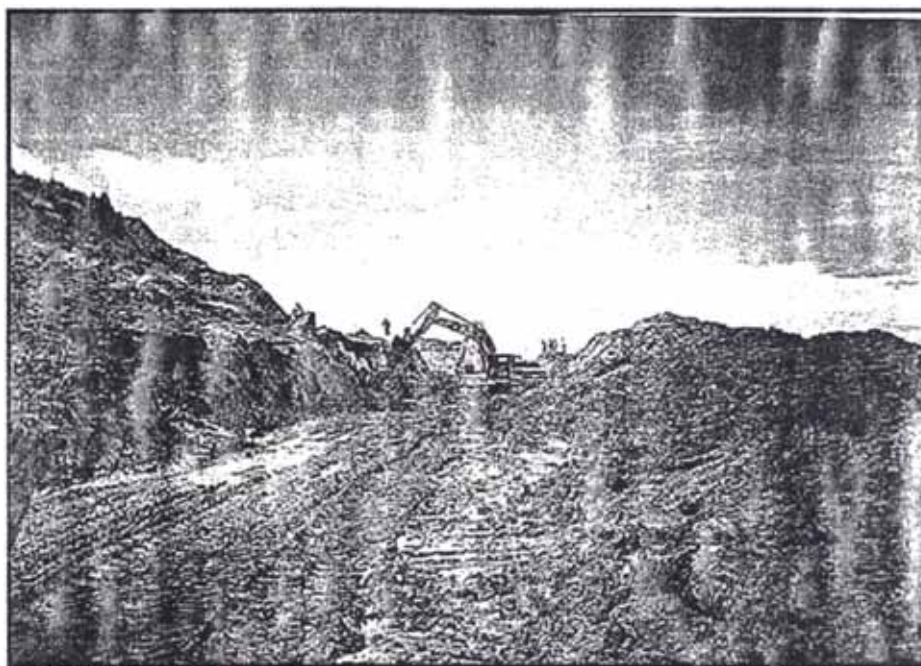


FOTO N° 09. Sector Mal Paso.

Fecha: FEB.98.

4.4 SELECCION Y UBICACION DEL TRAMO DE ESTUDIO MULTIDISCIPLINARIO

La carretera Panamericana Norte es una de las principales vías del país, que ha sido seriamente dañada por las intensas lluvias de larga duración, producidas entre Diciembre de 1997 a Junio de 1998. Precisamente estas lluvias han producido inundaciones y deslizamientos a lo largo del tramo.

La plataforma vial atraviesa básicamente por zonas de geodinámica externa, ya que cruza un sin número de quebradas (abanicos aluviales), que al ser activadas, presentan flujos torrentosos, que bajan hacia el mar con un alto poder erosivo.

Desde el punto de vista del drenaje los factores que han motivado una mayor intensidad de los daños a dicha infraestructura vial son entre otros, la insuficiente capacidad hidráulica de las obras de drenaje para tales niveles de descargas, además de inapropiadas

formas de ubicación de las mismas en la sección respectiva, así como la falta de un mantenimiento adecuado al sistema de drenaje vial.

En general, los puentes han sufrido daños en los accesos, demostrándose con esto, que si se reduce la sección natural de la quebrada, también se está menguando la capacidad de conducción de la misma. Por consiguiente, durante eventos como el presente, la obra tiene un comportamiento hidráulico deficiente. De otro lado, puentes como Quebrada Grande y El Bolsico, han sufrido asentamientos, que han comprometido su comportamiento estructural. Lo que implicaría que la profundidad de erosión en la cimentación, ha sido mayor que la esperada.

En el caso de las alcantarillas, muchas de ellas presentan secciones hidráulicas deficientes, ocasionando erosiones en sus accesos. Los materiales de arrastres, como palizadas, piedras, y, suelos finos y gruesos, contribuyeron a la obstrucción de las alcantarillas. En consecuencia, en ciertas zonas, la carretera se comportó como dique. Asimismo, otras alcantarillas han colapsado por asentamiento, pues, la profundidad de erosión ha sido mayor.

En los casos en que el terraplén ha tenido protección de talud, éstos han fallado, en la mayoría, por socavación en sus bases.

Dentro de este cuadro general el tramo que nos atañe ha sido especialmente dañado debido a que presenta zonas deslizables.

4.4.1 SECTOR: ZORRITOS – CALETA CRUZ (Km1240 al Km1250)

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS

La carretera atraviesa por una zona de formaciones de cárcavas desde el inicio hasta Caleta Cruz. Hay tramos, en los que se observa que la pista se encuentra al pie de los cerros y no muy alejada del mar (entre 50 y 100 mts. aproximadamente, aunque no se han presentado erosión por olas). A partir de La Cruz el eje de la carretera se aleja de la línea de playa, y paulatinamente de los cerros.

Por el tipo de daños causados a la infraestructura vial, y por las rastros dejados, se aprecia que es una zona de arrastres, flujo de lodos y deslizamientos. A lo largo del reconocimiento geológico del tramo: Zorritos – La Cruz, se ha establecido que, la subrasante comprende a arenas no consolidadas en un porcentaje mayor. Y en cortes, la subrasante como el talud, comprende a las lutitas y areniscas de las formaciones Tumbes, Cordalitos y Zorritos; las lutitas se encuentran no muy litificadas, o sea, su compacidad como su densidad estarían en el rango de 2.30 – 2.50 y de 10^3 kg/m³, respectivamente. Las propiedades mecánicas de las rocas, con respecto a las areniscas, como resistencia a la compresión y tracción son diferenciales. El primero se encuentra en el rango de 70 a 660 10^5 Pa, y la tracción entre 5 a 370 10^5 Pa.

Especialmente en el Sector conocido como Mal Paso, ubicado entre los Km.1246+500 y Km.1247+000, en el que se centra nuestro estudio, los parámetros, señalados en el párrafo anterior, fueron alterados por factores de clima y precipitación pluvial intensa de larga duración. Los que influyeron negativamente, causando la disminución de la resistencia al esfuerzo de corte, y la pérdida del estado de equilibrio de la masa por el peso adicional del agua.

PRECIPITACIONES

En el presente proyecto de investigación se tomará en consideración dos grupos básicos de movimiento de masa que son inducidos por la precipitación, a saber:

1. Deslizamientos de primer tiempo.
2. Deslizamientos sobre superficies de corte preexistentes.

El deslizamiento ocurrido en Mal Paso pertenece al primer grupo, debido a que no son profundos y el área de influencia no es muy extensa, en comparación con los deslizamientos preexistentes que tienen profundidades de decenas de metros y alcanzan kilómetros de longitud (un ejemplo de deslizamiento preexistente ocurrió en Drynoch, Columbia Británica, con una longitud de 5.3 kilómetros).

El evento de "El Niño" 1997/98 desató precipitaciones de alta intensidad entre los meses de Octubre/1997 y Junio/1998 y, especialmente, alcanzaron sus valores máximos entre Enero y Marzo de 1998. Habiéndose registrado el máximo máximo en el mes de Enero - Laboratorio Costero de IMARPE (Caleta Grau) -, cuyo valor de precipitación total mensual alcanzó los 1,805.5 mm. Por las características de la distribución espacial de las lluvias en la zona, se desprende que la precipitación es del tipo local (Brown, 1988), pues, la precipitación puede variar de 0.0 mm en Caleta Grau, hasta por encima de los 200 mm en Tumbes (registrado el 8.FEB.98 por IMARPE y PEPT, respectivamente).

Desde el inicio de las precipitaciones se presentaron pequeños derrumbes. Sin embargo, entre el 13 y 14 de Febrero de ese mismo año, una gran parte del Cerro en la zona conocida como Mal Paso se deslizó. Según el diario "El Comercio" (publicado el 15.FEB.98), el "alud sepultó a tres vehículos" que transitaban por la zona. Este deslizamiento se produjo luego de que la precipitación alcanzara los 146 mm el día 13.FEB.98, con una precipitación total mensual antecedente de 1,805.5 mm, la masa de material del cerro movida fue estimada en 34,000 m³, con una longitud aproximada de 400 mts (Ing. C. Cumpa, Informe Final de Obra. Tumbes, Julio 1998). Posteriormente, siguieron otros derrumbes menores, cabe destacar el ocurrido entre el 26 y 27 de ese mismo mes (el 26.FEB.98, se registró una precipitación de 144 mm).

La mayor parte del trabajo detallado sobre relaciones empíricas entre la precipitación y deslizamientos de primer tiempo se ha llevado a cabo en América (principalmente la zona costera de California) y en Hong Kong. Es interesante notar que los deslizamientos están asociados a un patrón de precipitación, cuya curva esta formada por segmentos horizontales y ascendentes, conocidos en Japón como tormentas tipo "J" (Campbell, 1975), y que ha sido utilizado alrededor del mundo, por ejemplo en Nueva Zelanda (Phillips, 1988), Japón (Shimizu, 1988, Kawamura y Sano, 1989), Canadá (Eisbacher y Clague, 1981) y Hong Kong (Brand et al, 1985). (Ver Anexo B)

Lo ocurrido en Mal Paso no es una excepción, demostrándose así, que los deslizamientos están asociados a precipitaciones locales de alta intensidad y de corta duración, como se muestra en la figura N° 01. (Ver Anexo B)

| ESTACION: CALETA GRAU (IMARPE) | | |
|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| FEBRERO | PRECIPITACION DIARIA (mm) | PRECIPITACION ACUMULADA (mm) |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 1.4 | 1.4 |
| 3 | 52 | 53.4 |
| 4 | 0 | 53.4 |
| 5 | 100 | 153.4 |
| 6 | 4 | 157.4 |
| 7 | 0 | 157.4 |
| 8 | 0 | 157.4 |
| 9 | 0 | 157.4 |
| 10 | 0 | 157.4 |
| 11 | 0.2 | 157.6 |
| 12 | 37 | 194.6 |
| 13 | 146 | 340.6 |
| 14 | 32 | 372.6 |
| 15 | 0 | 372.6 |
| 16 | 51 | 423.6 |
| 17 | 33 | 456.6 |
| 18 | 17 | 473.6 |
| 19 | 0 | 473.6 |
| 20 | 0 | 473.6 |
| 21 | 56 | 529.6 |
| 22 | 0 | 529.6 |
| 23 | 0 | 529.6 |
| 24 | 0 | 529.6 |
| 25 | 46 | 575.6 |
| 26 | 144 | 719.6 |
| 27 | 3 | 722.6 |
| 28 | 0 | 722.6 |

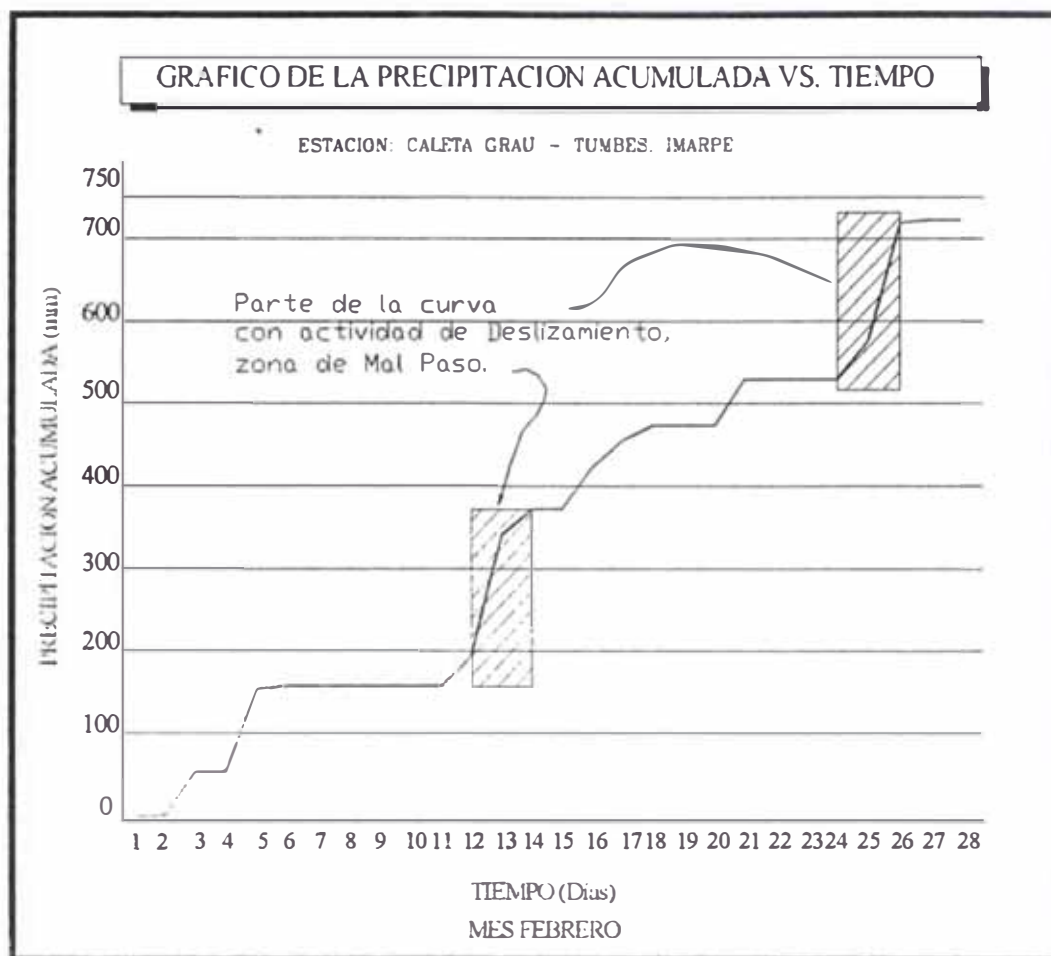


FIG. N° 01. CURVA DE PRECIPITACION TIPO "J".

Fuente: Estación Caleta Grau. IMARPE

Sin embargo, es difícil considerar el rol de la precipitación como agente de deslizamientos sin tomar en cuenta las condiciones naturales del terreno. En general, se pueden identificar dos grandes grupos, 1) Aquellas inclinaciones mayores que 25° , formados por materiales débiles y deleznales, y que están expuestos a mayores incrementos de la presión de agua pueden ser definidos como susceptibles a la precipitación que inducen fallas de primer tiempo. 2) Algunas inclinaciones, cercanas a un factor de seguridad de 1.0, que consisten en capas subyacentes de materiales de alta plasticidad son susceptibles a deslizamientos sobre superficie de corte preexistentes y también a deformaciones periódicas, (T. P. Gostelow). Se requiere así una técnica de identificación y zonificación de áreas críticas que tome en cuenta un número de factores relacionados. Los más importantes son:

1. Clima Local.
2. Frecuencia de 24 horas con precipitaciones mayores que 100 mm.
3. Topografía/ángulo de inclinación y geometría.
4. Clasificación de suelos /estructura.
5. Profundidad del nivel de agua (zona saturada) e Hidrogeología Regional.
6. Propiedades Geotécnicas, incluyendo características de compresión – tensión y esfuerzos de corte.
7. Variaciones potenciales en la presión de poro del agua en i) zona no saturada, y ii) zona saturada.

COMPORTAMIENTO GEODINÁMICO

En este sector se han producido más que en los demás subtramos, desequilibrios de talud por corrimiento del terreno, originando flujo de lodos, que obedecen a las leyes de la hidrodinámica de fluidos viscosos y rígidos. La influencia de la naturaleza del terreno limo- arcilloso con infiltraciones de agua, han provocado los corrimientos y la pérdida de las características mecánicas de las lutitas ocasionando arrastres de materiales. La zona es semidesértica o semiárida, las arcillas alcanzan su máxima retracción en verano llegando a agrietarse profundamente, cuando llegan las lluvias todas las fisuras se llenan de agua, la arcilla se hincha perdiendo su resistencia mecánica, a lo que contribuye la presión hidrostática.

T. P. Gostelow señala que las precipitaciones provocan movimientos de masa por aumento de las presiones de aire o agua del terreno, (u_w) y (u_a) respectivamente, siguiendo la infiltración. Esto reduce el esfuerzo cortante efectivo, s , que para suelos saturados es expresada usualmente por:

$$s = c' + (\sigma - u_w) \tan \phi'$$

y para suelos no saturados (Fredlund, 1987) por la siguiente expresión:

$$s = c' + (\sigma - u_a) \tan \phi' + (u_a - u_w) \tan \phi_b$$

Donde c' es la cohesión del suelo, σ es el esfuerzo normal total, ϕ' es el ángulo de fricción, u_a es la presión de poro del aire y u_w es la presión de poro del agua. El ángulo de fricción ϕ_b es igual a la inclinación de un plano de succión matriz ($u_a - u_w$) versus el esfuerzo de corte, cuando $(\sigma - u_a)$ permanece constante. Este mecanismo de inicio puede ser dividido en cuatro pasos interconectados:

1. La tormenta, o evento de precipitación.
2. La infiltración y el incremento de la presión de agua en el talud del cerro.
3. La reducción del esfuerzo cortante.
4. Falla y desplazamiento a lo largo de la superficie de corte.

En el área crítica, conocida con el nombre de Mal Paso, se han producido deslizamientos que han comprometido muy seriamente a la carretera, paralizando en forma total el tráfico vehicular, el movimiento de tierra alcanza a miles de toneladas, los deslizamientos antiguos se han reactivado y otros nuevos, aparentemente, presentan caracteres de catastrófico. Su origen se ha explicado, siendo uno de los factores fundamentales y concomitantes el hidrogeológico en sus dos formas, aguas de escorrentía y aguas subterráneas.

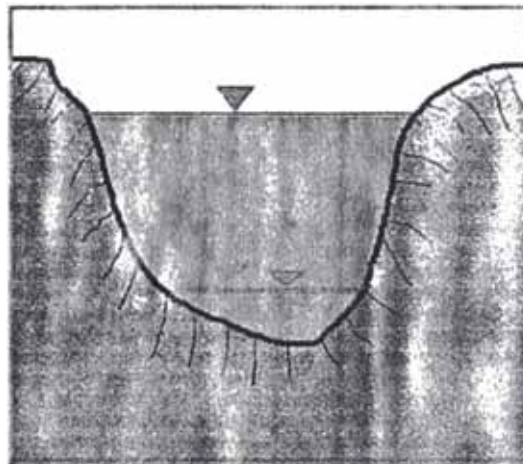
En esta zona prima la formación Cordalitos (mc) constituido principalmente por lutitas de color gris marrón jabonosas, intercaladas por lutitas marrón azufrosas, etc. Este horizonte es el más débil de la formación Cordalitos, poco resistente a la meteorización física.

4.5 OTROS PUNTOS CRÍTICOS

Como bien ha destacado TRICART, J. durante mucho tiempo los ingenieros fueron olvidando que construyen sus obras sobre una corteza terrestre de alta movilidad, en la cual los procesos exógenos y endógenos determinan las condiciones que afectan a la obra civil cuyos parámetros deben ser aquellos que la ligan al sistema natural y no los de cálculo.

Las torrenciales lluvias acaecidas entre los meses de Diciembre de 1997 y junio de 1998, provocaron fenómenos conocidos como: Crecientes e Inundaciones. Todas las quebradas experimentaron aumento de caudal, en algunas, se produjeron desbordes sobre la carretera e inundaron las áreas aledañas. Estos dos fenómenos son diferentes y pueden presentarse simultáneamente y asociadas.

La creciete es un fenómeno hidrológico puro y representa un aumento significativo del caudal, que cuando se produce, por ejemplo, en un cañón morfológico no origina estrictamente una inundación (Fig. N° 02, adjunto).



En cambio la inundación es un fenómeno controlado por la Geomorfología e indica la existencia de condiciones topográficas que permiten que el exceso de caudal se distribuya sobre áreas periódicamente anegables. Como es el caso de la zona de la Carretera

Panamericana Norte, cuya topografía y geomorfología se ha analizado en el Capítulo 3, concluyéndose que es una zona llana, y por ende, presenta áreas inundables.

En valles amplios (por ejemplo: Quebrada Pariñas, Quebrada Honda, Quebrada Bocapán, Valle de Tumbes, etc.), normalmente la creciente origina la inundación a causa de la existencia de unidades morfológicas de distinto nivel que permiten a aquella propagarse progresivamente sobre las últimas (Fig. N° 03).

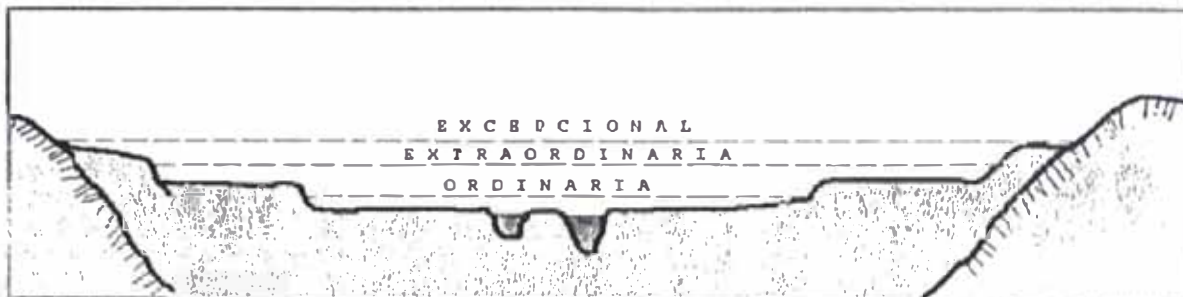


FIG. N° 03.

Resumiendo podemos decir que puede darse una creciente sin inundación y una inundación sin creciente, como valores límites de una serie de situaciones intermedias que corresponde a un doble condicionamiento: hidrológico-morfológico.

4.5.1 QUEBRADA PARIÑAS

ANTECEDENTES

Anteriormente la carretera Panamericana atravesaba la quebrada Pariñas mediante un badén de 500 mts. de longitud, pero, como consecuencias de lluvias provocadas por "El Niño" del año 1983, destruyó dicho badén, que fue rehabilitado inmediatamente; sin embargo con las lluvias intensas del año 1987, el caudal de la quebrada nuevamente se incrementó destruyendo el badén una vez más. Se planteó como solución definitiva realizar el cambio del badén por un puente.

Mediante la Aerofotografía se puede observar que la quebrada Pariñas se bifurca en dos cauces o brazos, a 2 Km. de distancia de la carretera y que hemos llamado Brazo Sur y Brazo Norte sobre los cuales se han diseñado los puentes "Pariñas I" y "Pariñas II" de 150 mts. y 90 mts. de longitud aproximada. Cabe mencionar, que el Brazo Norte recibe el caudal de una quebrada más pequeña llamada "Gavilanes" que desemboca a unos metros aguas arriba de la carretera.

CARACTERÍSTICAS DE MECÁNICA DE SUELOS

La unidad litológica expuesta en el área de ubicación del puente sobre la quebrada Pariñas queda definida por sedimentos de origen fluvial,

conformado casi masivamente por una mezcla de arenas y limos en la que prevalecen las arenas. El nivel freático es casi superficial. Erráticamente, pequeñas capas de arcilla inorgánica con medianas características de plasticidad y comprensión intercalan este estrato predominante.

Según el estudio realizado por LAGESA, se ha utilizado la expresión de Terzaghi – Peck deducidas para zapatas aisladas, considerando además la eventualidad de las aguas subterráneas. Con respecto a la Profundidad de Socavación, ha sido calculada aplicando el criterio propuesto por Yaroslavziev para suelos sin cohesión, habiéndose obtenido una profundidad promedio de 7.00 mts. Los puentes tienen una cimentación de tipo CAISSON ABIERTO, con las siguientes características:

| | <i>PTE. PARIÑAS I</i> <i>(1097+470-620)</i> | <i>PTE. PARIÑAS II</i> <i>(1097+905-995)</i> |
|---|--|---|
| Capac. Admisible (kg/cm ²): | 1.50 | 1.80 |
| Profundidad (mts.): | 8.00 | 5.00 |
| Cota fundación (msnm): | 17.05 | 19.05 |
| Longitud de puente (mts.) | 150.00 | 90.00 |

COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

La obra de cruce en la Quebrada Pariñas, se localiza, aproximadamente, entre el Km.1097+260 y Km.1098+200. A diferencia de las quebradas de la sierra que son angostas y de fuerte pendiente, ésta presenta un área de planicie y de pendiente suave. Aguas arriba de la zona de contacto, se aprecia numerosas formaciones de cárcavas. Las cárcavas son más comunes en los suelos francos con alto contenido de limo y arena fina de poca agregación, especialmente en las zonas semidesérticas y tropicales con lluvias de alta intensidad, como es el caso de la costa norte. Por lo que, durante el evento las aguas de la quebrada llevaron gran cantidad de elementos de arrastres, tales como, palizadas, gravas, suelos finos y gruesos, que a juzgar por lo visto, menguaron la capacidad hidráulica de las baterías de alcantarillas y de los puentes, no permitiendo el flujo eficiente de las aguas. Lo que se agravó por los numerosos ojos o luces de estas obras de drenaje, que obstaculizaron el paso de los materiales de arrastres. Se ha podido observar acumulaciones de palizadas en las pilas de los puentes que redujeron la sección hidráulica, y por ende, contribuyeron a la aceleración del escurrimiento y al aumento de la capacidad erosiva del flujo de quebrada.

Adicionalmente, el poder erosivo del enorme caudal que discurría por la quebrada, motivaron que los accesos fueran totalmente destruidos, quedando

únicamente en pie los dos puentes (Ver lámina IV.1). Esto se entiende puesto que la protección de los taludes de accesos, casi en todos los casos, han fallado por socavación en las bases, y al estar desprotegidos los terraplenes de los accesos son fácilmente erosionables por el agua. Por otro lado, se ha observado salinización de suelos.

4.5.2 QUEBRADA HONDA

CARACTERÍSTICAS DE MECÁNICA DE SUELOS

La sección estratigráfica detectado en el tramo explorado a través de la quebrada indica que ella corresponde a una deposición fluvial integrada casi masivamente, tanto en extensión horizontal como en profundidad por un conglomerado gravo arenoso, en el que ha medida que se va descendiendo se observa una disminución de las gravas y un incremento de las arenas. El suelo, que constituye la capa que cubre toda la zona comprometida del proyecto, ha sido clasificado como arena bien o mal graduada y/o arena limosa.

La verificación de la estabilidad por asentamiento se ha efectuado aplicando criterios de Terzaghi en las capas comprensibles inferiores, el resultado obtenido fue: 2.0 kg/cm². La erosión del fondo del cauce en la quebrada ha sido calculada utilizando el criterio propuesto por Yaroslavziev para suelos sin cohesión en el que se ha tomado en cuenta los factores esenciales como velocidad de flujo, área hidráulica, tirante probable, rasgos de los materiales, etc., se ha calculado una profundidad promedio de 7.00 mts.

| | <i>PTE. HONDA</i> <i>(1103+340 -632)</i> |
|---|---|
| Capac. Admisible (kg/cm ²): | 2.00 |
| Profundidad (mts.): | 7.00 |
| Cota fundación (msnm): | 46.00 |

COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

La zona tiene características similares a la Quebrada Pariñas, pues, es una zona de planicie y baja pendiente, las arenas y gravas recubren el lecho de la quebrada. Aguas arriba del puente se observan formaciones de cárcavas en ambas márgenes de la quebrada, por lo que se entiende que es un sector de poca resistencia a la erosión por escorrentia. Actualmente, existen materiales de sedimentación, en mayor porcentaje se aprecian las arenas, además, se observa materiales de arrastre como árboles y arbustos acumulados en los pilares de los puentes (44 apoyos), que han reducido la capacidad de conducción, habiendo provocado que, en un determinado momento, el flujo de

la quebrada se realice por encima de la rasante del puente. El puente no sufrió daño estructural.

A la entrada del puente, en el lado derecho, los muros de encauzamiento de concreto están colapsados por socavación en la cimentación, no han cumplido con su función, pues el acceso norte está destruido y el terraplén en ese lado ha sufrido erosión lateral (Ver lámina IV.2). Adicionalmente, del Km.1103+630 al Km.1104+430, (aproximadamente 800 mts.), la erosión lateral destruyó parcialmente la plataforma. Precisamente, en este sector se ubica la plataforma de la carretera que intercepta al flujo de la quebrada, en avenidas, formando una curva cóncava con el cauce de la quebrada. Por lo observado en el campo, la carretera impidió que el flujo de la quebrada inundara las zonas bajas, funcionando como dique, que al no contar con la protección necesaria contra la erosión lateral, sufrió la destrucción parcial del pavimento. Por otro lado, se ha observado salinización de suelos.

4.5.3 QUEBRADA GRANDE

CARACTERÍSTICAS DE MECÁNICA DE SUELOS

El lecho de la quebrada es similar al de la mayoría de las quebradas de la zona norte, es decir, los materiales predominantes son las arenas del tipo SP y SM. (Anexo C)

Prácticamente, las arenas no presentan resistencia al esfuerzo por corte. Por ello, son fácilmente erosionables por el flujo de la quebrada.

La capacidad admisible de carga se estima entre 1.0 a 1.5 kg/cm², para el caso de suelo arenoso. En caso de suelos residuales de rocas terciarias alteradas como conglomerado de gravas arenosa puede llegar a 2 kg/cm² (A. Martínez V. 1998).

COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

Km.1283+860, durante los meses de Enero y Febrero, las crecidas extraordinarias de la Quebrada Grande, erosionaron los terraplenes de ambos accesos con mayores daños en el acceso norte. Se protegió con material de relleno y roca desde el momento en que se produjeron los daños, a pesar de ello hubo restricción vehicular.

El enorme caudal que discurría por la quebrada arrastró gran cantidad de sedimentos y palizadas que obstruyeron las numerosas alcantarillas (07 aberturas). El 09.FEB.98 colapsa la mitad del Puente Quebrada Grande (primer

tramo) por socavación, causando el asentamiento y volteo de la estructura, el asentamiento fue mayor en la parte central (un metro), (Ver lámina IV.3).

La estructura de cruce tiene una longitud aproximada de 50 m, sin embargo tiene siete aberturas que reducen su sección hidráulica e hicieron dificultosa la evacuación del flujo de la quebrada, pues, la biomasa flotante (vegetación y palizadas) fácilmente es atrapada entre estas aberturas.

Posteriormente, a medida que decrecía el caudal su poder erosivo fue menguando, y, los sólidos en suspensión y de arrastre se fueron sedimentando elevando el nivel del lecho de la quebrada (0.50 m. en el cruce).

4.5.4 ALCANTARILLAS Y PONTONES

ANTECEDENTES

La Carretera Panamericana Norte fue afectada por el fenómeno "El Niño" de 1982/83, las altas precipitaciones superaron todos los registros históricos con los que se contaba. Así tenemos, que en Tumbes la precipitación fue 29 veces más de lo normal y en Talara 226 veces más.

En el tramo Desvío Talara – Aguas Verdes, las estructuras de drenaje fueron insuficientes hidráulicamente y muchas quedaron destruidas. Otras quedaron completamente colmatadas haciendo que la carretera funcione como un dique.

En el Estudio para la Rehabilitación de la Carretera realizado, posteriormente, en el año 1986 no se tomó en cuenta este evento por razones sobre todo económicas y por la naturaleza del trabajo (rehabilitación).

CARACTERISTICAS DE MECANICA DE SUELOS

Los suelos que predominan en las quebradas, en las que se ubican alcantarillas y pontones, son del tipo SP y SM, de origen aluvial, fluvial, marino y eólico. (Anexo C)

Cuando están expuestos a intensas precipitaciones e inundaciones se presentan los siguientes principales problemas:

- Son de fácil erosión, aún en los suelos más o menos densificados.
- Erosión fuerte no controlada, ni con obras preventivas de encauzamiento y defensas ribereñas.

- Socavación principalmente en la cimentación de las obras de cruce (alcantarillas, pontones, etc.).
- Fenómeno de licuación por efecto sísmico que al momento no se ha observado, pero, es posible por ser una zona de alto nivel sísmico.

A ello se añade la salinización de los suelos, que fue observada en campo después del evento, en la mayoría de las quebradas a lo largo del tramo. Asimismo, la información existente y resultados químicos de la referencia de Romano (1998), indican presencia importante de sales y sulfatos en las rocas alteradas y suelos residuales de las formaciones Zorritos y Máncora.

COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

Alcantarilla Km.1098+800

En el Km.1098+800 se encuentra la alcantarilla de marco de concreto armado de sección 2.00x2.00 mts. A la entrada de la alcantarilla se observa erosión en el terraplén. A la salida destrucción del terraplén que cubre la mitad de la alcantarilla. La alcantarilla trabajo a tubo lleno, la sección hidráulica no fue suficiente, posteriormente el agua desbordó por la carretera, ocasionando que el terraplén fuera destruido por completo, aproximadamente, en unos 40 mts., precisamente por esta zona cortada se ha establecido el nuevo cauce de la quebrada. Es necesario señalar, que la quebrada no sólo lleva agua limpia sino materiales de arrastre y palizadas, toda vez que el suelo de la zona es fácilmente erosionable.

Asimismo, del Km.1098+884 al Km.1099+020, se presentó erosión longitudinal ocasionado por las aguas provenientes de otras quebradas. Por consiguiente se destruyó el carril izquierdo, y el pavimento sufrió fisuras longitudinales (Ver lámina IV.4).

Alcantarilla Km.1127+685.70

En el Km.1127+685.70, se encuentran dos alcantarillas, una es del tipo marco de concreto armado de dos ojos, cuya sección es de 1.50x1.50 mts. y la otra, consiste en 02 tuberías metálicas corrugadas de diámetro igual a 2.00 mts. Estas alcantarillas no han sido suficientes para evacuar las aguas, pues, fueron obstruidas por sedimentos y palizadas, además, estuvieron expuestas a socavación en sus bases, y posteriormente, el agua pasó por encima de la rasante de la carretera, lo que ocasionó el colapso de las alcantarillas. El terraplén fue cortado en aproximadamente 25 mts. (Ver lámina IV.5).

