

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



***“ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO DE “EL NIÑO”
1997-98 EN EL TRAMO DIVISION BAYOVAR – DESVIO TALARA Y
EN LA CIUDAD DE PIURA”***

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

EDGARD C. ALCA MENDOZA

Lima – Perú

1999

AGRADECIMIENTO

Culminar un largo proceso educativo, requiere del sacrificio, talento, colaboración y apoyo de muchas personas, por ello creo que es mi deber expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas, que de alguna manera me ayudaron y permitieron que culminara una etapa de mi vida.

Mi profunda gratitud a mi madre y hermanas (María y Elizabeth), que con su sacrificio brindado día a día en mi formación y cuidado personal, hicieron posible que lograra superar con satisfacción cada etapa de mi vida, gracias por esperar tanto tiempo.

Mi agradecimiento al Centro Peruano Japonés para la Mitigación de Desastres (CISMID), por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo, que gracias al convenio firmado con el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras, del Ministerio de Transporte se pudo concretar la presente Tesis; asimismo estoy profundamente agradecido al Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA), especialmente a su Director Ejecutivo Ing. Manuel Vara Ochoa por la ayuda prestada en los inicios de la realización de la tesis.

Deseo expresar mi gratitud y reconocimiento al Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi, asesor del presente trabajo, por sus valiosos consejos y contribución en el desarrollo de la tesis; asimismo, a los Ingenieros: Alfredo Mansen Valderrama, Samuel Mora Quiñones y Vidal Taype Ramos Asesores en las diferentes especialidades.

Al Ing. Francisco Ríos Vara., jefe del Departamento de Planeamiento del CISMID, por las facilidades prestadas en la elaboración de la tesis.

A la Srta. Rosa Saavedra B., por su apoyo desinteresado en la revisión del presente trabajo.

Finalmente, mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible que este trabajo llegase a su culminación.

DEDICATORIA

A mi **Madre**, por su paciencia, sacrificio, dedicación,
y aliento que hicieron posible culminar
una etapa importante de mi vida

A mis hermanas **María y Elizabeth** por la generosidad
mostrada con su apoyo durante los largos
años de estudio necesarios para la
culminación de mi carrera.

A mi hermano **Alcides** y hermanas: **Fátima, Olinda,**
Vilma, Yaqueline y Katia, por participar
siempre en el logro de mis objetivos.

*A una persona muy especial, que estuvo en todo momento,
apoyándome en la realización del presente trabajo.*

A ti Erika

RESUMEN

Entre Diciembre de 1997 y Abril de 1998, el país fue azotado por fuertes precipitaciones pluviales e inundaciones, a consecuencia del fenómeno de “El Niño”. La zona norte del país, especialmente los departamentos de Lambayeque, Piura y Tumbes fue la más afectada. Los desastres naturales desencadenados en nuestro país por las variaciones climáticas producidas por el fenómeno de 1997-98, no fueron nuevos, ni están únicamente relacionados con éste fenómeno. Lo ocurrido corrobora que la presencia de “El Niño” ocasiona que los fenómenos de geodinámica externa varíen en cuanto a su intensidad y magnitud, haciéndose cada vez más severas, debiéndose en parte a la vulnerabilidad de nuestra infraestructura civil.

La Carretera Panamericana Norte, la vía de interconexión más importante del país, fue seriamente afectada por las fuertes lluvias. La intensidad, frecuencia y duración de éstas lluvias ocasionaron la destrucción y deterioro de gran parte de la Red Vial Nacional. Al igual que en 1983, se produjo la destrucción del sistema de drenaje de la vía, originando que las aguas superficiales discurrieran a lo largo de grandes tramos de la carretera, erosionando y/o remojando los terraplenes y taludes de la vía, provocando la falla de ellos.

Toda ésta destrucción se extendió en cientos de kilómetros de la carretera Panamericana Norte, entre Huarmey y Aguas Verdes; pero la zona más afectada fue entre Chiclayo y Tumbes, sector en donde la carretera estuvo interrumpida por períodos cortos en los meses de las precipitaciones pluviales. Gracias al esfuerzo del Ministerio de Transportes por intermedio del SINMAC, se trato de dar por todos los medios la transitabilidad a la carretera; por tanto, el riesgo de la Panamericana Norte ante un desastre similar en el futuro es latente, con la posible repetición de los daños en la infraestructura vial.

Al igual que la carretera Panamericana Norte, la ciudad de Piura también fue afectada por el fenómeno, el cuál ocasionó diversos daños en la infraestructura civil de la ciudad, la afectación fue: inundación y colapso de viviendas y puentes, etc.

Conscientes de la problemática de la carretera Panamericana, el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC) del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC) y el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), suscribieron el Convenio “Estudios Complementarios y Medidas de Mitigación de los efectos del fenómeno de “El Niño” 1997-98 en el tramo Huarmey - Aguas Verdes, de la Carretera Panamericana Norte”.

Para la realización de los Estudios Complementarios fue necesario dividir el tramo general Huarmey - Aguas Verdes en cuatro sub tramos:

- Huarmey - Pacasmayo
- Pacasmayo - División Bayovar
- División Bayovar - Desvío Talara
- Desvío Talara - Aguas Verdes

La presente Tesis forma parte del proyecto de investigación dentro del tramo División Bayóvar – Desvío Talara, en una longitud de 206.700 Kms.

Adicionalmente al apoyo del SINMAC para el estudio de la carretera Panamericana Norte, El Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA), brindó apoyo en los inicios de la realización de la presente Tesis, el cuál consistió en: apoyo logístico para el seguimiento de los Indicadores del fenómeno de “El Niño” , desde octubre de 1997 hasta marzo de 1998; y para la realización de la evaluación de daños y determinación de zonas vulnerables a efectos del fenómeno de “El Niño” en la ciudad de Piura.

Los objetivos generales de la presente tesis son:

- Estudio de los efectos del fenómeno de “el Niño” 1997-98 en la carretera Panamericana Norte en el tramo División Bayovar – Desvío Talara, para luego realizar estudios específicos en el tramo más crítico: Sullana - Desvío Talara.
- Estudio de los efectos del fenómeno de “El Niño” en la ciudad de Piura.

La presente Tesis consta de cuatro partes:

En la primera parte se desarrolla ampliamente el fenómeno de “El Niño”, en la cuál se describen los indicadores más importantes y la cronología del fenómeno, para comprender su importancia en la zona de estudio.

En la segunda parte se desarrolla los estudios del tramo División Bayovar – Desvío Talara, en la cuál se realizó lo siguiente: recopilación de información existente; descripción física del tramo; evaluación de daños en forma detallada del tramo por efectos del fenómeno de 1997-98; y estudios específicos, para plantear lineamientos de solución, que puedan mitigar futuros desastres en los tramos críticos.

De la recopilación de información de estudios pasados, se encontró información de los efectos del fenómeno de 1982-83, del cuál se pudo extraer información valiosa de los puntos críticos, que colapsaron paradójicamente en el evento de 1998, convirtiéndose éstos tramos vulnerables a futuros eventos.

De la descripción general del tramo División Bayovar – Desvío Talara, se pudo determinar que tiene características planimétricas y rasantes que corresponden a una vía de alta velocidad. Esta condición se debe a que es parte integrante de la Carretera Panamericana Norte y porque se desarrolla en una topografía plana y desértica, con ausencia de accidentes topográficos. El elemento hidrográfico predominante está constituido por los ríos o quebradas, cuyas cuencas en su mayoría son de forma alargada.

De la evaluación de daños del tramo, se comprobó, que el efecto de las lluvias y crecida de quebradas provocó: desprendimientos de taludes en cerros; colmatación y colapso de alcantarillas, pontones y puentes; destrucción total y parcial del pavimento; y fallas en la protección de taludes del terraplén.

Como consecuencia de la evaluación se determinó tipo de fallas que prevalecieron en la vía, las cuales fueron producidas por: efecto de las quebradas y ríos; formación de lagunas; y el efecto directo de las lluvias en la vía. Posteriormente, se determinó las causas de los diferentes tipo de daños, siendo éstos: aumento del caudal de las quebradas, producto de las fuertes precipitaciones; interrupción del

transporte sólido por las obras de cruce; estrechamiento del cauce natural de las quebradas, debido a la reducción del área útil de drenaje natural, como el caso de puentes, pontones y alcantarillas; falta de protección en los taludes de los terraplenes; y la ineficiencia del diseño hidráulico de las obras de cruce. Posteriormente, de haber determinado las causas, se plantean lineamientos generales de solución para las diferentes fallas.

La evaluación de daños del tramo en estudio se complementa con la revisión y análisis de información existente, referida a daños ocurridos en el tramo, el año de 1983, información que es comparada con la evaluación de daños de 1998. Dicha comparación permite señalar que los puntos más críticos que colapsaron en 1983 fueron los mismos de 1998.

Luego de haber realizado el estudio en todo el tramo, se determinó el tramo más crítico, siendo éste el tramo Sullana – Desvío Talara, para el cuál, se revisó los Estudios Hidrológicos de los diferentes Expedientes Técnicos: Estudio de Factibilidad, 1975; Estudio de Rehabilitación después del fenómeno de 1983; y Estudio de Rehabilitación de 1994. De dichos estudios se recopiló valores de caudales y dimensiones de las estructuras más importantes que colapsaron en su mayoría durante el último fenómeno.

Posteriormente a la recopilación de información existente se efectuó un Estudio Hidrológico, donde se consideraron parámetros de precipitación máxima diaria desde 1964 hasta 1998 (datos actualizados de las estaciones Pananga y Mallares). El método empleado para el análisis hidrológico fue el Soils Conservation Service (SCS), con el cuál se obtuvieron valores de caudales de diseño para tiempos de retorno de 50 y 100 años; escogiéndose, el de 50 años, por las características morfológicas de las cuencas, por el tamaño de las estructuras y por la periodicidad del fenómeno. En base a los cálculos hidrológicos, se plantea lineamientos de solución para la mitigación de desastres en los puntos críticos, para futuros eventos.