Alcantarilla Km.1146+010

Km.1146+010, está ubicada la alcantarilla tipo marco de concreto de dos ojos, cuya sección hidráulica es de 2.00x2.00 m., cada uno. A la entrada, lado izquierdo, la protección del talud falló. A la salida, en ambos lados, las protecciones de taludes también fallaron. Se presentó erosión regresiva en losa de fondo. Fue obstruida por palizadas y materiales de arrastre.

Del Km.1146+010 al Km.1146+090 (80 mts.), el terraplén de la carretera funcionó como dique acumulando el agua de la quebrada. Posteriormente, el flujo de la quebrada rebasó la rasante de la vía y el poder erosivo del caudal destruyó la plataforma de la carretera, precisamente por esta zona pasa el nuevo cauce de la quebrada (Ver lámina IV.6). Se produjo erosión longitudinal a ambos lados de la carretera, destruyó el carril izquierdo en una longitud de 50 mts., el resto del tramo (aproximadamente 200 mts.) afectó las bermas.

Alcantarilla Km.1173+050

La alcantarilla Km.1173+050, tipo marco de concreto, de tres ojos y cuyas secciones son de 2.00x2.00 mts. se encuentra ubicada en una zona plana de lecho arenoso con gravas, sus riveras están cubiertas de vegetación producto de las intensas lluvias. La alcantarilla sufrió la acometida de la fuerza erosiva del flujo de la quebrada que llevó gran cantidad de sedimentos y palizadas, que redujeron considerablemente la sección hidráulica de la alcantarilla. El agua se represó para luego desbordarse por la rasante, provocando erosión del tipo general. La alcantarilla colapsó y el tramo de la carretera fue destruido en aproximadamente 70 mts. (Ver lámina IV.7).

Pontón Punta Sal, Km.1192+161

Km.1192+161, pontón Punta Sal, cuya sección hidráulica es 8.00x2.00 mts. colapsó por asentamiento de estribo, la carretera en esta zona se encuentra cortada. La quebrada también recibió el aporte de agua de las partes altas de otras zonas, la que discurrió casi en forma paralela a la carretera. (Ver lámina IV.8)

4.5.5 TERRAPLENES GENERALIDADES

La dinámica de los movimientos de masa de agua en la zona ha modificado la topografía generando quebradas, cárcavas y taludes inestables

en las laderas de cerros y en los terraplenes de la carretera, por otra parte el mar esta muy cerca y juega un papel modelador generando una playa arenosa.

Cabe recalcar, que los terraplenes cortan en forma perpendicular los cauces de las quebradas, afectando el talud expuesto al lado Este de donde llega la avenida de flujos de agua, lodo y palizadas. Y que al encontrarse sin protección son fácilmente dañados.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

Los tramos afectados se encuentran ubicados en el afloramiento del terciario de la formación Zorritos y sólo una parte pequeña pertenece a la formación Tumbes que prácticamente están al borde del mar y forman los cerros más altos de la zona.

Por el tipo de roca y suelos residuales especiales existentes, la convierten en una zona inestable, cuyo comportamiento se activa cuando está contaminado por filtraciones de aguas, o saturados en época de lluvias.

COMPORTAMIENTO GEODINÁMICO

Sector KM.1244

Como consecuencia de las intensas precipitaciones, que alcanzaron 1,805.0 mm. en el mes de Enero y 722.6 mm. en Febrero (Laboratorio Costero de IMARPE, Caleta Grau), el terraplén ubicado entre el Km.1244+050 y el Km.1244+140, cuya altura estimada es de 15.0 metros, sufrió los efectos de la erosión laminar y de la infiltración del agua de lluvia.

Por consiguiente, esta situación provocó la inestabilidad de su talud, evidenciándose formación de cárcavas y agrietamientos en la carpeta asfáltica paralelos al eje de la vía, que comprometieron la estructura del pavimento en unos 90 metros de longitud aproximadamente, (Ver lámina IV.9).

SECTOR TUCILLAL

En este sector, Km.1241+500, la carretera se encuentra en la parte cóncava de la curva de la quebrada lo que ocasionó una turbulencia muy pronunciada. En consecuencia, las fuerzas de arrastre fueron mucho mayores, asimismo, por la acción de la fuerza centrífuga el proceso erosivo se incrementó en esta zona.

Es así, que el 08 de febrero de 1998 se registró una precipitación de 230.0 mm –Estación Campo Sede -, agudizándose el problema por razón de

que el flujo de la quebrada erosionó lateralmente en, aproximadamente, 80 m. el acceso norte del puente que no contaba con protección alguna, destruyéndolo, e interrumpiendo el tránsito vehicular. De otro lado, el cerro ubicado al lado izquierdo de la vía, se derrumbó por el exceso de agua que saturó el material (Ver lámina IV.10).

Si bien es cierto, que la zona seleccionada como la más crítica es la que se encuentra entre Zorritos y Caleta Cruz (10 Km) por presentar zonas inestables, sin embargo, algunos sectores como se ha podido apreciar, que por su extensión, grado de incidencia del daño, peculiaridad e importancia, no pueden ser obviados. Es por ello, que las medidas de mitigación que se recomiendan abarcaran también a estos sectores, evidentemente, con mayor incidencia y consideración a la zona comprendida en el Sector de Mal Paso.

CAPITULO V

MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL TRAMO SELECCIONADO

La mitigación de desastres generalmente implica tres puntos, y son: 1) reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, 2) modificar la exposición al peligro del lugar, y/o 3) cambiar su función. Asimismo, las medidas de mitigación pueden dividirse en: estructurales y no estructurales ¹. Los ejemplos de **medidas estructurales** que pueden mitigar los efectos de los peligros naturales incluyen códigos de construcción y especificaciones técnicas de materiales, reacondicionamiento de estructuras existentes para que sean menos vulnerables al peligro, y dispositivos de protección tales como muros de contención. Las **medidas no estructurales** se concentran en identificar áreas propensas a peligros y a limitar su uso. Los ejemplos incluyen la zonificación para uso de terrenos, reubicación espacial hacia zonas más seguras, entre otros. La mitigación estructural frecuentemente tiene un costo directo alto que debe ser adicionado a los costos del proyecto. En cambio, las medidas no estructurales pueden tener algún costo de capital y/o costo operativo pero, por lo general, son menores que los costos estructurales ².

Cabe señalar, que el presente trabajo de investigación plantea las medidas de mitigación basadas en un **examen preliminar**, que obviamente, **son susceptibles a las modificaciones respectivas** por el estudio definitivo ulterior, en conformidad al análisis beneficio/costo.

^{1,2} *CISMID, CERESIS, OEA. Curso Internacional sobre Mitigación de Desastres "Uso de Información de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de Inversión". Lima, Octubre 1992*

5.1 GENERALIDADES

Recordemos, que los daños ocasionados a la infraestructura vial son de origen hidrometeorológico. Por tal razón, el análisis hidrológico que se desarrolló en el estudio para la rehabilitación de la carretera después de “El Niño” de 1983, reviste especial importancia.

A continuación, presentamos algunas explicaciones de investigaciones realizadas con anterioridad³ referente al tema:

- El evento deforma la distribución normal de la precipitación.
- Cuando se realizó el estudio, se determinó que el evento tenía cierta periodicidad, aunque no se llegó a precisar. Por esta razón se diseñó para un periodo de retorno de 50 años y no para 100 años, con este último los valores de las descargas serían mucho mayores.
- Si se hubiera tomado los valores del evento extraordinario (1983), entonces lo que se estaría diseñando serían unas superestructuras.
- La naturaleza del trabajo (Rehabilitación) que se ejecutó para la carretera, limitaba el presupuesto.
- Siendo el factor económico limitante, la agencia internacional y los diseñadores, tomaron criterios en función a la vida útil que esperaban de las obras de drenaje.
- La carretera después del evento debió ser reconstruida, no rehabilitada, porque se ejecutaron estructuras como alcantarillas, pontones o puentes que se sabía no iban a soportar otra avenida similar a la producida por “El Niño” de 1983.

En resumen, según estas consideraciones, la carretera Panamericana Norte, por la naturaleza de los trabajos de rehabilitación ejecutados, se presentaba vulnerable frente al fenómeno que se avecinaba, a saber, “El Niño” de 1997-1998.

Las alternativas propuestas se formularán tomando en consideración los tres puntos señalados al principio.

³ *MINAYA ESPINOZA, Elsa. Planeamiento y Desarrollo de un Esquema de Drenaje Vial en el ámbito del Fenómeno “El Niño” Carretera Panamericana Norte Sullana – Aguas Verdes. FIC –UNI. Lima 1996.*

5.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Las consideraciones de diseño de **carácter preliminar**, se han basado en el reconocimiento previo de los efectos y características del desastre, recomendaciones técnicas dadas por los asesores en campo, e informes de evaluación de daños y estudios de transitabilidad del SINMAC. Las alternativas propuestas, no contemplan el análisis económico de beneficio/costo, que deberá realizarse en el estudio definitivo.

En síntesis, se puede decir que los dos grandes problemas se han presentado en: Estabilidad de taludes y Drenaje. El tramo crítico, respecto al primero, es el sector conocido como Mal Paso ubicado entre el Km.1244+500 y Km.1247+500. Referente al segundo punto, los mayores efectos se han tenido en las obras de cruce ubicadas en las diferentes quebradas. Las soluciones aquí planteadas pueden ser aplicadas por extensión, a las demás zonas que presentan similares características

5.2.1 DISEÑO Y EJECUCION DE LOS TRABAJOS DE MITIGACION CONTRA DESLIZAMIENTOS

Los criterios y alternativas propuestas se han tomado del "Manual de Protección de Taludes" de la Asociación de Carreteras del Japón.

A. ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DESLIZAMIENTO

El Análisis de Estabilidad de Deslizamientos requiere un tratamiento especial y específico para poder tomar soluciones adecuadas. Se sugiere se incorporen las consideraciones siguientes en el estudio definitivo:

- 1) Análisis del deslizamiento
 - a) Preparación del perfil geológico.
 - b) Localización y forma de la superficie de deslizamiento.
 - c) Preparación del mapa de contorno del basamento.
 - d) Distribución de la presión de poros.
 - e) División de bloques de deslizamiento.

- 2) Cálculos de estabilidad
 - a) Factor de seguridad del talud y factor de seguridad planeado.
 - b) Peso específico de la masa de suelo.
 - c) Determinación de los coeficientes del material deslizable.

- 3) Determinación del factor de seguridad planeado y medidas de protección
 - a) Remoción de tierra.
 - b) Contrafuerte.
 - c) Combinación de remoción de tierra y contrafuerte.
 - d) Trabajos de prevención.

B. CRITERIOS DE SELECCION DE LAS MEDIDAS

Generalmente se combinan varias clases de medidas de protección contra los deslizamientos. Al seleccionar los trabajos se debe revisar los resultados del reconocimiento de campo y las mediciones realizadas in situ. Se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- 1) Si la masa de suelo de deslizamiento es continuo, la ejecución de los trabajos es peligrosa. En este caso los trabajos de control deben ejecutarse con anterioridad, para reducir el movimiento o fuerza de deslizamiento.
- 2) Si existe una relación directa entre el agua de lluvia y el movimiento de la masa, deben ejecutarse inmediatamente los trabajos de drenaje del agua superficial, para evitar la infiltración del agua de lluvia. Es preferible la ejecución de los trabajos en época de escasa lluvia.
- 3) Si la lluvia en la estación lluviosa está estrechamente relacionada al movimiento u ocurrencia del deslizamiento, se recomienda tomar medidas que consisten principalmente en trabajos de drenaje profundo.
- 4) En las áreas activas de deslizamiento que consisten de suelos arcillosos, como tufo meteorizado o lodolita, se recomienda principalmente medidas de evacuación del agua del subsuelo de poca profundidad o superficial. Es recomendable evitar que el agua fluya en el área, mediante trabajos de drenaje o impermeabilización en la parte superior del talud de deslizamiento y luego gradualmente estabilizarlo.
- 5) Cuando la superficie de deslizamiento tiene una forma de arco obvia en un bloque de deslizamiento único (es decir no existen otros bloques en la parte superior del talud), son muy efectivos los trabajos de remoción de tierra en la parte superior, o el drenaje profundo.
- 6) Cuando el bloque en movimiento está dividido en varias partes en la dirección de la inclinación, y es continuo, o cuando la forma de la superficie de deslizamiento es casi recta, son efectivos los trabajos de contrafuerte en la parte inferior o drenaje.

C. DRENAJE DE AGUA SUPERFICIAL

El trabajo de drenaje de agua superficial se realiza para drenar el agua de lluvia infiltrada, y de ser el caso de la infiltración de lagos y lagunas, en el área de deslizamiento. El dimensionamiento del sistema de drenaje estará definido por sus características hidrológicas, que serán consideradas en el diseño hidráulico definitivo correspondiente.

1. Trabajos de Canalización

Con el propósito de coleccionar rápidamente la lluvia dentro de un área y drenarla hacia afuera, se requiere de una red de canalización, combinando canales o cunetas de colección con la topografía.

- a. Canal de colección: Este canal se construye a través de un talud para recepcionar el agua de lluvia y el agua superficial. Su ancho es relativamente grande y su profundidad somera. Este canal puede construirse de piedra, concreto, tubería centrifugada de concreto armado o tubería corrugada. (Ver lámina V.1.a).

- b. Canal de drenaje: Este canal se usa para drenar rápidamente y totalmente el agua recolectada hacia afuera de un área. Se requiere un gradiente relativamente empinado. Sus dimensiones deben determinarse mediante el cálculo del volumen de descarga. Deben realizarse trabajos de unión de cauce cada 20 a 30 metros para prevenir los deslizamientos del canal. El canal puede fijarse con este propósito si el terreno fuera blando. (Ver lámina V.1.a).

2. Impermeabilización

Es difícil ejecutar trabajos de impermeabilización en toda la superficie del terreno de un área de deslizamiento. Por eso el trabajo se ejecuta solamente en la parte agrietada, la cual induce fácilmente infiltración de agua o los charcos o canales que contienen una gran cantidad de agua superficial y funcionan como abastecimiento de agua subterránea. Si existen grietas en la superficie del terreno, éstas deben llenarse con arcilla o cemento, o cubrirse con láminas de vinilo.

A. DRENAJE DE AGUA SUBTERRANEA

El trabajo de drenaje de agua subterránea debe ejecutarse si la presencia de ésta se espera que cause un deslizamiento.

1. Drenaje por sondaje lateral

Si el agua subterránea tiene una profundidad mayor de 5 m., es recomendable drenar mediante sondaje lateral. En este caso, para drenar el agua subterránea somera se perforan sondajes de 30 a 50 m. con un ángulo de inclinación de 5°. Sin embargo, para drenar el agua subterránea profunda los sondajes de 80 a 100 m. de longitud deben ejecutarse a través de la superficie de deslizamiento por debajo de la escarpa de deslizamiento, hasta el basamento. El diámetro de sondaje es de 66 mm.

después de terminada la excavación debe introducirse tubería plástica o de gas con un filtro, como protector de sondaje y como tubería de colección de agua y drenaje del acuífero. Una tubería de malla doble de polietileno se añade a una parte del filtro para prevenir su obstrucción. La parte final de la tubería de drenaje debe protegerse con gavión o muro de contención. (Ver lámina V.2).

2. Pozo de recepción

Existen dos tipos de pozo de recepción: aquellos que colectan agua a través de la pared del pozo y aquellos que incluyen sondajes laterales para colectar el agua. Para el primer tipo, el diámetro del pozo es usualmente de 0.3 a 1.5 m.; mientras que para el segundo se requiere de 2.5 a 4.0 m. debido al trabajo de sondaje dentro del pozo. En la perforación se emplean varillas cortas de 1.0 a 1.5 m. de longitud. El sondaje desde el pozo se planea para cada acuífero. El pozo de recepción se hace de concreto armado o de planchas de forro (inoxidable). El segundo método tiene mayores ventajas desde el punto de vista del método y periodo de trabajo. Después de terminar el trabajo es recomendable llenar el pozo con grava, dejando un orificio pequeño de inspección en el centro. Si no es posible el relleno debe dejarse una cobertura robusta para evitar accidentes. (Ver lámina V.3.a).

El drenaje del pozo de recepción puede ser hecho de dos formas: por bombeo y por drenaje natural.

3. Geotextiles como elemento drenante

En esta aplicación, estamos utilizando la función de los geotextiles de poseer capacidad drenante planar, es decir, que el agua captada se moverá a través de su estructura hacia lugares de menor riesgo para el pavimento.

La alta permeabilidad de los geotextiles permite que el flujo de agua sea dirigido hacia él una vez que entre en contacto, asimismo, se requiere de un sistema de evacuación de agua, como es el caso de subdrenes granulares o tuberías PVC perforadas o ranuradas.

En la lámina V.3.b se puede ver una aplicación de los geotextiles.

E. REMOCION DE TIERRA

El método de remoción de tierra es aquél con el cual se obtienen los efectos más confiables, por tanto se usa frecuentemente en los deslizamientos pequeños a medianos. (Ver lámina V.4). Se ha seleccionado esta medida sobre la base de criterios: geomorfológico, litológico y climático. Las estimaciones en cuanto al talud, área de corte, etc. son de carácter preliminar, los cuales serán refinados en el estudio definitivo.

Se recomienda, que en cada etapa de planeamiento de la remoción de tierra debe determinarse, de la manera más precisa, la escala y distribución del deslizamiento, así como la resistencia del terreno. Luego deben ejecutarse los cálculos de estabilidad para asegurar el factor de seguridad requerido.

Los trabajos de remoción pueden ejecutarse mediante una remoción total de la masa de suelo o mediante la remoción de una parte de ésta. Generalmente se remueve solamente la mitad superior de un deslizamiento. El método de remoción de tierra se describe a continuación:

- 1. Localización de la remoción:** Normalmente la remoción se realiza en la parte superior del área de deslizamiento, y no en la parte inferior, salvo casos especiales. Si la parte inferior tiene un suelo extremadamente blando, algunas veces puede removerse tierra de la parte inferior. Aún en este caso, primero debe removerse tierra de la parte superior y luego de la parte inferior, con el objeto de mantener la estabilidad del área de deslizamiento.
- 2. Tipo de deslizamiento y efecto de la remoción de tierra:** Cuando varios bloques de deslizamiento son continuos no se permite la remoción de tierra en los bloques intermedios o bajos, ya que pueden afectar adversamente a los bloques superiores. Pueden esperarse grandes efectos por la remoción de tierra cuando la forma de la superficie de deslizamiento es cercana a un arco, o cuando el espesor de la masa deslizada en la parte superior es muy grande en comparación al de la parte inferior.
- 3. Gradiente del talud después de la remoción:** Los trabajos de remoción se realizan mayormente en la parte superior del deslizamiento. La pendiente del talud en la parte superior es suave de 1:2 a 1:4, llegando a ser empinada cerca a la escarpa (frontera superior del deslizamiento) y en la parte inferior, por lo que forma una platea topográfica. Sin embargo, aún para la platea empinada se desea mantener una inclinación natural del terreno o un gradiente ligeramente más suave, tal como 1:1 a 1:1.5.

4. **Precauciones antes de ejecutarse el trabajo:** Como regla de trabajo debe ejecutarse de la parte superior a la inferior, para mantener la estabilidad del talud. El trabajo debe ejecutarse en estación seca; debe evitarse el trabajo durante al estación lluviosa.
5. **Tratamiento del talud después de la remoción:** El talud después de la remoción tendrá una alta permeabilidad, se vuelve débil con la lluvia y colapsa fácilmente. Por lo tanto, se requiere colocar una red de canales o zanjas de recolección y drenaje para asegurar un buen drenaje, en función del terreno después de la remoción; llevar acabo el trabajo de sembrado de vegetación idónea para la zona como: algarrobos, faique, huarango, entre otros; y si se requiere, ejecutar el enchapado con piedras o armazón de la parte en corte. (Ver láminas V.1.b, V.4).
6. **Evacuación de la tierra:** Las masas de deslizamiento se consideran meteorizadas y con un alto contenido de suelo arcillosos, por lo que no se emplean como material de relleno. El uso de la tierra removida debe planearse cuidadosamente; si no es apropiada, debe colocarse en un depósito de desperdicios. Generalmente la tierra removida se rellena en la parte inferior del deslizamiento y se usa como contrafuerte.

F. MUROS DE CONTENCION

Los muros de contención son estructuras que proporcionan soporte lateral a la masa de tierra y en algunos casos soporta cargas verticales. Se construyen para el corte o relleno de lugares en donde el talud no puede mantenerse por sí solo debido a las condiciones topográficas y geotécnicas. Pueden clasificarse en función de su forma y características mecánicas en: tipo albañilería de piedra y bloque, tipo de gravedad, tipo semi- gravedad, tipo apoyado, tipo cantilever, tipo contrafuerte y tipo con estribos. Existen también otros tipos especiales de muros de contención.

Los requisitos aquí descritos deben aplicarse al diseño y construcción de muros de contención estándar, relacionados al trabajo de construcción de carreteras. Los conceptos de diseño sísmico son especialmente importantes. Sin embargo no se requiere el diseño sísmico en muros de contención ordinarios, considerados en el presente trabajo, ya que el aumento de cargas por fuerza sísmica puede compensarse con un ligero aumento del factor de seguridad en el cálculo normal de diseño y por la fuerza de resistencia que no fue tomada en cuenta en los cálculos. Asimismo, el diseño de los muros no considera la acción del agua, pues se entiende que cuenta con un buen sistema de drenaje que trabaja perfectamente.

A continuación presentamos las consideraciones de diseño de los muros de contención, que están basadas en los métodos de Coulomb, Rankine y Terzaghi - Peck:

1. Cargas

Las cargas que actúan en los muros de contención son: peso muerto, sobrecarga, presión de tierra, flotación, impacto, presión de agua, nieve y sismo. Empero, usualmente se emplean con propósitos de diseño una combinación de peso muerto, sobrecarga y presión de tierra.

Peso muerto de concreto armado: Se considera el peso del muro de contención y el peso de la tierra sobre la losa.

$$2.5 \text{ ton/m}^3.$$

Sobrecarga: Esta sobrecarga debe emplearse en el diseño, asumiendo que la altura de tierra detrás del muro de contención ha aumentado al valor correspondiente a esta carga.

$$1.0 \text{ ton/m}^2.$$

Presión de tierra: la resultante de la presión de tierra actuando en el muro de contención con una altura menor de 8.0 m debe ser calculada empleando el coeficiente de presión de tierra y las ecuaciones:

$$P_H = 1/2 \cdot K_H \cdot H^2$$
$$P_V = 1/2 \cdot K_V \cdot H^2$$

2. Revisión de la estabilidad

Estabilidad contra el deslizamiento

La fuerza que tiende a deslizar el muro de contención a lo largo del plano por debajo de la losa de fondo es la componente horizontal de la presión de tierra. Esta fuerza es resistida por la fuerza cortante creada entre el terreno de cimentación y la losa de fondo.

$$FSD = \frac{\text{Fuerza resistente contra el deslizamiento}}{\text{Fuerza deslizando}} \geq 1.5$$

Estabilidad contra el volteo

La carga debido al peso propio del muro, sobrecarga y presión de tierra actuará en la losa de fondo del muro de contención. La reacción del terreno por debajo de la losa de fondo variará en función de la localización del punto de aplicación de la resultante de estas cargas. La distancia del pie a este punto puede expresarse por:

$$d = (M_r - M_a) / P, \text{ y la excentricidad}$$
$$e = B/2 - d$$

Condición de estabilidad contra el volteo, la posición de la resultante debe caer dentro del tercio central del ancho B de la losa de fondo:

$$e \leq B/6$$

Estabilidad por capacidad portante de la cimentación

La reacción unitaria del terreno puede derivarse de las ecuaciones:

$$q_1 = P/B \cdot (1 + 6e/B)$$

$$q_2 = P/B \cdot (1 - 6e/B)$$

Y: $q_1, q_2 \leq q_a$ (q_a , capacidad admisible)

Estabilidad durante el sismo

Se debe considerar la fuerza de inercia del muro de contención durante el sismo como $K_H \cdot W$, a través del centro de gravedad del muro en dirección horizontal. La estabilidad debe analizarse después de acuerdo a los pasos anteriores. Usando la fórmula de Monobe – Okabe (concepto de fuerza de inercia durante el sismo):

$$FSD \geq 1.2$$

$$FSD \geq 1.5 \text{ (si se considera presión pasiva)}$$

$$e \leq B/3$$

$$e \leq B/6 \quad q_1 = \frac{P}{B} \cdot (1 + 6e/B)$$

$$B/3 \leq e \leq B/6 \quad q_1 = 2 \cdot \frac{P}{3d}$$

3. Diseño de muro de contención

El diseño aquí presentado es de carácter preliminar, cuyos datos fueron obtenidos del informe para la transitabilidad de la carretera Panamericana Norte, realizado por el Ing. A. Martínez (1998). Los cálculos serán refinados con el estudio definitivo de realización posterior.

Datos de Campo

$$\gamma_s = 1.43 \text{ ton/m}^3, \quad \phi = 27^\circ, \quad \sigma_a = 2.0 \text{ kg/cm}^2 = 20 \text{ ton/m}^2.$$

$$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2, \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2, \quad H = 5.0 \text{ m.}$$

$$FSD = 1.5, \quad FSV = 1.75.$$

$$\text{De: } \phi = 27^\circ, \text{ vaciado in situ, } f = \text{tg}\phi = 0.510 \leq 0.60$$

$$K_a = \text{tg}^2(45 - \phi/2) = 0.613^2 = 0.376$$

$$K_a \cdot \gamma_s = 0.538 \text{ ton/m}^3$$

Dimensionamiento de la pantalla (Ver lámina V.5)

Asumiendo, $t_1 = 0.20 \text{ m}$

$$M_u = 1.7 M = 1.7 K_a \cdot \gamma_s \cdot H^3/6 = 1.7 \times 0.538 \times 5^3/6 = 19.05 \text{ ton} \cdot \text{m.}$$

$$\text{Adem\u00e1s; } \mu_u = \phi b d^2 f_c w (1 - 0.59w)$$

$$\text{Donde, } \phi = 0.9, b = 100 \text{ cm, } f_c = 210 \text{ kg/cm}^2, \rho = 0.004$$

$$w = \rho f_y / f_c = 0.004 \times 4200 / 210 = 0.08$$

$$\mu_u = 0.9 \times 100 \times d^2 \times 210 \times 0.08 \times (1 - 0.59 \times 0.08)$$

$$d = 36.36 \text{ cm, entonces : } t_2 = d + r + d_{acero}/2$$

$$t_2 = 36.36 + 4 + 1.59/2 = 41.16 \text{ cm}$$

$$\text{Usar, } t_2 = 0.45 \text{ m. y, } d = 40.21 \text{ cm}$$

Verificaci\u00f3n por corte

$$V_{du} = 1.7 V_d = 1.7 (1/2) K_a \cdot \gamma_S (H - d)^2$$

$$V_{du} = 1.7 \times 1/2 \times 0.538 \times (5 - 0.40)^2 = 9.68 \text{ ton}$$

$$V_{du}/\phi = 9.68/0.85 = 11.39 \text{ ton}$$

Calculando el cortante que absorbe el concreto

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} b d = 0.53 \times 210^{0.5} \times 10 \times 1 \times 0.40 = 30.72 \text{ ton}$$

Si A_s se traslapa en la base: $V_{ce} = 2/3 V_c = 20.48 \text{ ton} > 11.39 \text{ ton}$,
entonces, es conforme.

Dimensionamiento de la Zapata (Ver l\u00e1mina V.5)

$$H_z = t_2 + 5 \text{ cm} = 45 + 5 = 50 \text{ cm}$$

$$H_1 = H + H_z = 5 + 0.50 = 5.5 \text{ m}$$

De la expresi\u00f3n:

$$B_1/H_1 \geq \text{FSD } K_a \cdot \gamma_S / (2 f \cdot \gamma_m) = 1.5 \times 0.538 / (2 \times 0.510 \times 2) = 0.396$$

$$B_1 \geq 5.5 \times 0.396 = 2.18, \quad B_1 = 2.18 + (.45 - 0.20)/2 = 2.31 \text{ m.}$$

$$\text{Usar, } B_1 = 2.7 \text{ m.}$$

$$B_2/H_1 \geq \frac{f \cdot \text{FSV} - B_1}{3 \text{ FSD } \quad 2H_1}$$

$$B_2/H_1 \geq (0.510 \times 1.75) / (3 \times 1.5) - 2.7 / (2 \times 5.5) = 0.0$$

$$\text{Usar, } B_2 \text{ m\u00ednimo} = H_z = 0.50 \text{ m.}$$

Verificaci\u00f3n de la estabilidad (Ver l\u00e1mina V.5)

| Pi | Pesos (P) ton | Brazo de giro X(m.) | P * X (ton m) |
|-------|---|---------------------|---------------|
| P1 | $0.50 \times 3.2 \times 2.50 = 4.000$ | 1.600 | 6.40 |
| P2 | $0.20 \times 5.0 \times 2.50 = 2.500$ | 0.850 | 2.13 |
| P3 | $0.50 \times 5.0 \times 0.25 \times 2.50 = 1.563$ | 0.667 | 1.04 |
| P4 | $2.25 \times 5.0 \times 1.43 = 16.088$ | 2.075 | 33.38 |
| Total | 24.15 | | 42.95 |

Estabilidad contra el deslizamiento

$$\text{FSD} = H_r/H_a = 0.510 \times 24.15 / (1/2 \times 5.5 \times 0.538 \times 5.5) = 12.317/8.137$$

$$FSD = 1.51 \geq 1.5, \text{ conforme.}$$

Estabilidad contra el volteo

$$FSV = Mr/Ma = 42.95/(8.137 \times 1.83) = 42.95/14.89$$

$$FSV = 2.88 \geq 1.75, \text{ conforme.}$$

Estabilidad por capacidad portante

$$d = (Mr - Ma)/P = (42.95 - 14.89)/24.15 = 1.16 \text{ m.}$$

$$e = B/2 - d = 3.20/2 - 1.16 = 0.44 \text{ m.}$$

$$B/6 = 3.2/6 = 0.53 \text{ m.}$$

Entonces, $e = 0.44 \leq 0.53 = B/6$, conforme.

Luego:

$$q_1 = 24.15/3.20 (1 + 6 \times 0.44/3.20) = 13.77 \text{ ton/m}^2$$

$$q_2 = 24.15/3.20 (1 - 6 \times 0.44/3.20) = 1.32 \text{ ton/m}^2$$

Como, $q_1, q_2 < \sigma_a$, entonces, conforme.

Diseño de la Pantalla (Ver láminas V.6, V.8)

En la base: $M_u = 19.05 \text{ ton} - \text{m}$, $t_2 = 0.45 \text{ m}$, $d = 40.21 \text{ cm}$

$$\text{Asumimos: } A_s = \frac{19.05 \times 10^5}{0.9 \times 4200 \times 0.9 \times 40.21} = 13.92 \text{ cm}^2,$$

Calculamos;

$$a = \frac{13.92 \times 4200}{0.85 \times 210 \times 100} = 3.28 \text{ cm}, \quad A_s = 13.14 \text{ cm}^2$$

$$a = 3.09 \text{ cm}, \quad A_s = 13.10 \text{ cm}^2$$

Usar: $\phi 5/8'' @ 0.14 \text{ m}$.

$$\rho = A_s/(b \cdot d) = 13.14/(100 \times 40.21) = 0.0033 > \rho_{\text{mínimo}} = 0.0033$$

Determinación del punto de corte: (Ver lámina V.7)

$$M_{\text{máx}}/2 = 19.05/2 = 9.53 = 0.15243 (5 - hc)^3$$

Resolviendo, $hc = 1.046 \text{ m}$.

$$L_c = hc + d = 1.046 + 0.4021 = 1.448, \text{ Usar: } L_c = 1.45 \text{ m.}$$

Refuerzo horizontal

$A_s = \rho t / bt$, Si: $\phi \leq 5/8''$, y , $f_y \geq 4200$, entonces $\rho_t = 0.002$

$$\text{Arriba: } 0.0020 \times 100 \times 20 = 4 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

$$2/3 A_s = 2.68 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8'' @ .26 \text{ m.}$$

$$1/3 A_s = 1.33 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8'' @ .53 \text{ m.}, \quad S_{\text{max}} = 0.45 \text{ m.}$$

$$\text{Intermedio: } 0.0020 \times 100 \times 32.5 = 6.5 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

$$2/3 A_s = 4.36 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8'' @ .16 \text{ m.}$$

$$1/3 A_s = 2.17 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8'' @ .33 \text{ m.}$$

$$\text{Abajo: } 0.002 \times 100 \times 45 = 9 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

$$2/3 A_s = 6.00 \text{ cm}^2 \quad \phi 1/2'' @ .21 \text{ m.}$$

$$1/3 Ast = 3.00 \text{ cm}^2 \phi 3/8" @.24 \text{ m.}$$

$$\text{As de montaje: } s = 36\phi = 36 \times 1.27 = 45.7 \text{ cm.}$$

Usar, $\phi 3/8" @.45 \text{ m.}$

Diseño de la Zapata (Ver láminas V.6, V.8)

$$Ws = 1.43 \times 5.00 = 7.15 \text{ ton/m.}$$

$$Wpp = 0.5 \times 1 \times 2.5 = 1.25 \text{ ton/m.}$$

Zapata anterior:

$$Wu = 1.7 \times q_1 - 0.9 \times Wpp = 1.7 \times 13.77 - 0.9 \times 1.25 = 22.28 \text{ t/m.}$$

Conservadoramente,

$$Mu = 22.28 \times 0.50^2/2 = 2.78 \text{ Ton - m} \rightarrow \text{As} = 1.50 \text{ cm}^2$$

$$d = 50 - (7.5 + 1.6/2) = 41.7 \text{ cm.}$$

$$\text{As min.} = 0.0018 \times b \times d = 0.0018 \times 100 \times 41.7 = 7.5 \text{ cm}^2$$

Usar, $\phi 5/8" @.26$. Pasar la mitad del refuerzo vertical de la pantalla.

Verificación por corte: Por inspección, conforme.