En la tercera parte se evalúan los efectos del fenómeno de “El Niño” en la ciudad de Piura, los cuales fueron: caída de los Puentes “Viejo” y Bolognesi, por efecto de la crecida del río Piura, que dejaron parcialmente aislados los distritos de Piura y Castilla; colapso de muchas viviendas de quincha, estera y adobe por el

efecto directo de las lluvias; formación de las denominadas “Cuencas Ciegas” (zonas que no poseen sistema de drenaje) y lagunas de regular duración en las zonas topográficamente bajas (Urb. El Chical, Ignacio Merino, Bancarios). Es importante mencionar que las inundaciones duraron poco tiempo; pero, se evidenció que algunos drenes y casetas de bombeo funcionaron parcialmente.

Cabe señalar que la vulnerabilidad de la ciudad de Piura es originada fundamentalmente por tres agentes Hidrodinámicos: Las precipitaciones pluviales, las aguas pluviales y la napa freática. Los tres agentes Hidrodinámicos actúan normalmente en forma conjunta durante las épocas del fenómeno de “El Niño”, dando lugar a la afectación de distintos niveles de la infraestructura Urbana.

Como consecuencia de la ocurrencia del fenómeno de “El Niño” 1997-98, se determinó zonas vulnerables a los efectos de geodinámica externa, encontrándose: zonas inundables por la formación de lagunas; viviendas precarias vulnerables a la acción de las lluvias; y zonas expuestas a los efectos del río Piura. Para lo ocurrido en el presente trabajo se plantea lineamientos generales de solución, para la mitigación de eventos futuros, y que pueda reducir la vulnerabilidad de la infraestructura urbana frente a los agentes de geodinámica externa.

Antes de finalizar, debo señalar que debemos tomar conciencia civil de la problemática que ocasionan los agentes de geodinámica externa, es más, ahora que la presencia del fenómeno de “El Niño”, se presente en forma recurrente con períodos de retorno cada vez más cortos, deberían tomarse previsiones en la infraestructura civil (carretera y ciudades), para evitar desastres similares a 1983 y 1998.

Finalmente, mencionar que la solución a la vulnerabilidad de la población escapa del ámbito puramente técnico del diseño, la planificación y las normas. Se necesita llegar al nivel político y a un marco socio - económico más justo, dando a la población oportunidades de mejorar sus condiciones de vida y de seguridad

INTRODUCCION

La zona norte de nuestra costa peruana en la que se encuentra el departamento de Piura, 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 el fenómeno de "El Niño", como lo ocurrido en 1891, 1925, 1982-83 y 1998.

Entre Diciembre de 1997 y Abril de 1998 el país fue azotado por fuertes precipitaciones pluviales e inundaciones, a consecuencia del fenómeno de "El Niño". La zona norte del país, especialmente los departamentos de Lambayeque, Piura y Tumbes fue la más afectada. Los desastres naturales desencadenados en nuestro país por las variaciones climáticas producidas por el fenómeno de 1997-98, no fueron nuevos, ni están únicamente relacionados con éste fenómeno. Lo ocurrido corrobora que la presencia de "El Niño" ocasiona que los fenómenos de geodinámica externa varían en cuanto a su intensidad y magnitud, haciéndose cada vez más severas, debiéndose en parte a la vulnerabilidad de nuestra infraestructura civil.

La Carretera Panamericana Norte, la vía de interconexión más importante del país, fue seriamente afectada por las fuertes lluvias. La intensidad, frecuencia y duración de estas lluvias ocasionaron la destrucción y deterioro de gran parte de la Red Vial Nacional. Al igual que en 1983, se produjo la destrucción del sistema de drenaje de la carretera, originando que las aguas superficiales discurrieran a lo largo de grandes tramos de la carretera, erosionando y/o remojando los terraplenes y taludes de la vía, provocando la falla de ellos.

Toda esta destrucción se extendió en cientos de kilómetros de la carretera Panamericana Norte, entre Huarmey y Aguas Verdes; pero la zona más afectada fue entre Chiclayo y Tumbes, sector en donde la carretera estuvo interrumpida por periodos cortos en los meses de las precipitaciones pluviales. Gracias al esfuerzo del Ministerio de Transportes por intermedio del SINMAC, se trato de dar por todos los medios la transitabilidad a la carretera; por tanto, el riesgo de la Panamericana Norte ante un desastre similar en el futuro es latente, con la posible repetición de los daños en la infraestructura vial.

Al igual que la carretera Panamericana Norte, la ciudad de Piura también fue afectada por el fenómeno, el cuál ocasionó diversos daños en la infraestructura civil de la ciudad, la afectación fue: inundación y colapso de viviendas, colapso de puentes, etc.

OBJETIVOS

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo principal, la evaluación de los efectos producidos por el fenómeno de “El Niño” 1997-98 en: la carretera Panamericana Norte en el tramo División Bayovar – Desvío Talara; asimismo, los efectos en la ciudad de Piura

Objetivos específicos en la Panamericana Norte:

- Evaluación de daños detallado ocasionados por las fuertes crecientes, a consecuencia del fenómeno de “El Niño” 1997/98.
- Determinación de tipos de fallas, que prevalecieron en el tramo en estudio.
- Determinación de las causas que originaron los tipo de fallas.
- Plantear lineamientos de solución a los diferentes tipo de fallas, para mitigar efectos en eventos similares.
- Realizar un estudio hidrológico actualizado para el tramo más crítico.
- Plantear lineamientos de solución en los puntos críticos para mitigar efectos en eventos similares.

Objetivos específicos en la Ciudad de Piura:

- Evaluación de daños ocasionados por el fenómeno de “El Niño” 1997/98.
- Evaluación y comportamiento del sistema de drenaje y determinación de zonas inundables.
- Determinación de zonas vulnerables al fenómeno de “El Niño”.
- Plantear lineamientos para mitigar efectos en eventos similares.

ALCANCES

La presente Tesis se subdivide en cuatro (4) partes: la primera corresponde al Capítulo I donde se desarrolla ampliamente el fenómeno de “El Niño”; la segunda parte comprende los Capítulos II, III, IV, y V, donde se estudia los efectos del fenómeno de “El Niño” en la carretera Panamericana Norte; en la tercera parte se estudia los efectos del fenómeno en la ciudad de Piura, la cuál se desarrolla en el Capítulo VI; finalmente en el capítulo VII de la última parte se describe las principales conclusiones y planteamiento de recomendaciones.

El Capítulo I comprende un estudio amplio del fenómeno de “El Niño”, al cuál se le hizo un seguimiento de sus Indicadores desde noviembre de 1997 hasta julio de 1998; asimismo, se describe la cronología y los efectos que tuvo el fenómeno los años de 1983 y 1998 en el departamento de Piura.

En el Capítulo II se realizó una recopilación de información existente, de estudios pasados para la construcción de la carretera Panamericana Norte en el tramo División Bayovar - Desvío Talara, donde se encontró información de los efectos del fenómeno de 1982-83, el cuál menciona los puntos críticos o vulnerables que fueron afectados durante el evento de “El Niño”. Paradójicamente aquellos puntos críticos volvieron a colapsar con el último evento del fenómeno de “El Niño”. Lo anterior revela la necesidad de revisar la estrategia de diseño de las carreteras, en la cuál las carreteras deben adecuarse al cruzar la quebradas o ríos; asimismo, en los estudios hidrológicos deben considerarse parámetros de eventos como el fenómeno de “El Niño”.

En el Capítulo III se describe de una manera general los aspectos básicos del tramo de carretera en estudio. donde se consideran aspectos topográficos, geológicos, geotécnicos e hidrológicos además, se detalla la ubicación exacta del sistema de drenaje y obras de arte (alcantarillas, pontones y puentes del tramo Sullana – Desvío Talara).

Para el Capítulo IV se tuvo que realizar un trabajo de campo en la zona de estudio para la evaluación de daños del fenómeno de “El Niño”. En éste capítulo se clasifican los diferentes tipos de daños o fallas que prevalecieron en la Panamericana Norte, por efectos de flujo de agua y precipitación pluvial; asimismo, se estudian las causas que originaron los diferentes tipos de daños para luego plantear lineamientos de solución para cada tipo de falla. Además, se identificó la zona mas deteriorada o destruida por el efecto del fenómeno de “El Niño”, siendo ésta el tramo Sullana – Desvío Talara.

En el Capítulo V se desarrolla estudios específicos en las zonas críticas del tramo Sullana - Desvío Talara, para el cuál se revisó los estudios hidrológicos de diferentes Expedientes Técnicos, efectuados en: 1975 (Estudio de Factibilidad), 1984 (después del fenómeno de 1983) y 1994 (Rehabilitación); de los cuales se recopiló valores de caudales y

dimensiones de las estructuras más importantes que colapsaron en su mayoría con el último fenómeno (1998).

Para el capítulo V se realizó un Estudio Hidrológico para el tramo Sullana – Desvío Talara (73.00 Km), donde los parámetros de precipitación máxima diaria datan de 1964-1998, en las estaciones de Pananga y Mallares. El método desarrollado para el análisis hidrológico fue el Soils Conservation Service (SCS), desarrollado en los Estados Unidos donde los valores calculados por el método de la SCS arrojaron valores de caudales de las principales quebradas, para tiempos de retomo de 50 y 100 años, estos valores fueron comparados y analizados con los obtenidos anteriormente (1975, 1984 y 1994) y con el ancho real que dejó las quebradas en las últimas lluvias. Los análisis que se realizaron fueron para las quebradas más críticas tales como: La Manuela, Pichichaca, La Peña, Pasamayito y Dévora, quebradas que arrasaron la vía de 50 a 500 m. de longitud.

En el Capítulo VI se realiza el estudio de los efectos del fenómeno de “El Niño” en la ciudad de la ciudad de Piura, se desarrolla aspectos básicos de la ciudad; medidas de prevención realizados para Mitigar efectos del evento de 1997-98; afectación de la geodinámica externa; determinación de zonas vulnerables al fenómeno de “El Niño”; luego plantear lineamientos generales para mitigar efectos de eventos futuros en la ciudad.

Finalmente en el capítulo VII se describe las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron del presente trabajo de investigación.

UBICACIÓN Y DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en el extremo norte del país, en el departamento de Piura, perteneciente a la Región Grau, entre los paralelos 4.5° y 6° de latitud Sur y desde los 80° hasta los 81.5° de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Con altitudes que van desde los 0 a 1600 m.s.n.m.

La zona está conformada por extensas pampas desérticas a semidesérticas, con una topografía plana, en parte suavemente ondulada, o con lomas constituidas por acumulaciones eólicas denominadas dunas y barcanas.