Zapata posterior:

$$q'_1 = (13.77 - 1.32) \times 2.25/3.20 = 8.75 \text{ ton/m,} \rightarrow q_B = q_2 + q'_1 = 10.07 \text{ ton/m.}$$

$$Wu = (7.15 + 1.25) \times 1.4 = 11.76 \text{ ton/m}$$

$$Mu = (11.76 - 1.32 \times 1.4) \times 2.25^2/2 - 10.07 \times 1.4 \times 2.25^2/6 = 13.20 \text{ ton - m.}$$

$$\text{As} = 7.28 \text{ cm}^2.$$

Usar $\phi 5/8" @.27 \text{ m.}$

$$\text{Verificación por corte: } q'd = 8.75 \times 1.81/2.25 + 1.32 = 8.36 \text{ ton/m.}$$

$$Vdu = (11.76 - 1.32 \times 1.4)(2.25 - 0.44) - 0.5 \times 8.36 \times 1.81 = 10.37 \text{ ton.}$$

$$Vn = Vdu/0.85 = 10.37/0.85 = 12.20 \text{ ton.}$$

$$Vc = 0.53 \times (210)^{0.5} \times 10 \times 1 \times 0.44 = 33.79 \text{ ton.}$$

$$Vn = 12.20 \leq 33.79 = Vc. \text{ Conforme.}$$

Refuerzo transversal:

$$\text{As temperatura} = 0.0018bt = 0.0018 \times 100 \times 50 = 9 \text{ cm}^2.$$

Usar, $\phi 5/8" @.22 \text{ m.}$

$$\text{As montaje} = 36\phi = 36 \times 1.59 = 57.2 \text{ cm}$$

Usar $\phi 3/8" @.50 \text{ m.}$

5.2.2 DISEÑO DEL EQUIPO DE REFORESTACION VIAL EN ZONAS DESERTICAS

La alternativa propuesta esta basada en las investigaciones realizadas por el Ing. Mario Matorel Garcia con apoyo del Programa de Reforestación de la Universidad de Piura, cuya propuesta puede servir para:

Dar estabilidad a la plataforma.
Controlar la erosión superficial.
Control de la acción eólica.
Mejoramiento del Paisaje.
Generación de empleo.

A. EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado para la siembra de plantas en zonas desérticas, así como la metodología a seguir consiste en lo siguiente:

1. Botella Reservorio (Ver láminas V.9 y V.10)

Se utilizan un par de botellas descartables de mayor volumen acopladas entre si por una manguerita de conexión. Una de ellas lleva dos goteros de fibra plástica incrustados verticalmente los que a su vez efectúan un goteo lento por exudación manteniendo humedad constante al ir enterradas en la zona radicular de la plantita en crecimiento hasta que ésta alcance la napa freática y después siga su vida independientemente en forma natural. Con este método se puede instalar un bosque ordenado de algarrobos, directamente con semilla o con pequeños plantones.

Generalmente, la planta tolera la reposición total del agua consumida cada 30 días, esta positiva propiedad se debe a que al estar las botellas enterradas en la zona radicular, la evaporación superficial de la humedad es mínima y casi nula con el protector forestal.

2. Protector Forestal (Ver láminas V.9 y V.10)

Es el instrumento complementario de confección rústica que colocado sobre cada una de las plantitas las protegerá desde su nacimiento de la voracidad de las lagartijas, del ganado suelto y proporcionará un microclima de conservación de humedad muy favorable para la planta. Este protector esta constituido por soportes de maderas, trozos circulares de alambre y un tubo plástico transparente obtenido del corte extremo de dos botellas descartables grandes que va sobre puesto a los soportes y sobre cada planta. Cuando las plantas se desarrollen los alambres serán cortados junto con los tubos al no ser ya necesarios.

Esta tecnología rústica se esta usando también para implantar cercos vivos de "aromo" Acacia macracanta conocido como "faique espinudo rastrero", consiguiendo cercos impenetrables para potreros que son a la vez forrajes preciados para el ganado ovino.

B. CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIES PARA LA PROTECCION DE LA CARRETERA

La elección de las especies, para la protección de la carretera Panamericana Norte, exige una serie de características que se deben procurar en las especies arbóreas para contrarrestar y aminorar el daño a las carreteras. Se enumeran las características deseables de las especies:

Buena supervivencia y rápido crecimiento.

Capacidad de producción de una gran cantidad de mantillo.

Un sistema radicular robusto y con numerosas raíces fibrosas. En las zonas de corrimiento de tierra suelen ser indispensables las plantas de raíces profundas.

Facilidad de establecimiento y necesidad de poco mantenimiento

Capacidad de fomentar una copa densa y retener las hojas a lo largo de todo el año.

Pueden tomarse en consideración las especies tanto locales como exóticas, pero el punto lógico de partida ésta en fijarse primero en las especies locales y en implantar aquéllas de resultados demostrados.

A continuación se señalan algunas de las especies forestales, arbustos y herbáceas, recomendadas por el Ministerio de Agricultura, y que pueden considerarse para realizar las plantaciones de protección de carreteras: Algarrobo, Faique, Huarango, Zapote, etc.

5.2.3 CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA EJECUCION DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL

Nos referimos a las obras de cruce, dado que los mayores problemas se han presentando en las quebradas. Cabe resaltar, que los desastres ocurridos a lo largo del tramo, principalmente en las obras de drenaje transversal, nos enseñan a que es tiempo de aprender a convivir con la naturaleza. Pues, el diseño de estas obras debe estar ligado, ante todo, a los parámetros que establece la naturaleza y no a simples cálculos.

De la experiencia de este último fenómeno "El Niño", se sugiere tomar en cuenta o incorporar los siguientes criterios:

- a.** La geodinámica externa - fenómeno "El Niño"- determina las condiciones que afectan a la carretera, cuyos parámetros de diseño deben ser aquellos que la ligan al sistema natural y no los de cálculo.

- b. De lo anterior, reconocer el fenómeno "El Niño" como parte de nuestra peculiar climatología e incorporarlo dentro de los parámetros de diseño de los sistemas de drenaje, y, por extensión, a toda obra civil.
- c. Las características del desastre han definido los cauces de las quebradas, y por ende, las obras de cruce no deben estrangular o estrechar la sección natural de las mismas.
- d. La geomorfología de las quebradas nos enseña que el fenómeno "El Niño", restituye los cauces antiguos, y delimita la zona de inundación.
- e. En la determinación de los cálculos de diseño no debería asumirse que el caudal es agua limpia, pues se ha comprobado que las quebradas arrastran gran cantidad de sedimentos y palizadas que obstruyen las obras de cruce, por consiguiente, se reduce la eficiencia hidráulica de las alcantarillas, pontones y puentes.
- f. Asimismo, se sugiere utilizar obras de cruce de luces amplias, con un mínimo de apoyos intermedios, pues las palizadas y troncos que navegan a la deriva terminan atrapados en éstos, lo que ocasiona: reducción de la sección hidráulica, aumento de la velocidad de escurrimiento, remansos localizados, mayor erosión, desbordamiento por encima de la rasante de la carretera, etc.
- g. Ninguna obra de cruce deberá asentarse sobre arena, a fin de prevenir las socavaciones y erosiones del tipo local.

5.3 REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD

A lo largo del recorrido de la carretera entre Piura y Tumbes, el viajero puede apreciar múltiples daños ocasionados por el fenómeno, y todos tienen un agente en común: el agua. Por tal razón, las obras de drenaje ejecutadas tienen una importancia vital en la vida útil de la carretera.

5.3.1 OBRAS DE CRUCE

Se han planteado las medidas de mitigación con la finalidad de reducir la vulnerabilidad de las obras de drenaje en las quebradas consideradas como críticas, sobre la base de los criterios señalados anteriormente, y considerando lo siguiente:

- a. Utilizar estructuras de cruce con luces amplias, ya que, la evaluación de los efectos sobre la carretera nos ha demostrado que la utilización de estructuras

de cruce con numerosos ojos presenta graves deficiencias. Como es el caso de las quebradas: Pariñas, Honda, Grande, Km.1127+685, Km.1146+010, etc., que arrastran gran cantidad de sedimentos y palizadas, provocando que la estructura tenga un comportamiento hidráulico deficiente.

- b. Conservar el trazo y la rasante originales por factores de velocidad, visibilidad y seguridad - a excepción de Quebrada Honda, en la que se ha de tomar en consideración el nuevo trazo -.

A continuación, se presentan las alternativas propuestas, cuyos análisis beneficio/costo se realizarán en el estudio definitivo ulterior.

| ESTRUCTURA | PROGRESIVA | ALTERNATIVAS PROPUESTAS |
|---------------------------------------|-----------------------|---|
| Puentes Pariñas I y II (Plano V.1) | 1097+260- 1098+633 | Reemplazar la baterla de alcantarillas –acceso central- por un puente de luz igual a 280 m. Y, en el acceso norte, reemplazar el terraplén por un puente de 130 m. de luz. |
| Puente Honda (Plano V.2) | 1103+617 | Prolongar el puente existente, reemplazando el terraplén por un puente de 120 m. de luz. El terraplén antiguo dañado utilizarlo como protección de la nueva ruta de la carretera existente. |
| Alcantarilla | 1098+800 | Reemplazar la alcantarilla existente por un puente de 60 m. de luz. |
| Alcantarilla | 1127+685 | Reemplazar las alcantarillas por un puente de 30 m. de luz. |
| Alcantarilla | 1146+010 | Puente de 100 m. de luz. Desechar la alcantarilla existente. |
| Alcantarilla | 1173+050 | Puente de 70 m. de luz. |
| Puente Qda. Grande | 1283+860 | Reemplazar el puente por otro, cuya luz recomendada es de 80 m. |

Asimismo, se ha de considerar para las obras proyectadas y existentes trabajos de mitigación, como:

Limpieza de los cauces y descolmatación de las quebradas.

Protección de los taludes del terraplén, con emboquillado o losa de concreto, en los accesos a las obras de cruce, tanto a la salida como a la entrada de las estructuras (ver lámina V.11).

Ampliación los aleros o muros de encauzamiento en puentes, pontones y alcantarillas. Asimismo, aplicar las recomendaciones dadas en las Normas Peruanas de Carreteras para los aliviaderos y entrega a alcantarillas, (láminas V.12 y V.13).

En puentes utilizar enrocado o gaviones para la protección de los estribos, a fin de prevenir de los efectos de la erosión loca (tipo 2) y transversal (tipo 3).

En los pilares de puentes se recomienda proteger con enrocado para mitigar los efectos de erosión local (tipo 2).

En alcantarillas y pontones, proteger la salida con losa de fondo de concreto o emboquillado, a fin de evitar la erosión regresiva. Asimismo, considerar en los bordes uñas de profundidad adecuada para prevenir erosiones a la salida de la losa (ver lámina V.11).

Proteger las riveras de las quebradas con enrocados y/o forestación.

5.3.2 TERRAPLENES

Los Sectores del Km.1244, y Tucillal (Km.1241+500), como ya se ha mencionado, se encuentran en una zona de cárcavas y de cauces profundos. Por ello, se hace indispensable implementar medidas que mitiguen los efectos negativos del fenómeno, teniendo en consideración lo siguiente:

- a. Los sectores de Tucillal y Km.1244, se hallan en la formación Zorritos, cuyos materiales son erosionables, presentando inestabilidad de taludes.
- b. La presencia de cárcavas demuestran que el área está formada por materiales con alto contenido de limo y arena de poca agregación en presencia del agua.
- c. Las laderas tienen fuertes pendientes (mayores de 45°) que inducen a velocidades altas de erosión del agua que precipita.
- d. La zona ha estado expuesta - durante el evento 1997/98- a altas precipitaciones que inducen inestabilidad en los taludes. Se registró en la estación Caleta Grau (IMARPE) precipitaciones que superan los 100 mm. en 24 horas. A continuación presentamos los datos registrados:

| <i>DIA</i> | <i>PRECIPITACION</i> <i>(mm)</i> |
|------------|-------------------------------------|
| 01.ENE.98 | 200.2 |
| 06.ENE.98 | 300.0 |
| 13.ENE.98 | 116.0 |
| 15.ENE.98 | 263.0 |
| 19.ENE.98 | 183.0 |
| 23.ENE.98 | 176.0 |
| 24.ENE.98 | 202.0 |
| 28.ENE.98 | 276.0 |
| 05.FEB.98 | 100.0 |
| 13.FEB.98 | 146.0 |
| 26.FEB.98 | 144.0 |

SECTOR KM.1244 (Ver lámina V.14)

1. Estabilizar el talud del terraplén mediante un sistema de andenería, de tal manera, que se disminuya la energía cinética del agua de escorrentia.
2. Se recomienda utilizar muros de concreto ciclópeo.
3. Considerar enrocado al pie del muro a fin de evitar que el agua de escorrentia erosione su base.
4. Revestir con vegetación adecuada para la zona, que cumplan con los requisitos dados por la Sub Región Agraria.
5. Posterior a la reforestación, se debe dar el mantenimiento correspondiente (protección contra daños de ganado y transeúntes, actos de vandalismo, falta de manejo, etc.).
6. Las entregas de las cunetas hacia el talud deben ser emboquilladas para evitar el efecto de erosiones indeseables.
7. Desplazar el eje de la carretera hacia el cerro, ubicado al lado derecho del eje, con la finalidad de alejarlo y tener un área de seguridad entre el talud y la vía.
8. Asimismo, considerar la reforestación del talud del cerro.

SECTOR TUCILLAL

1. Considerar el uso de Geotextiles para la estabilización de taludes del terraplén de la carretera, a fin de evitar el efecto de tubificación por acción del agua de infiltración (Ver lámina 15).
2. Se recomienda la utilización de enrocado en toda la zona afectada de tal manera que se prevenga el efecto de erosión lateral (Ver lámina 15).
3. Proteger el geotextil con una capa de arena, antes de la colocación del enrocado.
4. La profundidad de la cimentación del enrocado es muy importante para evitar el efecto de erosión local.
5. Contemplar la posibilidad de ejecución de banquetas, que según las Normas Peruanas de Carreteras, tendrán una altura máxima de 7.0 m., y las subsiguientes

irán cada 10.0 m. El ancho de las banquetas igual a 3.0 m., cubiertas de vegetación.

5.4 MODIFICACION DE LA EXPOSICION AL PELIGRO

Para el caso específico del Sector Mal Paso, es una zona de taludes inestables, formada por rocas del terciario de la formación Tumbes con presencia de lutitas plásticas muy expansivas, areniscas porosas muy permeable y débiles, y, suelos residuales colapsables con sales y sulfatos. Los deslizamientos que se producen interrumpen el tránsito vehicular afectando gravemente la economía y las actividades normales de las poblaciones, principalmente de la Ciudad de Tumbes. Por esta razón, se recomiendan ciertas medidas de mitigación que se explican a continuación:

1. Se recomienda la utilización de un sistema de terrazas con taludes a ser determinado después de un estudio geotécnico detallado del lugar, con la finalidad de darle estabilidad a los cerros que bordean la carretera.
2. Reforestar el talud de corte con vegetación idónea para la zona, que le dé protección contra los efectos erosivos del agua y contribuya a su estabilización. La Sub Región Agraria recomienda que cumpla con los siguientes requisitos:
 - Buena supervivencia y rápido crecimiento.
 - Un sistema radicular robusto y con numerosas raíces fibrosas y profundas.
 - Facilidad de establecimiento y necesidad de poco mantenimiento.
 - Capacidad de fomentar una copa densa y retener las hojas a lo largo de todo el año.Pueden tomarse en consideración especies locales como exóticas. Las especies forestales recomendadas por el Ministerio de Agricultura, son: algarrobo, faique, huarango, parkinsonia, zapote, etc.
3. Se recomienda ejecutar obras de drenaje superficial en la parte superior del cerro, como atarjeas, cunetas, aliviaderos y alcantarillas de tal manera que se elimine el agua en exceso.
4. Se sugiere la ejecución de pozos de recepción para recolectar las aguas de infiltración.
5. Es recomendable la utilización de llozaderos horizontales, que son perforaciones en las que se instalan tuberías perforadas para drenar el agua de infiltración de la cara del talud. Asimismo, para su protección contra la colmatación se recomienda la utilización de geotextiles.

6. Tener en consideración para los lloraderos horizontales, una longitud de perforación, generalmente, mayor de 2 m. y un ángulo de perforación mayor de 5°.
7. Considerar la ejecución de muros de contención de concreto armado, en las áreas críticas de intensa erosión, así como, cumpla con la función de absorber las fuerzas laterales del material y los esfuerzos de flexión.
8. Considerar el uso de geotextiles como elemento drenante detrás de los muros de contención. La alta permeabilidad de los geotextiles permite que el flujo de agua sea dirigido a través de su estructura hacia un sistema de evacuación, como es el caso de subdrenes granulares o tuberías de PVC perforadas.

5.5 POSIBILIDADES DE CAMBIO DE RUTA

La meta general de cualquier programa de desarrollo nacional, regional o comunal debe ser promocionar la salud, la seguridad y la prosperidad de las personas. Ciertas instalaciones son críticas para alcanzar esa meta, lo cual no se puede lograr si son destruidas, dañadas o si se interrumpen sus servicios. Una meta específica sería, pues, minimizar los efectos del fenómeno "El Niño" en el tramo seleccionado de la Panamericana Norte.

La alternativa propuesta contempla el cambio de ruta para el tramo Desvío Talara – Máncora, sobre la base del estudio realizado por LAGESA en 1983, y considerando los siguientes criterios:

- a. La Carretera Panamericana Norte por su importancia estratégica y de evacuación debe estar al resguardo del máximo riesgo y apta en cualquier circunstancia por debajo del mismo.
- b. Su interrupción afecta gran cantidad de personas y a las actividades vitales socio-económicas nacionales, regionales o locales.
- c. Contribuye a las actividades de preparativos para los desastres: respuesta, recuperación y reconstrucción.
- d. Su operación es necesaria para una respuesta efectiva y para las actividades de recuperación durante y después de una emergencia.
- e. Es el acceso para la reparación de otras instalaciones críticas.

Se **recomienda actualizar la información** del estudio antes mencionado, de manera especial en lo que se refiere al Estudio Topográfico e Hidrológico. Además, tomando en cuenta

los criterios señalados al principio, **el diseño de las obras de drenaje debe realizarse de conformidad con los parámetros establecidos por el fenómeno “El Niño”.**

El estudio original se presenta en el Anexo A, la propuesta sobre el cambio de ruta consiste en lo siguiente:

5.5.1 DESCRIPCION DEL TRAZO (Ver Plano V.3)

Km.0+000 al Km.17+500

El punto de inicio del trazo (Km.0+000) está ubicado sobre la actual carretera Panamericana Norte en el Km.1074+116. En los primeros 18 kilómetros del estudio el eje está formado por dos tangentes, enlazadas por una curva de 500 m. de radio en el Km.10+190.

En el Km.10+190, a la altura de quebrada Débora, el trazo se aparta definitivamente de la carretera, ya que el eje existente se desarrolla hacia la ciudad de Talara, mientras el trazo propuesto se dirige hacia Máncora, buscando un paso apropiado en la Quebrada Pariñas. (Ver Plano V.4).

En este sector, el eje está ubicado en el Tablazo de Talara, en una zona de topografía plana, y consecuentemente, la rasante está proyectada en relleno. La altura de la rasante sobre el terreno está determinada por la altura mínima que requiere las obras de drenaje.

Km.17+500 al Km.34+000

El trazo se ha llevado desde el Km.10, en una tangente hasta el punto situado en el borde de la quebrada Pariñas, en el Km.17+500. Desde este punto, con una curva a la derecha, se desciende aprovechando la ladera de la quebrada hasta llegar al punto elegido para el cruce en el Km.20+900.

El desnivel vencido es de 88 m. y la pendiente máxima utilizada es de 7.5% en 730 m. la luz del puente necesario para el cruce es de 190 m. Una vez cruzada la Quebrada Pariñas, el eje asciende hacia el tablazo de Quebrada Honda, desviándola ligeramente hacia el este para pasar por las nacientes de la Quebrada Gavilanes y evitar los campos petroleros existentes en la zona. En el ascenso se ha vencido una altura de 100 m., empleando una pendiente máxima de 7.5% en 750 m.

Luego de cruzar el tablazo en una sola tangente, en el Km.29+000, se llega al borde izquierdo de la Quebrada Honda. Esta quebrada en el punto de cruce, está formada por una depresión de 94 m. de altura, 900 m. de ancho y de laderas empinadas. La topografía empinada de las laderas no permite mantener, a un costo

inclinado con material desmoronado parcialmente cubierto de vegetación; con presencia de pequeñas quebradas.

Km.35+250 al Km.46+850

Presenta tres quebradas pequeñas ubicadas a la altura de los Km.40+000 con un desnivel de 1.20 m. aproximadamente. La topografía corresponde al Tablazo de Máncora que es ligeramente ondulada y con una vegetación más desarrollada que en tramos anteriores. También hay otras pequeñas quebradas en 43+250 y 46+125.

La quebrada El Cajón, se encuentra ubicada a la altura del Km.46+850 y tiene aproximadamente 60 m. de ancho y 25 a 30 m. de altura; sin agua. El talud de sus flancos es casi vertical (85°). Se encuentra cubierta con amplia vegetación; presenta flujos y pequeños deslizamientos en ambas márgenes en los sectores desprovistos de vegetación.

Km.46+910 al Km.65+500

Corresponde al tramo entre la quebrada El Cajón y el límite del Tablazo Máncora en contacto con la formación Chira; presenta algunas pequeñas quebradas sin importancia, siendo la vegetación más prominente a medida que se avanza hacia el norte.

Km.65+500 al Km.80+500

Este sector presenta las mismas características geotécnicas que el tramo existente. Corresponde a sectores donde afloran las formaciones Chira y Mirador del Eoceno Superior (Cenozoico), especialmente el sector comprendido por las quebradas Vichayitos y Cabo Blanco. Presenta una topografía accidentada, siendo seccionadas por siete fallas geológicas, siendo las más importantes las fallas Vichayitos y Máncora. La formación Chira está constituida principalmente por lutitas y la formación Mirador por areniscas, lutitas y conglomerados en la base. Las fallas no son activas pero ocasionan pequeños desprendimientos de rocas en ciertos sectores, los cuales deben ser eliminados en la etapa de reconstrucción.

Km.81+750 al Km.107+500

Se inicia en la margen derecha de la quebrada Máncora, presentando un afloramiento rocoso de alrededor de 750 m. de longitud de la formación Mirador, con las mismas características topográficas antes descritas para esta formación. Sigue después sobre materiales aluvio – coluviales, compuestos por arcillas, arenas y gravas. Bordea el afloramiento de la formación Carpitas y llega a cortar a la quebrada Seca a la altura del Km.86+500 y después gira a la izquierda con un ángulo de 90°. Hasta empalmar con la carretera existente.

El sector de este tramo, a partir del Km.82+500 donde el eje del trazo a traviesa depósitos aluvio – coluviales es de topografía casi plana, con grandes tramos rectos hasta el Km.96+375.

5.5.3 ESTUDIO GEOLOGICO

ESTRATIGRAFIA

La columna estratigráfica en la zona del eje de trazo estudiante, que abarca los 107.5 kilómetros, está compuesta por rocas que comprenden geocronológicamente entre el Cenozoico o Terciario y el Cuaternario.

El Cenozoico o Terciario está constituido por sedimentos en gran parte de origen marino del Eoceno y Oligoceno. Los sedimentos del Cuaternario o Reciente comprenden el Pleistoceno, formado por el Tablazo de Máncora y el Holoceno, constituido por depósitos eólicos, fluviales y aluviales.

DEPOSITOS EOLICOS

Se les observa a lo largo del eje existente entre Punta Peña Mala y la localidad de Máncora, sobre el trazo actual, formando dunas y acumulaciones de arena que penetran el continente, su avance es progresivo.

DEPOSITOS FLUVIALES

Están constituidos por arcillas, limos, arenas y rodados heterométricos de composición variable que afloran en las numerosas quebradas existentes.

DEPOSITOS ALUVIALES

Se les encuentra a lo largo del eje del trazo entre la quebrada Máncora y Cancas. Están conformados por materiales provenientes de piedemontes y abanicos, constituidos por gravas, arcillas, limos y arenas; así como conglomerados de elementos subangulosos y subredondeados.

TABLAZO MANCORA

Es el rasgo topográfico más característico existente en la zona y consiste en terrazas de origen marino. El tablazo de Máncora es el más elevado de los dos tablazos existentes en el área estudiada y se les observa aflorando entre el Km.0+000 y el Km.65+000 del proyecto, cubre áreas de gran extensión, estables y casi planas y reposan sobre depósitos del Terciario en sucesión discordante. (Ver Plano V.5)

razonable, la velocidad directriz de 90 Km/h, que tiene el resto del proyecto, por lo que en este tramo, ella ha sido reducida a 60 Km/h. Sin embargo, se ha logrado dar a las curvas de volteo un radio de 50 m., lo que, para este tipo de curvas es un radio amplio.

La pendiente máxima empleada en el descenso es de 7.6% en 700 m. y en el ascenso de 7.5% en 630 m. La luz del puente necesaria para el cruce será de 90 m. El eje proyectado empalma con el actual a la altura del Km.33+000.

Km.34+000 al Km.56+000

El eje corre paralelo a la carretera existente hasta el Km.41+500. Este desplazamiento del eje se hizo con el fin de evitar los mayores rellenos que serían necesarios en la carretera existente, ya que ésta está por debajo del terreno natural. En el Km.41+500 la carretera se desvía hacia la localidad El Alto, mientras que el eje del proyecto sigue con dirección norte hasta el Km.56+000. La topografía por la que atraviesa la carretera en este sector, varía de plana a ondulada.

Km.56+000 al Km.64+000

Este tramo corresponde al descenso del tablazo de El Alto hacia la zona baja de Los Organos. La topografía por la que atraviesa es accidentada y, en consecuencia, al igual que en la quebrada Honda, la velocidad directriz ha sido reducida a 60 Km/h.

La diferencia de nivel que debe vencerse es de 209 m. y éstos están comprendidos en laderas muy empinadas, por lo que se ha optado por usar las máximas pendientes permisibles para tener la menor longitud posible en la zona de fuerte movimiento de tierras. La máxima pendiente empleada es de 8.0% en 300 m. y 7.0% en 1,040 m.

Km.65+000 al Km.80+000

Este sector tiene una longitud de 15 kilómetros. La topografía es ondulada en los primeros 5 kilómetros, accidentada en los siguientes 2.2 Km. y plana en los últimos kilómetros. El poblado de Máncora se extiende entre el Km.72+800 al 74+800. Las pendientes máximas utilizadas son de 7.5% en 220 m. y de 7.0% en 360 m.

Km.80+000 a CANCAS

Este sector se inicia en el Km.80+000 del proyecto, punto ubicado en el Km.1173+500 de la carretera Panamericana Norte, y se aleja de la misma en el Km.81+000.

El trazo se aparta de la carretera existente buscando un adecuado punto de paso sobre la Quebrada Seca, hecho que ocurre en el Km. 86+540. Desde este punto,

el eje se enfila nuevamente hacia la carretera existente, empalmando con ella en el Km.89+400. Desde este último punto, el trazo corre aproximadamente paralelo a la carretera, ubicándose en las laderas para evitar zonas erosionadas por la quebrada.

En el Km.93+000 el trazo se ubica definitivamente sobre el eje actual hasta terminar a la entrada del poblado de Cancas con el Km.101+593.87 que corresponde al Km.1195+310 de la carretera actual. La longitud total por constituirse es de 22.143 kilómetros, de los cuales 12.097 están sobre la carretera existente. Las pendientes son relativamente bajas y están nuevamente onduladas con el empleo de curvas verticales muy amplias. La máxima pendiente utilizada es de 5.1% en 540 m.

5.5.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Km.0+000 al Km.18+500

Hasta el Km.10+930 la carretera presenta las mismas características geotécnicas de la carretera actual, pues el trazo no presenta cambios sustanciales. Pero a partir del km.10+930 la carretera se aleja del eje actual. Entre Km.12+500 y 13+075, se observan tres brazos de agua; entre 13+525 y 13+825 confluyen dos quebradas cerca de la margen derecha, con un cauce de 300 m.; en 14+575, se observa una pequeña quebrada; entre 15+575 y 17+175, se observan varias quebradas que confluyen en una sola, mostrando un cauce de más de 1.5 Km. de ancho.

La quebrada Pariñas se ubica en el Km.18+500 y tiene un ancho aproximadamente de 750 m. No presenta deslizamientos en talud, pese a que su inclinación es casi vertical (75° - 80°). Presenta un brazo de agua en el lado derecho del cauce, que es más profundo que en el izquierdo; este último está cubierto de vegetación. El lado derecho tiene el tope del Tablazo más defendido y consistente y con afloramiento de conglomerado mayor de 1 metro de espesor, mientras que en el flanco izquierdo es menor (20 – 50 cm.).

Km.20+925 al Km.30+760

Presenta seis quebradas, las cuales forman parte de las quebradas Gavilanes y Nueva, con la particularidad de que se encuentran cortadas en sus partes altas; todas ellas están dentro del área del Tablazo de Máncora.

La quebrada Honda, ubicada en el Km.30+760, tiene mas de 1.5 km. de ancho, siendo su trazo mayor por efectuar desarrollos para bajar del Tablazo y subir por la quebrada El Barranco al Tablazo Máncora. La profundidad de la quebrada es mayor a 100 m., y presenta desprendimientos en ambos lados, siendo mucho mayor en el lado izquierdo. Presenta agua en la parte central; en el lado izquierdo hay un sector

Es de edad Pleistocena y están constituido litológicamente por calizas fosilíferas, asociadas con areniscas calcáreas, conglomerados y con intercalaciones de horizontes de arcillas bentoníticas grises; cuyo grado de cementación es variable. Los tablazos están cubiertos por una capa delgada de grava, que comprende pequeños fragmentos de cuarzo; cuarcita y pizarras, de variados colores.

FORMACION CHIRA

Es atravesada por el eje entre los Km.65+000 y 75+375 y bordea la carretera entre los Km.98+000 y 100+000, prácticamente sobre el trazo actual de la carretera. La formación Chira está constituida principalmente por lutitas con algunas intercalaciones de areniscas, cuya potencia varía entre 150 y 400 m.

Las lutitas son de color negro grisáceo que intemperizan de color gris marrón claro; son compactas, algo azufrosas, con venillas de yeso y asiladas concreciones de material ferruginoso, presentan buena estratificación y abundante microfauna. Las areniscas son compactas, de grano medio a grueso y de color gris verdoso.

FORMACION MIRADOR

Aflora sobre el trazo actual de la carretera, entre los Km.75+400 y 80+400, Km.97+200 y 99+100. La formación Mirador está compuesta por lutitas, areniscas, y conglomerados en la base; su potencia en la zona varía entre 30 y 300 metros.

FORMACION CARPITAS

Aflora entre los Km.90+200 al 91+750, constituidas por lutitas de color marrón, con una potencia de 50 m. Esta formación comprende también el área del Cuaternario aluvial de la quebrada Seca entre los Km.83+750 al 96+500.

FORMACION MANCORA

Aflora a la altura de la falla Carpitas, entre los Km.96+500 al 99+200 y entre los Km.105+750 al 107+500. Está conformada litológicamente por areniscas y conglomerados y, en menor proporción, por lutitas ligníticas. Su potencia es de 300 a 500 m.

FORMACION VERDUN

Aflora entre los Km.100+000 al 101+500 y entre los Km.105+800 al 106+500. Está constituido principalmente por areniscas, en menor proporción lutitas y conglomerado basal. Las areniscas son de grano medio a grueso, de color gris verdoso y micáceas.

FORMACION TALARA

Aflora entre los Km.99+200 y 105+700, a la altura de la quebrada Zapotal. Está conformada por lutitas grises con bandas de areniscas y guijarros. Presenta una potencia de 300 a 400m.

5.5.4 ESTUDIO HIDROLOGICO

El estudio consideró los registros de precipitación, que fueron obtenidos de los archivos de la Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Chira – Piura, de las siguientes estaciones pluviográficas por ser representativas y tener mayor confiabilidad:

| Estación | UBICACION | | Altitud (msnm.) |
|----------|-----------|--------------|-----------------|
| | Latitud | Longitud | |
| Huarmaca | 5°36' Sur | 79°40 Oeste | - |
| Morropón | 5°12' Sur | 80°00' Oeste | 340 |
| Chilaco | 4°41' Sur | 80°32' Oeste | 90 |

La información de precipitación utilizada corresponde al periodo enero – abril de 1983, que se reconoce como un periodo hidrológico húmedo. La información básica y metodología se muestra en el Anexo N°

Un resumen de los parámetros utilizados en el cálculo, así como los valores de escorrentía superficial de las principales quebradas se presenta en el cuadro N° V.1. Las dimensiones recomendadas por el estudio, de las estructuras de drenaje se muestran de manera **referencial**, en el cuadro N° V.2.

El análisis de las precipitaciones registradas sobre el departamento de Piura en el periodo de Enero – Junio de 1983, indica que éstas han superado en algunos casos la magnitud de las precipitaciones correspondiente a un periodo de retorno de 25 años. De conformidad con lo anterior el estudio adoptó este periodo de retorno para determinar los caudales en las quebradas o la capacidad de diseño que deben tener las obras de protección de la carretera (alcantarillas y puentes).