Estas llanuras desérticas son cortadas por dos cursos importantes de drenaje, que en el caso presente está representado por los río Chira y Piura. El río Chira ha formado un valle, de anchura variable, cubierto de material aluvial fino, presentando una fácil divagación con numerosos meandros y está dominado por una continuidad de mesetas sobre las dos márgenes. El río Piura ha formado un valle muy llano, prácticamente sin relieve y con mínima pendiente longitudinal, con curso divagante.

Este hecho ha dado lugar a la formación por un lado de extensas superficies de terreno áridos que en gran parte son verdaderos arenales, y por otro lado de tierras apropiadas para el cultivo donde crece una vegetación típica de algarrobos y zapotales.

ACCESO

Existen dos modos de llegar a la zona de estudio y son:

1. Por vía terrestre se puede viajar en bus, automóvil a través de la Carretera Panamericana Norte y llegar a la ciudad de Piura.
2. Por vía aérea se puede viajar por avión hasta el aeropuerto de Piura, y establecerse allí para realizar el trabajo de campo respectivo:
 - Primero dirigiéndose hacia el sur con dirección a Chiclayo por la ruta de la Panamericana Nueva hasta la División Bayovar.
 - Segundo dirigiéndose hacia el norte con dirección a la ciudad de Sullana, luego con dirección a la ciudad de Talara, terminando el tramo en el desvío a Talara.
 - Finalmente realizar estudios específico en la ciudad de Piura.

CONTENIDO

RESUMEN	i - v
----------------------	-------

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	---

PRIMERA PARTE

Conceptos e Indicadores del fenómeno de “El Niño”

I: FENÓMENO DE “EL NIÑO”	6
1.1 CONCEPTUALIZACIÓN Y ORIGEN DEL FENÓMENO	7
1.1.1 Fenómeno de “El Niño”, no “Corriente del Niño”.....	7
1.1.2 Definición del fenómeno de “El Niño”.....	8
1.2 INDICADORES DEL FENÓMENO DE “EL NIÑO”	10
1.2.1 Temperatura Superficial del Mar (TSM).....	11
1.2.2 Índice de Oscilación Sur (IOS).....	16
1.2.3 Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).....	18
1.2.4 Profundización de la Termoclina.	21
1.2.5 Variación en el nivel del Mar.....	21
1.2.6 Precipitaciones mayores y diferentes a lo normal.	22
1.3 CRONOLOGÍA Y EFECTOS DEL FENÓMENO	24
1.3.1 Cronología del fenómeno.	24
1.3.2 Efectos del fenómeno en el Perú, ocurridos en los últimos 450 años.....	25
1.3.3 El fenómeno de “El Niño” de 1982-83.	30
1.3.4 El fenómeno de “El Niño” de 1997-98.....	31
1.4 CONCLUSIONES	34

SEGUNDA PARTE

Efectos del Fenómeno “El Niño” 1997-98 en la Carretera Panamericana Norte Tramo: División Bayovar (Km. 886+636) - Desvío Talara (Km. 1093+342)

II:	ANTECEDENTES DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	37
	2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE.....	38
	2.2 HISTORIAL DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	39
	2.2.1 Tramo Lambayeque – División Bayovar - Piura.....	39
	2.2.2 Tramo Piura – Sullana – Desvío Talara.....	40
	2.3 EFECTOS DEL FENÓMENO “EL NIÑO” 1982-83.....	42
	2.3.1 Efectos en el tramo División Bayovar - Piura.....	42
	2.3.2 Efectos en tramo Piura - Sullana.....	43
	2.3.3 Efectos en el tramo Sullana - Desvío Talara.....	44
	2.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN REALIZADAS PARA MITIGAR EFECTOS DEL FENÓMENO “EL NIÑO” 1997-98.	46
III:	ASPECTO FISICO DEL TRAMO.....	47
	3.1 EL SISTEMA DE TRANSPORTE EN PIURA.....	48
	3.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	49
	3.3 DESCRIPCIÓN DEL TRAZO, CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOPOGRÁFICAS,	49
	3.3.1 Descripción del tramo División Bayovar – Piura - Sullana.....	50
	3.3.2 Descripción del tramo Sullana – Desvío Talara.....	50
	3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	51
	3.4.1 Geomorfología.....	51
	3.4.2 Geología Estructural.....	51
	3.4.2.1 Tramo División Bayovar – Piura - Sullana.....	52
	3.4.2.2 Tramo Sullana – Desvío Talara.....	52

3.4.3	<i>Estratigrafía</i>	52
3.4.3.1	Tramo División Bayovar – Piura - Sullana.....	53
3.4.3.2	Tramo Sullana – Desvío Talara.....	53
3.4.4	<i>Hidrogeología</i>	55
3.5	MECÁNICA DE SUELOS	55
3.5.1	<i>Tramo División Bayovar – Piura - Sullana</i>	55
3.5.2	<i>Tramo Sullana – Desvío Talara</i>	56
3.6	METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA	57
3.6.1	<i>Hidrografía</i>	57
3.6.2	<i>Fisiografía</i>	57
3.6.3	<i>Climatología</i>	58
3.6.3.1	<i>Precipitación Pluvial</i>	58
3.6.3.2	<i>Temperatura</i>	59
3.6	DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	60
IV:	EFFECTOS DEL FENOMENO “EL NIÑO” 1997-98	69
4.1	INTRODUCCIÓN	70
4.2	CONCEPTOS BÁSICOS	70
4.2.1	<i>El Ciclo Hidrológico</i>	70
4.2.1.1	Precipitación.....	72
4.2.1.2	Infiltración.....	72
4.2.2	<i>Flujo de quebradas</i>	73
4.2.2.1	Definición.....	73
4.2.2.2	Tipos de flujo que discurren por una quebrada.....	74
4.2.2.3	Factores que influyen en el tipo de flujo.....	74
4.2.3	<i>Transporte de sedimentos</i>	75
4.2.3.1	Modos de transporte.....	75
4.2.3.2	Variación del transporte sólido con el tiempo.....	76
4.2.4	<i>Erosión y Socavación en cauces naturales</i>	77
4.2.4.1	Socavación general y transversal del cauce.....	77
4.2.4.2	Erosión y degradación en lechos aluviales.....	80
4.2.4.3	Erosión en curvas.....	80
4.2.4.4	Erosión local.....	83
4.2.5	<i>Clasificación y descripción general de fallas de taludes y deslizamientos</i> ..	85
4.2.6	<i>Geosintéticos</i>	88

4.3 TIPO DE DAÑOS OCURRIDOS EN LA ZONA EN ESTUDIO	89
4.3.1 <i>Efectos de las quebradas en la vía</i>	89
4.3.1.1 Erosión Local (Efecto tipo 1)	90
4.3.1.2 Erosión Transversal (Efecto tipo 2)	91
4.3.1.3 Erosión Regresiva (Efecto tipo 3)	93
4.3.1.4 Erosión Lateral o Longitudinal de la carretera (Efecto tipo 4)...	96
4.3.1.5 Erosión General (Efecto tipo 5)	97
4.3.2 <i>Efecto de los ríos en puentes</i>	101
4.3.3 <i>Efecto en la vía por la formación de lagunas (efecto tipo 6)</i>	102
4.3.4 <i>Efecto en la vía por inestabilidad de taludes (efecto tipo 7)</i>	103
4.3.5 <i>Efecto directo de las precipitaciones pluviales en la vía (efecto tipo 8)</i> ...	104
4.4 EVALUACIÓN DE DAÑOS DEL TRAMO EN ESTUDIO	105
4.4.1 <i>Evaluación de daños del tramo División Bayovar - Piura</i>	105
4.4.2 <i>Evaluación de daños del tramo Piura - Sullana</i>	109
4.4.3 <i>Evaluación de daños del tramo Sullana - Desvío Talara</i>	111
4.5 COMPARACION DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO DE 1983 Y 1998	123
4.5.1 <i>Tramo División Bayovar - Piura</i>	123
4.5.2 <i>Tramo Piura - Sullana</i>	123
4.5.3 <i>Tramo Sullana – Desvío Talara</i>	124
4.6 DETERMINACION DE TRAMOS CRITICOS	125
4.6.1 <i>Tramo División Bayovar - Piura</i>	125
4.6.2 <i>Tramo Piura - Sullana</i>	126
4.6.3 <i>Tramo Sullana – Desvío Talara</i>	126
4.7 CAUSAS DE LOS DIFERENTES TIPO DE DAÑOS	128
4.7.1 <i>Causas de la erosión, por efecto de quebradas</i>	129
4.7.1.1 Causas de la Erosión Local	130
4.7.1.2 Causas de la Erosión Transversal	130
4.7.1.3 Causas de la Erosión Regresiva	131
4.7.1.4 Causas de la Erosión Lateral de la carretera	131
4.7.1.5 Causas de la Erosión General	131
4.7.2 <i>Causas de los problemas de Infiltración</i>	131
4.7.3 <i>Causas de la inestabilidad de taludes</i>	132
4.7.4 <i>Causa de la erosión laminar</i>	132

4.8 LINEAMIENTOS PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL FENOMENO “EL NIÑO”	132
4.8.1 <i>Lineamientos Generales</i>	132
4.8.2 <i>Lineamientos Principales para cada tipo de daño</i>	133
4.8.2.1 Erosión Local	133
4.8.2.2 Erosión Transversal	133
4.8.2.3 Erosión Regresiva	134
4.8.2.4 Erosión Lateral de la carretera	135
4.8.2.5 Erosión General	136
4.8.2.6 Infiltración.....	137
4.8.2.7 Inestabilidad de taludes.....	138
4.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
4.9.1 <i>Conclusiones</i>	139
4.9.2 <i>Recomendaciones</i>	142