En síntesis, la finalidad del trazo proyectado es evitar las numerosas quebradas existentes de la zona, ubicar el trazo en las partes altas y buscar puntos de cruce más estrechos. Asimismo, el trazo del proyecto es más corto que el actual (aproximadamente se ahorra 17 Km), y, se desarrolla en tangente evitando curvas innecesarias, a excepción de las zonas de las quebradas Pariñas y Honda, y la bajada a Los Organos. Podemos hacer una comparación entre el tramo actual y el tramo propuesto en 1983 (Ver Plano V.3), como sigue:

| PROGRESIVA | TRAZO ACTUAL | TRAZO PROPUESTO |
|--|---|--|
| <p>TRAMO ACTUAL Km.1084+306 al Km.1114+000 TRAMO PROYECTADO Km.10+190 al Km.33+000 Diferencia: 6.9 Km</p> | <p>La carretera atraviesa por numerosas quebradas. Entre las que destacan Quebrada Pariñas con un ancho de cruce de 500 m.(Plano V.1), Gavilanes y Honda.</p> <p>En la zona de cruce, Km.1097+500 aprox., confluyen las quebradas Pariñas y Gavilanes. La quebrada Gavilanes es un tributario de Pariñas, y su volumen de aporte es importante sobre todo durante el evento de "El Niño".</p> | <p>El trazo busca un cruce más estrecho aguas arriba del eje actual. El lugar adecuado para cruzar la Quebrada Pariñas es elegido en el Km.20+900, cuyo ancho de cruce se estima en 190 m. Asimismo, el trazo se desarrolla por la naciente de la quebrada Gavilanes a diferencia del trazo actual, por lo que se evita su aporte de caudal a Pariñas. (Planos V.4, V.5)</p> <p>Por estas consideraciones, el caudal que pasa por la zona de cruce propuesta es disminuido en forma significativa.</p> |
| <p>TRAMO ACTUAL Km.1122+500 al Km.1157+500 TRAMO PROYECTADO Km.41+500 al Km.65+000 Diferencia: 11.5 Km</p> | <p>El trazo se desarrolla hacia El Alto y Los Organos atravesando numerosas quebradas.</p> | <p>El eje se ubica en las partes altas, evitando las quebradas que existen en la zona. Atraviesa las nacientes de las quebradas Honda y Cabo Blanco. La topografía varia entre plana a ondulada.</p> |
| <p>TRAMO ACTUAL Km.1174+000 al Km.1180+500 TRAMO PROYECTADO Km.81+500 al Km.89+000 Diferencia: -1.0 Km</p> | <p>La quebrada Seca tiene un ancho de cruce de más de 400 m.</p> | <p>El trazo propuesto cruza aguas arriba del punto de cruce actual, buscando un paso más estrecho. El que se ubica en el Km.86+540, con un ancho estimado de 125 m.</p> |

CUADRO N° V.1. DETERMINACION DE LOS CAUDALES DE DISEÑO PARA UN TIEMPO DE RETORNO DE 25 AÑOS

| Progresiva | Area (Km ²) | Longitud de cauce (Km) | Desnivel | Tc (horas) | Tp (horas) | D (horas) | Precipitación (mm) | Precipitación efectiva (mm) | Caudal (m ³ /seg) |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------|------------|------------|-----------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 3+080 | 16.50 | 6.50 | 625 | 0.72 | 0.79 | 0.72 | 50 | 19.60 | 83.28 |
| 4+720 | 14.40 | 7.00 | 560 | 0.82 | 0.90 | 0.82 | 55 | 23.30 | 77.70 |
| 9+880 | 25.50 | 10.50 | 420 | 1.46 | 1.60 | 1.46 | 68 | 33.60 | 110.90 |
| 10+820 | 94.25 | 26.00 | 665 | 3.48 | 3.83 | 3.48 | 95 | 56.60 | 289.60 |
| 20+600 (Qda. Paríñas) | 1108.60 | 53.00 | 860 | 7.18 | 7.90 | 7.18 | 130 | 88.30 | 1224 a 1436 |
| 21+898 (Cabo Blanco) | 2.00 | 3.00 | 100 | 0.60 | 0.66 | 0.60 | 48 | 18.20 | 11.53 |
| 23+423 | 23+423 | 2.70 | 15 | 1.10 | 1.21 | 1.10 | 60 | 27.20 | 8.20 |
| 24+635 | 1.50 | 2.00 | 15 | 0.77 | 0.85 | 0.77 | 51 | 20.30 | 7.45 |
| 25+784 | 3.90 | 2.80 | 35 | 0.82 | 0.91 | 0.82 | 55 | 23.30 | 20.86 |
| 26+284 | 3.60 | 2.50 | 30 | 0.77 | 0.85 | 0.77 | 51 | 20.30 | 13.03 |
| 27+222 | 1.55 | 2.70 | 30 | 0.84 | 0.92 | 0.84 | 55 | 23.30 | 8.15 |
| 27+470 | 3.10 | 2.90 | 30 | 0.91 | 1.00 | 0.91 | 57 | 24.80 | 15.98 |
| 27+880 | 3.40 | 1.00 | 10 | 0.41 | 0.45 | 0.41 | 40 | 12.70 | 2.36 |
| 30+560 (Qda. Honda) | 435.90 | 30.00 | 287 | 5.68 | 6.24 | 5.68 | 105 | 97.40 | 605 a 788 |
| 43+800 | 14.30 | 10.00 | 105 | 2.35 | 2.59 | 2.35 | 85 | 47.80 | 55.03 |
| 46+400 | 13.80 | 8.80 | 65 | 2.44 | 2.68 | 2.44 | 85 | 47.80 | 51.14 |
| 48+658 | 7.20 | 6.60 | 52 | 1.91 | 2.10 | 1.91 | 72 | 36.80 | 26.30 |
| 50+592 | 7.30 | 5.50 | 35 | 1.80 | 1.98 | 1.80 | 72 | 36.80 | 28.24 |
| 51+980 | 9.30 | 5.00 | 45 | 1.46 | 1.61 | 1.46 | 68 | 33.60 | 40.35 |
| 53+320 | 3.75 | 1.50 | 20 | 0.50 | 0.55 | 0.50 | 45 | 16.10 | 4.58 |
| 54+540 | 3.90 | 1.50 | 15 | 0.56 | 0.61 | 0.56 | 47 | 17.50 | 5.35 |
| 55+240 | 1.15 | 1.50 | 15 | 0.56 | 0.61 | 0.56 | 47 | 17.50 | 6.85 |
| 56+220 (Conulsa) | 1.40 | 1.50 | 8 | 0.71 | 0.78 | 0.71 | 50 | 19.60 | 7.34 |
| 65+260 (Vichayfío) | 19.30 | 10.00 | 182 | 1.90 | 2.09 | 1.90 | 73 | 37.70 | 72.24 |
| 72+660 (Cabo Blanco) | 83.00 | 19.00 | 300 | 3.29 | 3.62 | 3.29 | 95 | 56.60 | 259.85 |
| 74+360 (de los Pasos) | 6.10 | 6.00 | 250 | 0.93 | 1.03 | 0.93 | 58 | 25.60 | 31.67 |
| 74+820 (canal) | 3.00 | 3.00 | 150 | 0.51 | 0.56 | 0.51 | 44 | 15.40 | 11.40 |
| 75+960 (Máncora) | 702.60 | 54.00 | 900 | 7.21 | 7.93 | 7.21 | 130 | 88.30 | 866 a 1060 |
| 78+016 | 4.00 | 3.00 | 150 | 0.51 | 0.56 | 0.51 | 44 | 15.40 | 22.79 |
| 78+600 | 5.60 | 3.30 | 150 | 0.57 | 0.63 | 0.57 | 40 | 16.70 | 31.16 |
| 80+940 | 6.30 | 3.00 | 150 | 0.61 | 0.67 | 0.61 | 48 | 18.20 | 35.52 |
| 84+100 | 7.80 | 3.00 | 120 | 0.61 | 0.67 | 0.61 | 45 | 16.10 | 42.60 |
| 86+000 (Seca) | 474.60 | 40.00 | 345 | 7.37 | 8.11 | 7.37 | 130 | 122.30 | 666 a 851 |
| 90+850 (Carpitas) | 48.10 | 11.00 | 200 | 2.05 | 2.25 | 2.05 | 75 | 39.30 | 174.87 |
| 95+360 | 6.60 | 2.60 | 200 | 0.37 | 0.41 | 0.37 | 40 | 12.70 | 42.95 |
| 97+600 (Zapotál) | 12.30 | 4.50 | 170 | 0.78 | 0.85 | 0.78 | 55 | 23.30 | 69.93 |
| 99+840 | 2.45 | 2.50 | 170 | 0.39 | 0.43 | 0.39 | 40 | 12.70 | 13.10 |
| 100+400 | 2.90 | 2.00 | 175 | 0.30 | 0.33 | 0.30 | 37 | 10.80 | 19.69 |

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES
ELABORADO POR: LAGESA, 1984.

CUADRO N° V.2. DIMENSIONES RECOMENDADAS PARA LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE

| Ubicación kilométrica | CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA | | | | | CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO | | | | |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|------------------|----------|--------------|--|
| | Longitud (Km) | Superficie (Km ²) | Desnivel (m) | Caudal (m ³ /seg) | Obra | Tipo | Dimensión (m, m) | Cantidad | Longitud (m) | |
| 3+060 – 3+080 | 6.50 | 16.15 | 625 | 83.28 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 10 | | |
| 4+680 – 4+740 | 7.00 | 14.40 | 560 | 77.70 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 10 | | |
| 9+880 | 10.50 | 25.50 | 420 | 110.90 | Puente | | | 1 | 40.00 | |
| 10+820 | 26.00 | 94.25 | 665 | 289.60 | Puente | | | 1 | 80.00 | |
| 20+600 (Pariñas) | 53.00 | 1108.60 | 860 | 1224 | Puente | | | 1 | 190.00 | |
| 21+898 | 3.00 | 2.00 | 100 | 11.53 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 3 | | |
| 23+423 | 2.70 | 1.75 | 15 | 8.20 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 2 | | |
| 24+635 | 2.00 | 1.50 | 15 | 7.45 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 2 | | |
| 25+734 | 2.80 | 3.90 | 35 | 20.86 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 5 | | |
| 26+284 | 2.50 | 2.60 | 30 | 13.03 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 3 | | |
| 27+222 | 2.70 | 1.55 | 30 | 8.15 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 2 | | |
| 27+470 | 2.90 | 3.10 | 30 | 15.98 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 4 | | |
| 30+560 (Honda) | 30.00 | 450.90 | 287 | 605 | Puente | | | 4 | 90.00 | |
| 43+800 | 10.00 | 14.30 | 105 | 55.03 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 7 | | |
| 46+400 | 8.80 | 13.80 | 65 | 51.14 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 7 | | |
| 48+658 | 6.60 | 7.20 | 52 | 26.30 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 3 | | |
| 50+592 | 5.50 | 7.30 | 35 | 28.24 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 3 | | |
| 51+980 | 5.00 | 9.30 | 45 | 40.35 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 5 | | |
| 53+820 | 1.50 | 0.75 | 20 | 4.58 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 1 | | |
| 54+540 | 1.50 | 0.90 | 15 | 5.35 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 1 | | |
| 55+240 | 1.50 | 1.15 | 15 | 6.85 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 2 | | |
| 56+220 (Conulsa) | 1.50 | 1.40 | 8 | 7.34 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 2 | | |
| 65+260 (Vichayfco) | 10.00 | 19.30 | 182 | 72.74 | Puente | | | 1 | 40.00 | |
| 72+660 (Cabo Blanco) | 19.00 | 80.00 | 300 | 359.85 | Puente | | | 1 | 70.00 | |
| 74+360 (Camal) | 6.00 | 6.10 | 250 | 31.67 | Badén | | | 1 | 40.00 | |
| 74+820 | 3.00 | 8.00 | 150 | 11.40 | Puente | | | 1 | 140 | |
| 75+960 (Máncora) | 54.00 | 702.60 | 900 | 866.00 | Puente | | | 1 | | |
| 78+016 | 3.00 | 4.00 | 150 | 22.79 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 6 | | |
| 78+600 | 3.30 | 5.60 | 150 | 31.16 | Alcantarilla | Marco | 1.5 x 1.5 | 8 | | |
| 80+940 | 3.50 | 6.30 | 150 | 35.52 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 4 | 13.80 | |
| 84+100 | 3.00 | 7.80 | 120 | 42.60 | Alcantarilla | Marco | 3.0 x 3.0 | 3 | 11.20 | |
| 86+000 (Seca) | 40.00 | 474.60 | 345 | 666.00 | Puente | | | 1 | 125.00 | |
| 90+850 (Carpitas) | 11.00 | 48.10 | 200 | 174.87 | Puente | | | 1 | 60.00 | |
| 95+360 | 2.50 | 6.60 | 200 | 42.95 | Pontón | | | 1 | 12.00 | |
| 97+600 (Zapotal) | 4.50 | 12.30 | 170 | 66.93 | Puente | | | 1 | 35.00 | |
| 99+837 | 2.50 | 2.15 | 170 | 13.10 | Alcantarilla | Marco | 2.0 x 2.0 | 1 | 5.50 | |
| 100+900 | 2.00 | 2.90 | 175 | 19.69 | Pontón | | | 1 | 9.00 | |

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES
ELABORADO POR: LAGESA, 1984.

CAPITULO VI

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO “EL NIÑO” 1997/1998 EN LA CIUDAD

Al llegar a este punto, nos apartamos del tema de la Infraestructura Vial para realizar un breve estudio referente a la Ciudad, debido a la importancia que reviste por ser Capital de la Sub Región y ciudad fronteriza, y además, cada vez que se presenta el fenómeno “El Niño” la ciudad sufre los estragos ocasionados por éste. Según el trabajo de investigación realizado por César E. Tapia C.¹, señala que la ciudad está amenazada por dos principales Fenómenos Naturales, a saber: 1) Fenómeno “El Niño”, y 2) Actividad Sísmica. El estudio de la Microzonificación de una ciudad es bastante complejo y requiere una profundización en el tema al considerar varios aspectos y diversos factores de riesgo, que no se encuentran comprendidos entre los objetivos y alcances de la presente tesis. Por estas razones, en adelante, este trabajo de investigación se ha de circunscribir al primero de los fenómenos naturales señalados líneas arriba.

TAPIA CANALES, César E. Microzonificación de la Ciudad de Tumbes y Lineamientos para su Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres. FIC- CISMID. Lima, 1991.

La planificación urbana de una ciudad importante, como es el caso de la Ciudad de Tumbes, es un proceso largo y complicado, que se inicia con la determinación de las necesidades de la población, continúa con la formulación de un plan de desarrollo, cuyo objetivo es satisfacerlas, y concluye con la implementación de este plan. Aunque por ser un proceso dinámico éste no concluye nunca, y es necesario la retroalimentación de nuevos datos a considerar², en este sentido se hace indispensable la recopilación, evaluación y procesamiento de los efectos causados por el fenómeno "El Niño", cada vez que éste se produzca.

Los efectos del fenómeno "El Niño" en la Sub Región Tumbes han sido estudiados con anterioridad a 1998, y con especial interés a partir del año 1983. Al respecto, se cuentan con estudios que datan del año 1977, realizados por la Dirección de Aguas y Suelos (DGAS) del Ministerio de Agricultura; asimismo, el Programa de Drenaje y Recuperación de Tierras (PRONADRET), posee estudios sobre Defensas Ribereñas, igualmente, el Proyecto de Irrigación Tumbes (PIT) y el Proyecto Binacional Puyango Tumbes (PBPT). Por otro lado, el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), ha realizado estudios de microzonificación de las ciudades de la Región Grau (Piura y Tumbes) entre los años 1989 y 1992.

Cuando ocurrió el fenómeno en 1982-83, algunos ingenieros pensaron que era un fenómeno extraordinario con periodo de retorno de unos 500 años. En consecuencia las obras de arte realizadas en la panamericana fueron diseñados y construidos para un periodo de retorno de 50 años. Posteriormente, 15 años después los efectos severos causados por "El Niño" de 1997-98, fueron iguales o más graves en varios aspectos que el anterior. Sin embargo, las obras de mitigación realizadas después de 1983, como las obras de defensas en los ríos Piura y Tumbes, el canal – vía de Sullana; y las obras de prevención realizadas por el Gobierno del Perú en el 2º semestre de 1997 y comienzos de 1998, evitaron que los daños fueran más severos³.

² *KUROIWA H., Julio. Seminarios CISMID. Microzonificación Aplicada al Planeamiento Urbano y Regional para la Mitigación de Desastres. Lima, del 03 al 10 de Diciembre de 1990.*

³ *KUROIWA H., Julio. El Fenómeno "El Niño" y la Ingeniería. Lima, 1998.*

El problema álgido de la ciudad de Tumbes son las inundaciones periódicas, problema que se agudiza con la presencia del fenómeno "El Niño". La población y las áreas agrícolas se ubican precisamente en el Delta del río, siendo este el tramo de tránsito de las avenidas que desbordan fácilmente el cauce del río, inundando los campos agrícolas, de riego, la infraestructura vial y las obras civiles que se interpongan en su trayecto ⁴.

Todo planteamiento de solución que tienda a atenuar los efectos negativos de las inundaciones, no pueden ser manejados aisladamente, por el contrario, la participación debe ser inter - institucional, a fin de que las acciones que se adopten redunden en beneficio de todos ⁵.

6.1 UBICACION Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CIUDAD

La Sub región Tumbes se encuentra ubicado en la Costa Septentrional en el extremo noroccidental del país, con una superficie territorial de 4,669.2 Km² incluidos 11.94 Km² de superficie insular, lo que representa el 0.36% del territorio nacional, y en donde habitan aproximadamente 37 pobladores por Km². Esta dividido políticamente en tres provincias y doce distritos, siendo las provincias de Tumbes y Zarumilla las de mayor densidad poblacional y Contralmirante Villar de menor densidad. (Lámina VI.1)



La Capital de la Sub Región, del mismo nombre, (Tumbes), cuya altitud es de 5 m.s.n.m., se encuentra ubicada a 80°27' de longitud Oeste y 3°34' de latitud Sur, su distancia a la frontera con el Ecuador (Aguas Verdes) es de 23 Km.; a Lima 1,259 Km.; a Piura de 278 Km.; y al Mar (delta del Río Tumbes) a 10 Km., aproximadamente. La Ciudad de Tumbes tiene una superficie de 7.3 Km².

Su principal vía de acceso lo constituye la Carretera Panamericana Norte. La longitud de la red vial del departamento de Tumbes asciende a 868.87 Km. equivalente al 1.2% del total nacional. El 40.4% de la red vial esta constituida por la ruta vecinal, el 23.0% por la ruta nacional y el 36.6% por la ruta departamental. Según el tipo de superficie de rodadura, el 68.6% de carreteras están formadas por trocha, el 26.1% son asfaltadas, el 3.2% son carreteras sin afimar.

^{4,5} *PROYECTO BINACIONAL PUYANGO - TUMBES. Dragado del Río Tumbes y Limpieza de los cauces naturales de alivio. Tumbes, Mayo 1992.*

Su clima oscila entre 19°C en época de invierno y la máxima de 38°C en verano, salvo la ocurrencia del fenómeno "El Niño", el promedio anual es de 24°C. Su humedad relativa promedio es de 85%. La Ciudad de Tumbes rompe con todos los esquemas de las urbes costeñas del Perú. Clima tropical, un río que se puede navegar todo el año y tan cerca del litoral que se puede sentir la brisa marina en la Plaza de Armas.

Antes de iniciar con los Aspectos Naturales de la urbe, y para una mejor identificación de sus diversos aspectos físicos, se ha sectorizado la ciudad en (Plano VI.1):

- ◆ **Ciudad Vieja.**- Zona antigua y más consolidada, se sub divide en dos zonas:
 - Parte Baja, al NW de la Panamericana (zona plana).
 - Parte Alta, al SE de la Panamericana (zona accidentada).

- ◆ **Ciudad Intermedia.**- Asentamientos humanos limitados por accidentes topográficos. También se divide en dos partes:
 - Parte Alta.
 - Parte Baja.

- ◆ **Nuevo Tumbes.**- Actual zona de expansión, se considera como parte alta por su cota sobre el nivel del mar de 32 mts. en promedio.

6.2 ASPECTOS NATURALES DE LA CIUDAD

6.2.1 TOPOGRAFIA

La topografía de la ciudad de Tumbes es una de sus características más relevantes, pues, los servicios vitales se encuentran supeditados a ella. El área en la que se encuentra el casco urbano es atravesada por varias quebradas, que han hecho muy difícil el trazo de las vías y el tendido de redes de servicio público. Por consiguiente, la ciudad conlleva una seria limitación en su desarrollo, por razón de que se eleva los costos de las viviendas, servicios vitales y las dificultades en el drenaje son notorias en épocas de lluvia. (Plano VI.2)

CIUDAD VIEJA

Como ya se mencionó está dividida en dos áreas topográficas, la parte baja a la izquierda de la Panamericana, y la parte alta o accidentada a la derecha.

La parte baja está caracterizada por ser prácticamente plana se encuentra a una cota promedio de 5 m.s.n.m. Hay dos sectores planos: la Plaza de Armas (6 m.s.n.m.), y el sector del antiguo Puente Viejo (6 m.s.n.m.). Otro sector plano se encuentra ubicado en Pampa Grande (8 m.s.n.m.) que limita con las parcelas agrícolas. El resto de la zona, en la margen derecha de la Panamericana, es completamente

accidentada, teniendo su cota máxima de 41 m.s.n.m. en las colinas, a 100 mts. de la planta eléctrica, y su cota mínima en el mercado a 8 m.s.n.m. En estas zonas las depresiones son pronunciadas llegando a pendientes del 17%. Se han formado quebradas como el caso de la calle Tumpis con una pendiente aproximada de 3%, y la Av. Mariscal Castilla con una pendiente aproximada del 2%.

CIUDAD INTERMEDIA

La zona ubicada en la margen izquierda de la Panamericana, puede decirse que es plana, aunque hay una cierta elevación en dirección a NUEVO TUMBES. Su altitud está entre 4 m.s.n.m. y en la zona elevada llega a 13 m.s.n.m., antes de la quebrada Pedregal.

En la margen derecha, la parte plana se extiende en forma de V sobre una cota de 7 m.s.n.m. en promedio hasta cambiar abruptamente en las colinas cuyas cotas se encuentran entre 23 y 37 m.s.n.m. Aquí confluyen varias quebradas, dos de las cuales van hacia la zona plana en forma de V, y las otras se dirigen a la quebrada Pedregal.

NUEVO TUMBES

Ubicada entre las quebradas Pedregal y Luay. Es una zona relativamente plana, su cota mínima es de 21 m.s.n.m. y la máxima de 34 m.s.n.m.

Las zonas posteriores a la quebrada Luay tienen una topografía similar a la de "Nuevo Tumbes", es decir, zonas relativamente planas, enmarcadas por quebradas, tanto al lado izquierdo como a la derecha de Panamericana.

6.2.2 GEOMORFOLOGÍA

A nivel Regional, la zona está sometida constantemente a una evolución geomorfológica, en donde intervienen los factores intrínsecos de las diferentes rocas aflorantes, las que dadas sus propiedades mecánicas y estructurales variadas se comportan de manera diferente a los procesos geomorfológicos. (Lámina VI.2)

Desde este punto de vista, en el área estudiada se han definido cuatro zonas, que son las siguientes:

- A) Serranía Amotape:** Se extiende en dirección Sudoeste a Noreste hacia el curso superior del río Tumbes.
- En el tramo comprendido entre los ríos Tumbes y Zarumilla, los cerros más altos no pasan de 2,000 m.s.n.m. Su borde norte está señalado por un desnivel muy pronunciado.

- B) Zona de Lomadas o Intermedia:** Al norte de la serranía de Amotape se extiende un área de cerros ondulados de mediana altura (promedio 400 m. aproximadamente), y lomadas tales como Tutumo, Bafán y Cabuyal. Toda la zona se encuentra intensamente dividida por pequeñas quebradas con agua de corta duración durante la estación de lluvias. A medida que avanza hacia el norte, el paisaje pasa insensiblemente a una espaciosa penillanura.
- C) Zona de Llanuras o Pampas:** La Penillanura se extiende desde Tumbes hasta Zarumilla, donde adquiere su mayor ancho. Su altura es de 60 m.s.n.m. en Papayal, 21 mts. en Zarumilla y 10 mts. en Tumbes. Esta zona morfológica esta atravesada por pequeños cursos de agua que alteran la topografía llana, está constituida por una secuencia de sedimentos de origen continental y marino que han emergido del mar en época geológica reciente, según evidencian los fósiles de la edad Pleistocena.
- C.1) Lagunas entre Tumbes y Zarumilla:** En las llanuras alrededor de Zarumilla existen depresiones con lagunas temporales y permanentes de tamaños variados, distinguiéndose tres tipos:
- a) **Depresiones o Cubetas en la Penillanura:** De formas variables de año en año. Estas lagunas deben su origen al agua de lluvia de los meses de verano, tiene muy poco fondo y ofrecen un aspecto pintoresco en contraste con la aridez del resto del año. En la época seca su presencia se nota sólo por los atoladeros y pantanos.
 - b) **Pozos y "Brazos Muertos":** Son las constituidas por las aguas remanentes en los meandros, cauces de desagüe de algunas quebradas y en las divagaciones del río Zarumilla, como por ejemplo en los Pocitos, Piedritas y otros. Algunos de los pozos son permanentes por su conexión con el agua subterránea que se desplaza a través de las arenas de la vena fluvial y a escasa profundidad.
 - c) **Lagunas Fluviales o de Paso:** Se desarrollan en ciertos cauces de quebradas o de suave declive. Estas lagunas albergan aguas salobres y al evaporar parte del agua almacenada, el fondo de las mismas se cubre con una capa de yeso y sal. Las lagunas más notables son: Lamederos, Salitral Grande y Salitrillo.
- D) Zona de los Esteros y Deltas:** Faja de terreno de ancho variable entre uno y tres kilómetros; se extiende a lo largo de la línea playera, entre las

desembocaduras de los ríos Tumbes y Zarumilla; está constituida por la alternancia de espigones naturales de arena, lagunas salobres junto al mar y llanuras o pampas alargadas que representan esteros antiguos; hacia el Este se encuentra la desembocadura del río Zarumilla que constituye un delta imperfecto por carecer de forma triangular típica, debido a que desagua en esteros o albuferas de la región de Jambelí de la provincia ecuatoriana El Oro, originados por acción del Río Guayas y sus tributarios de la margen izquierda.

La línea de playa del departamento de Tumbes, mide aproximadamente 120 Km. de largo, correspondiendo unos 40 Km. al sector comprendido entre La Cruz y la isla de Matapalo. El frente marítimo del delta del río Tumbes entre Malpelo y Puerto Pizarro mide aproximadamente 12 Km. La base del aparato litoral se halla marcado por los acantilados compuestos por rocas de edad terciaria que se extienden entre Charán y Corrales (margen izquierda del río Tumbes), por los acantilados del Cerro Mirador (margen derecha del río Tumbes) y otros en dirección Zarumilla.

Los espigones naturales de arena guardan un marcado paralelismo con la línea general de la costa. El paisaje en la costa de la Garita (Tumbes) ofrece una superficie ondulada de surcos y camellones. En su estado inicial, las albuferas contiguas al mar están separadas de éste por bancos de arena e isletas bajas que con tiempo se unen formando espigones encorvados por las correntadas predominantes. En baja mar los esteros se vacían formando extensas depresiones. En el transcurso del proceso dinámico, los esteros se llenan de fango hasta ligeramente encima del nivel del mar, cubriéndose sólo eventualmente en los días de las aguas vivas y bravezas del mar; una vez alcanzado dicho nivel la sedimentación subacuática cesa, siendo continuada por aportes subaéreos. Tales esteros permanecen secos durante la mayor parte del año, inundándose únicamente durante el periodo de lluvias las que ocurren por las Pampas de Zarumilla, formándose lagunas temporales de escaso fondo que se convierten después de la evaporación del agua en lodazales y salitrales difícilmente transitables.

En la lámina VI.2, se puede apreciar que la carretera Panamericana Norte divide la zona de llanura (parte baja) de la zona ondulada (parte alta). Asimismo, se observa que las zonas de mayor altitud se encuentran hacia el Noreste, Este y Sudeste de la Ciudad de Tumbes, zonas menos afectadas por las inundaciones.

6.2.3 GEOLOGÍA REGIONAL (Lámina VI.3)

Fischer dividió el área de la Costa de dicho departamento en las siguientes provincias geológicas (de Este a Oeste):

- A) **Cordillera Andina:** Faja de montañas plegadas topográficamente elevadas que exponen rocas paleozoicas y terciarias.
- B) **Depresiones Para – Andinas:** Faja de depresiones estructurales y topográficas ubicadas en la Cordillera Andina y la zona de los Macizos Occidentales; incluye el sinclinatorio Lancones formado por rocas cretáceas.
- C) **Zona de Macizos Occidentales:** Faja arqueada que expone bloques constituidas de rocas metamórficas e ígneas paleozoicas separados unos de otros por fosas y hundimientos rellenos con sedimentos del Eoceno Superior y más jóvenes.
- D) **Repisa Occidental:** La llanura occidental consiste principalmente en sedimentos del Cretácico Superior y del Terciario descansando sobre el basamento paleozoico y caracterizado por intenso fallamiento en bloque.

La costa del departamento de Tumbes tiene un ancho que varía entre 50 y 70 Km., recibe en toda su extensión las lluvias anuales de intensidad variable de año en año. La esorrentía y las arterias fluviales permanentes así como temporales han originado un paisaje generalmente ondulado. El largo de los cursos de agua, ríos o quebradas es reducido, nacen por lo general en el área de la costa y se secan al poco tiempo de haber cesado el periodo lluvioso. En cambio el río Tumbes que se origina en la Cordillera de los Andes conduce agua durante todo el año mientras que el cauce inferior del río Zarumilla suele secarse anualmente durante algunos meses. Las quebradas Bocapán, Seca y Máncora conservan agua durante todo el tiempo en su curso superior.

Los rasgos fisiográficos más saltantes del departamento son: La serranía de Amotape y la región de la Costa, subdividida en una zona de lomadas bajas o intermedias, llanuras del propio litoral, terrazas marinas, la zona de los esteros, incluso los deltas y la faja adyacente al mar. El desarrollo de cada una de estas unidades varía regionalmente.

La historia geológica de esta zona es similar a la de toda la costa occidental del Centro y Sudamérica. Durante el periodo del Pleistoceno el agua del mar, se retiró debido al crecimiento de los casquetes de hielo de ambas regiones polares. En consecuencia, los cursos fluviales se extendieron desde las costas actuales haciendo que los ríos excaven cauces más profundos de lo que sería posible en la actualidad. Conforme se fue deshelando los casquetes polares, se elevó el nivel de los océanos, obligando que los ríos depositen material de acarreo en los profundos cauces excavados, lo que ha originado la existencia de rellenos aluviales, cuya profundidad se extiende por debajo del nivel del mar. Este relleno compuesto básicamente de arena con granulometría que varía de media a gruesa y de origen granítico, se halla

esencialmente en forma de depósitos con estratos horizontales hasta una profundidad de 100 metros o más en el caso del valle bajo del río Zarumilla, lo que indica un almacenamiento potencial de agua subterránea en dicha zona. En las partes superiores y particularmente en las zonas en donde existe roca dura, como el caso de los Ucumares, los ríos no tienen cauces rellenos con grava en espesor considerable, siendo ésta una característica propia de las regiones cercanas a la costa.

En forma general el departamento de Tumbes presenta formaciones aluviales recientes, rocas sedimentarias (terciario superior a medio, terciario inferior paleozoico), rocas ígneas (plutonio cretáceo inferior) y tierras irrigables.

6.2.4 CLIMATOLOGIA

El clima de la Sub Región Tumbes está definido por su cercanía al círculo ecuatorial, ya que, se encuentran entre 3° y 6° de latitud Sur, ocupando una zona de baja presión, donde las masas de aire provenientes de las zonas ubicadas a los 30° de latitud Sur son calentados incorporando abundante vapor de agua que al ascender se enfrían y condensan dando lugar a abundante precipitación anual.

Este mayor calentamiento de la superficie terrestre por la incidencia casi perpendicular de los rayos solares tienen una manifestación casi permanente en el calentamiento de las capas superiores del Océano dando lugar a la contra corriente ecuatorial de aguas cálidas que invaden las costas del Ecuador y Perú y con cierta frecuencia se encuentra con la corriente fría de Humbolt que viene del Sur desviándola y situándose por encima, debido a su menor densidad de sus aguas dando lugar al fenómeno complejo denominado "El Niño", ya que se presenta a fines de Diciembre, periodo en el cual las precipitaciones alcanzan su mayor intensidad y duración.

Las precipitaciones ocurren entre Enero a Marzo concentrando en este periodo el 85 a 90 % de la precipitación total anual.

Las máximas precipitaciones registrados en la Sub región datan de los años 1925, 1932, 1983, 1992 y la del presente 1998, siendo excepcionales aquellas que sobrepasan los 100 mm en 24 horas. A continuación se indican:

| FECHA | PRECIPITACION (mm) | ESTACION |
|-------------|-----------------------|--------------------|
| 25-Ene-1925 | 120.0 | Zorritos |
| 16-Feb-1925 | 375.0 | Zorritos |
| 27-Ene-1932 | 188.0 | Tumbes 6 msnm |
| 01-Abr-1965 | 138.0 | El Caucho 450 " |
| 21-Feb-1971 | 192.0 | El Caucho 450 " |
| 25-Abr-1983 | 173.0 | Rica Playa 70 " |
| 18-May-1983 | 160.0 | Tumbes 20 " |
| 26-Mar-1987 | 94.0 | Tumbes 20 " |
| 07-Mar-1992 | 178.5 | C.Exp.Tumpis 25 " |
| 11-Abr-1992 | 159.0 | Tumbes 20 " |
| 11-Abr-1992 | 200.9 | Los Cedros 5 " |
| 08-Feb-1998 | 230.00 | C.Exp.Tumpis 25 " |
| 06-Ene-1998 | 300.00 | Laboratorio IMARPE |

Fuente:

- Proyecto Binacional Puyango Tumbes
- IMARPE

En cuanto a la temperatura se hace referencia a las registradas en la Estación "Rica Playa" ubicada a 70 m.s.n.m. para el periodo 1965 – 1969:

| | Temperatura (°C) |
|-----------------------|------------------|
| Media Anual | 26 |
| Máxima Absoluta Anual | 37 |
| Mínima Absoluta Anual | 11 |

Las temperaturas más altas se inician en el mes de Diciembre se incrementan y se mantienen elevadas hasta el mes de Abril. La humedad atmosférica relativa promedio anual varía de 72% a 82%, siendo más elevadas en la parte baja cercana al mar.

La velocidad de los vientos varía de 5 m/seg. a 12 m/seg. con dirección Noroeste a Norte. Las horas de sol son más numerosas en la estación de lluvias de Diciembre a Mayo, con un descenso significativo en el mes de Febrero producto de la Nubosidad y coincidente con el mes relativamente más lluvioso, anualmente se registran unas 2,000 horas de sol, con máximo mensual de 200 horas en el mes de Marzo y un mínimo mensual de 138 horas en el mes de Setiembre. La nubosidad media mensual durante el día varía de 1 a 3 octavos, presentándose los máximos a

inicios y al final del día. Ocho octavos corresponden a cielo cubierto y 0 octavos a cielo despejado.

La evaporación promedio anual es del orden de los 1,200 mm medido en el atmómetro Piché protegido, con valores máximos mensuales del orden de los 120 mm. La evaporación promedio diaria es de 3.3 mm/día (PICHE) y 4.95 mm/día (Tanque de evaporación tipo "A").

6.2.5 HIDROLOGÍA

La Hidrología de la cuenca del Río Tumbes, ha sido objeto de un amplio y detallado estudio por parte del Proyecto Binacional Puyango- Tumbes, que basa su desarrollo en el uso de las aguas del río. Las aguas del río Tumbes son utilizados con fines agrícolas y pecuarios en el valle, y con fines domésticos e industriales en la Ciudad de Tumbes y poblados.

El río Tumbes drena una cuenca de 4,800 Km², su delta se ubica dentro del área del Golfo de Guayaquil, único Golfo en la Costa Occidental de Sur América. Su cuenca está formada en su cabecera por numerosas quebradas que discurren desde la Cordillera de Chilla y Cerro Negro en el Ecuador. En su parte alta el río es llamado Pindo o Río Grande, toma el nombre de Puyango a partir de la confluencia con el Yaguachi cerca de Balsas, siguiendo la dirección occidental por unos 100 Km., el río Puyango alcanza la quebrada "Cazaderos" para formar el río Tumbes, gira entonces hacia el Norte unos 80 kilómetros hasta llegar al Océano Pacífico cerca de la Ciudad de Tumbes.

La mayor parte del río Puyango tiene pendientes de alrededor de los 3 por mil (0.003) luego bajando hacia la llanura del río Tumbes la pendiente es inferior a 2 por mil (0.002), registrándose pendientes del orden de 0.2 por mil (0.0002) entre la Ciudad de Tumbes y la desembocadura.

La descarga anual media para el periodo 1963 – 1987 en la Estación "El Tigre" fue de 112.6 m³/seg., con un volumen de 3,564.5 MMC. El máximo volumen anual registrado fue 16,324.3 MMC (517.2 m³/seg) en 1983, siendo un año excepcional a consecuencia del fenómeno "El Niño", ya que si comparamos con el registro máximo inmediato inferior del año 1972, esta fue de 5,431 MMC (168.9 m³/seg), es decir, tres veces menor. El mínimo volumen registrado fue de 1,211.1 MMC (38.3 m³/seg) en 1968. Con respecto al año de 1998 el máximo diario se registró el día 09 de Febrero con un caudal de 2,569.9 m³/seg, mayor al del año de 1992 cuyo valor fue de 2,300 m³/seg.

6.3 GEODINÁMICA EXTERNA

Como lo mencionamos al principio, el Fenómeno "El Niño" es la principal causa natural del proceso de transformación de la geomorfología. Se caracteriza por presentar precipitaciones de alta intensidad y de corta duración que ocasionan, en asociación con la vulnerabilidad de la ciudad, fenómenos como: inundaciones, derrumbes, erosiones y sedimentación.

El valle del río Tumbes presenta continuamente problemas de inundaciones, producto de los desbordes del río. Desde 1925 hasta 1992, el río Tumbes ha producido 17 inundaciones de considerable magnitud con una frecuencia de 3.9 años, periodicidad que se acorta en los últimos años. Tan sólo en 1998, hasta el mes de Marzo, a raíz del fenómeno "El Niño" se produjeron 5 desbordes del río que afectaron el área urbana, el sistema de riego y la infraestructura vial, entre otros.

Según Eguiguren (1984/85), Petersen (1956) y SENAMHI (recopilación), este fenómeno ocurrió en los siguientes periodos: Siglo XI, 1578,1728,1747, 1790/91, 1814, 1828, 1844/45, 1864, 1871/72, 1891, 1925/26, 1931/32, 1933, 1939, 1941, 1943, 1953, 1957, 1965, 1972/73, 1977, 1978, 1982/83, 1991/92 y 1997/98. Con características siempre diferentes tanto en intensidad (débil, moderado, fuerte y muy fuerte) como en duración.

Al constituirse las inundaciones, en uno de los más importantes fenómenos de la ciudad que acarrea pérdidas considerables, y cuyos efectos se amplifican con el evento de "El Niño", se hace indispensable conocer las características del río Tumbes y otros factores asociados a él que ocasionan desastres.

6.3.1 MIGRACION LATERAL DE LAS CURVAS MEÁNDRICAS

El río Tumbes tiene dos características hidráulicas definidas en cuanto a su comportamiento. El primer tramo en la parte alta de la cuenca ubicado aguas arriba de "El Tigre" con pendientes fuertes de régimen torrencial, y otro, aguas abajo de "El Tigre" hasta su desembocadura, con pendientes muy pequeñas. En este último tramo el río se desborda continuamente produciéndose incalculables daños al sector agrícola, principalmente.

El río no mantiene un cauce permanente a través de los años ya que, se desplaza lateralmente presentándose ondulaciones meándricas casi inmediatamente aguas abajo de la quebradas el Higueron, en que el río se aleja del encañonamiento, aumentando su desplazamiento a medida que se va desarrollando en el Delta que forma el Valle con pendiente del 0.2 por mil y que alcanza desplazamientos del orden de los 500 mts. a 1 000 mts. que es el ancho del valle aguas arriba del punto actual de la carretera Panamericana.

Las variaciones o desplazamientos del cauce se han registrado en los años 1982, 1983, 1984, 1986, 1988, 1991 y 1997, viendo los diferentes cauces formados pueden identificarse dos patrones típicos de meandros:

Patrón Tipo 1 (PM1), que consiste en 4 curvas pronunciadas entre el Puente Tumbes y Puerto El Cura, siendo la primera curva que hace el río a la altura de la planta de tratamiento de agua, la segunda curva la que se recuesta contra la carretera Panamericana, y la tercera y cuarta situadas aguas arriba. Estas formas han sido observadas en los años 1983, 84, 88, 91 y 97, y cuyas características son: a) que las curvas tercera y cuarta migran lateralmente, b) la segunda migra hacia su lado convexo y cóncavo, y c) la primera que parece tener una movilidad muy pequeña que las fotografías no han podido detectar.

Patrón Meándrico Tipo 2 (PM2), fue observado los años 1970, 79, 82 y 86. Parece ocurrir cuando el río corta la segunda curva del PM1 e induce el corte del tercer y cuarto meandro, pero creando dos curvas más pequeñas situadas más aguas arriba. Al suceder esto el río reduce su longitud (de 7,000 a 6,700 mts.); creando una nueva situación de desequilibrio que el río resuelve haciendo migrar lateralmente aguas abajo del valle los pequeños meandros creados incrementándoles su curvatura y recorrido, que con el tiempo pasarán a constituir la tercera y cuarta curva PM1 a la vez que estrechan la segunda curva, hasta devolver al tramo del río una longitud de 7,000 mts. aproximadamente, con el cual equilibre su energía hidráulica.

En 1983, la formación meándrica (segunda curva) aguas arriba de la Ciudad de Tumbes avanzó amenazadoramente hacia la carretera Panamericana situándose a escasos 100 mts. La parte cóncava del meandro que tiene gran poder erosivo fue motivo de preocupación de los agricultores y pobladores. En el año 1984 se construyeron 12 espigones de enrocado, y en 1985 se construyó un dique de enrocado en el cauce viejo inmediato aguas arriba de la carretera Panamericana, que a pesar de su corta longitud (150 mts.) ha soportado caudales del orden de la avenida media.

6.3.2 INFLUENCIA DE LA SEDIMENTACION EN LA INTENSIFICACION DE LAS INUNDACIONES

El río en avenidas de acuerdo a sus características hidráulicas, adecua su cauce hasta alcanzar el equilibrio que permita utilizar la energía dinámica total en transportar sedimentos tanto en suspensión como de arrastre, vencer la fricción, producir erosión tanto de fondo como de taludes y generar turbulencia. La capacidad

del río de transportar sedimentos es menor que la cantidad que recibe ya sea en la parte alta, aguas arriba de la quebrada "Higueron", como en la parte baja.

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

En épocas de lluvias intensas la humedad satura los suelos de la cuenca desnuda produciendo escurrimiento de lodos que caen hacia el río, directamente de sus riberas o a través de las numerosas quebradas, como las observadas en la margen izquierda que arrastran sedimentos del orden de los 9,000 m³ por año, como la evaluada en al quebrada "Urbina" en periodo 1976 – 1989.

En estas condiciones, el equilibrio se rompe aumentando el nivel del lecho, produciendo el fenómeno de agradación, y el río reduce su cauce para soportar el caudal sólido - líquido, produciéndose las inundaciones de los terrenos agrícolas. Por ejemplo, las avenidas de 1992 que fueron alrededor de 2,300 m³/s, si bien es cierto no estuvieron cerca de las cifras registradas en 1983, se puede asegurar en base a las apreciaciones de los agricultores damnificados, que el espejo de agua fue igual e inclusive mayor que el de 1983. Esto se explica por los volúmenes de sedimentos depositados en el lecho del río, que al no tener pendiente no produce velocidades que permitan limpiar su cauce, restando con ello- como ya se mencionó- la capacidad de transporte.

De lo anterior se desprende, que la sedimentación al aumentar el nivel del lecho del río (agradación) ocasiona que con menores descargas que transporte el río, el efecto negativo de las inundaciones va a tener la misma o mayor magnitud que aquellos presentados anteriormente con mayores descargas.

6.3.3 INFLUENCIA DE LAS MAREAS EN LA INTENSIFICACIÓN DE LAS INUNDACIONES

Estudio realizado por PRONADRET – Tumbes. Enero – Abril de 1989. Las conclusiones aun de carácter preliminar son aceptables, por cuanto, confirman lo que se observa en la realidad pero con ordenes de magnitud no precisas.

Las mareas en sus niveles altos (pleamar) producen represamiento de las aguas de escorrentía, dificultando su normal drenaje y aumentando el nivel de las aguas del río Tumbes, lo cual se refleja en un incremento del área inundable principalmente en épocas de avenidas. El incremento del área inundable por efectos de

las mareas es del orden del 10%. La amplitud del remanso es del orden de 21 Km. desde la desembocadura hasta los sectores de Puerto El Cura y Garbanzal.

El ingreso de las mareas en el cauce del río origina caudales en sentido contrario a los normales aun no precisados. En un pleamar la gradiente hidráulica es menor y por lo tanto la velocidad del agua es menor, lo cual disminuye la capacidad del transporte de sedimentos, produciéndose el fenómeno de agradación del lecho.

Esto trae como consecuencia que el nivel del agua por el remanso que se produce se eleve, ocasionando desbordes adicionales a los normales. Al respecto, se ha observado los niveles en el puente Tumbes una sobre elevación entre 0.20 y 1.30 mts (ver cuadro N° VI.1). Un hecho que corrobora esta disminución de la capacidad de transporte del río es la presencia de antiguos brazos que actúan a manera de alivios en avenidas, como es el caso de los brazos que se unen al Dren "El Correntoso" y al "Piojo". En baja mar la pendiente hidráulica crece, aumentando la velocidad del agua y el material de transporte, erosionando los taludes y rompiendo la forma de los meandros. Esto ocurre en el tramo entre la ciudad de Tumbes y la desembocadura.

CUADRO VI.1. MEDICIONES SIMULTÁNEAS DE PLEAMARES Y NIVELES DE RÍO EN EL PUENTE TUMBES.

| PLEAMAR MSNM | NIVEL EN EL PUENTE TUMBES MSNM | SOBREELEVACIÓN MSNM | OBSERVACIONES |
|-----------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1.61 | 3.24 | 0.45 | Ene1989, Pleamar promedio mensual |
| 1.68 | 4.80 | 0.82 | Feb1989, Pleamar promedio mensual |
| 1.63 | 4.77 | 0.59 | Mar1989, Pleamar promedio mensual |
| 1.59 | 3.96 | 0.42 | Abr1989, Pleamar promedio mensual |
| 1.15 | | 0.21 | Hidrotechnic-1965, pleamar Zorritos* |
| 2.30 | | 1.33 | Hidrotechnic-1965, pleamar Zorritos* |

*Otras mediciones simultáneas indican pleamar en Zorritos y Pto. Pizarro 1.82, en desembocadura del río Tumbes 1.76.

- Adoptado del Cuadro N° 05 del Estudio de "Defensas de la Carretera Panamericana". Tumbes. Alfredo Mansen V.

6.3.4 DESCARGAS DE INUNDACION

Las características naturales del río, descritas líneas arriba, lo acondicionan de tal manera que cuando sucede el evento de "El Niño", los efectos sean desastrosos para la ciudad. Estudios anteriores basándose en cálculos hidráulicos y observaciones de campo han determinado que el cauce principal del río comienza a ser rebasado cuando el caudal supera los 400 m³/s.

En el Informe Técnico para el "Dragado del río Tumbes y Limpieza de los Cauces Naturales de Alivio – Informe Técnico Preliminar" (Mayo 1992), se indica en el

plano "Áreas Inundadas en el valle del río Tumbes año 1989" que para descargas de 550 m³/s se inunda la zona dentro del lado convexo de la curva del río próximo a la carretera Panamericana.

Los estudios con cálculos hidráulicos de remanso entre Tumbes y El Tigre realizados por el Consorcio Lagesa y C&A Consultores, "Proyecto Puyango- Tumbes. Estudio de Factibilidad. Tomo V Informe Principal- Defensas Ribereñas, y Anexo III: Geotecnia" (Setiembre 1990), asimismo, Mansen V., C. Iparraguirre, et al., "Plan Director de Encauzamiento del Río Tumbes. Estudio Preliminar" (1995), señalan que el caudal máximo que pasa por el cauce principal sin inundar las terrazas más bajas está comprendido entre 300 y 400 m³/s, para el tramo del río entre El Tigre y Tumbes.

En el estudio "Defensa Carretera Panamericana" (Agosto 1997) realizado por Alfredo Mansen V., muestra que las terrazas en la zona del Puente "El Viejo", del tramo de la carretera a 2 Km. de la ciudad de Tumbes, son completamente desbordadas para caudales mayores a 600 m³/s.

En el estudio "Primer Proyecto de Defensas Ribereñas- Informe de Factibilidad - Valle de Tumbes" de PRONADRET FAO- DGI Ministerio de Agricultura, (Julio de 1988), se ha establecido las áreas inundables para diferentes caudales, tal como se muestra en el mapa de "Zonas Inundables en el Valle del río Tumbes", (ver lámina VI.4) así se tiene:

| DESCARGAS DE INUNDACIÓN (m ³ /s) | AREAS INUNDADAS (Ha.) |
|--|--------------------------|
| 700 | 4,196 |
| 1,500 | 8,560 |
| 3,000 | 9,736 |
| 4,000 | 10,910 |

6.4 DESARROLLO URBANO

Antes de analizar los efectos que ha causado "El Niño", describiremos en forma sucinta las características principales de la Ciudad.

6.4.1 TIPO Y CRECIMIENTO DE LA CIUDAD

La Ciudad de Tumbes es de tipo lineal, formando dos ejes principales de crecimiento hacia el NE y SE de la Av. Tumbes (Panamericana Norte), habiéndose generado la misma por el Río y la Panamericana Norte, a estos dos elementos se suma la configuración morfológica, que acondicionó la habilitación y a medida que fue creciendo la población se fue convirtiendo en la mayor restricción y dificultad para

permitir una conformación urbana orgánica y con adecuados elementos estructurales. El resultado es hoy, una ciudad cuyas actividades y usos mayores se distribuyen entre un débil centro comercial alrededor de la Plaza de Armas, y un eje potente y activo altamente saturado que siendo la vía nacional principal se ha convertido, también, en la avenida principal de Tumbes.

Cabe indicar, que la Ciudad se encuentra rodeada de Propiedades Privadas de uso Militar, como también terrenos de uso Agrícola Intangible, propiedades del Estado, los mismos que no permiten que la Ciudad pueda expandirse para esas zonas dejando muy pocas posibilidades de crecimiento.

El mayor crecimiento urbano se desarrolló después de 1983, se habilitaron nuevas tierras al NE de la Ciudad y se inició la ocupación de tierras marginales en diversos sectores al borde del Casco Antiguo y en la zona denominada Nuevo Tumbes, que se formó como una zona de Expansión Urbana planificada con serias limitaciones dando lugar a lotizaciones y vías interiores y redes generales de servicio, posteriormente a su alrededor se generaron ocupaciones informales (Asentamientos Marginales).

La zona actualmente ocupada por los Asentamientos Humanos, está ubicada entre Tumbes Antiguo y Nuevo Tumbes, los mismos que presentan problemas de topografía, suelos, inundaciones, etc. y en el Sector Norte de la ciudad, zonas bajas colindantes al Canal La Tuna (San José, Los Jardines, Los Lagos, etc.).

6.4.2 USOS DE SUELO Y EQUIPAMIENTO URBANO

Los Usos mayores de Suelo en la Ciudad se localizan en dos espacios; el primero corresponde al centro de la ciudad, alrededor de la Plaza de Armas y el segundo de mayor gravitación corresponde a la porción de la Carretera Panamericana contenida en el casco urbano.

- En el Primer espacio, de carácter nuclear, se ubican los usos cívicos tradicionales, el comercio formal más antiguo, las oficinas o entidades gubernamentales de nivel departamental, instituciones policiales, agencias bancarias, correos y centrales telefónicas entre otras. El cementerio ya forma parte de una trama urbana.
- En el segundo espacio, de tipo axial, se localizan los mayores usos de equipamiento, de salud, hospitales, centros de educación, coliseo estadio, oficinas de gobierno regional, oficina del Proyecto Especial Río Tumbes, agencias de transportes, agencias de viajes, comercio especializado y otros usos, generando gran cantidad de confluencia de personas y tráfico vehicular.

- A ello se añade un conjunto de cuarteles militares que se localizan en diversos puntos del área urbana, ocupando grandes extensiones de terreno en relación al tamaño de la ciudad.
- Algunos barrios periféricos como Nuevo Tumbes y Pampa Grande albergan usos de vivienda, cuentan excepcionalmente con instalaciones mayores. En el primer caso se ha previsto la construcción de un Coliseo y en el segundo el terreno para la Universidad de Tumbes.

EQUIPAMIENTO URBANO

- **Sector Salud:** Tumbes cuenta con dos hospitales del IPSS de Apoyo con una capacidad de 130 camas; 1 Centro de Salud y 2 Puestos de Salud.
- **Sector Educación:** Cuenta con el siguiente
 - Universidad Nacional de Tumbes.
 - Instituto Superior Tecnológico.
 - Instituto Superior Pedagógico.
 - 25 Colegios Secundarios.
 - 44 Escuelas Primarias.
 - 46 Centros de Educación Inicial no escolarizada.
 - 15 Centros de Educación Primaria no escolarizada.
 - 05 Centros de Educación Especial.
 - 21 Centros de Educación Ocupacional.

6.4.3 SERVICIOS URBANOS

- **Agua y Desagüe:** Existe en Tumbes desigual distribución de los Servicios Básicos en el Casco Urbano y distintos niveles de demanda; reducir éstos permitirá contar con mejores condiciones para un racional planeamiento de los usos del suelo y Habitación Urbana con fines de vivienda.

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Hogares 1993 (ENAHO), el 51.3% del total de hogares (Sub Región Tumbes) disponen de agua potable por red pública dentro de la vivienda. Sin embargo, el 18.1% utilizan este indispensable elemento a través de río, acequia manantiales y otros.

En cuanto al servicio de desagüe, el 35.5% de los hogares disponen de este servicio por red pública dentro de la vivienda, el 29.3% de ellos lo hace mediante pozo ciego, letrina, etc., mientras el 30.6% de hogares no tienen ningún sistema.

- **Energía Eléctrica:** La Empresa que tiene a cargo ELECTRONOROESTE cuenta con una capacidad instalada de generación insuficiente y obsoleta de 7

MW, que no permite cubrir la demanda total de la población de 12 MW mas aún la red de distribución, en muchos sectores, requiere ser cambiada con urgencia.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en la Sub Región el 69.6% de hogares disponen de alumbrado eléctrico en la vivienda, y el restante 30.4% no dispone de este servicio.

6.4.4 TRANSPORTE URBANO

El Transporte Urbano de Tumbes se caracteriza por contar con unidades de diverso tipo según lo siguiente:

- Mototaxis, Servicio Urbano.
- Taxis, Servicio Urbano.
- Comités, Servicio Urbano entre Sectores extremos.
- Omnibus, Servicio Interprovincial e Interdistrital.

6.4.5 VIALIDAD

La Ciudad de Tumbes carece de un Sistema Vial Orgánico, el mismo que se encuentra distribuido de la siguiente manera:

- La Vía sobre la cual opera la ciudad es la Av. Tumbes (Carretera Panamericana), vía principal de la ciudad.
- Las otras vías que comunican al resto de la ciudad a través de la principal, son las colectoras de 1^{er}, 2^{do} y 3^{er} orden, que distribuyen a los extremos de la ciudad.

El principal problema que se presenta es que la vía principal Av. Tumbes (Panamericana) es utilizada para todo tipo de transporte y es la única que distribuye a lo largo de toda la ciudad, por lo que es necesario trazar nuevas vías que alivien la función de la carretera actual y permitir una mejor integración del espacio urbano. Así como, separar el tránsito nacional del urbano y del pesado e incorporar nuevas tierras del lado Sur al Sistema Vial Local.

6.4.6 VIVIENDA

Las viviendas particulares en 1993 ascendieron a 29,468 unidades, las viviendas en casa vecindad y viviendas improvisadas se incrementaron en 669.8% y 422.9%, respectivamente, a partir de 1981. La casa independiente aumentó en 61.9% y la vivienda en quinta 74.3% (Cuadro N' VI.2).

CUADRO VI.2. DEPARTAMENTO TUMBES: VIVIENDAS PARTICULARES CON
 OCUPANTES PRESENTES, SEGÚN TIPO DE VIVIENDA: 1981 y 1993

| TIPO DE VIVIENDA | VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES | |
|--------------------------|---|---------------|
| | 1981 | 1993 |
| TOTAL | 16,907 | 29,468 |
| CASA INDEPENDIENTE | 16,214 | 26,256 |
| DPTO. EN EDIFICIO | 85 | 324 |
| VIV. EN QUINTA | 186 | 324 |
| VIV. EN CASA DE VECINDAD | 203 | 1562 |
| VIV. IMPROVISADA | 135 | 707 |
| NO CONST. PARA VIV. | 85 | 177 |
| OTRO TIPO DE VIVIENDA | 0 | 118 |

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

Del total de viviendas el 54.6% se concentra en la Ciudad de Tumbes, siendo esta en un número de 16,093 viviendas aproximadamente, cuya extensión territorial es de 730 Has. y con una población de 74,085 habitantes.

Según el Ing. Amaldo Yovera C., con respecto a la Ciudad (Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tumbes, Anexo D)), señala que:

- La mayor parte de las viviendas presentan una altura de edificación de 1 piso, representando el 87.5% del total de viviendas.
- De acuerdo al tipo de construcción el mayor porcentaje de viviendas se encuentran construidas de Quincha o material de la Región representando el 52.22% del total de viviendas.
- De acuerdo al tipo de servicios domiciliarios con que cuentan las viviendas se concluye que el 72.62% del total cuentan con el servicio de agua, el 55.50% del total cuentan con el servicio de desagüe y el 77.70% del total cuentan con el servicio de luz eléctrica.
- El mayor porcentaje de servicios se encuentran distribuidos en la zona urbana de Tumbes y en menor proporción en los Asentamientos Humanos (AA.HH.).
- El 56% de la población que habita en la provincia de Tumbes, cuenta con el servicio de alcantarillado y el 44% restante de los AA.HH. y zonas marginales no cuentan con el servicio, constituyendo un serio problema de salubridad que atenta contra la población infantil por no contar las viviendas con servicios higiénicos.
- En cuanto a los servicios brindados por EMAPA –Tumbes, esta cuenta con una planta de Tratamiento de agua que no abastece a la población en su totalidad.

La ciudad de Tumbes está distribuida en 4 sectores predominantes y cuya población es:

| | | |
|---|-----------------------|-------------|
| - | Casco Urbano | 30,081 hab. |
| - | Asentamientos Humanos | 40,001 |
| - | Expansión Urbana | 402 " |
| - | Nuevo Tumbes | 3,601 " |

6.5 OBRAS DE PREVENCION EJECUTADAS EN LA CIUDAD

La presencia del Fenómeno "El Niño", evidenció la ausencia de diversas medidas de prevención en el ámbito de la Ciudad. El Plan de Emergencia Municipal, precisamente se orientó a dar prioridad a la prevención con el objeto de minimizar los efectos del fenómeno. Sus objetivos contemplaba:

- Proteger a la Población que vive en las zonas de mayor riesgo.
- Prevenir los efectos directos e inducidos del fenómeno: salud, alimentación y servicios.
- Reducir los daños en la infraestructura vial, riego, viviendas, turismo, etc.

Entre los trabajos ejecutados en la etapa de emergencia tenemos:

Encauzamiento Quebrada Pedregal

Los trabajos consisten: en la descolmatación y encauzamiento de la quebrada en 320 m. y la conformación de un muro de protección de 1,123.90 m³.

Encauzamiento Quebrada Luay

Se ejecutó un muro de defensa conformado por un terraplén con material propio cubierto con un enrocado de 0.20 a 0.30 m. de espesor apoyado en una capa de afirmado de 0.20 a 0.30 m. De otro lado, se construyó un enrocado de espesor igual a 0.20 m. para proteger los estribos del puente ubicado en la carretera panamericana.

La descolmatación comprendió 600.0 m. de quebrada, y se efectuará un roce y limpieza de las quebradillas afluentes a la quebrada principal.

Descolmatación, encauzamiento y obras de drenaje Quebrada Salamanca

La ejecución consiste en la construcción de muros de concreto ciclópeo en ambas márgenes de la quebrada de 336.70 y 325.95 m.; losa de fondo de 0.15 m. de espesor; construcción de veredas y una alcantarilla de concreto armado de 4.6 x 4.5 m. y un puente peatonal.

Encauzamiento, muro y losas de protección Quebrada El Nieto

Los trabajos ejecutados comprenden:

- Descolmatación de la quebrada 10,106.00 m³.
- Muro de contención concreto ciclópeo 411.00 m.
- Construcción pozo de concreto armado 637.00 m.
- Construcción muro de concreto armado 136.00 m.

Encauzamiento, muro de contención, obras de arte Quebrada La Chira

La ejecución consiste en:

- Limpieza y descolmatación de la quebrada.
- Muros de contención de concreto ciclópeo a lo largo de toda la quebrada.
- Construcción de obras de arte (puente frontal, badén, cunetas, disipadores, empedrados).

Construcción veredas y cunetas Barrio San José

La construcción de trabajos de prevención en el barrio de San José consistió en:

- Construcción de veredas 7,231.76 m³.
- Construcción de cunetas 3,547.39 m.
- Construcción de ductos cerrados en cruce de calles 851.05 m.
- Construcción de acueducto cerrado 492.72 m.
- Construcción de losas peatonales 60 unidades.
- Demolición de veredas 174.69 m².
- Suministro e instalación de cajas de agua 111 unidades.
- Suministro e instalación de cajas de desagüe 147 unidades.
- Desagüe pluvial C.E.N°030, 100.00 m.

En general, aunque las obras cumplieron con sus objetivos de mitigar los efectos negativos del fenómeno, sin embargo, han sufrido daños. Y en la actualidad, se recomienda hacer un estudio definitivo de todas las quebradas que cruzan la ciudad, a fin de definir la delimitación de las quebradas; los caudales de diseño; la profundidad de socavación; obras de drenaje complementarios; pavimentación de las calles, de tal manera que se evite arrastre de sedimentos y erosiones; y, contemplar el reforzamiento del Malecón Benavides, que ha sufrido los efectos de la erosión lateral por ubicarse en una zona erosiva del río.

6.6 EFECTOS DEL FENÓMENO "EL NIÑO" 1997-1998 EN LA CIUDAD

Una vez que se ha estudiado los aspectos naturales en el que se ha desarrollado la urbe y la geodinámica externa de la zona, así como, habiéndose tomado conocimiento de las características generales de la Ciudad, procedemos a evaluar su comportamiento frente al Fenómeno "El Niño" 1997/98.

En la ciudad de Tumbes, se presentaron grandes volúmenes de lluvia, ocupando esta ciudad el tercer lugar entre todas las ciudades y pueblos de la Región en cuanto al volumen de lluvia recibida (2,414.8 mm. Enero – Abril de 1998). Asimismo, hasta el mes de Marzo se registraron 6 desbordes del río Tumbes. Cabe destacar, los caudales de inundación y las altas precipitaciones que afectaron significativamente a la ciudad (Ver Anexo B), los cuales se registraron en las Estaciones El Tigre y Campo Sede, respectivamente, así como se muestra a continuación:

| FECHA | CAUDAL (m ³ /seg) | PRECIPITACION (mm) |
|-----------|---------------------------------|-----------------------|
| 13.ENE.98 | 1,576.1 | 30.9 |
| 06.FEB.98 | 2,384.3 | 122.5 |
| 09.FEB.98 | 2,569.9 | 230.0 |
| 27.FEB.98 | 1,779.5 | 75.0 |
| 20.MAR.98 | 1,474.4 | 34.1 |
| 28.MAR.98 | 1,530.6 | 6.0 |

Del mismo modo, las quebradas constituyen otro factor importante que ocasionan inundaciones, al llevar las aguas de lluvia a zonas bajas de la ciudad, como son las quebradas: Luay, Pedregal, Los Ficus, Salamanca, Los Tumpis, Nieto y Chira. (Ver Plano VI.3)

Para una mejor explicación utilizaremos las zonas ya sectorizadas de la ciudad (ver Cuadro N° VI.3), de la siguiente manera:

ZONA CIUDAD VIEJA

La **Parte Baja** presentó una alta vulnerabilidad, así tenemos que sufrieron continuas inundaciones, debido a desbordes del río y a las altas precipitaciones, las áreas como el barrio de San José, y los Asentamientos Humanos: Los Lagos, Mi Perú y Los Jardines. Las aguas discurrían por las arterias principales como la Av.

Panamericana, las calles Arica, Tarapacá, Tarata, Las Delicias, etc., mientras que en la zona de San José, la más castigada del departamento, cubrió un metro y medio de alto.

Asimismo, en la **Parte Alta**, las aguas inundaron principalmente el barrio de Bellavista, la zona del Malecón Benavides y Pampa Grande. Las calles y avenidas se convirtieron en pequeños ríos que inundaron decenas de viviendas. La Calle Los Tumpis y Avenidas como Mariscal Castilla y Teniente Vásquez fueron afectados con mayor incidencia. La turbulenta corriente del río Tumbes ingresó por las compuertas abiertas, a la altura de la toma de agua, y la anegaron llegando a alcanzar el agua hasta un metro de altura en la Plaza de Armas y en las zonas residenciales; también, la zona del Mercado, que tiene una topografía plana, fue inundada.

Si bien es cierto, que las inundaciones constituyen el efecto más relevante de "El Niño", no obstante, no es el único, pues se han presentado erosiones en las quebradas La Chira, Nieto y Los Tumpis; que comprometen a las áreas aledañas. De la misma manera, la erosión ocasionada por el río Tumbes ha puesto en peligro el malecón Benavides. Por otro lado, se han producido pequeños derrumbes en Asentamientos Humanos como Las Flores, Pampa Grande y El Edén.

ZONA CIUDAD INTERMEDIA

En la **Parte Baja**, el AA.HH. Salamanca, AA.HH. Los Ficus y la zona de la margen derecha de la carretera se vieron inundadas por las intensas precipitaciones y por las aguas de las quebradas que desembocan en este lugar.

Parte Alta, en este sector de la ciudad se han presentado zonas erosionables como es el caso de los Asentamientos Humanos de Las Malvinas y 24 de Junio.

ZONA NUEVO TUMBES

Caracterizada por tener topografía elevada, que presenta zonas planas susceptibles ha ser anegadas, pero de poca consideración, como por ejemplo la Urbanización Andrés Araujo, aunque la parte más crítica se presentó en el Asentamiento Humano Miguel Grau.

Otro de los efectos producidos es la Erosión. Así tenemos, que existen zonas erosionables en la Urbanización Andrés Araujo (Quebrada Pedregal). Los derrumbes, también afectaron a dicha Urbanización y al Asentamiento Humano 24 de Julio.

Dentro de este cuadro general, podemos señalar que dentro del Casco Urbano, el Barrio de San José fue el más afectado por las inundaciones. De otro lado, en la actualidad la Quebrada Pedregal está siendo peligrosamente ocupada por Asentamientos Humanos. Puntos

en los que centraremos nuestra atención, para poder dar lineamientos de solución referente a los problemas presentados.

CUADRO N° VI.3. EFECTOS DEL FENOMENO DE "EL NIÑO" 1997/98 EN LA CIUDAD DE TUMBES.

| | | TUMBES | | |
|---------------------------------|---|----------------|-------------------|--------------|
| | | CIUDAD ANTIGUA | CIUDAD INTERMEDIA | NUEVO TUMBES |
| TIPO DE OCURRENCIA | Erosiones y sedimentaciones | X | X | |
| | Inundaciones por río, canales y/o precipitación directa | X | X | X |
| POBLACION AFECTADA | Damnificados | 38,605 | 2,050 | 40 |
| | Reubicados | 1,130 | 36 | 34 |
| VIVIENDAS AFECTADAS | Afectadas parcialmente | 3,269 | 150 | 115 |
| | Destruídas | 226 | 6 | 6 |
| EQUIPAMIENTO AFECTADO | Salud N° | 01 | - | - |
| | Educación N° | - | 02 | - |
| | Comunales N° | 02 | 01 | - |
| INFRAESTRUCTURA AFECTADA | Carreteras y/o calles (Km) | 14.0 | 2.5 | 3.0 |
| | Puentes N° | - | - | 01 |
| | Drenes y/o canales (Km) | 3.2 | 0.8 | 0.2 |
| | Agua y/o alcantarillado (Km) | 15.0 | - | 8.0 |

FUENTE: INADUR.