V: ESTUDIOS ESPECIFICOS EN EL TRAMO SULLANA

DESVIO TALARA	145
5.1 INTRODUCCIÓN	145
5.2 ESTUDIOS HIDROLOGICOS	146
5.2.1 <i>Area de Estudio</i>	147
5.2.2 <i>Características climatológicas</i>	147
5.2.2.1 Información Hidrometereologica.....	147
5.2.2.2 Descripción de los elementos metereológicos.....	147
5.2.3 <i>Características morfométricas e hidrológicas de las cuencas</i>	149
5.2.4 <i>Avenidas en las quebradas</i>	152
5.2.4.1 Análisis de precipitación máxima en 24 horas.....	152
5.2.5.2 Cálculo de las avenidas para diferentes periodos de retorno..	155
5.2.5 <i>Análisis de resultados y comparación con estudios pasados</i>	157
5.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ZONAS CRITICAS	161
5.3.1 <i>Quebrada Samán</i>	161
5.3.1.1 Ubicación	161
5.3.1.2 Características básicas.....	161
5.3.1.3 Evaluación de la obra de cruce.....	161
5.3.1.4 Parámetros de hidrograma de crecidas.....	163
5.3.1.5 Conclusiones.....	163

5.3.2	<i>Quebrada Ignacio Escudero</i>	164
5.3.2.1	Ubicación	164
5.3.2.2	Características básicas.....	164
5.3.2.3	Evaluación de la obra de cruce.....	164
5.3.2.4	Parámetros de hidrograma de crecidas.....	166
5.3.2.5	Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros.	166
5.3.3	<i>Quebrada Corral de León y Pichichaca</i>	167
5.3.3.1	Ubicación	167
5.3.3.2	Características básicas.....	167
5.3.3.3	Evaluación de la obra de cruce.....	167
5.3.3.4	Parámetros de hidrograma de crecidas.....	171
5.3.2.5	Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros.	171
5.3.4	<i>Quebrada Huaytaco</i>	172
5.3.4.1	Ubicación	172
5.3.4.2	Características básicas.....	172
5.3.4.3	Evaluación de la obra de cruce.....	173
5.3.4.4	Parámetros de hidrograma de crecidas.....	173
5.3.2.5	Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros.	175
5.3.5	<i>Quebrada Pasamayito</i>	175
5.3.5.1	Ubicación	175
5.3.5.2	Características básicas.....	175
5.3.5.3	Evaluación de la obra de cruce.....	176
5.3.5.4	Parámetros de hidrograma de crecidas.....	179
5.3.2.5	Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros.	179
5.3.6	<i>Quebrada Dévora 1 y 2</i>	180
5.3.6.1	Ubicación	180
5.3.6.2	Características básicas.....	180
5.3.6.3	Evaluación de la obra de cruce.....	180
5.3.6.4	Parámetros de hidrograma de crecidas.....	183
5.3.2.5	Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros.	183
5.4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	184
5.4.1	<i>Conclusiones</i>	184
5.4.2	<i>Recomendaciones</i>	186

TERCERA PARTE

Efectos del fenómeno de “El Niño” en la ciudad de Piura

VI: EFECTOS DEL FENOMENO “EL NIÑO” 1997-98 EN LA CIUDAD DE PÍURA.....	188
6.1 ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD.....	189
6.1.1 <i>Ubicación Geográfica.....</i>	189
6.1.2 <i>Aspectos Históricos.....</i>	189
6.1.3 <i>Población.....</i>	189
6.1.4 <i>Climatología.....</i>	189
6.1.5 <i>Estructura e Infraestructura Urbana.....</i>	193
6.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.....	195
6.2.1 <i>Características Topográficas del medio Urbano.....</i>	195
6.2.2 <i>Características Geológicas.....</i>	196
6.2.3 <i>Características de Mecánica de Suelos.....</i>	196
6.3 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E HIDROGEOLOGICAS	197
6.3.1 <i>Precipitación en la ciudad de Piura.....</i>	197
6.3.2 <i>Morfología y evolución del río Piura.....</i>	199
6.3.3 <i>Régimen de descargas del río Piura en la Estación Puente Sánchez Cerro</i>	199
6.3.4 <i>Relación entre precipitación y descarga.....</i>	200
6.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN REALIZADAS PARA MITIGAR DAÑOS OCASIONADOS POR FENÓMENO “EL NIÑO” 1997-98.....	202
6.4.1 <i>Sistema de Evacuación Pluvial de la ciudad de Piura.....</i>	202
6.4.2 <i>Sistema de defensa y descolmatación del río Piura.....</i>	209
6.5 PROCESO DE GEODINÁMICA EXTERNA.....	211
6.5.1 <i>Inundación producida por precipitación pluvial.....</i>	211
6.5.2 <i>Lagunas de menor duración en el área urbana.</i>	212
6.5.3 <i>Acción del Dren 1308.....</i>	213
6.5.4 <i>Acción dinámica del río Piura.....</i>	216
6.5.5 <i>Régimen de la Napa Freática.....</i>	216

6.6 EFECTOS DEL FENÓMENO “EL NIÑO” 1997-98	216
6.6.1 Comportamiento del sistema de drenaje.....	216
6.6.2 Comportamiento del río Piura.....	217
6.6.3 Daños en las viviendas.....	223
6.7 DETERMINACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR EL FENOMENO	228
6.7.1 Problemática de la Laguna Negra y sus efectos.....	228
6.7.2 Cuencas con problemas de evacuación pluvial.....	228
6.7.3 Zonas expuestas al río Piura.....	230
6.7.4 Zonas afectadas por el efecto directo de las lluvias.....	232
6.8 LINEAMIENTOS PARA MITIGAR EFECTOS DEL FENÓMENO “EL NIÑO”.	233
6.8.1 Defensa de los efectos de la napa freática.....	233
6.8.2 Sistema de Evacuación Pluvial.....	233
6.8.3 Río Piura.....	233
6.8.4 Areas de expansión.....	237
6.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	237
6.9.1 Conclusiones	237
6.9.2 Recomendaciones.....	240

CUARTA PARTE

VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	242
7.1 CONCLUSIONES	243
7.2 RECOMENDACIONES	254
 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	258
 ANEXOS	262

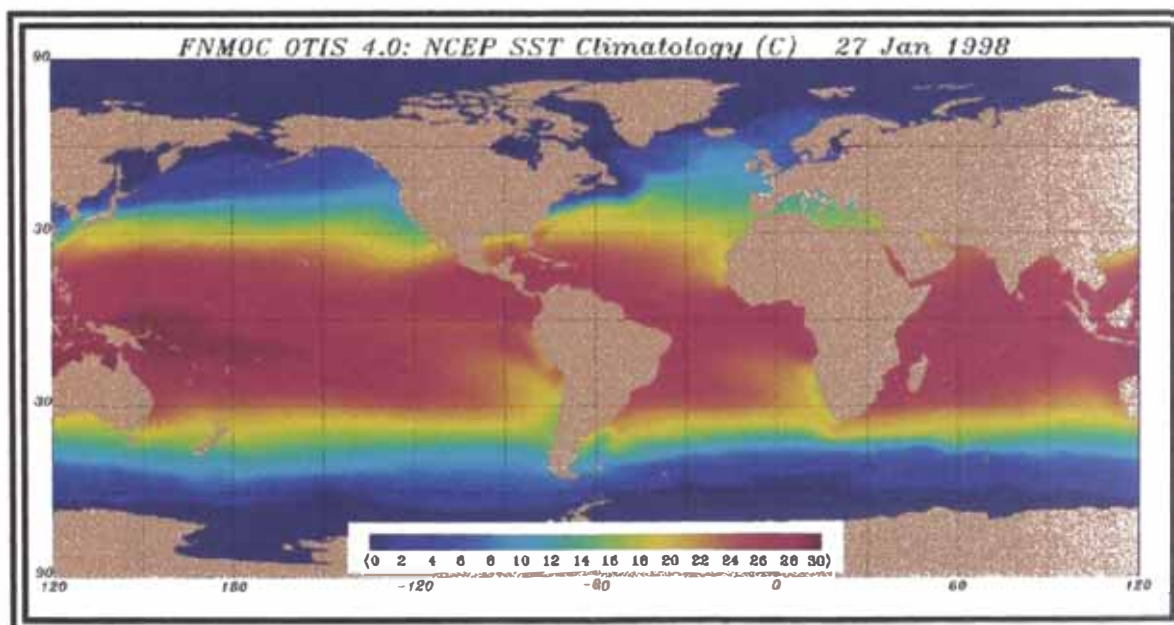
PRIMERA PARTE

Conceptos e Indicadores del fenómeno de “El Niño”

CAPITULO I

Fenómeno de “El Niño”

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR, DURANTE EL PERIODO DEL FENOMENO “EL NIÑO” 1997-98



1.1 CONCEPTUALIZACION Y ORIGEN DEL FENOMENO

El término "El Niño" (El Niño Jesús) fue originalmente empleado por los pescadores a lo largo de las costas de Perú y Ecuador, para referirse a una Corriente Oceánica cálida que hace su aparición alrededor de la Navidad y dura varios meses. La pesca es menos abundante durante estos intervalos cálidos, de manera que los pescadores frecuentemente se toman un descanso para reparar sus equipos y pasan más tiempo con sus familias. En algunos, años sin embargo, el agua se torna particularmente cálida y la interrupción en la temporada de pesca se extiende hasta mayo y a veces junio. A través de los años, el término "El Niño" se ha reservado para estos intervalos excepcionalmente fuertes de aguas cálidas, que no solo altera la vida normal de los pescadores sino que también trae consigo fuertes lluvias.

1.1.1 FENÓMENO DE "EL NIÑO" NO "CORRIENTE EL NIÑO".

La figura N° 1.1 muestra el sistema de las Corrientes del Perú en superficie. A la derecha (al Este), la Corriente Costera Peruana o Corriente de Humboldt yendo hacia el norte; luego la Contracorriente Peruana dirigiéndose al sur; y más al oeste, la Corriente Oceánica Peruana, también hacia el norte.

Figura N° 1.1



Nótese (figura N° 01) que la zona por donde corre la Contracorriente no es un lugar de agua más caliente que el ambiente próximo a la corriente. Se hace esta observación porque la forma más común de interpretar el fenómeno de lluvias excepcionales en la costa

peruana consistía en referirlo a la presencia de la "Corriente de El Niño". Se suponía que se trataba de una especie de río de agua caliente que se introducía en una zona del mar de aguas frías.