Adaptado del Cuadro N°01 Dimensionamiento de los daños según Ocurrencias, del estudio de Asesoría Técnica para la Recuperación y el Acondicionamiento de los Centros Poblados Afectados por el fenómeno "El Niño", 1998.

6.6.1 BARRIO DE SAN JOSE

Si observamos el Mapa Geomorfológico de la Ciudad podemos apreciar que la carretera divide, prácticamente, a las zonas bajas (lado izquierdo del eje de la vía) de las zonas de mayor elevación (lado de derecho del eje de la vía). En este contexto, el Barrio de San José se ubica hacia el lado izquierdo de la carretera, es decir, la parte más baja de la ciudad, y está delimitado por el Canal La Tuna.

Hacia San José desembocan las quebradas que atraviesan la ciudad, que cuando llevan agua lo inundan, como en el último evento del periodo 1997/98. Cada vez que el río se desbordó, la corriente de agua se dirigía por el Malecón Benavides e iba directamente al Barrio de San José.

Aunque la zona está urbanizada, cuyas viviendas son de material noble, se puede observar que en la periferia las casas son de quincha (caña con revestimiento de barro), lo que implicaría una alta vulnerabilidad frente a las inundaciones.

Las obras de prevención que se ejecutaron para hacer frente al fenómeno consistió en la ejecución de cunetas y veredas, pese a ello, el volumen fue mayor que el esperado y la zona se inundó repetidas veces (Tumbes sufrió seis desbordes importantes en tan sólo 03 meses). Soportó las inundaciones producidas por el río y por las intensas lluvias, que alcanzaron hasta 230.0 mm (08.FEB.98), que representa el 92.25% de la lluvia total anual, de un año de ausencia de "El Niño". Es decir, que la lluvia de ese día fue aproximadamente igual, a la cantidad promedio total (249.32 mm) que llueve durante un año (Cuadro N° VI.4).

CUADRO N° VI.4. PRECIPITACION TOTAL ANUAL EN LA CIUDAD.

ESTACION: CAMPOS SEDE

| AÑO | PRECIPITACION (mm) |
|-----------------|-----------------------|
| 1984 | 323.7 |
| 1985 | 63.4 |
| 1986 | 242.4 |
| 1987 | 753.9 |
| 1988 | 54.3 |
| 1989 | 312.3 |
| 1990 | 67.1 |
| 1991 | 138.4 |
| 1993 | 336.2 |
| 1994 | 231.1 |
| 1995 | 219.7 |
| PROMEDIO | 249.32 |

FUENTE: PROYECTO BINACIONAL PUYANGO TUMBES

En la actualidad el Malecón Benavides, que es la estructura que evita el desbordamiento del río en épocas de crecientes, se encuentra seriamente dañado, por lo que urge su reforzamiento. El barrio de San José no cuenta con un drenaje pluvial eficiente y sus calles no están pavimentadas, en consecuencia el problema se agrava y se amplifica.

6.6.2 QUEBRADA PEDREGAL

En la Ciudad de Tumbes, las áreas para cubrir la necesidad de viviendas son mínimas, y más aún, considerando que el crecimiento urbano está limitado por existir zonas de uso agrícola intangible y terrenos que son propiedad del Ministerio de Defensa. Ante esta situación, las personas en forma desordenada ocupan zonas de alto riesgo.

A partir de 1983 se habilitaron nuevas tierras. En la zona conocida como Nuevo Tumbes se formó un área de Expansión Urbana, posteriormente a su alrededor se instalaron Asentamientos Humanos. Con el transcurrir del tiempo llegaron a ocupar los cauces de algunas quebradas, como es el caso de Quebrada Pedregal.

Las viviendas que se han ubicado en la Quebrada Pedregal pertenecen a ampliaciones de los Asentamientos Humanos, como son:

| ASENTAMIENTOS | Nº FAMILIAS |
|--------------------------------|-------------|
| Ampliación AA.HH. Mafalda Lama | 100 |
| Ampliación AA.HH. El Bosque | 40 |
| Ampliación AA.HH. Las Malvinas | 60 |

Estos pobladores fueron constantemente amenazados por las crecidas de la quebrada durante el periodo 1997 – 1998. Si bien es cierto, ayudó a mitigar los daños el dique de tierra construido en la etapa de emergencia, pero no pudo evitar que algunas viviendas sufrieran los estragos del desbordamiento. Ahora esta estructura se encuentra seriamente dañada. Las casas son de material de adobe, y, de quincha, por lo que se considera a esta zona de alto riesgo.

6.7 ZONA DE EXPANSION URBANA PROYECTADA

La Ciudad de Tumbes ha crecido de una manera espontánea y desordenada. Se tiene referencia del Plan Urbano de 1972, y a la fecha no se cuenta con un Plan Director de la Ciudad, lo que trae a colación el caos urbano.

Si hacemos una síntesis del crecimiento de la ciudad en la actualidad, podemos señalar lo siguiente:

- ❖ El **Sector Norte** de la ciudad forma parte de las tierras planas susceptibles de inundaciones periódicas, el límite de ocupación esta dado por el trazo del canal La Tuna. Las pendientes son suaves y la altura promedio es de 7.0 msnm.

- ❖ El **Sector Oeste** está delimitado por el cauce del río, cuenta con una difícil topografía y enormes limitaciones para su ocupación.
- ❖ El borde **Este – Sudeste** es el que tiene mejores condiciones, aunque existen limitaciones de ocupación por razones de propiedad (Zona Militar) y de calificación de uso agrícola (Ministerio de Agricultura).
- ❖ El **Sector Noreste** es una zona elevada ubicada por encima de los 15.0 msnm, de topografía relativamente plana. Empezó su habilitación a partir de 1983 en la zona conocida como Nuevo Tumbes.

En relación a éste último, el Cuadro N° VI.3, nos muestra que el sector de Nuevo Tumbes ha sufrido menos daño que los otros dos sectores. Lo que implica, que es una zona de baja vulnerabilidad y sin mayor riesgo. Del mismo modo, observando el Plano de Peligro de la ciudad vemos que las inundaciones no tienen mayores efectos en este sector.

Por ello, considerando las experiencias del fenómeno en los dos últimos periodos más conocidos (1982/1983 y 1997/1998) referente a su comportamiento, y, luego de la evaluación de los factores determinantes como el grado de desarrollo, vulnerabilidad y riesgo de la ciudad, así como las limitaciones de crecimiento urbano, se recomienda que la zona de Expansión Urbana se ubique al Noreste de la ciudad por presentar mejores condiciones, obviamente se deberá limitar el uso de las quebradas. A futuro se puede considerar las zonas delimitadas de uso Militar y Agrícolas, ubicadas al Sur y Sudeste de Nuevo Tumbes, en la vía que conduce a San Juan de la Virgen.

6.8 MEDIDAS DE MITIGACION

El hecho de que Tumbes se asiente en una zona de topografía ondulada, de configuración irregular, atravesada por numerosas quebradas y muy cerca de los esteros y meandros que genera el río Tumbes, determina una serie de condicionantes para su desarrollo urbano, así como para otros aspectos de su vida comunal. Entre éstos, la vulnerabilidad que registra ante los fenómenos naturales más comunes en la zona: inundaciones por las intensas precipitaciones pluviales producidas por el fenómeno "El Niño", que siempre se presenta aunque con diferente intensidad (débil, moderado, intenso, muy intenso y catastrófico). Ante esta situación, resulta imperioso elaborar e implementar un Plan de Prevención que haga frente a este fenómeno natural.

Con la finalidad de mitigar los efectos negativos de este evento en el Barrio de San José y Los AA.HH. de Quebrada Pedregal, se plantean las siguientes alternativas y recomendaciones de carácter preliminar:

BARRIO DE SAN JOSÉ (Ver Plano VI.4)

- Pavimentación de las calles de manera que puedan facilitar el escurrimiento hacia los drenes. Así como, evitar el enlodamiento de las calles que las hace intransitables.
- Considerar la ejecución de un Canal Vía que pueda conducir las aguas hacia los esteros. El esquema de drenaje pluvial podría ser: Canal vía – Dren Tropezón – Dren Puerto Rico y, finalmente, los esteros.
- De la misma manera, se ha de contemplar las obras de complementarias como: badenes, puentes, compuertas, etc.
- La avenida Arica parece ser la que muestra mejores condiciones topográficas para la evacuación pluvial por gravedad (canal vía).
- Se recomienda reforzar el Malecón Benavides que ha sufrido los efectos de la socavación de las bases del arco. Las medidas ha adoptarse pueden ser: profundización de la cimentación, empleo de geotextil que estabilicen el relleno y reestructuración de las losas de protección.
- Estas medidas contribuirán a la seguridad de los pobladores, toda vez, que evitaran la anegación de esta zona y, por consiguiente, la proliferación de los mosquitos causantes de muchas enfermedades.

QUEBRADA PEDREGAL

- Realizar una zonificación del área urbana.
- Realizar un estudio hidrológico con la finalidad de determinar el caudal de avenida y los niveles de inundación.
- Delimitar la quebrada y restringir su uso.
- Reubicar a las Ampliaciones de los AA.HH. Mafalda Lama, EL Bosque y Las Malvinas a zonas más seguras.
- Los trámites administrativos de los procesos de reubicación deben reducirse, con el fin de obtener la legalización y los créditos para sus viviendas en forma oportuna.
- Los procesos de reubicación deben llevar a acciones coordinadas de parte de los organismos involucrados como: Banco de Materiales, INADUR y COFOPRI, de esa manera evitar que se tomen decisiones aisladas y contradictorias.
- Tanto la quebrada Pedregal como Luay deben ser reservadas para uso de áreas ecológicas.

CAPITULO VII

LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES EN CARRETERAS

7.1 GENERALIDADES

La prevención incluye medidas estructurales (es decir, que las estructuras sean más resistentes al peligro) y medidas no estructurales (por ejemplo, restricciones en el uso del terreno), es una medida costo efectiva de reducir las pérdidas de vida y propiedades. La ayuda post desastre y medidas de reconstrucción son importantes por razones humanitarias, y puede incluir consideraciones diseñadas para prevenir o mitigar futuros desastres. Sin embargo, las medidas post desastre son desproporcionadamente más costosas por cada vida salvada y cada infraestructura reconstruida. Aún más, las medidas preventivas en países de desarrollo pueden reducir la tragedia humana y la incalculable pérdida de empleos y producción, asociada con desastres naturales ¹.

Es útil en este sentido distinguir entre el manejo del peligro y manejo del desastre. Ambos incluyen un completo espectro de medidas pre evento y post evento, pero solo difieren en su metodología. El **manejo de desastres** se identifica con eventos específicos que destruyen vidas y propiedades a tal grado que la asistencia internacional frecuentemente es

¹ CISMID, CERESIS, OEA. *Curso Internacional sobre Mitigación de Desastres "Uso de Información de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de Inversión"*. Lima, Octubre 1992

necesaria. El **manejo del peligro** se refiere a los efectos dañinos de todos los eventos naturales peligrosos, sean o no que resulten en un desastre; abarca mucho más los dos factores, buscando incorporar la consideración de los peligros naturales en todos los proyectos de desarrollo, sea cual fuere la severidad del impacto².

Como se puede deducir, la prevención de desastres está relacionada con la planificación racional para el desarrollo de una región. Sin embargo, en el presente trabajo, a pesar de que la prevención implica un ámbito mucho mayor, nos limitaremos, por razones obvias, a la infraestructura vial.

Antes de iniciar el desarrollo de este capítulo, trataremos de definir lo que es “desastre” y “prevención de desastres”. A continuación presentamos algunas definiciones:

7.1.1 DESASTRE

Las definiciones han sido tomadas del Dr. Yoshio Kumagai, quien realizó el tema “Medidas de Mitigación/Prevención de Desastres Urbanos en el Japón”, y cuya exposición se llevó a cabo en el CISMID, durante el “Seminario de Planeamiento para Mitigación de Desastres” (1991).

DEFINICION DE DESASTRE

En el Decreto Básico de Medidas contra Desastres del Japón, se define “desastre” de la siguiente manera:

Desastre son daños causados por una tormenta, lluvia torrencial, fuerte nevada, inundación, marea alta, terremoto, tsunami u otro evento inusual, o una conflagración o explosión, o cualquier otro daño de extensión similar por una causa que será prescrita por ordenanza.

El Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (más conocido como HABITAT) lo define así:

- Todos los daños primarios y efectos secundarios causados por peligros naturales.
- Daños físicos a todas las estructuras hechas por el hombre.
- Daños no físicos al sistema socio-económico y a su ambiente.

² CISMID, CERESIS, OEA. *Curso Internacional sobre Mitigación de Desastres “Uso de Información de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de Inversión”*. Lima, Octubre 1992

Otras fuentes definen desastre de la siguiente manera:

1. - Daños no deseados al territorio nacional, facilidades, propiedades, elementos vivientes (no sólo vidas humanas sino animales y plantas útiles a la vida humana) y orden público, causado por fenómenos extraordinarios de la naturaleza, elementos vivientes y falta de administración humana.
2. - Fenómeno de falta o disminución de funciones del ser humano y del suelo, animales y plantas, facilidades y producción, causado por algún factor natural o por mano humana (poder destructivo).

ESTRUCTURA BÁSICA DE UN DESASTRE

Un desastre puede ocurrir debido a tres factores, a saber:

- a) Factor primario.
- b) Factor necesario.
- c) Factor de ampliación.

El desastre no ocurre sin un **factor primario**, pero la existencia de un factor primario no implica necesariamente un desastre. Los factores primarios son fenómenos naturales, tales como tifones, lluvias torrenciales, mareas altas, terremotos y tsunamis. Estos factores son insoslayables.

Factor necesario, factor que acepta fácilmente el impacto del factor primario y provoca las consecuencias de un desastre.

Factor de ampliación, es el factor que hace de un desastre una catástrofe.

En el caso de carreteras, podemos citar ejemplos para cada factor:

- a) Factor primario:
 - Inicio de lluvias torrenciales por causa del fenómeno "El Niño".
- b) Factor necesario:
 - Falta de obras de estabilización de quebradas.
 - Quebradas con suelos deleznable.
 - Alcantarillas y pontones sin capacidad hidráulica suficiente.
 - Falta de protección de taludes en ladera de cerros contra los derrumbes.
 - Terraplenes sin protección de taludes.

- Tramos sin obras de drenaje.
 - Obras de cruce con numerosos ojos.
- c) Factor de ampliación:
- Condiciones climáticas muy severas.
 - Falta o debilidad del sistema o plan de emergencia (organización, personal, equipos, etc.).

CARACTERÍSTICAS DE UN DESASTRE

Existen hasta cuatro puntos que caracterizan a un desastre:

1. - Desbalance entre energía agresora de un fenómeno natural (factor primario) y el poder de resistencia.
2. - Los factores agresores son demasiado severos y demasiado anormales.
3. - Eventualidad.
4. - Distribución regional irregular del evento.

7.1.2 PREVENCIÓN DE DESASTRES

En el Decreto Básico de Medidas contra Desastres del Japón, se define **Prevención de Desastres** como las "actividades tendientes a prevenir la ocurrencia de un desastre, para la propagación de los daños y esfuerzos de rehabilitación después de un desastre".

Según HABITAT, la **Prevención de Desastres** son "todas las actividades, medidas y organización antes de que ocurra un peligro natural, para hacer que estos factores no estén expuestos al peligro y para diseñar y organizar sistemas resistentes y adaptables".

Hablando, en general, sin embargo, las medidas de prevención y emergencia deben definirse como "Prevención / Mitigación de desastre".

El Dr. Yoshio Kumagai, experto de la Misión Japonesa que visitó el Perú el año 1991, señala que *"un punto esencial en las actividades [plan] de prevención/mitigación de desastres es cómo evitar que se produzca el factor necesario y el factor de ampliación, y cómo cortar la cadena de acciones no solamente entre los factores primario y necesario, sino también entre factor necesario y factor de ampliación"*.

Este preámbulo, nos ha servido para dar claridad en cuanto al papel que cumple la prevención dentro de la formulación de nuevos proyectos de inversión. En los temas siguientes

se dará mayor énfasis a la necesidad de aplicar métodos de prevención en la etapa de formulación de proyectos de inversión.

7.2 REDUCCION DEL RIESGO DE PELIGRO NATURAL EN LA FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS DE CARRETERAS.

Se ha tomado como base para el desarrollo de este tema, el análisis de los proyectos de inversión, en el contexto del sector agrícola, existentes en América Latina y el Caribe, que fue elaborado en el Curso Internacional Sobre Mitigación de Desastres: "Uso de la Información de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de Inversión", realizado en el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID).

7.2.1 "EL NIÑO" Y LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS

PERIODO 1982/83

Mediante Decreto Supremo N° 001-83-AG, del 07 de Enero de 1983, se declara en Emergencia a los Departamentos de Piura y Tumbes debido a los daños que ocasionaban las fuertes lluvias como consecuencia del fenómeno "El Niño". En el mencionado Decreto se dispuso que el Instituto Nacional de Planificación se haga cargo de la coordinación con los Ministerios de Agricultura, Vivienda, Transportes y Comunicaciones y las CORDES de Piura y Tumbes a fin de que en conjunto realicen un estudio sobre las medidas a adoptarse por cada Sector. Se constituyeron comités de emergencia en ambos departamentos, los mismos que efectuaron la evaluación de daños, así mismo, determinaron las acciones inmediatas y formularon los correspondientes proyectos para superar la situación crítica³.

Las pérdidas económicas se han evaluado a lo largo de los años, y, en 1983 se hizo un estudio referente a la Sub Región Tumbes, por la firma ARTURO ROCHA INGENIEROS ASOCIADOS. Las evaluaciones realizadas en moneda nacional se han convertido a Dólares Norteamericanos para poder comparar las pérdidas en diferentes años, lo cual permite conocer el orden de magnitud.

³ *TORREBLANCA P., Roberto. Desastres causados por lluvias torrenciales, evaluación de daños y acciones de Rehabilitación en la Región Grau. Memorias del Encuentro: Los Desastres Naturales y los Planes de Desarrollo Económico y Social de la Región Grau. CISMID. Piura y Tumbes, febrero de 1990.*

A continuación presentamos el cuadro N° 01 de las pérdidas estimadas en Tumbes del año 1983 ⁴.

| CUADRO N° 01 - Estimaciones en dólares U.S.A. de las pérdidas en Producción e Infraestructura a Agosto 1983 (Millones Dólares) | | | | | |
|--|------------|--------------|--------|--------|--|
| SECTORES | PRODUCCION | INFRAESTRUC. | TOTAL | % | |
| AGRICULTURA | 3.910 | 8.571 | 12.481 | 16.70 | |
| PESQUERIA | 3.037 | 2.311 | 5.348 | 7.20 | |
| ENERGIA | 0.954 | 1.642 | 2.596 | 3.50 | |
| TRANSPORTE | - | 41.355 | 41.355 | 55.40 | |
| SALUD | - | 0.296 | 0.296 | 0.40 | |
| EDUCACION | - | 1.536 | 1.536 | 2.10 | |
| VIVIENDA | - | 9.664 | 9.664 | 12.90 | |
| INTERIOR | - | 1.432 | 1.432 | 1.90 | |
| | 7.901 | 66.807 | 74.708 | 100.00 | |

- Adoptado del Cuadro N° 01, del informe "Enfoque Integral del Control de Avenidas en el Río Tumbes". Arturo Rocha Ingenieros Asociados S.A. julio 1984.
- Los más afectados fueron: Transporte y C., Agricultura y Vivienda.

Podemos distinguir, que de los sectores, el más afectado ha sido Transportes y Comunicaciones (55.40%), en segundo lugar Agricultura (16.70%) y el tercero Vivienda (12.90%). Esto nos da una idea de la alta vulnerabilidad que presentan estos sectores frente a "El Niño".

En el ámbito de la Región Grau las pérdidas alcanzaron un costo de 371,705 millones de soles (US \$ 200'720,702 aproximadamente) ⁵, la afectación por sectores fue de la siguiente manera:

⁴ PRONADRET – TUMBES. *Las Inundaciones y sus efectos económicos y sociales en el Departamento de Tumbes. Tumbes, Febrero de 1990.*

⁵ TORREBLANCA P., Roberto. *Desastres causados por lluvias torrenciales, evaluación de daños y acciones de Rehabilitación en la Región Grau. Memorias del Encuentro: Los Desastres Naturales y los Planes de Desarrollo Económico y Social de la Región Grau. CISMID. Piura y Tumbes, febrero de 1990.*

CUADRO N° 02: Estimaciones de las Pérdidas Económicas, en Dólares americanos, por Sectores de la Región Grau.

| SECTORES | PERDIDAS (Millones de Dólares) | % | EVALUACION DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------------|--------------|---|
| AGRICULTURA | 63.138 | 31.46 | - A la superficie agrícola (90,053 ha). - Daños a la infraestructura de riego (destrucción y colmatación). - A la producción. |
| TRANSPORTE | 98.970 | 49.31 | - Carreteras afectadas (1,469 Km.). - Al transporte de carga y pasajeros. - Aeropuertos, puentes, etc. - A las comunicaciones. |
| SALUD | 0.732 | 0.36 | - Centros de salud (afectados 27). - Daños a Centro de Salud. - Daños por agua potable |
| VIVIENDA | 34.150 | 17.01 | - Viviendas afectadas 5,600 - Daños a viviendas. - Desabastecimiento de energía eléctrica. |
| EDUCACION | 3.731 | 1.86 | - Centros Educativos (afectados 498) - Daños a la infraestructura educativa. - Mobiliario. |
| TOTAL | 200.721 | 100 | |

Del cuadro se observa que en la Región Grau, se conservan los mismos Sectores que fueron afectados en Tumbes, y son, en orden ascendente: Transportes y Comunicaciones, (49.31 %); Agricultura, (31.46 %); y, Vivienda, (17.01 %). Siendo el Sector Transportes y Comunicaciones, de nuestro interés, describiremos brevemente la distribución de las pérdidas de los 98.97 millones de dólares estimados:

- x 86.7 % en carreteras.
- x 6.2 % en puentes dañados.
- x 6.8 % en aeropuertos dañados.
- x 0.3 % en comunicaciones.

En conclusión, se aprecia que entre los sectores, el más vulnerable es Transportes, por ello es necesario dar la debida importancia a las obras de prevención/mitigación por efecto de este fenómeno sobre la infraestructura vial.

PERIODO 1997/98

Por R.S. N°290-90 del 20.JUN.97, se constituye la Comisión Nacional de Acción de Emergencia – CONAE –, encargada de adoptar medidas que permitan prevenir posibles efectos del Fenómeno “El Niño”. Esta comisión la conformaban los titulares de los Ministerios: Presidencia, Defensa, Agricultura, y, Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. A partir de ese momento se intensifican las coordinaciones con el nivel central, habiéndose elaborado los Planes de Acciones de Prevención en cada una de las regiones declaradas en emergencia y sobre la base de los dispositivos legales vigentes. El Gobierno Central otorgó recursos financieros para atender la Etapa de Prevención, los mismos que fueron suministrados a los CTAR'S mediante convenios interinstitucionales.

Los recursos se desagregaron por Sub Regiones de acuerdo a una estrategia de defensa y considerando su amplitud y volumen poblacional. Los proyectos que se llevaron a cabo se hicieron contra el tiempo, recurriendo no solo a empresas constructoras sino también a las Fuerzas Armadas y Población Organizada quienes jugaron un papel importante en las obras de prevención. En el ámbito de los Sectores Socio económicos, se propició brindar defensas a las de mayor vulnerabilidad, tales como: Salud, Educación, Saneamiento, Transportes, Agricultura, Pesquería, y, finalmente, se dio protección a las zonas arqueológicas y monumentales, además, de los locales de la Policía Nacional.

Con todo este conjunto de obras y acciones, así como, la organización de la población mediante El Comité de Operación de Emergencia Regional y la conformación de Comités de Operaciones Provinciales y Distritales, presididas por los alcaldes, se hizo frente al periodo de emergencia, tratando que la magnitud de los daños sea menor a la registrada en el año 1983.

En el Cuadro N° 03, se muestra un resumen del impacto del Fenómeno “El Niño” 1997/98, en los diversos Sectores de la Sub Región Tumbes. Los montos se han convertido de Nuevos Soles a Dólares americanos (1US\$ = S/. 2.85). El Cuadro se ha elaborado a partir de las informaciones presentadas por: EMFAPATUMBES S.A., Ministerio de Transportes, SUB- DIREPE/TUMBES/SDP/SDPDA, OPA –TUMBES y ELECTRO PERU S.A. (Anexo E)

| CUADRO N° 03 Estimaciones en dólares U.S.A. de las pérdidas en Producción e Infraestructura a Abril 1998 (Millones Dólares) | | | | | |
|--|------------|--------------|--------|--------|--|
| SECTORES | PRODUCCION | INFRAESTRUC. | TOTAL | % | |
| AGRICULTURA | 6.203 | 13.072 | 19.275 | 20.85 | |
| PESQUERIA | - | 6.933 | 6.933 | 7.50 | |
| ENERGIA | - | 0.058 | 0.058 | 0.06 | |
| TRANSPORTE | - | 59.447 | 59.447 | 64.30 | |
| EDUCACION | - | 1.356 | 1.356 | 1.47 | |
| VIVIENDA | - | 5.383 | 5.383 | 5.82 | |
| | | | 92.452 | 100.00 | |

Fuente: INDECI. Tumbes.

(*) Corresponde a la red vial de la Sub Región Tumbes. Sólo en esta Sub Región, las pérdidas referidas a la Carretera Panamericana Norte se estima en 8'201,754.39 de dólares.

A manera de conclusión, según el Cuadro anterior, podemos señalar que nuevamente, la infraestructura vial es la que presenta mayor susceptibilidad a los efectos del fenómeno "El Niño" (representa el 64.30 % del total de los daños, a Abril de 1998). De allí la importancia que se debe dar a la prevención de desastres en Carreteras aún antes de formular un proyecto de inversión, es decir, en la etapa de Planificación correspondiente a la Misión Preliminar. Este tema se ha de tratar más adelante.

En relación al último párrafo, los sistemas de planificación y los planificadores, en los países en desarrollo, no pueden ser los únicos responsables de lo inadecuado de la evaluación del peligro natural y de las medidas de mitigación implementadas. En realidad son varias las razones:

- **Primero**, el tramo Desvío Talara a Aguas Verdes de la Carretera Panamericana atraviesa por una zona de alta actividad geodinámica externa en escenarios existentes expuestos al peligro.
- **Segundo**, los planificadores dependen de la disponibilidad de la información sobre peligros. Hasta 1983 no se daba la debida importancia al fenómeno "El Niño", ni se conocía con claridad su comportamiento ni los efectos que pudiera ejercer sobre la infraestructura vial.
- **Tercero**, el proceso de planificación se da dentro de parámetros preestablecidos –económicos, sociales, políticos, tecnológicos y culturales- de una sociedad. El Estudio Definitivo para la Rehabilitación de la Panamericana Norte (1986) no tomó en cuenta el fenómeno "El Niño" de

1983, por razones, principalmente, de índole económico y por una falta de información sobre el peligro.

Sin embargo, en Carreteras donde el sistema de limitaciones y parámetros es menos complejo que en una planificación urbana, los planificadores deberían poder incorporar más información y tener mayor control sobre la toma de decisiones.

Si no se superan estos inconvenientes no sería raro ver reconstruida una y otra vez de la misma manera la Carretera Panamericana Norte, como ha ocurrido ya en otros tiempos.

7.2.2 USO DE LA INFORMACIÓN DE PELIGROS NATURALES EN LA PREPARACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Es posible reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de supervivencia de un proyecto de inversión, minimizando los efectos del peligro. Esto se puede lograr incorporando la información del peligro natural en la preparación del proyecto de inversión.

Vale hacer la aclaración, llegado a este punto, respecto a lo que es una planificación para el desarrollo y lo que significa un proyecto de inversión. La planificación para el desarrollo es un enfoque multisectorial y multidisciplinario cuya finalidad es generar planes y propuestas para el desarrollo económico y social, analizando en forma integral sobre la base de las necesidades de la población y características de los recursos naturales. El uso apropiado de los recursos naturales busca maximizar oportunidades de desarrollo y minimizar los conflictos ambientales. Así pues, la preparación de estudios de planificación integrada para el desarrollo es un proceso complejo dentro del cual la preparación de proyectos de inversión es sólo uno de sus pasos. La preparación de estudios de planificación y proyectos es muy similar, ambos se dividen en cuatro etapas, dicha similitud es frecuentemente fuente de confusión. A continuación, mostraremos de manera sencilla y didáctica esta similitud:

| PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO | PROYECTO DE INVERSIÓN |
|--|-------------------------------------|
| <i>MISIÓN PRELIMINAR.</i> | <i>PERFIL DEL PROYECTO.</i> |
| <i>FASE I Ó DIAGNÓSTICO DE DESARROLLO.</i> | <i>ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD.</i> |
| <i>FASE II Ó FORMULACIÓN DE PROYECTO Y PLAN DE ACCIÓN.</i> | <i>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.</i> |
| <i>IMPLEMENTACIÓN.</i> | <i>IMPLEMENTACIÓN.</i> |

Se ha elaborado el Cuadro N° 04, en el que se resume las relaciones entre el manejo de peligros naturales, el proceso de la planificación integrada para el desarrollo y el ciclo del proyecto de inversión. Está basado en los procedimientos utilizados por la OEA.

MISIÓN PRELIMINAR

Se debe introducir la información de riesgo desde las primeras etapas de la planificación del proyecto. Cuando esta información es incluida en la etapa de la Misión Preliminar, el diseño del estudio integrado y los proyectos de inversión pueden acomodar los factores de riesgo, si los riesgos son demasiado grandes, se pueden considerar estrategias alternas de desarrollo.

En esta etapa, se identifica la información disponible a fin de juzgar la amenaza proveniente de estos peligros en el área de estudio. Se procede a la revisión de la historia de los eventos peligrosos e informes sobre desastres y daños; se realizan evaluaciones de peligros naturales, determinando su ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia; se incluyen evaluaciones de vulnerabilidad, estimando el grado de daños producto de la ocurrencia de un evento de severidad dada sobre la población humana y la infraestructura; las dos evaluaciones anteriores nos permiten evaluar el riesgo con el fin de estimar las probabilidades de pérdidas esperadas para un determinado evento peligroso.

Se determina si los datos disponibles son suficientes para evaluar la amenaza de los peligros. De no ser así, determinar que conjunto de datos adicionales, evaluaciones de peligros o equipo especializado se utilizarán. En esta etapa es importante establecer coordinación con los demás sectores (p.e. Ministerio de Agricultura, Proyectos Especiales, etc.), ya que los estudios podrían resultar igual de o más útiles para otros proyectos.

Por ejemplo, la zona norte de nuestro país ha sido afectada por el fenómeno de “El Niño” en periodos irregulares de tiempo, ocasionando peligros como: deslizamientos e inundaciones. En consecuencia, siendo éstos los principales problemas ambientales, en la Fase I se programa una evaluación de todos los peligros significativos, que es llevada a cabo mediante la revisión de la información existente.

FASE I – DIAGNOSTICO DEL DESARROLLO

En la etapa del diagnóstico para el desarrollo se debe dar mayor relevancia a los temas relacionados a los peligros naturales.

En esta etapa se empieza los estudios de vulnerabilidad y zonificación del peligro, se elaboran los mapas de peligro (por ejemplo: mapas de inundación, mapas de deslizamientos, de zonas sísmicas, etc.) y se averigua la frecuencia del evento peligroso para identificar los problemas del área y las oportunidades. En nuestro caso, se sabe que los continuos desbordes del río Tumbes, agravados con el fenómeno “El Niño”, han ocasionado daños en la Panamericana Norte. Un mapa de llanuras de inundación, producidas con técnicas de **sensoramiento remoto**, mostrará las áreas sujetas a inundaciones severas. Desde el comienzo del proceso de planificación del proyecto, los planificadores podrán desear evitar tales áreas, y proponer una ruta alterna. O podrán considerar prácticas de mitigación de peligros para reducir el riesgo a niveles aceptables.

Se debe tener en cuenta las relaciones entre causa y efecto, y entre éstos y la actividad humana. Así, se puede establecer qué métodos inadecuados para la construcción de caminos (p.e. falta de retiro entre el borde de la carretera y el pie del talud del cerro, construcción en taludes activos, etc.) son causas de obstrucción del tránsito por deslizamientos sobre la carretera, y a su vez, impiden o dificultan el mantenimiento.

Existen técnicas desarrolladas por la OEA, que hacen posible realizar evaluaciones. Entre las principales técnicas para evaluar los desastres tenemos:

- ✧ **Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Un SIG, es un sistema para referenciar geográficamente la información sobre una unidad de espacio, puede facilitar el almacenamiento, acceso y análisis de datos tanto en forma de mapas como de tabulaciones. Puede ser un sistema manual, pero la mayor parte de los SIG pueden ser computarizados, tal como lo demanda el enorme número de datos de unidades de información que se requieren para el manejo de peligros naturales. Un SIG puede ser de un costo sorprendentemente bajo; puede multiplicar la productividad de un técnico; su uso puede dar resultados de mucho mejor calidad que aquellos que se obtienen manualmente sea cuales fueran los costos.

- ✧ **Sensoramiento Remoto:** El sensoramiento remoto se refiere al proceso de registrar la información de sensores montados en aeronaves o satélites.

Estas técnicas pueden ser usadas para revelar la ubicación de ocurrencias en el pasado de eventos naturales y/o para identificar las condiciones bajo las cuales probablemente podrían ocurrir, de tal manera que las áreas potenciales de exposición pueden ser identificadas y se puedan incluir medidas aplicables de mitigación. Estas técnicas varían de acuerdo al tipo de peligro natural y la etapa de estudio de desarrollo bajo consideración.

- ❖ **Técnicas especiales de Cartografía:** Los mapas de peligros múltiples combinan las evaluaciones de dos o más peligros naturales sobre un solo mapa. Tal producto es excelente para analizar la vulnerabilidad y el riesgo ya que los efectos combinados de los fenómenos naturales sobre un área, pueden ser determinados y se pueden identificar las técnicas de mitigación adecuadas, para todos ellos.

Durante esta fase el equipo prepara las medidas estructurales y no estructurales de mitigación que deben ser incorporadas en la infraestructura existente y en los proyectos propuestos.

Podemos citar como ejemplo, uno de los estudios realizados para prevenir las inundaciones. El fenómeno conocido con el nombre de "Agradación" que eleva el nivel del río Tumbes, como consecuencia de la deposición de sedimentos causados por un sin número de factores, ocasiona a su vez inundaciones que se agudizan con "El Niño", se propuso como alternativa de solución el dragado del mencionado río, a fin de aumentar la capacidad de conducción y evitar los desbordes. Esta medida no sólo favorece la comunicación terrestre permanente de la Panamericana Norte, sino que reduce las pérdidas económicas en las diferentes actividades productivas y asegura el abastecimiento de agua potable de la población ⁶.

El diseño del proyecto empieza en esta fase, con el desarrollo de perfiles alternos al proyecto, que sean compatibles con las limitaciones - de carácter político, económico e institucional -, con los recursos y en el marco de tiempo para el estudio. Un perfil deberá incluir los objetivos del proyecto y las características principales, estimaciones aproximadas de costos y beneficios, y una identificación preliminar de alternativas para el diseño y su implementación. Estas actividades deben reflejar la información de peligros naturales obtenida entre las etapas de la Misión Preliminar y del diagnóstico del Desarrollo.

⁶ *PROYECTO BINACIONAL PUYANGO – TUMBES. Dragado del Río Tumbes y Limpieza de Cauces Naturales de Alivio. Tumbes, Mayo 1992.*

FASE II – FORMULACION DEL PROYECTO Y DEFINICION DEL PLAN DE ACCION

En la Fase II, los proyectos son generados y seleccionados. Esta fase incluye los análisis de prefactibilidad y de factibilidad. El análisis de prefactibilidad involucra la evaluación preliminar de la viabilidad técnica y económica de un proyecto propuesto: se comparan enfoques alternos de sus diferentes elementos, los mejores son recomendados para análisis adicional, y se estima los costos de inversión y operativos. El análisis de factibilidad comprende la determinación final de la viabilidad del proyecto, reexaminan cada aspecto del mismo y refina la estimación de sus beneficios (flujo de ingresos, aumento en la producción, generación de empleo, etc.), costos (construcción, operación y mantenimiento, consumo de recursos, efectos de la polución, etc.), y criterios evaluativos (valor actual neto, tasa interna de retorno, relación beneficio – costo, y probabilidades de recuperación de capital).

De manera similar, el estudio de la vulnerabilidad se centra en el área específica del proyecto. Usando técnicas desarrolladas por la OEA, es ahora posible realizar evaluaciones e introducir medidas de mitigación del peligro en el contexto de un estudio para el desarrollo. Así tenemos que para los peligros como:

Inundaciones: La información existente raramente es suficiente para evaluar el potencial de inundación en un área de estudio, pero haciendo uso de la interpretación de sensoramiento remoto, se puede realizar una evaluación del peligro de inundación que satisface las limitaciones de tiempo y presupuestales de un estudio de planificación para el desarrollo. Tal evaluación es útil para diseñar nuevos proyectos e identificar medidas de mitigación para el desarrollo existente, amenazado por inundaciones.

Deslizamientos de tierra: Al igual que en el caso de inundaciones, la información existente raramente es suficiente para evaluar el potencial de deslizamiento en un área de estudio, pero las nuevas técnicas permiten un análisis rápido del potencial posible. Anteriores deslizamientos pueden ser ubicados sobre fotografías aéreas o imágenes de satélite, y un mapa de zonificación de deslizamientos se puede compilar mostrando la relación entre deslizamientos y factores causativos – roca firme, inclinación y condiciones de humedad -. Asimismo, debería incluir, aunque en la práctica generalmente no es así, los siguientes tipos de información sobre peligros naturales:

- La incidencia de riesgo de peligros en el área del proyecto.
- Vulnerabilidad de la infraestructura vial frente a los peligros naturales.

- El grado de pérdidas en las áreas de actividad comercial y productivas como resultado de no ejecutar las medidas de mitigación.
- Vulnerabilidad de los precios de producción a eventos de peligros naturales.
- La existencia de legislación, vigente o propuesta, que establece lineamientos para la mitigación del riesgo de peligros naturales en el diseño del proyecto.
- La efectividad y costo de medidas alternativas de mitigación de peligros naturales.

El factor crítico para la incorporación exitosa de consideraciones de peligro natural en la fase de formulación del proyecto es la habilidad que posean los planificadores del proyecto de hacer uso de la información de peligros en el diseño.

Las medidas de mitigación pueden ser estructurales y no estructurales. La mitigación estructural incluye medidas físicas o normas tales como códigos de construcción, especificaciones técnicas de materiales, reforzamiento de estructuras existentes, y elementos de protección como muros de sostenimiento. Las medidas no estructurales típicamente concentran su atención en identificar áreas propensas a peligros y limitar su uso. En el Cuadro N° 05 se tiene algunos ejemplos de medidas de mitigación en Carreteras.

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

La etapa de implementación empieza una vez que los proyectos de inversión y el plan de acción de un estudio de planificación para el desarrollo han sido determinados. Los esfuerzos hechos para considerar a los peligros en las anteriores etapas se perderán a no ser que las medidas de mitigación sean exactamente acatadas durante la ejecución de la obra. Por tanto, la entidad ejecutora deberá:

- * Ejercer una adecuada supervisión de la construcción para asegurar el cumplimiento de las medidas de mitigación adoptadas.
- * Indicar las situaciones peligrosas para las cuales el estudio no propuso medidas de reducción de vulnerabilidad.
- * Organizar la compilación continua de datos sobre peligros y la actualización de la información para los preparativos frente a una probable emergencia.
- * Complementar la legislación sobre códigos de zonificación y restricciones, normas de construcción y de taludes, y otros mecanismos legales necesarios.
- * Si ocurriera recortes presupuestales no eliminar los componentes de mitigación del peligro.

7.2.3 INCORPORANDO LOS PELIGROS NATURALES EN LA PLANIFICACIÓN Y EN LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR PÚBLICO

La cuestión de que si las instituciones gubernamentales deben o no ser neutrales hacia el riesgo ha sido tema de controversia. ¿Deberá considerarse el riesgo en el análisis de los proyectos del sector público?

Se ha argumentado que aunque los individuos son adversos al riesgo, los gobiernos deben de tomar una actitud neutral, porque dado que los beneficios y costos del proyecto están diluidos entre el gran número de individuos de la sociedad, el nivel de riesgo que encara cada persona es despreciable. Esto implica que los gobiernos deben ser indiferentes entre un proyecto de alto riesgo y otro de bajo riesgo, siempre y cuando los dos tengan el mismo valor actual neto esperado (VAN) (Arrow and Lind, 1970). Este argumento es válido hasta cierto punto. La realidad de los países en desarrollo es otra. Las decisiones gubernamentales deben basarse en los costos de oportunidades de los recursos invertidos en el proyecto, y en la pérdida de bienes económicos, funciones y productos. En vista de la responsabilidad que recae sobre el sector público para la administración de escasos recursos y considerando temas tales como la deuda fiscal, los balances comerciales, la distribución de ingresos y un amplio rango de otras consideraciones económicas, sociales y políticas, los gobiernos no deben ser neutrales respecto al riesgo.

Supongamos que existen dos proyectos bajo consideración, como se muestra en el cuadro siguiente:

| PROYECTO | VAN (US\$) En millones | RIESGO | VAN (US\$) Considerando el Riesgo |
|----------|---------------------------|--------|--------------------------------------|
| A | 2.00 | Alto | De 0.5 a 2.5 |
| B | 1.50 | Bajo | De 1.3 a 1.7 |

Dado que el proyecto B se muestra menos susceptible a daños y por tanto tiene un rédito más estable, los participantes podrán preferir el proyecto con un VAN más bajo (tomando en cuenta los peligros naturales). Aún más, probablemente no se impresionarían con los argumentos respecto al mérito de compartir socialmente el riesgo, dado que el riesgo (la variación del VAN) del proyecto A es bastante alto.

Como ejemplo, se han calculado a *grosso modo* y en forma sucinta, la inversión y las pérdidas económicas en el tramo Desvío Talara a Aguas Verdes de la Carretera Panamericana Norte, cuya ejecución de su rehabilitación se terminó en Mayo de 1995, habiéndose diseñado para una vida útil de 10 años, aunque tres años después sufriría los estragos del fenómeno "El Niño" 1997/1998.

El Cuadro N° 06 se ha elaborado con ayuda de los Informes de Obras de Rehabilitación del PERT, Informes Técnicos de la Dirección Regional de Transportes, y los Expedientes Técnicos de las Obras de Transitabilidad. Las cantidades en moneda nacional se han convertido en dólares americanos para poder comparar los montos en diferentes periodos. (Anexo E)

| DESCRIPCION | FECHA | TIPO DE CAMBIO |
|--------------------|--------|----------------|
| O. REHABILITACION | MAY.94 | 2.19 |
| PERDIDAS | ABR.98 | 2.85 |
| O. TRANSITABILIDAD | MAY.98 | 2.88 |

Fuente: Diario "El Comercio".

CUADRO N° 06. MONTOS DE LA INVERSIÓN Y PÉRDIDAS EN EL TRAMO: DESVÍO TALARA A AGUAS VERDES DE LA PANAMERICANA NORTE, ESTIMADOS EN DÓLARES AMERICANOS.

| DESCRIPCION | MONTOS (US \$) | | |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| | DV. TALARA – CANCAS | CANCAS – A. VERDES | TRAMO TOTAL |
| REHABILITACIÓN | 7'540,842 | 7'613,554 | 15'154,396 |
| PÉRDIDAS POR EL FENÓMENO "EL NIÑO" | 2'420,000 | 8'201,754 | 10'621,754 |
| TRANSITABILIDAD | 3'259,166 | 3'783,260 | 7'042,426 |
| TOTAL | 13'220,008 | 19'598,568 | 32'818,576 |

Del Cuadro N° 06 se obtienen los siguientes porcentajes:

- Rehabilitación 46.18 %
- Pérdidas por el fenómeno "El Niño" 32.37 %
- Obras de Transitabilidad 21.46 %

Es importante distinguir que los montos estimados para las pérdidas y obras de transitabilidad superan el 50 % de la inversión total (54.83 %). Lo que representa un motivo para no escatimar en los costos que implican las obras de mitigación, que no fueron tomadas en cuenta durante la ejecución de la rehabilitación (1994-1995) en el

tramo estudiado. Dicho sea de paso, ésta es una razón más para considerar los Peligros Naturales dentro de la formulación de los Proyectos de Inversión.

En la práctica la mayoría de los gobiernos de América Latina y el Caribe y sus agencias de planificación no tienen percepción de la necesidad de reducir la vulnerabilidad de los proyectos de inversión a los peligros naturales y tienden a ignorarlo en sus evaluaciones. Algunas de las razones para esta falta de percepción son señaladas a continuación:

- Los ministerios tienen poca familiaridad con la información del peligro natural o con técnicas para adaptar esa información para su uso en la planificación.

Los proyectos de carreteras, energía, telecomunicaciones, irrigación frecuentemente carecen de consideraciones de mitigación del peligro.

Se tiene poca experiencia interinstitucional en colaborar para identificar las interrelaciones entre los proyectos o para definir los requerimientos de información común, de tal manera que la información requerida por varios usuarios pueda ser recolectada de manera cooperativa.

Las medidas de reconstrucción y socorro son las que gozan de mayor atracción política y económica, no obstante las claras ventajas de la prevención.

Los esfuerzos a corto plazo para tratar necesidades inmediatas, generalmente, son priorizados sobre los proyectos a largo plazo para la recuperación del desastre y prevención.

- La magnitud de los riesgos y los ahorros potenciales de la mitigación se perciben como muy bajos.
- Las presiones políticas y financieras hacen poco atractivo tomar pasos cuidadosos ahora para evitar pérdidas en el futuro.

Las agencias internacionales técnicas o financieras, no incluyen la evaluación de peligros naturales y actividades tendientes a reducir la vulnerabilidad. No obstante, participan activamente en medidas de reconstrucción post desastre.

Si ocurren pérdidas, las agencias internacionales darán asistencia.

Los peligros naturales son aceptados como inevitables y poco se conoce de la mitigación no estructural.

El peso del análisis, fortalecimiento de las instituciones, e implementación, desanima el esfuerzo de la evaluación.

Los costos políticos, financieros, económicos y sociales de las evaluaciones de peligros naturales y de la mitigación pueden no siempre ser menores que los beneficios.

- Los costos de llevar a cabo evaluaciones de peligro natural y mitigación recaen sobre instituciones gubernamentales que no pueden recuperar directamente los beneficios de la prevención de pérdidas en el futuro.

Las instituciones nacionales e internacionales de la banca también tienden hacia la neutralidad en el tema de la evaluación del riesgo de peligros naturales. Generalmente, están preocupadas de la manera como los factores macroeconómicos y políticos pueden afectar la capacidad de pago en su conjunto por parte del gobierno, que con el efecto de los factores de riesgo para la recuperación de costos. Como resultado, los préstamos rutinariamente son hechos con poca o ninguna evaluación del riesgo. Mientras esta actitud tiene sentido para el banco, porque concede préstamos en base a la credibilidad de crédito del gobierno y no asume el riesgo de ningún proyecto, para los países deudores carece de sentido.

En nuestro caso, el tramo Desvío Talara - Aguas Verdes, de la Panamericana Norte, después de los estragos del fenómeno “El Niño” de 1983, fue considerada para una Rehabilitación, por razones de índole económico y criterios establecidos por la agencia internacional, aun sabiendo que no iban a soportar otra avenida similar a la producida por “El Niño” de 1983.

7.2.4 INCORPORACIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES AL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN

Existen varios métodos para la evaluación de los componentes de peligros naturales en el análisis económico de proyectos. Algunos pueden ser aplicados cuando sólo se dispone de poca información del peligro, otros son apropiados cuando la información sobre distribuciones de probabilidad puede ser obtenida. Todos pueden ser usados para comparar diferentes proyectos o alternativas en el proyecto. Los métodos usados cuando se dispone de información limitada, pueden ser aplicados en las etapas de análisis de perfil y de prefactibilidad. Aquellos que utilizan información probabilística generalmente son usados en los estudios de factibilidad, pero también pueden ser usados en la etapa de prefactibilidad. En todos los casos los peligros deberán ser aplicados lo más temprano posible en el ciclo del proyecto. Se sugiere la utilización de los métodos de evaluación de riesgo que se presentan a continuación:

CRITERIOS DE DECISION CON INFORMACION LIMITADA

Son cuatro los métodos de evaluación de riesgo que compensan la falta de información: periodo de corte, reajuste de la tasa de descuento, teoría de juegos y análisis de la sensibilidad.

a. Periodo de Corte

El procedimiento más crudo para incorporar riesgo en el análisis económico es el uso de un periodo de corte (Mishan, 1982). Es utilizado principalmente por las agencias privadas de inversión, interesadas en la recuperación de capital más que en el desarrollo a largo plazo. Con este método, los proyectos económicamente factibles deberán acumular suficientes beneficios para superar los costos del proyecto, en relativamente pocos años. Para aquellos proyectos muy riesgosos, el periodo de corte puede ser establecido en tan solo dos o tres años, mientras que para los proyectos de bajo riesgo sería mucho más largo, digamos unos treinta años. La lógica subyacente es que los beneficios y costos son tan inciertos más allá de la fecha de corte que pueden ser ignorados en la determinación de la factibilidad del proyecto. El periodo de corte debe ser determinado en la etapa de prefactibilidad de la preparación del proyecto.

Alguna información es necesaria para determinar el riesgo relativo del proyecto. Los datos más útiles son un listado de desastres naturales históricos o información episódica, registros meteorológicos, mapas para uso de terrenos y anteriores evaluaciones de daños. Esta información proporciona a los economistas una idea aproximada de los riesgos inherentes. Además, la fotografía desde satélites de los impactos de peligros naturales puede ser útil para decidir sobre el período de corte. En muchos casos no es muy difícil obtener este tipo de información para períodos cortos de tiempo.

Un período de corte debe ser considerado sólo cuando se disponen de pocos registros y la naturaleza y la magnitud de los peligros potencialmente podrían constituir un riesgo grande para el desarrollo; por ejemplo, tempestades severas e inundaciones. Es más difícil establecer un período de corte en el caso de peligros que desarrollan muy lentamente tales como las sequías o la desertificación.

Como ejemplo, el método de período de corte puede ser aplicado a un proyecto de 10 años a gran escala, y de ganadería. Tal proyecto puede tener un alto riesgo si el área está sujeta a inundaciones periódicas que pudieran dañar las cosechas y destruir el ganado. En este caso, un período de corte de cuatro a seis años podría ser adoptado. La figura N° 01 ilustra este ejemplo.

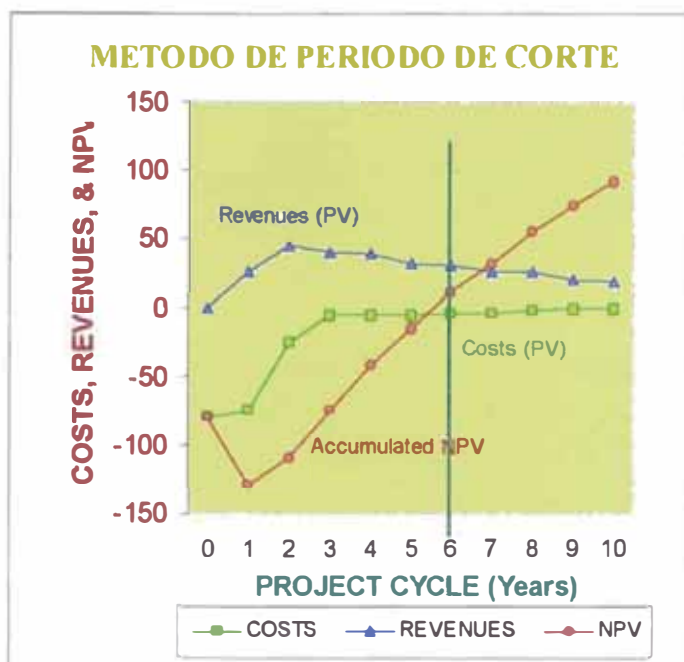


Figura N° 01. Método del Período de Corte.

Si bien este método considera los efectos de los riesgos, tiene algunas limitaciones. Una fecha de corte demasiado corta puede ignorar información económica asociada con gran parte de la vida del proyecto ya que deja de lado toda la información más allá del período de corte.

b. Reajuste de la Tasa de Descuento

Otra manera especial de reflejar la incertidumbre en el análisis del proyecto es añadir una tasa de riesgo a la tasa de descuento. El efecto de aumentar la tasa de descuento es dar menos peso a la creciente incertidumbre de costos y beneficios en periodos futuros de tiempo. (Anderson et al., 1977). Esto es consistente con lo que ya ha sido observado en el sector privado. Los gerentes generalmente requieren de tasas internas más altas para inversiones más riesgosas. Una variante a esto es añadir una prima a la tasa de descuento para los beneficios y restar una prima para los costos, un procedimiento consistente con el hecho de que los peligros disminuyen los beneficios y aumentan los costos.

Esta técnica está basada en una decisión subjetiva acerca del monto del costo adicional, por concepto de riesgo, que debe ser añadido y/o restado a la tasa de descuento. El mismo tipo de información útil para el periodo de corte puede ser utilizada para determinar la tasa de descuento. Esta información

debería estar disponible en la etapa de prefactibilidad de planificación del proyecto.

Una decisión subjetiva sobre la tasa de descuento puede incorporar la información disponible sobre la posibilidad de un peligro de lento desarrollo, además de los peligros súbitos de impacto inmediato a corto plazo, tales como las tempestades severas y las inundaciones rápidas. Una vez más este método debe ser utilizado cuando la información es limitada.

Del anterior ejemplo, cualquier indicación de inundación aumenta el riesgo del proyecto. Si es que se ha de utilizar normalmente una tasa de descuento del 10% para los beneficios, la tasa de descuento podría ser incrementada hasta 12% o 15%.

Este método es preferible al método de periodo de corte porque incluye información respecto a costos y beneficios futuros. Sin embargo, el reajuste de riesgo de la tasa de descuento es arbitrario, y el método no reconoce diferencias de riesgo entre los diversos componentes del proyecto.

c. **Teoría de los Juegos**

Cuando no hay información confiable respecto a las probabilidades de distribución de los peligros, pueden ser útiles dos estrategias de la Teoría de juegos: la **estrategia de maximin - ganancia** y la **estrategia minimax – pérdida**. Ambas pueden ser aplicadas en las etapas iniciales de la formulación de proyecto a medida que el mínimo de la información necesaria – registros de eventos históricos, datos climatológicos, y meteorológicos, y registros de daños anteriores de peligros naturales- sea disponible. Con esta información es posible estimar los beneficios comparativos de alternativas equivalentes bajo diversos grados de severidad del peligro natural. Los métodos de las teorías de juegos son más adecuados para peligros a corto plazo y de impacto inmediato que pueden ser fácilmente encasillados en escenarios de menor y mayor daño.

Estrategia de Maximin-Ganancia.- Para ilustrar el enfoque maximin-ganancia, que deriva su nombre de maximizar el mínimo, se supone que se ha tomado una decisión para mejorar el proyecto previamente discutido con una medida estructural de mitigación orientada a reducir los efectos de las inundaciones potenciales. Están bajo consideración tres proyectos de control de inundaciones, proyectos A, B y C, iguales en costo (Anderson y Settle, 1977). Para conveniencia, se supone que existen dos posibles escenarios: precipitación fuerte y precipitación normal. Si ocurre la precipitación fuerte, el

VAN de los beneficios de estos tres proyectos son: proyecto A= \$100 millones, proyecto B=\$120 millones, y proyecto C= \$150 millones. Si la precipitación es normal, los proyectos proporcionarán beneficios de irrigación y otros beneficios descontados de \$30 millones, \$60 millones y \$20 millones. Estos beneficios serán mayores en el caso de lluvias fuertes, debido a que el beneficio primario es la prevención de daños por inundaciones. Los diferentes resultados están resumidos más adelante y se ven en la figura N° 02.

| | PRECIPITACIÓN FUERTE | PRECIPITACIÓN NORMAL |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Proyecto A | \$100 millones | \$30 millones |
| Proyecto B | \$120 millones | \$60 millones |
| Proyecto C | \$150 millones | \$20 millones |

La estrategia de maximin-ganancia resultaría en seleccionar el proyecto B ya que el beneficio mínimo es \$60 millones comparado con los \$30 millones para el proyecto A y \$20 millones para el proyecto C. La estrategia maximin-ganancia está basada enteramente en la seguridad y tiene la desventaja de ser muy conservadora; aún si los beneficios de A y C fueran más grandes que aquellos para B bajo condiciones de fuerte precipitación, siempre se seleccionaría el proyecto B. Así pues, esto puede conducir a la selección de proyectos que la mayoría de personas considerarían inferiores.

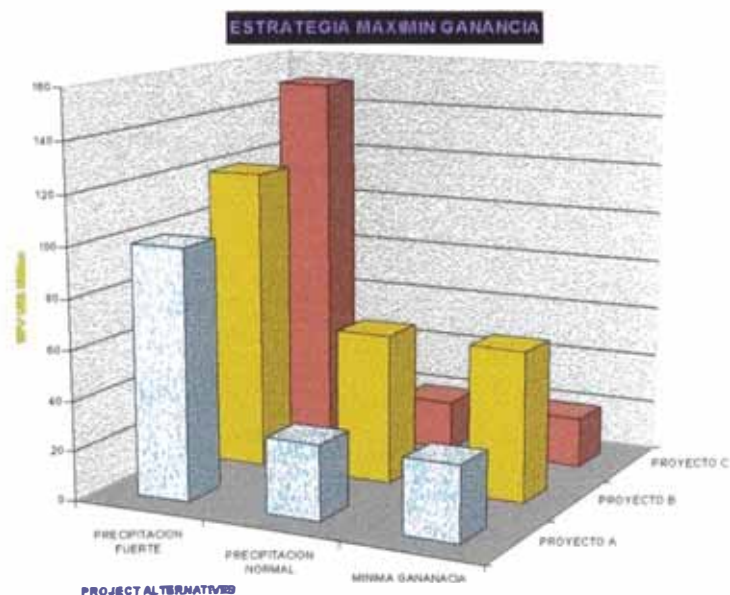


Figura N° 02. Estrategia Maximin Ganancia.

Estrategia Minimax-Pérdida.- Un enfoque alternativo es la estrategia minimax-pérdida. Esta consiste en minimizar la pérdida que pudiera darse. Usando el mismo ejemplo anterior, si es que ocurren fuertes lluvias el proyecto C resultaría ser el de mayor beneficio, \$150 millones. Si el proyecto A fuera seleccionado la pérdida o sea los beneficios dejados de lado al no seleccionar C serían \$50 millones (\$150 millones menos \$100 millones) y al no seleccionar B serían de \$30 millones (\$150 millones menos \$120 millones). Si la lluvia fuera normal en vez de fuerte, el proyecto B produciría los mayores beneficios, \$60 millones. En ese caso los beneficios dejados de lado serían \$40 millones para el proyecto C, y \$30 millones para el proyecto A. Ahora, considerando las dos condiciones climáticas, - lluvia fuerte y normal- la máxima pérdida sería \$50 millones, \$30 millones, y \$40 millones, respectivamente para los proyectos A, B y C. Por lo tanto, la estrategia minimax-pérdida nos conduciría a seleccionar B ya que tiene la más pequeña pérdida máxima tal como se ve en la figura N° 03.

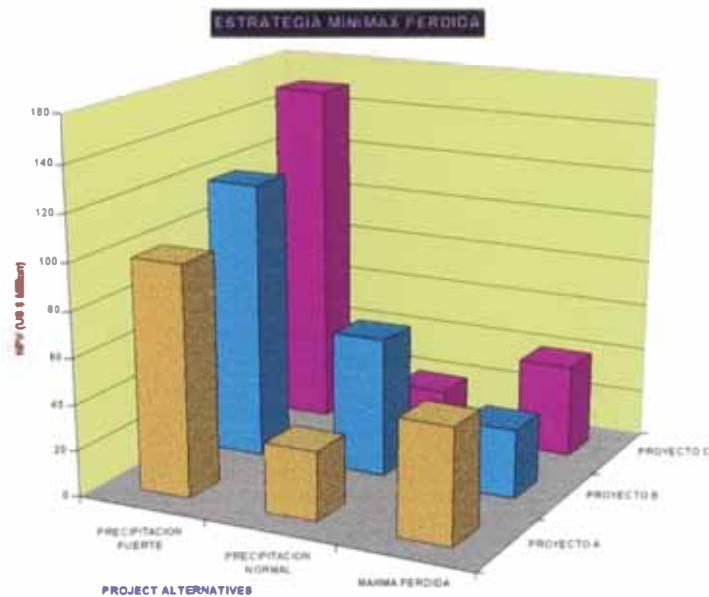


Figura N° 03. Estrategia Maximin Ganancia.

d. Análisis de la Sensibilidad

En el análisis de sensibilidad, el analista cambia el valor de los parámetros determinantes que están sujetos a riesgos, para determinar el efecto sobre el VAN de un proyecto. Generalmente, los valores son modificados uno a la vez, pero a veces son modificados en combinación uno con otro. Esto puede ser útil cuando la información disponible indica cuánto debe ser modificado cada parámetro (Irwin, 1978). Típicamente se cambian los valores una cantidad arbitraria, digamos un 5%.

El análisis de sensibilidad puede ayudar a identificar aquellos elementos del proyecto que requieren mayor consideración y así puede ser usado en la etapa del perfil, antes de completar un análisis de riesgo más sofisticado. También puede ser usado para probar el efecto de las medidas de mitigación. Son adecuadas para todo tipo de peligro aún cuando la información disponible sea mínima.

Los tipos de información útiles para este análisis son historia de eventos, datos climatológicos y meteorológicos, e informes de daños anteriores. Estos datos ayudan a los economistas a estimar variaciones porcentuales en los parámetros de información previa sobre peligros.

CRITERIOS DE DECISION CON INFORMACION PROBABILISTICA

Si las distribuciones de probabilidad para las variables económicas determinantes están disponibles, puede realizarse una evaluación más rigurosa de riesgo. Las distribuciones probabilísticas pueden basarse en evaluaciones subjetivas de expertos o en información histórica tales como datos episódicos, climatológicos, meteorológicos, etc.

a. Análisis de Media y Varianza

En base al análisis de Media y Varianza, que puede ser aplicado en la etapa de prefactibilidad del desarrollo del proyecto, los proyectos pueden ser comparados graficando las funciones de la probabilidad del VAN. En la Figura N° 04 el proyecto A y el Proyecto B tienen distribuciones de probabilidades similares- es decir tienen el mismo riesgo- pero la distribución para el proyecto B está más hacia la derecha, indicando que el VAN es mayor. Por lo tanto el proyecto B es preferible al A.

En la figura N° 05 los proyectos C y D tienen la misma media, pero el proyecto D tiene mayor dispersión alrededor de esta media y por lo tanto es más riesgoso. Si sólo se consideraran los valores medios de los VAN de los proyectos, la sociedad sería indiferente respecto a los proyectos C y D. Sin embargo, si la sociedad considera que este es un proyecto crítico y no puede darse el lujo de tener bajo rendimiento, el proyecto C será preferido, dado que hay menos probabilidad que el VAN caiga debajo de la media. La comparación del proyecto C con el proyecto E es menos clara: el proyecto E tiene una media mucho más alta que el proyecto C pero su varianza es también más grande. Está claro que existe una relación entre un mayor VAN esperado y la

La información requerida incluye datos sobre antecedentes-magnitudes y frecuencia de ocurrencias – de las cuales se pueden calcular medias y varianzas estadísticas para obtener suficientes datos como para determinar la probabilidad del fenómeno. Esta información puede ser utilizada por los planificadores para tomar una decisión.

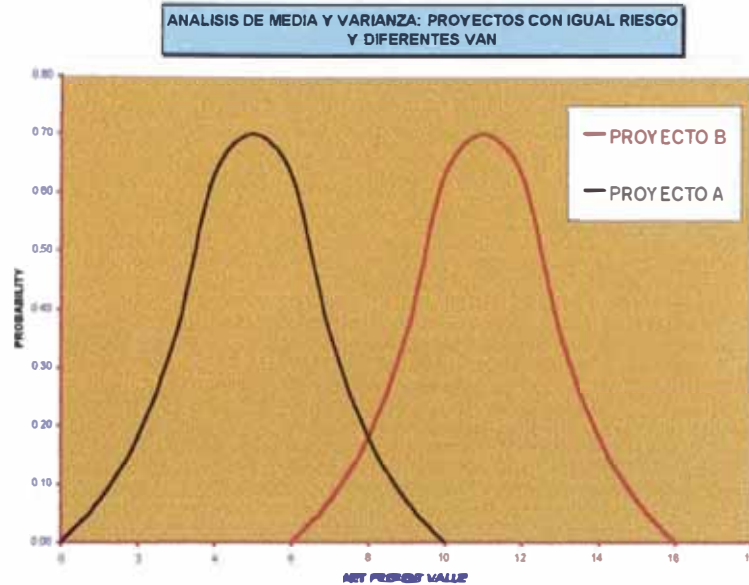


Figura N° 04. Proyectos con Igual Riesgo y Diferente VAN.

b. Análisis de Seguridad Primero

Dado que el manejo de riesgo concierne principalmente a la reducción de pérdidas, el lado izquierdo de la distribución de probabilidades es de mayor interés para un analista que el lado derecho. Si la distribución es simétrica, como es normal, las decisiones basadas en la variación serán adecuadas para el manejo del riesgo porque las fluctuaciones negativas y positivas alrededor de la media son igualmente probables. Sin embargo, algunos fenómenos en el mundo real, de interés para el análisis de riesgo, parecen seguir distribuciones que están cargadas en una u otra dirección.

El criterio de decisión es maximizar el VAN esperado sujeto a la limitación de que sólo hay una pequeña probabilidad que caerá debajo de un valor constante. Por ejemplo, quien toma decisiones podrá escoger aquel proyecto con el VAN esperado más alto, siempre que la probabilidad de que caiga debajo de cero sea menos del 5.0% (Pandey, 1983). El recuadro

siguiente muestra los siguientes valores: VAN = valor actual neto, P = probabilidad, C = valor crítico de umbral, y α = valor de poca probabilidad.