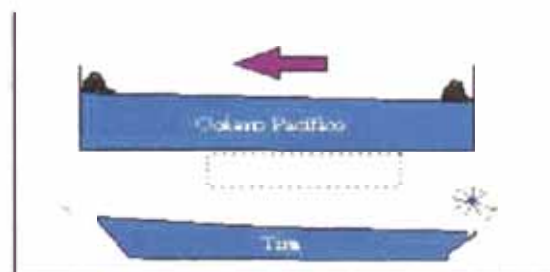
Esta idea procede de la observación correcta de la presencia de aguas calientes cuando ocurren las lluvias, y atribuir la alta temperatura del agua a una corriente que trae agua caliente, lo que puede no ser cierto. La alta temperatura del agua puede deberse a otras causas, muchas de las cuales están relacionadas con disminución de vientos, como son la ausencia del afloramiento enfriador, la ausencia de contención del agua ecuatorial en masa (no en forma de río), menor presencia de la Corriente Peruana, que va hacia el norte y mayor presencia de la Contracorriente que se dirige al sur, y que en otras ocasiones corre a mayor profundidad, etc.

Por eso, es más seguro hablar del fenómeno "El Niño", cuya presencia es comprobable midiendo temperaturas del mar, de acuerdo con ciertos convenios.

1.1.2 DEFINICIÓN DEL FENÓMENO DE "EL NIÑO"

El fenómeno de "El Niño" es una alteración climática que abarca grandes extensiones del planeta, por lo cual se dice que es un fenómeno de macroescala. Abarca gran parte del Océano Pacífico, especialmente la Región Tropical y Subtropical, pero compromete también al Índico y al Atlántico. Involucra en sus efectos amplias áreas continentales de Asia, Oceanía, Europa y América. Principalmente América, especialmente el Pacífico Oriental y particularmente Perú y Ecuador.

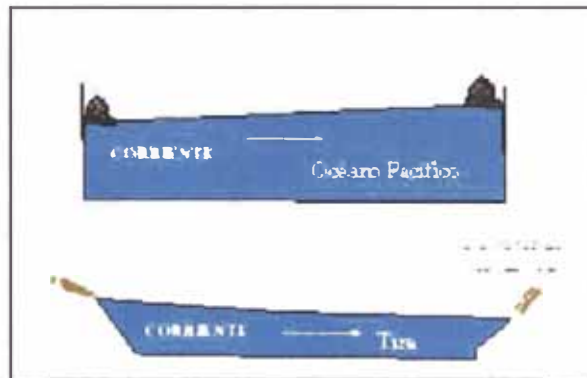
Figura N° 1.2 Una imagen gráfica de las condiciones normales del Océano y de los vientos, puede apreciarse en el gráfico siguiente:



Considerando los avances en su conocimiento podemos indicar que el fenómeno de "El Niño" se "origina" por un debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur, que provoca que los vientos Alisios del Sur Este se debiliten e inclusive cambien de sentido en la zona

del Pacífico Ecuatorial, (presentándose los vientos del oeste). Una imagen de este proceso es la siguiente.

Figura N° 1.3

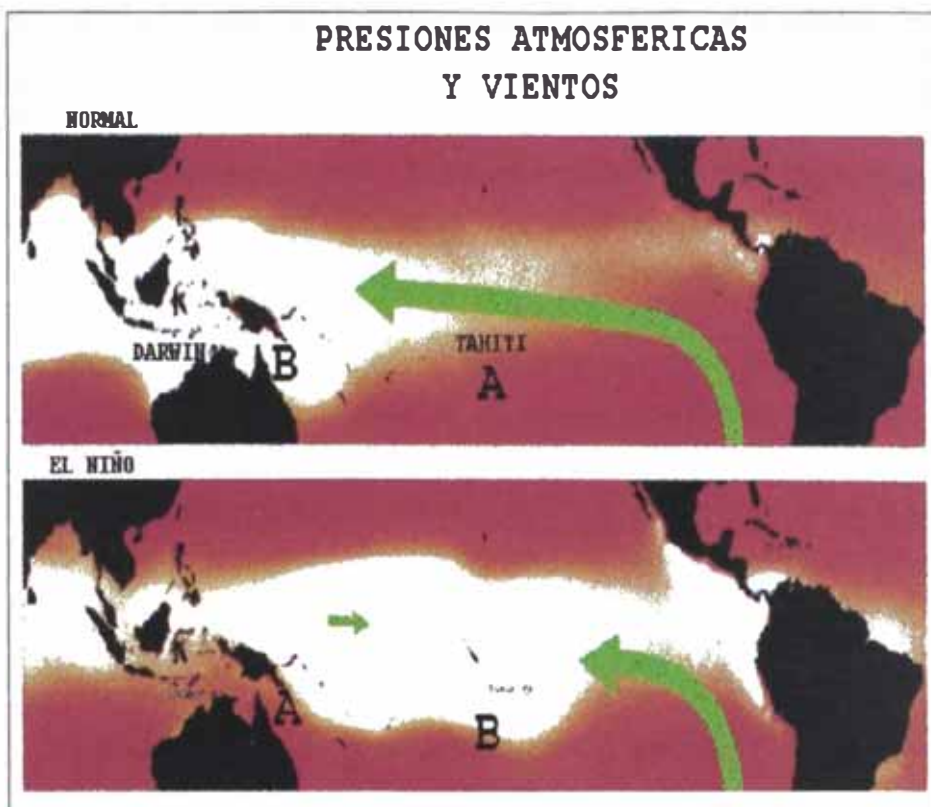


El Fenómeno "El Niño" es un evento natural Océano Atmosférico, se caracteriza por un calentamiento intenso y anormal de las aguas superficiales del mar frente a las costas del Perú y Ecuador.

Estas aguas calientes alteran el ecosistema marino de esa región que normalmente es de aguas frías por causa de la corriente Peruana de Humbolt. La causa de dicho calentamiento regional se descubrió analizando el comportamiento de presiones atmosféricas, de la velocidad y dirección del viento a lo largo del Pacífico Ecuatorial. En esta región normalmente se tiene una alta presión atmosférica cerca a las costas sudamericanas y baja presión en el extremo occidental es decir en la zona de Australia e Indonesia. Este sistema de presiones hace que los vientos sobre la superficie oceánica del Pacífico Ecuatorial soplen de Este a Oeste lo cual trae como consecuencia que las aguas superficiales calentadas por la radiación del sol sean arrastradas hacia el oeste haciendo de esa zona de aguas normalmente cálidas y lluviosas .

Una definición más actual, es que "El Niño" es un debilitamiento o inversión de los vientos superficiales a lo largo del Pacífico ecuatorial causado por el cambio en las presiones atmosféricas los cuales tienden a soplar en sentido de oeste a este causando que las aguas calientes de la superficie se acumulen en el lado este del Pacífico alcanzando las costas sudamericanas haciendo de esta región húmeda y lluviosa.

Figura N° 04



1.2 INDICADORES DEL FENOMENO DE "EL NIÑO"

La gestación del fenómeno se verifica con la observación de ciertos indicadores o precursores oceanográficos, meteorológicos y atmosféricos, con los cuales se puede caracterizar y tipificar técnicamente a un Fenómeno "El Niño" como el presente (1997-98). Dichos indicadores son los siguientes:

- Calentamiento de las aguas superficiales del Mar.(TSM)
- Índice de Oscilación Sur (IOS).
- Influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).
- La profundización de la Termoclina.
- Variaciones en el nivel del Mar.
- Precipitaciones mayores y diferentes a lo normal.

1.2.1 TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM).

La Temperatura de la Superficie del Mar en el Océano Pacífico en la región cercana a la línea ecuatorial presenta una característica muy distintiva. En la zona cercana a las costas de América del Sur, por razones asociadas a la presencia de corrientes marinas ascendentes (afloramiento), las aguas son relativamente frías. Por otro lado, en la zona occidental cerca de Australia, las aguas son relativamente cálidas. La presencia de aguas cálidas en esta región oriental permite la ocurrencia de lluvias.

Como Indicador, la Temperatura Superficial del Mar se manifiesta por el calentamiento por encima de lo normal de las aguas superficiales. Las anomalías se obtienen de la diferencia entre la temperatura del día y la temperatura promedio de varios años de observación. Las anomalías positivas de 1.5°C a más de 4°C, se extendieron a lo largo de las costas peruanas y ecuatorianas, llegando hasta los 180° de longitud Oeste sobre el Océano Pacífico Ecuatorial, es decir a más de 10 000 Km. de distancia desde la costa.

Los valores medios mensuales de la Temperatura Superficial del Mar fueron registrados en la red de laboratorios costeros del Imarpe, los cuales están ubicados en los Puertos de Tumbes, Paita, San José, Chicama, Chimbote, Huacho, Callao, Pisco e Ilo.

Para el presente estudio consideramos los valores históricos tomados en la Bahía de Paita, el cuál se muestra en el Cuadro N° 1.1, donde figura valores promedios mensuales desde 1963 hasta julio de 1998; además, en la parte inferior se muestra el gráfico N° 1.1, de las Anomalías de la TSM del mismo período.

El gráfico N° 1.2, representa el promedio mensual de la Temperatura Superficial del Mar de 1982/83 y 1997/98, datos referidos a la Bahía de Paita.

En el gráfico N° 1.3, se muestra las Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar de 1982/83 y 1997/98, para poder comparar el comportamiento en ambos eventos.

Cuadro N° 01: TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

ESTACION : BAHIA DE PAITA												FUENTE : IMARPE
ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1963	19.0	22.5	22.4	20.7	20.0	21.1	15.7	19.9	21.5	16.9	16.7	18.1
1964	20.1	20.9	18.9	19.6	16.1	15.6	15.4	14.9	15.8	15.8	16.8	18.0
1965	20.0	21.2	21.0	18.5	17.8	17.3	17.5	17.9	17.9	16.8	17.5	19.7
1966	21.1	20.1	19.5	16.8	16.8	15.1	14.2	14.6	16.9	17.4	18.4	20.4
1967	20.5	21.7	22.0	20.1	18.8	16.5	15.5	15.4	15.3	14.5	15.5	17.5
1968	19.2	19.5	18.0	16.8	16.2	14.8	16.5	15.4	16.5	15.2	15.8	16.5
1969	18.3	19.7	20.7	20.5	20.3	20.2	18.8	18.6	18.5	18.1	18.0	17.8
1970	19.9	20.9	22.0	21.0	20.0	16.4	14.8	15.2	15.8	16.2	16.6	16.7
1971	17.7	21.6	22.4	21.7	18.7	16.0	14.9	15.0	14.5	14.9	15.1	17.7
1972	18.9	20.8	23.8	22.5	22.4	22.2	21.3	19.6	17.6	19.0	19.0	23.0
1973	23.4	23.3	21.8	17.6	15.8	15.3	15.3	14.8	14.8	15.2	16.2	16.8
1974	18.5	20.7	21.2	19.6	18.5	17.8	17.3	16.1	15.4	15.1	15.6	16.7
1975	17.5	21.6	22.3	19.5	17.2	15.7	15.7	15.0	14.7	14.9	14.5	16.0
1976	19.0	24.7	22.7	20.4	20.7	20.5	20.2	18.5	17.3	17.7	18.9	19.9
1977	20.1	21.5	20.7	18.1	16.8	18.1	16.8	15.9	16.2	16.2	17.9	18.6
1978	18.4	21.8	20.5	18.2	17.0	16.6	15.9	15.2	15.4	16.6	18.3	19.5
1979	21.0	19.8	21.7	19.6	18.5	17.0	17.5	16.8	17.3	19.0	17.5	18.4
1980	20.6	20.5	21.8	19.3	18.9	18.3	16.8	16.5	15.7	16.8	16.2	19.1
1981	17.1	21.2	21.1	18.7	18.9	18.4	16.3	15.9	15.9	16.3	17.6	17.3
1982	21.1	20.8	20.2	18.9	18.9	19.5	21.0	17.2	17.8	21.0	23.0	24.6
1983	26.6	27.4	28.2	29.4	29.4	28.7	23.4	19.1	16.8	16.8	17.4	17.7
1984	19.0	23.0	21.7	19.1	17.5	16.9	16.6	16.3	16.5	16.5	17.2	17.5
1985	18.2	20.4	22.3	19.0	15.9	17.6	16.3	15.7	15.9	16.2	16.6	18.2
1986	21.5	22.3	20.5	18.2	18.2	16.8	18.1	17.5	16.2	18.3	19.6	19.4
1987	20.4	25.6	25.1	22.0	20.3	18.6	17.8	17.0	16.9	18.9	18.1	18.4
1988	19.0	21.0	20.1	18.8	16.6	15.7	15.3	15.1	15.1	15.4	16.7	16.4
1989	19.8	24.4	24.7	19.6	17.7	16.9	16.8	18.6	16.0	17.4	16.9	18.6
1990	19.4	22.4	21.0	19.3	19.3	18.2	16.6	15.9	16.2	16.3	16.7	18.4
1991	19.0	22.6	21.3	18.7	18.8	18.5	17.1	17.8	16.4	17.8	19.1	20.6
1992	21.9	24.0	26.2	24.7	21.9	18.4	16.4	15.9	15.8	16.2	17.8	18.0
1993	20.4	23.6	23.6	21.6	20.5	18.7	18.1	16.7	17.1	16.8	18.3	17.6
1994	20.2	22.0	20.2	18.0	16.5	17.1	16.6	16.2	16.0	18.5	18.6	20.6
1995	21.2	22.0	21.1	18.6	16.7	16.2	16.5	16.2	16.3	16.3	16.4	17.1
1996	18.8	22.2	21.6	16.8	16.5	16.2	15.6	16.3	15.3	15.8	16.5	17.1
1997	18.4	22.2	24.1	21.9	23.6	23.6	22.7	21.9	21.0	21.5	24.5	26.5
1998	28.1	29.3	29.2	26.1	25.1	19.2	18.0	17.1				
MAXIMO	28.1	29.3	29.2	29.4	29.4	28.7	23.4	21.9	21.5	21.5	24.5	26.5
PROMEDIO	20.1	22.2	22.1	20.0	19.0	18.0	17.2	16.7	16.5	16.9	17.6	18.7
MINIMO	17.1	19.5	18.0	16.8	15.8	14.8	14.2	14.6	14.5	14.5	14.5	16.0



Gafico N° 01: Anomalias de la Temperatura Superficial del Mar; en los eventos del "Niño" se observan picos hasta 8° C de Anomalias.

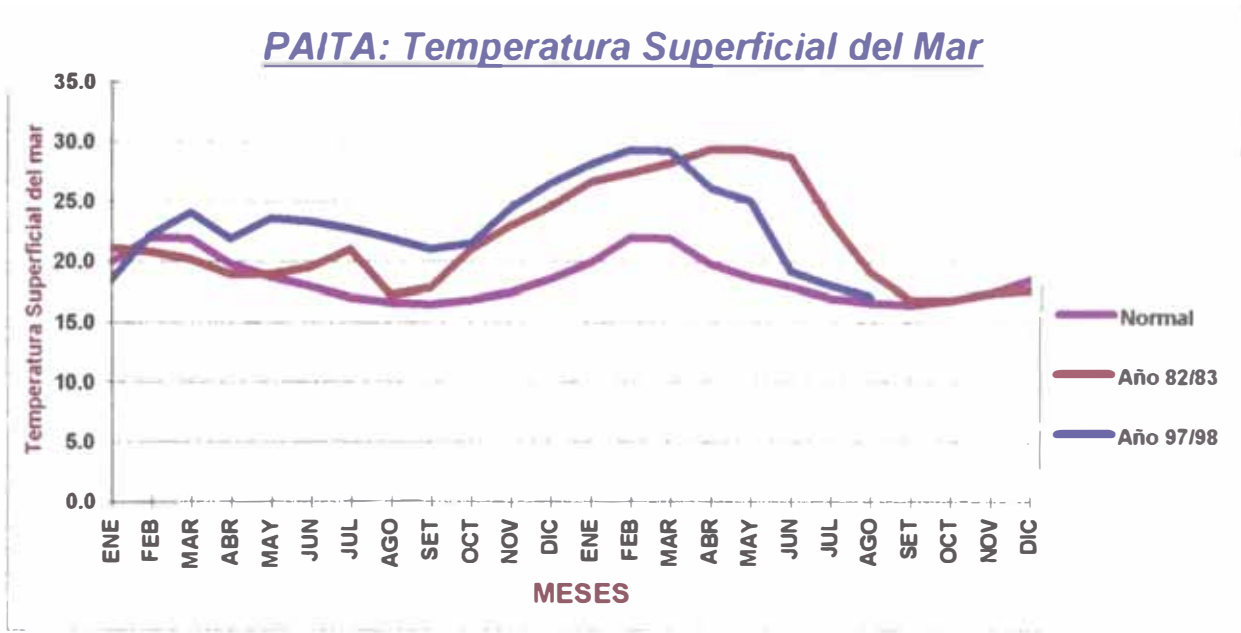
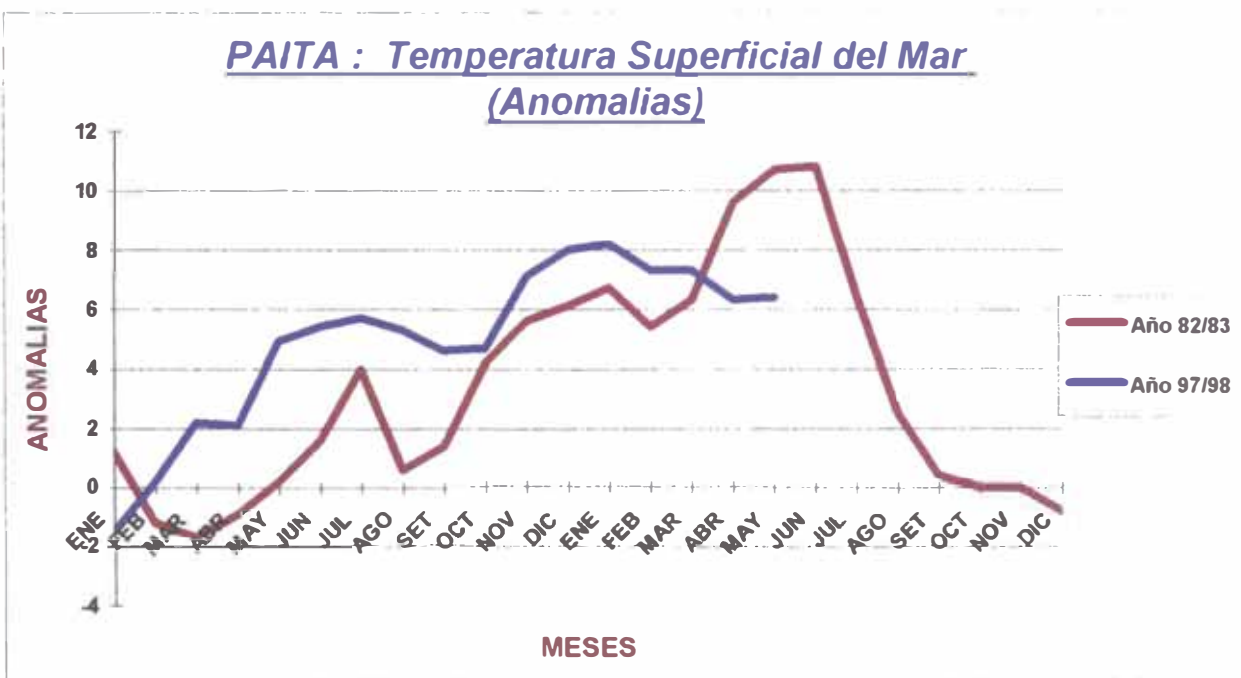


Gráfico N° 1.2 : Comparación de la Temperatura Superficial del Mar Normal, año 1982-83 y 1997-98. Se observa claramente el evento de 1997-98; la temperatura estuvo superior al del año de 1982, asimismo, el último evento logró su máxima temperatura el mes de febrero y marzo de 1998, en los siguientes meses regresó a la normalidad.

Gráfico N° 1.3 : Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar. Se observa que el evento empezó el mes de febrero de 1997, mostrándose ascendente hasta el mes de marzo de 1998 para luego decaer y regresar a la normalidad. Los meses de mayo y junio de 1983 fueron fechas que tuvieron la máxima Anomalia del TSM, ésto se corrobora por las precipitaciones que duraron hasta esa fecha.



Las figuras del N° 1.5 al N° 1.8, muestran las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar a nivel mundial, de fechas correspondientes a 1997 y 1998.

Figura N° 1.5 Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar a nivel mundial para el mes marzo de 1997; en ésta fecha, el fenómeno se inicia.