METODO DE SEGURIDAD PRIMERO
Maximizar el VAN sujeto a $P(VAN < C) < \alpha$

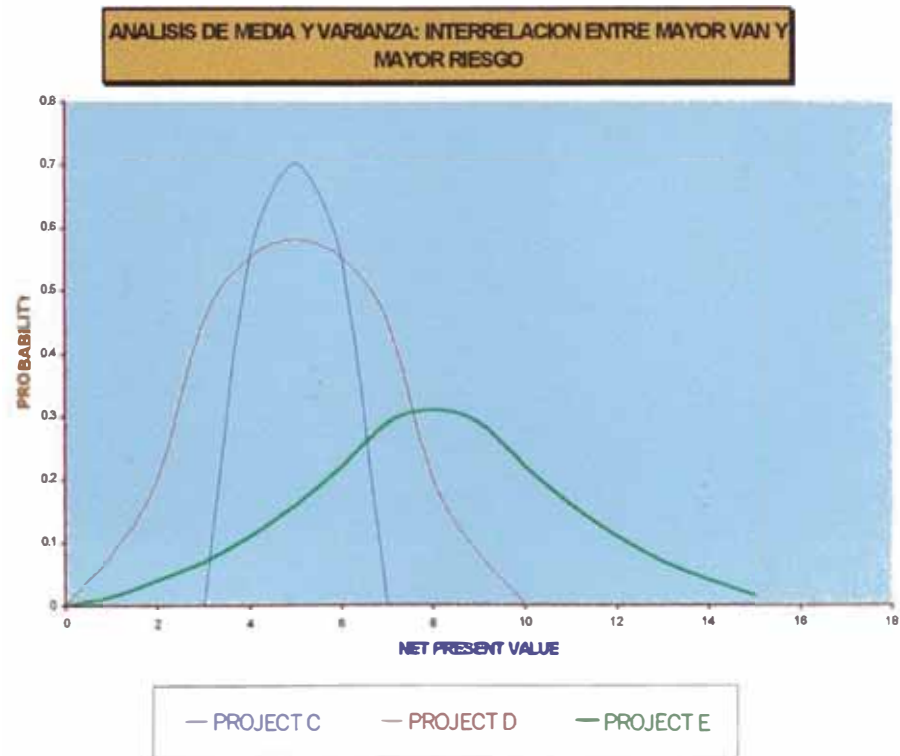


Figura N° 05. Interrelación entre Mayor VAN y Mayor Riesgo.

Supongamos que el criterio de Seguridad Primero sea establecido como sigue: maximizar el VAN sujeto a no más de una probabilidad del 20% de que el VAN caiga debajo de \$20,000 dólares. La probabilidad acumulativa del VAN para dos proyectos diferentes se observa en la figura N° 06. Como lo indica el gráfico, la probabilidad es 40% para el proyecto A y 15% para el proyecto B. el criterio de Seguridad Primero eliminaría A de mayor consideración.

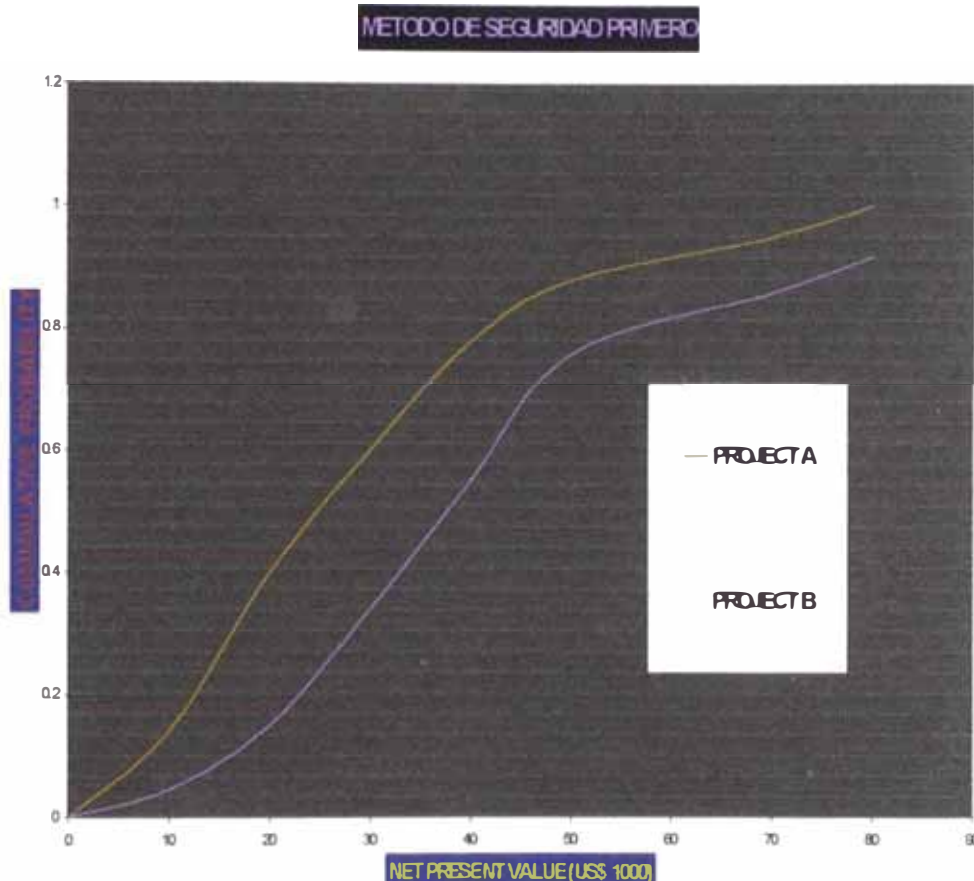


Figura N° 06. Método de Seguridad Primero

Los métodos descritos pueden ser aplicados a los proyectos de inversión en Carreteras, de tal manera que puedan reflejar los costos adicionales que representan los peligros naturales, y los beneficios adicionales que resulten de las medidas de mitigación.

7.3 LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES

A través del desarrollo del presente capítulo, podemos darnos cuenta, que si se quiere evitar el factor necesario y cortar la cadena entre éste y el factor de ampliación, se debe empezar muy temprano (Etapa de la Misión Preliminar), considerando los peligros naturales

dentro de la formulación de los proyectos de inversión, y estableciendo las medidas de prevención/mitigación, con la finalidad de aumentar la supervivencia y disminuir el riesgo de los proyectos.

Si bien es cierto, este capítulo ha sido elaborado para proyectos que aún no se han ejecutado, de tal manera, que pueda servir para tomar las medidas adecuadas de prevención/mitigación durante su formulación respectiva, y considerando que el tramo en estudio fue pavimentado, aproximadamente, a fines de 1930, y, rehabilitado y reconstruido en varias ocasiones a través de los años. Sin embargo, resulta pertinente hacer mención a este tema, toda vez, que se está contemplando la Reconstrucción de la Panamericana Norte, primordialmente en las zonas afectadas por el fenómeno "El Niño".

Aún cuando el tema es demasiado amplio para ser abarcado en el presente trabajo, no obstante, son convenientes dar los siguientes Lineamientos de Planeamiento de Prevención, tanto para la Carretera como para la Ciudad:

7.3.1 ACCIONES PARA CORTAR LA CADENA ENTRE EL FACTOR PRIMARIO Y EL FACTOR NECESARIO

1. El reconocimiento del Fenómeno "El Niño" (FEN) como parte de nuestra peculiar climatología, es uno de los factores claves para el diseño de estrategias de desarrollo.
2. Lo anterior implica la obligatoriedad de las evaluaciones de riesgo en los proyectos de inversión, lo que nos lleva a dar prioridad a la Prevención e incorporarla dentro de tales estrategias.
3. Para las evaluaciones de los peligros, vulnerabilidad y riesgo, se pueden emplear técnicas utilizadas por la OEA como son: Sistema de información Geográfica, Sensoramiento Remoto y Técnicas Especiales de Cartografía.
4. Deberá elaborarse planos de zonificación de los peligros, de la vulnerabilidad y de riesgo (planos de inundación, deslizamientos, etc.).
5. Asimismo, se deberá incorporar los antecedentes históricos y arqueológicos. La arqueología puede enseñarnos como prevenir a futuro, pues, aporta indicadores del FEN que van hasta por lo menos 4,000 años atrás, conociendo así la verdadera magnitud, alcance y probable periodicidad de estos eventos catastróficos. Es una obligación de los planificadores y organismos públicos e instituciones privadas, incorporar estos antecedentes históricos y arqueológicos a los planes de desarrollo, porque estamos ocupando el mismo suelo y enfrentando el mismo tipo de problemas de pueblos y culturas anteriores.
6. Revisión del reglamento general de construcciones a fin de adecuarlo a la nueva situación derivada de la mayor recurrencia e intensidad del FEN.

7. Las instalaciones críticas y los accesos a las mismas deben estar a resguardo del máximo riesgo aun cuando se proyecten defensas. Las obras viales estratégicas y/o de evacuación deben estar aptas en cualquier circunstancia.
8. El Plan de Prevención que incorpore criterios de mitigación, debe ser la pauta que articule las acciones de los organismos del gobierno central y los gobiernos locales, junto con mecanismos que hagan posible la participación de la población. De tal manera que se tenga una política clara y coherente, de otro modo, si se actúa aisladamente el estado podría *institucionalizar el riesgo*, pues, las decisiones que tomen los organismos públicos pueden ser contradictorias entre sí.

7.3.2 ACCIONES PARA EVITAR EL FACTOR NECESARIO

De nada o poco valdrán los esfuerzos para cortar la cadena entre el factor primario y el factor necesario, si las medidas de prevención/mitigación no son exactamente acatadas durante su ejecución.

1. Las medidas de mitigación pueden ser estructurales (reforzamiento de las estructuras, reduciendo la vulnerabilidad, etc.) o no estructurales (restricción del uso del suelo).
2. Implementación de las medidas de prevención/mitigación, supervisando que se cumplan de manera cabal las recomendaciones dadas. Asimismo, durante la etapa de ejecución hacer una verificación, con el fin de tomar en cuenta los puntos en los que no se haya considerado adecuadamente la evaluación del peligro, de tal manera que se pueda corregir con oportunidad.
3. Los parámetros de diseño deben ser aquellos que los ligen al sistema natural (FEN), y no los de cálculo.
4. Para obras de estabilización de taludes, se pueden considerar: sistema de terrazas, obras de drenaje superficial y subterráneas, muros de sostenimiento, etc.
5. En cambio, para las obras hidráulicas considerar: ampliación de la luz libre, evitar obras de cruce con numerosos ojos, profundización de la cimentación, etc.

7.3.3 ACCIONES PARA CORTAR LA CADENA ENTRE EL FACTOR NECESARIO Y EL FACTOR DE AMPLIACION

Dentro de estas consideraciones, también daremos pautas para evitar el factor de ampliación:

1. Revisar la zonificación de uso residencial y otros, sobre la base de las zonificaciones de riesgo y de las experiencias obtenidas del FEN.

2. Definir la zona de expansión urbana, ya que el crecimiento urbano y el éxodo rural son factores importantes que posibilitan una sobre-concentración en áreas periféricas. Lo que a su vez aumenta el riesgo, pues, las personas pueden ocupar áreas expuestas a los peligros.
3. Delimitar todas las quebradas de la ciudad con la finalidad de restringir su uso. De otro lado, se debe evitar la habilitación urbana en zonas bajas inundables.
4. En el caso de la ciudad, el Gobierno Local en coordinación con Defensa Civil, el Banco de Materiales y COFOPRI, debe emprender acciones que consideren la reubicación de AA.HH. a zonas más seguras.
5. Diseño de estrategias en los medios masivos de comunicación a fin de promover una Cultura de la Prevención, también, considerar la divulgación a través de eventos (seminarios, charlas, mesas redondas y otros).
6. Diseño de políticas educativas, que favorezcan el desarrollo de la Cultura de la Prevención, y, promuevan la especialización en desastres en los diferentes niveles académicos.
7. La Instrumentación de un Sistema de Pronóstico y Alerta a la población es esencial, para llevar a cabo las medidas de emergencia, y poner a resguardo la seguridad de sus habitantes.
8. Disponibilidad de elementos y equipamientos necesarios para la emergencia, que debe formar parte del equipamiento básico de la ciudad y la Dirección Regional de Transportes.
9. La incorporación formal y obligatoria, de las organizaciones e instituciones locales en el sistema de defensa civil, para atender en forma coordinada y organizada las necesidades en las etapas de pre- evento y post- evento.
10. Ejecutar trabajos de limpieza y encauzamiento de las quebradas y ríos, previa identificación de áreas o tramos críticos, que presenten colmatación y otros elementos (arbustos, vegetación, palizadas, etc.) que puedan ocasionar efectos negativos de inundación, erosión y/o sedimentación.
11. Limpiar los drenes troncales que permita la evacuación de las aguas excedentes; así como descolmatar los canales principales, canales secundarios y obras de arte hidráulicas; y, dar mantenimiento y protección a los caminos de vigilancia.
12. La simplificación administrativa, principalmente judicial, de los procedimientos orientados a proteger a la población de los efectos de los desastres, tales como los programas de reubicación o la demolición de construcciones que invaden los cauces.
13. Después de un desastre, la economía local o regional queda seriamente afectada, motivo por el cual se hace indispensable la implementación de una estrategia de lucha contra la pobreza, que pueda incluir un programa masivo de empleo temporal.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El conocimiento del comportamiento y la estructura de los sistemas naturales esta controlado por la concepción de la realidad que tenga el universo socio cultural y por ello presenta un importante grado de indeterminación. Al respecto, el Fenómeno “El Niño” (FEN), que ha suscitado la atención mundial de los investigadores especialmente a partir de 1983, es un ciclo natural de la vida en la Costa Norte peruana y no un evento “anormal”, como muchos creen. Por ejemplo, en el caso de los bosques de algarrobos es parte de su mecanismo hemostático que les permiten continuar, a pesar de la violencia con la que son tratados por el hombre, y han alcanzado a vivir durante miles de años en la región, frente al cual hay una gran tradición de convivencia.
2. La Arqueología puede aportar en gran medida el conocimiento que se tenga del FEN, en cuanto a sus antecedentes, magnitud y periodicidad; ya que, nos encontramos en un medio y frente a problemas similares que han enfrentado las sociedades y culturas en el pasado.
3. Las crecientes e inundaciones son fenómenos diferentes que pueden presentarse en forma simultánea o conjunta. Es cierto, que son alteradas por el sistema geomorfológico, aunque no de manera exclusiva, pues hay que agregar que la carretera ha tenido influencia sobre aquellas, al modificar o distorsionar su comportamiento.

4. El impacto que producen el funcionamiento ineficiente o el colapso, a lo largo de la carretera, de las diversas estructuras de obra civil es inversamente proporcional al grado de desarrollo de la sociedad a la cual afecta. Es así, que después del evento de 1983, la carretera debió ser reconstruida tomando los parámetros naturales y dimensionando en conformidad con “El Niño” o tomando factores de seguridad. Sin embargo, se repitió los mismos diseños y métodos constructivos, aún sabiendo que no iban a soportar otra avenida similar, como la que sucedió en el año de 1998. Las razones principales, por las que se tomó tales decisiones, fueron el escaso conocimiento que se tenía del Fenómeno “El Niño”, y las limitaciones de índole presupuestal.

5. Los derrumbes en el Sector de Mal Paso muestran que existe un número de factores inter- relacionados que controlan la susceptibilidad de las inclinaciones frente a las precipitaciones que inducen a movimientos de masa. Estos deben ser considerados en investigaciones de ingeniería y estudios para el planeamiento regional. Los más importantes son:
 - a. Registros estadísticos de las Precipitaciones.
 - b. Geología y geomorfología.
 - c. Inclinaciones formadas por materiales débiles (deslizamiento de primer tiempo).
 - d. Presencia de deslizamientos preexistentes en medios de materiales de alta plasticidad.
 - e. Hidrogeología regional.

6. El derrumbe de Mal Paso, es un ejemplo que también demuestra como los derrumbes están asociados principalmente con tormentas que contiene ‘miembros ascendentes de intensidad’- conocidos como tormentas tipo “J”.

7. Aunque no existe un mecanismo de inicio que pueda ser aplicado de manera general para los deslizamientos, se puede decir, que las tormentas de intensidades altas, dentro de periodos húmedos, que resultan en precipitaciones totales de 24 horas de 100 mm o más parecen ser las más críticas.

8. Tanto crecientes como inundaciones de quebradas, producidas por el evento de 1998, han tenido influencia sobre la Carretera Panamericana Norte, que a continuación se resumen.

Las Crecientes pueden provocar las siguientes acciones principales:

- i. Aumento considerable del caudal.
- ii. Variaciones significativas en la velocidad.
- iii. Aumento del tirante hídrico.
- iv. Aumento del poder erosivo del flujo de quebradas.
- v. Mayor transporte de materiales de arrastre (palizadas y sedimentos). El arrastre de las palizadas termina navegando a la deriva y atrapadas en pilares de puentes u otras obras de arte, sumando a su efecto de empuje la socavación que originan, por lo cual son sumamente peligrosas y difíciles de remover.
- vi. Durante las crecientes la velocidad de escurrimiento aumenta alterando las relaciones entre el caudal sólido y los sedimentos de fondo. Como resultado la morfología del lecho se altera y se originan desplazamientos de las dunas de fondo y cambios morfológicos de las mismas.
- vii. Cambios de posición del canal de estiaje, algunas quebradas han cortado la carretera y, precisamente, por esta zona han formado nuevo cauce.
- viii. Alteración de las características hidráulicas de las quebradas, como son: radio hidráulico y/o la pendiente y/o rugosidad.
- ix. Restitución del cauce natural y profundización de la quebrada, que por ende, afecta a la carretera y a las obras de cruce.

Por otro lado, las inundaciones pueden ocasionar los siguientes efectos relevantes:

- i. El frente de avance de las aguas es muy amplio sin que la Carretera Panamericana Norte posea suficientes obras de arte para evacuarlas, siendo por lo general causa de inundación de áreas grandes.
 - ii. La dirección del escurrimiento puede cambiar en función de los niveles alcanzados por el agua.
 - iii. Transfluencias de una quebrada a otra.
 - iv. Indirectamente las inundaciones han originado remansos localizados y la aceleración del escurrimiento en las obras de cruce.
 - v. Desborde sobre obras de arte o rasantes, que provocaron la destrucción del terraplén y colapso de la obra de cruce.
 - vi. Arrastre de biomasa flotante (vegetación y, en algunos casos, animales).
 - vii. Infiltración al terraplén de la carretera, lo que origina el fenómeno de tubificación, así como, pérdida de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
 - viii. La Panamericana Norte ha sido construida con asfalto en caliente, por ello, cuando se inunda y se produce escurrimiento sobre la carpeta asfáltica, ocasiona peladuras y deterioro de la capa de rodadura.
9. De manera similar, la infraestructura vial ha influido en el comportamiento de estos fenómenos (crecientes e inundaciones), así tenemos:

- i. Estrechamiento de la sección mojada.
 - ii. Produce remansos localizados.
 - iii. Alteración de los perfiles hidráulicos.
 - iv. Cambios en la velocidad de propagación.
 - v. Cambios en los tiempos de concentración.
 - vi. Endicamientos.
 - vii. Variaciones en la velocidad del flujo de la quebrada, lo que ocasiona erosión o sedimentación, según sea el caso.
 - viii. Cambios en las condiciones de transporte y sedimentación.
10. No obstante, que el estudio está enmarcado dentro del FEN, no se puede obviar, por su importancia, el fenómeno de Licuación. Dicho fenómeno se presenta en arenas uniformes, sueltas y saturadas, durante un sismo severo y duradero (Licuación Dinámica). Dada la alta sismicidad de la zona y las características de los depósitos de suelos observados, existe la posibilidad de ocurrencia de dicho fenómeno ante la eventualidad de un sismo severo. De otro lado, no se debe desechar el fenómeno de Licuación Estática igualmente peligroso, que se produce por las cargas estáticas que se incrementan uniformemente, en condición del suelo no drenado.

RECOMENDACIONES

1. En lo relacionado al Fenómeno “El Niño” se debe considerar lo siguiente:
 - Reconocer el Fenómeno “El Niño” como un factor de riesgo, de manera que se pueda incluir en el diseño de estrategias para el desarrollo en nuestro país. Por consiguiente, nos lleva a dar prioridad a la prevención e incorporarla dentro de tales estrategias.
 - Incorporación de estudios de riesgo y estrategias de prevención en los planes, programas y proyectos de desarrollo.
 - Promoción y difusión de la investigación científica orientada a la prevención y mitigación.
 - El diseño de políticas educativas que favorezcan el desarrollo de la cultura de la Prevención y que promuevan la especialización en desastres, en los diferentes niveles académicos.
2. A lo largo de la Carretera Panamericana Norte, se ha apreciado los efectos negativos sobre la infraestructura vial, presentándose vulnerable frente al fenómeno “El Niño”. La reconstrucción de la carretera, fundamentalmente en el sistema de drenaje, pavimentación y reconstrucción de puentes, tendrá un efecto positivo en el tránsito

vehicular y en las actividades inherentes a él. A continuación se indican algunas recomendaciones:

- Implementar una política de mantenimiento de la carretera, dándole énfasis al sistema de drenaje, ya que, es el caso de que el agua es el mayor causante de daños y de la destrucción de la carretera.
 - Considerar enrocado para la protección del terraplén contra las erosiones del tipo local, longitudinal y regresiva, por los efectos de inundación y creciente. Así mismo, se sugiere la utilización de geosintéticos para prevenir el lavado de finos del terraplén y evitar el colapso de la estructura.
 - Estudiar la posibilidad de utilizar badenes en lugar de alcantarillas.
 - Utilizar pavimento rígido (concreto hidráulico) en zonas que están expuestas a inundaciones o desbordes de quebradas.
 - Contemplar la utilización de geotextiles en zonas inundables con la finalidad de estabilizar el terraplén, y prevenir los efectos de la infiltración y lavado de finos.
 - Asimismo, se recomienda realizar un estudio de suelos para determinar el perfil estratigráfico y los niveles de agua en la estructura del terraplén, así como, el grado de afectación debido a la infiltración. Complementarlo con ensayos deflectométricos y de rugosidad (ensayos no destructivos).
 - Se recomienda la protección con enrocado o forestación de las riveras de las quebradas en las zonas más críticas.
 - Se sugiere la ejecución de proyectos de reforestación con la finalidad de darle estabilidad al terraplén y protegerlo de las erosiones.
- 3.** En relación a las estructuras hidráulicas, en general, se recomienda respetar el ancho del cauce natural de las quebradas, ampliar la luz libre de las obras de cruce y utilizar un mínimo de apoyos intermedios. Adicionalmente, se mencionan a continuación las siguientes consideraciones:

3.1. Alcantarillas y Pontones

- Estas estructuras deben tener una sección hidráulica con capacidad suficiente para soportar el caudal de agua limpia, los sedimentos de arrastre y las palizadas o arbustos, cualquiera sea el caudal de la corriente.
- Las obras de cruce de una sola abertura y de luz amplia son, en general, más satisfactorias, debido a su mayor capacidad hidráulica que facilita el escurrimiento del flujo de quebrada, pues, permiten el paso de materiales de arrastre y ramas o arbustos flotantes.
- Deben proyectarse de manera que se evite: cualquier embalse excesivo en la entrada que pudiera causar daño a las propiedades, acumulación de materiales de arrastres que obstruya la alcantarilla, infiltración en el terraplén que provoque la

disminución del valor del CBR, o acumulaciones dañinas de escombros aguas arriba de la estructura.

Se debe proyectar la protección tanto a la entrada como a la salida de estas obras, con aleros y cabezales, a fin de prevenir las erosiones. En el caso de las entradas, corresponde evitar el lavado de los rellenos donde se ubican las estructuras mediante la construcción de aleros que, también, pueden funcionar como orientadores de flujo. Asimismo, emboquillar los taludes, con piedras entre 6" y 10", con una capa de espesor mínimo de 25 cm. Considerar uñas con una altura mínima de 0.50 mts., de manera que se profundiza por debajo del nivel del terreno.

A la salida, del mismo modo, el emboquillado se ejecutará en los taludes. Además, con la finalidad de evitar la socavación del lecho a la salida de la estructura, se recomienda considerar una losa de protección de concreto o piedra emboquillada con un largo suficiente que deberá terminar con un dentellón o uña, a fin de prevenir los efectos de las erosiones aguas abajo.

Se recomienda no cimentar sobre arenas, a fin de evitar los efectos de erosión del tipo local.

3.2. Puentes

Respetar el ancho natural del cauce de las quebradas, y evitar la reducción de la sección natural de las mismas, que podrían causar remansos localizados y erosión transversal en los accesos.

Debido al estrechamiento del cauce de las quebradas, se recomienda la protección de los taludes de sus accesos a fin de mitigar los efectos de la erosión transversal. Considerar aleros con longitud de protección suficiente, y, enrocado o gaviones para la protección de los estribos y accesos, además, se debe proyectar una cimentación adecuada para prevenir las erosiones del tipo local.

Utilizar luces amplias con la finalidad de evitar la obturación por las ramas o arbustos que son atrapados en los pilares de los puentes, y que podrían ocasionar desbordamientos y socavaciones locales. El nivel máximo en épocas de avenidas de la quebrada deberá estar 1.00 metro por debajo de la superestructura del puente.

A fin de evitar la erosión local en los pilares se debe prever la protección con enrocado.

4. En relación a las zonas de corte:

En las secciones de corte inestable, zonas de pequeños derrumbes, realizar obras de prevención tales como: cortes de plataforma de seguridad (banquetas) cada 7 o 10 metros de altura y con anchos de 3 metros como mínimo.

Construcción de cunetas de coronación, interceptoras de las escorrentías en los taludes de corte de la carretera, revestirlas con concreto o emboquillado, ubicarlas a una distancia no menor de 5 metros del vértice superior del talud.

Reforestación de las áreas en los taludes inestables. Se elegirán las especies más resistentes e idóneas para la zona. Los trabajos de reforestación deben efectuarse en coordinación con el Ministerio de Agricultura.

5. Uno de las zonas donde se ha observado mayor actividad de movimiento de masa es el Sector conocido como Mal Paso, se sugiere las siguientes alternativas:

- Se recomienda la ejecución de un Sistema de Terrazas cuyo talud será determinado en el estudio geotécnico correspondiente.
- Construcción de obras de drenaje superficial, que eliminen el agua de la precipitación.
- Construcción de obras de drenaje subterránea, cuya finalidad es eliminar el agua de infiltración.
- Construcción de muros de contención en zonas de erosión intensa.
- Se debe considerar la protección de taludes con una cobertura vegetal apropiada para la zona.

Los trabajos de mantenimiento son muy importantes y necesarios, de tal manera que se proteja las áreas reforestadas contra el vandalismo de las personas y la destrucción por parte de los animales.

6. En el sector del Km.1244 donde el talud ha recibido la acción de la erosión laminar, considerar la protección con un sistema de andenería cubiertas con vegetación apropiada de la zona. Adicionalmente, se sugiere el desplazamiento del eje hacia el cerro (lado derecho de la carretera) con la finalidad de alejar la plataforma del área de peligro, y haya una separación entre el talud y la vía. Asimismo, las entregas de las cunetas deberán estar revestidas con emboquillado, a fin de evitar los efectos indeseables de la erosión.

7. En el sector Tucillal se recomienda la protección de la plataforma con enrocado para evitar los efectos negativos de la erosión lateral. También, se debe considerar el empleo de geotextiles para darle mayor estabilidad al terraplén de manera que se impermeabilice, y evitar el lavado de finos que harían colapsar el terraplén y por ende induciría al derrumbe del enrocado. De otro lado, dar estabilidad al cerro con un sistema de banquetas. Considerar zanjas de coronación para la eliminación del agua pluvial.

8. Se sugiere que para la ejecución de un proyecto de reforestación se realice las coordinaciones y la concertación de diversas instituciones, con propósitos afines como son: la Sub Región Tumbes, Sub Región Agraria, Ministerio de Transportes y las organizaciones de bases a fin de compartir responsabilidades en el logro de la meta trazada..
9. Contemplar la solución al problema ambiental en forma global (macro) y no localizado. Se debe restaurar o al menos buscar devolver las condiciones de equilibrio ecológico que existía en la zona.
10. Es necesario dar mantenimiento permanente a la carretera, dando énfasis a las obras de drenaje y mitigación.
11. Con respecto al fenómeno de licuación se recomienda realizar un estudio geotécnico, con la finalidad de determinar los sectores potenciales que poseen el efecto de daño, en dicho estudio se puede incluir los siguientes parámetros:
 - Características de la granulometría del suelo.
 - Determinación de la densidad relativa.
 - Determinación de la profundidad del nivel freático.
 - Presión de poros.
 - Presión inicial de confinamiento.
 - Magnitud del movimiento sísmico.
 - Duración del movimiento sísmico.

Este estudio deberá abarcar a las obras importantes, por ejemplo los puentes (estribos y pilares), así como, a las zonas críticas en las que pudiera presentarse como son los cerros inestables y taludes de corte.

12. Con respecto a la Ciudad, se recomienda:

Definir la zona de expansión urbana, ya que el crecimiento urbano y el éxodo rural son factores importantes que posibilitan una sobre-concentración en áreas periféricas de alto riesgo.

De lo anterior, se recomienda delimitar las quebradas de la ciudad con la finalidad de restringir su uso. Asimismo, se sugiere que se reserve el uso de las quebradas a zonas ecológicas. De otro lado, se debe evitar la habilitación urbana en zonas bajas inundables.

Se sugiere que la zona de expansión urbana proyectada sea al Noreste de la Ciudad, pues se caracteriza por ser elevada y tener una topografía relativamente plana.

El Plan de Prevención que incorpore criterios de mitigación, debe ser la pauta que articule las acciones de los organismos del gobierno central y los gobiernos locales, junto con mecanismos que hagan posible la participación de la población.

En el Barrio de San José, considerar la ejecución de obras de: pavimentación (concreto hidráulico) de calles y avenidas; obras de drenaje pluvial (canal vía); y el reforzamiento del Malecón Benavides, pues, los desbordes por esta zona afecta de manera directa al Barrio de San José.

Quebrada Pedregal, se sugiere realizar: estudio hidrológico, delimitación el área de la cuenca, reubicación de las familias amenazadas por las inundaciones debido a las lluvias y quebrada.

BIBLIOGRAFIA

Alberto Martínez Vargas. Informe de Consulta Geotécnica. Tramo: Tumbes – Máncora de la Carretera Panamericana Norte. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Tumbes, Noviembre de 1998.

Alfredo Mansen Valderrama. Estudio de Defensas de la Carretera Panamericana. INADE – PIT. Tumbes, Agosto 1997.

Asociación de Carreteras del Japón. Serie de Trabajos de Tierra en Carreteras. Manual de Protección de Taludes. Tokio – Japón, Mayo 1984.

CTAR – Región Grau. Evaluación de Daños Fenómeno “El Niño” 1998. Tumbes, Agosto de 1998.

Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). Curso Internacional sobre Mitigación de Desastres: Uso de Información de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de Inversión. Lima, Setiembre – Octubre de 1992.

CISMID. Memorias del Encuentro: Los Desastres naturales y los Planes de Desarrollo Económico y Social de la Región Grau. Piura - Tumbes, del 07 al 12 de febrero de 1990.

César Ebert Tapia Canales. Tesis de grado: Microzonificación de la Ciudad de Tumbes y Lineamientos para su Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres. Lima, 1991.

Elsa Minaya Espinoza. Tesis de grado: Planeamiento y Desarrollo de un Esquema de Drenaje Vial en el ámbito del Fenómeno “El Niño” Carretera Panamericana Norte Sullana – Aguas Verdes. Lima, 19.

Francisco Coronado Del Aguila. Informe de Hidrología e Hidráulica: Obras de Emergencia para la Transitabilidad. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Tumbes, Noviembre de 1998.

G y M S.A. y Alpha Consult S.A. Rehabilitación y Mantenimiento de Carreteras. Tramo II: Dv. Talara – Cancas (Km 1093+342 al 1195+310) de la Carretera Panamericana Norte.

GUICONSA y Alpha Consult S.A. Rehabilitación y Mantenimiento de Carreteras. Tramo III: Cancas – Aguas Verdes (Km 1196+000 al 1294+232) de la Carretera Panamericana Norte.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. Conociendo Tumbes. Tumbes, Setiembre de 1997.

Jorge Montenegro Toledo. Tesis de grado: Diseño de Obras de Drenaje para Carreteras en Zona Selva. Lima, 1996.

Laboratorio Geotécnico S. A. (LAGESA). Estudio de Suelos con fines de Cimentación de Puente Pariñas. Carretera Talara- Cancas. Lima 1984.

LAGESA. Estudio de Suelos con fines de Cimentación de Puente Honda. Carretera Talara-Cancas. Lima 1984.

Leonel Santos Castro Salas. Tesis de grado: Efectos de las lluvias torrenciales de 1983 en las Obras de Ingeniería Civil de Paita, Talara, Máncora y Tumbes. Lima, 1984.

Ministerio de Agricultura. Dirección General de Aguas. Convenio DGA – AID. Estudio de Factibilidad de Defensa contra Inundaciones en la Costa Norte del Perú- Río Tumbes. Lima, Febrero 1977.

PREDES. El Niño 97/98, Balance y Perspectivas. Lima, Mayo de 1998.

PRONADRET – TUMBES. Las Inundaciones y sus efectos económicos y sociales en el Departamento de Tumbes. Tumbes, Febrero de 1990.

Proyecto Binacional Puyango – Tumbes. El Dragado del Río Tumbes y Limpieza de los Cauces Naturales de Alivio. Tumbes, Mayo de 1992.

Pupolizio Eliseo. Noveno Congreso Geológico Argentino. Criterios para la Concepción de Obras de Infraestructura en Areas afectadas por crecientes e inundaciones. S.C. de Bariloche. 1984.

Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC) – Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC). Informe sobre la Evaluación Integral causados por el Fenómeno “El Niño”. Tramo: Salida de la Ciudad de Piura Km.972 a Sullana y entre las Ciudades de Sullana – Talara – Máncora. Lima, Febrero de 1998.

SINMAC - MTC. Informe sobre la Evaluación del Estado de Situación de la Carretera Panamericana. Tramo: Máncora (Plaza de Armas) – Puente Internacional (Aguas Verdes). Lima, Marzo de 1998.

T.P. Gostelow. Rainfall and Landslides. Engineering Geology Research Group. British Geological Survey, Keyworth, Nottingham. United Kindong.

TYPSA Técnica y Proyectos S.A. Estudio Definitivo para el Mantenimiento Periódico de la Carretera Panamericana Norte. Tramo II y III. Lima – Perú 1986.

Yoshio Kumagai. Medidas de Mitigación/Prevención de Desastres Urbanos en el Japón. CISMID – Lima, Abril de 1991.