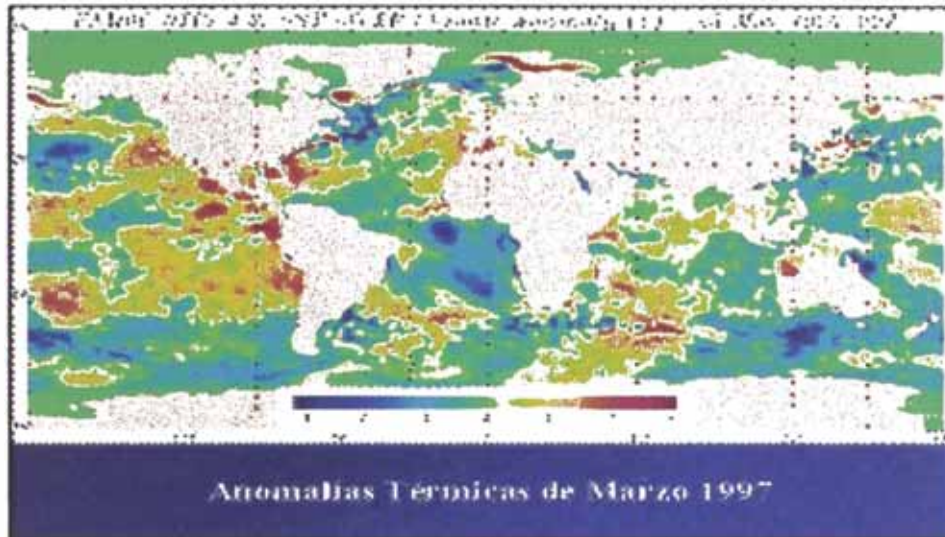


Figura N° 06 : Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar a nivel mundial para el 30 de diciembre de 1997; en ésta fecha, el fenómeno se encuentra en su fase de desarrollo.

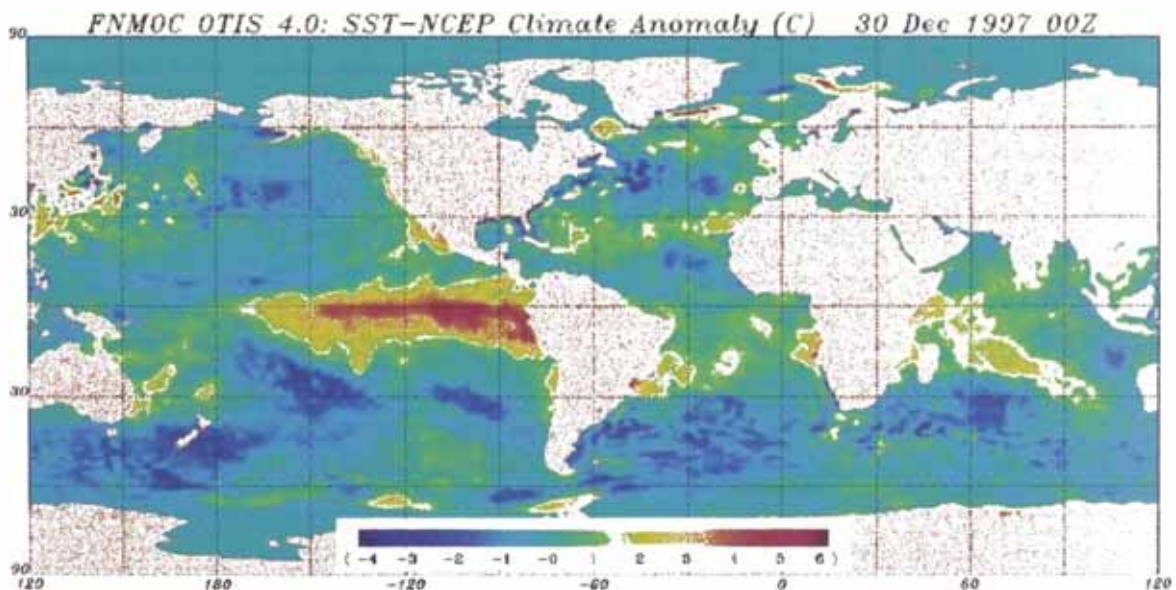


Figura N° 07 : Anomalia de la T.S.M. a nivel mundial para el 27 de enero de 1998; en ésta fecha, el fenómeno se encuentra en su máxima fase, para estos días las precipitaciones en el norte del país son continuas y de mayor intensidad.

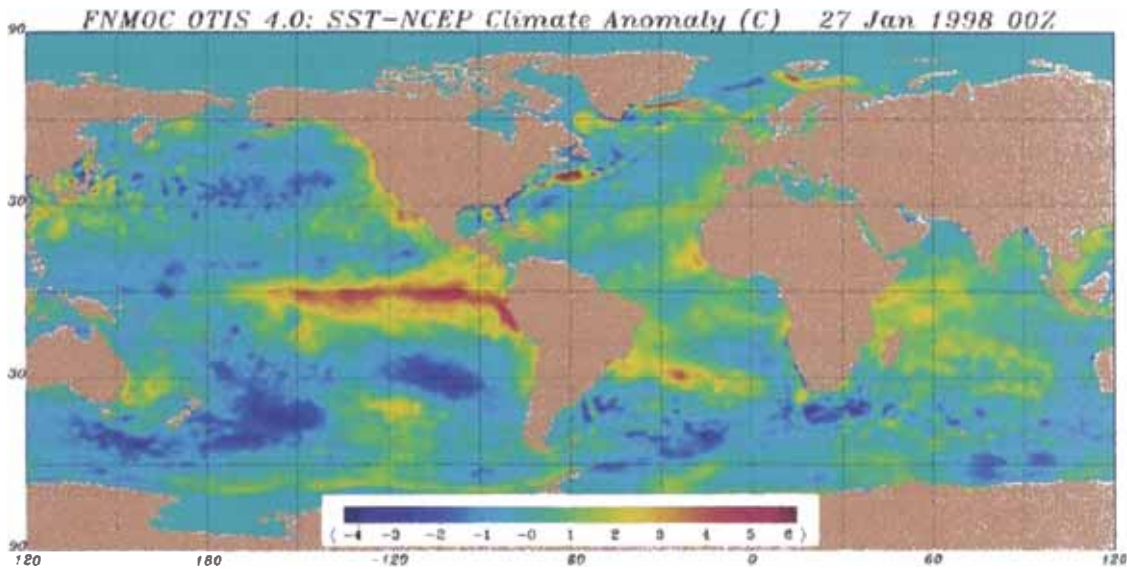
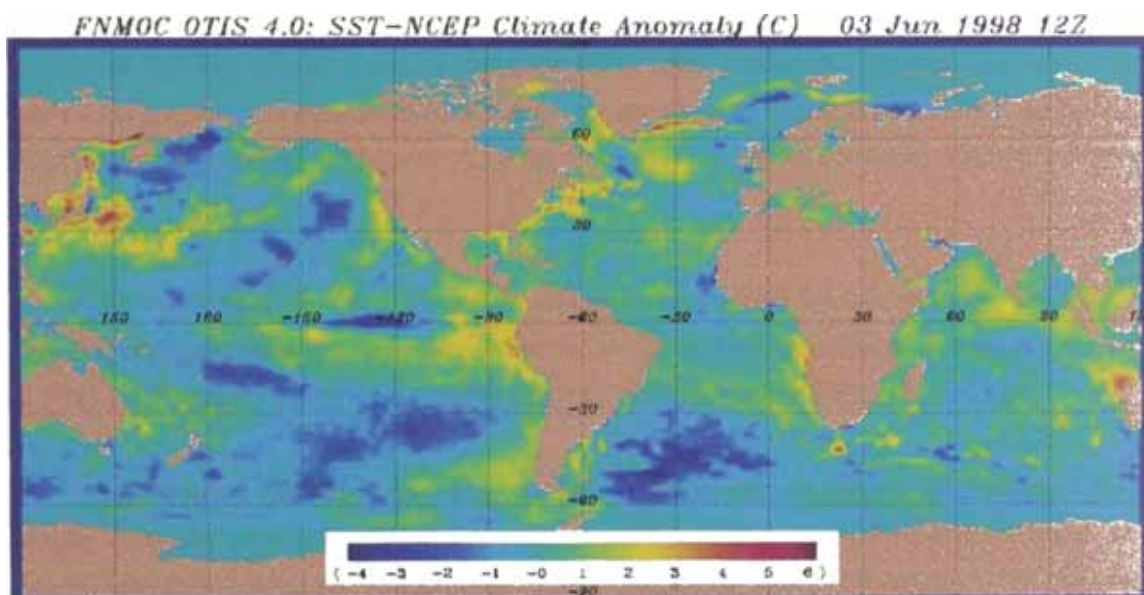


Figura N° 8 : Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar a nivel mundial para el 03 de junio de 1998; prácticamente, la temperatura en ésta fecha regresa a la normalidad.



1.2.2 INDICE DE OSCILACIÓN SUR (IOS)

Durante el evento de "El Niño", se registra una presión barométrica baja - con valores menores que lo normal - en la zona oriental del Pacífico Sur oriental (frente a Perú y Chile) y una presión alta - con valores mayores a lo normal - en la zona occidental del Océano Ecuatorial (Australia Indonesia). Esta diferencia de presión barométrica entre Darwin (Australia) y Tahití (Polinesia Francesa), se conoce como Índice de Oscilación Sur, alcanzando valores negativos en época de fenómenos de "El Niño". Estos valores negativos del IOS indican que los vientos Alisios del Sur y Sureste en el Pacífico Sur Oriental, frente a las costas de Perú y Chile se debilitan y en algunos casos colapsan, anulando al transporte de aguas frías (de sur a norte) que realiza la corriente peruana o de Humbolt y permitiendo la invasión de aguas calientes.

En resumen, el colapso de las presiones atmosféricas en Tahití y el aumento de presión en Australia es típico de un evento "El Niño". Este fenómeno se le denomina Oscilación del Sur mientras que el fenómeno "El Niño" es un fenómeno local definido que asociado con la Oscilación Sur de mayor escala, se le denomina "El Niño - Oscilación del Sur".

Si estos Índices representan éste estado del mundo, cuando el "0" indica condiciones normales, los valores positivos indican condiciones más intensas de lo normal y los valores negativos indican condiciones menos intensas de lo normal, estandarizados con respecto a un cierto valor. El año 1982, por ejemplo en marzo - abril, ya la presión atmosférica estaba empezando a crecer en Darwin; en setiembre decreció para luego en octubre continuar con su crecimiento, llegando a un pico en febrero. Lo opuesto ocurrió en Tahití, en febrero - marzo donde la presión empieza a disminuir. El llamado índice del Oscilación del Sur, viene a ser la resta de estas dos presiones. Durante "El Niño" los valores de presión son negativos, y al restarle a los valores negativos de Tahití, se hacen más negativos; entonces durante el 82, a partir de abril, el índice comenzó a tomar valores negativos.

En el Gráfico N° 1.4, se muestra la variación del IOS en los años de 1982-83 y 1997-98, observándose que la anomalía en el último evento empezó el mes de marzo de 1997 (-1.0 mm.b); sin embargo, el de 1982 se inició el mes de junio (-2.5 mm.b).

Los valores negativos aumentaron con el pasar de los meses de 1982 y 1983. Similar situación ocurrió en 1997 con valores relativamente altos. En un mes, hubo un decaimiento muy brusco correspondiente al mes de julio de 1997 (-1.0 mm.b), y los valores

que continuaron en los meses siguientes fueron similares al de 1982, aunque en diciembre, mostró un debilitamiento del crecimiento del fenómeno llegando a -1.0 mm.b.

En enero de 1998, el fenómeno se acentuó llegando el Índice a -3.3 mm.b, mostrando anomalías típicas de un evento "El Niño" de intensidad FUERTE a MUY FUERTE, con manifestaciones específicas muy fuertes, con temperaturas de agua de mar elevadas, con sus anomalías más altas frente a la costa de Sudamérica (+8.0 °C); luego, fue variando en ese rango hasta el mes de abril, para decaer a 0.0 mm.b en el mes de mayo.

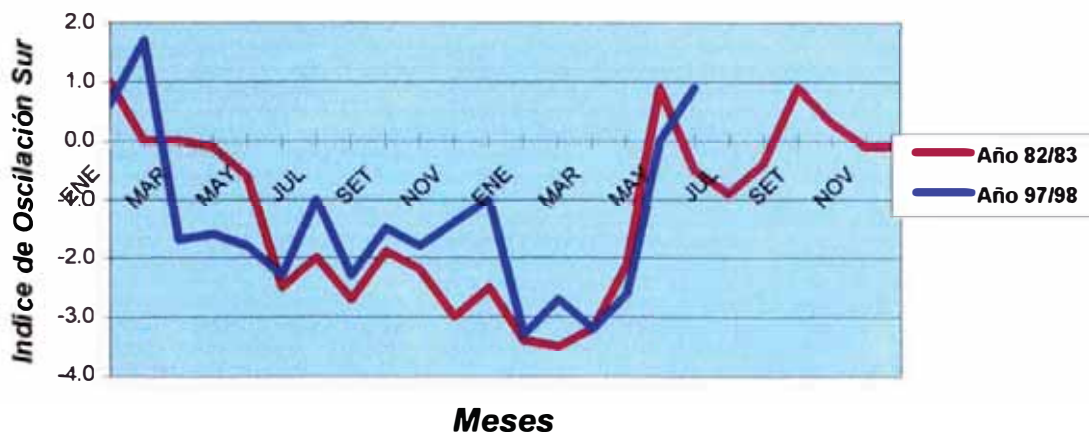
DIFERENCIA DE PRESIONES ATMOSFERICAS ENTRE TAHITI Y DARWIN

Cuadro N° 1.2

INDICE DE OSCILACION SUR (en mm.b)		
	1982/83	1997/98
ENE	1,0	0,6
FEB	0,0	1,7
MAR	0,0	-1,7
ABR	-0,1	-1,6
MAY	-0,6	-1,8
JUN	-2,5	-2,3
JUL	-2,0	-1,0
AGO	-2,7	-2,3
SET	-1,9	-1,5
OCT	-2,2	-1,8
NOV	-3,0	-1,4
DIC	-2,5	-1,0
ENE	-3,4	-3,3
FEB	-3,5	-2,7
MAR	-3,2	-3,2
ABR	-2,1	-2,6
MAY	0,9	0,0
JUN	-0,5	0,9
JUL	-0,9	1,3
AGO	-0,4	
SET	0,9	
OCT	0,3	
NOV	-0,1	
DIC	-0,1	

INDICE DE OSCILACION SUR

Gráfico N° 1.4



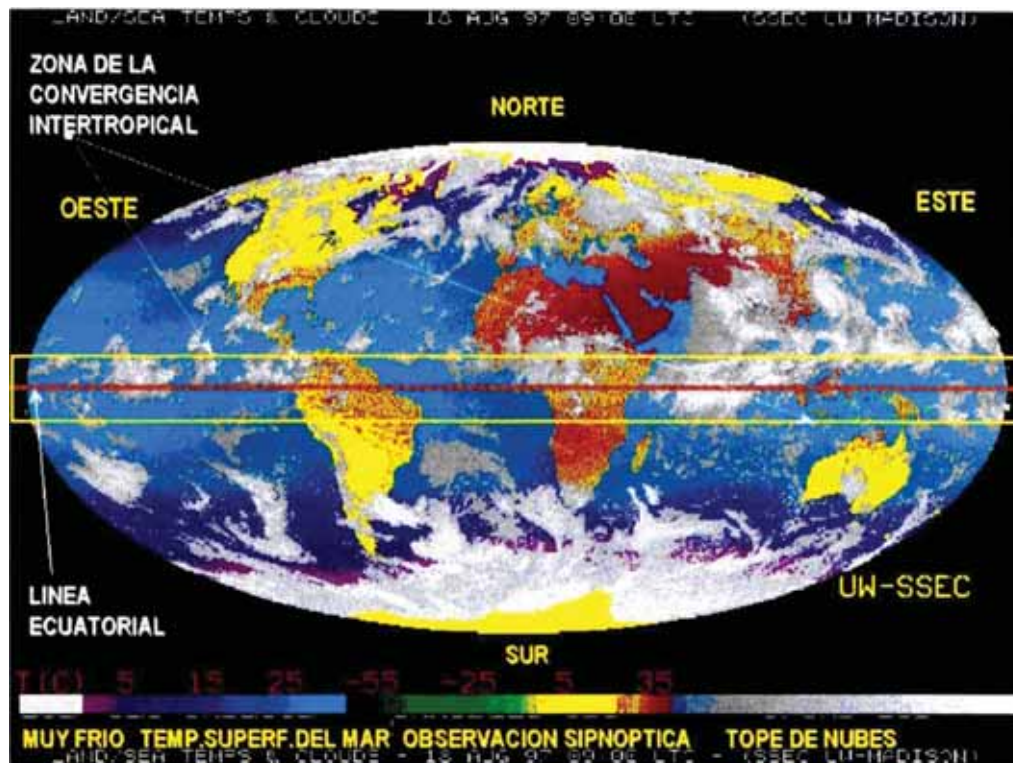
1.2.3 ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT).

Esta zona es la banda de perturbación tropical (alrededor del globo terrestre y próxima al ecuador geográfico) caracterizada por la formación de grandes masas de nubes de desarrollo vertical y que son fuente de las precipitaciones torrenciales en la zona tropical. En el mes de agosto de 1997, la ZCIT se ubicó aproximadamente en la latitud de Colombia y Venezuela, para luego desplazarse hacia el sur, a las costas de Ecuador y costa norte del Perú.

Este elemento atmosférico tiene especial importancia en el fenómeno de "El Niño", por su estrecha relación con las posibles e intensas precipitaciones en combinación con las anomalías térmicas superficiales del Océano Ecuatorial.

A continuación se describe el comportamiento de la Zona de Convergencia Intertropical a partir de Noviembre de 1997, extraído de los Informes Técnicos Mensuales emitidos por el Comité Multisectorial Encargado del Estudio del Fenómeno de "El Niño" (ENFEN):

- Segunda Quincena de Noviembre de 1997.- La ZCIT en el Océano Pacífico, se encontró localizada entre 05-09°N, ligeramente desplazada hacia el Sur de su posición normal, con nubosidad moderada afectando las costas de Colombia.

Figura N° 1.9 : Delimitación de la Zona de Convergencia Intertropical

- Segunda Semana de Diciembre de 1997.- La ZCIT sobre el Pacífico Ecuatorial Este, continúa desplazada al sur, en su posición, entre 2°N y 7°N, con una actividad de ligera a moderada. Sobre el continente la ZCIT, se asoció con la inestabilidad de la Amazona, generando trasvase hacia la costa (transporte de humedad de la sierra). El comportamiento de la ZCIT, ocasionó que las lluvias sobre la zona norte del país, no fueran igualmente distribuidas. Se presentaron lluvias en partes costeras de Tumbes (El Tigre) y partes medias de Piura (Chulucanas)
- Primera semana de Enero de 1998.- La ZCIT, estuvo ubicada entre 0 a 5°N con menor actividad que la primera quincena de diciembre, desplazándose algunos días hacia 03°S entre los 80-90°W en los días 25, 26, 30, 31 de diciembre, lo que ocasionó lluvias de intensidad moderada a fuerte sobre Tumbes y Piura.
- 02 Febrero de 1998.- La actividad convectiva, evaluada a través del Índice de Radiación de Onda larga, mantiene su fase negativa, Por lo que la ZCIT sobre el Pacífico Oriental, osciló entre 2°N y 5°S con moderada intensidad, ocasionando lluvias significativas en la costa norte del Perú.
- Primera Quincena Febrero de 1998.- La ZCIT sobre el Pacífico Este, para la primera década de febrero, se presentó entre 2°N a 5°S, alcanzando esporádicamente hasta los 10°S, con una intensa actividad convectiva que, ayudando por el calentamiento diurno y

la humedad en el continente, ocasionaron que las precipitaciones en la costa norte superen ampliamente sus promedios, presentando 342 mm en Tumbes, 119 mm en Talara y 124 mm en Piura.

A comienzo de la segunda década, la ZCIT, se presentó en forma localizada, originando tormentas y lluvias muy fuertes sobre la Región Grau (Los Cedros 185 mm, Puerto Pizarro 128.1 mm, Sullana 64.6 mm y en la ciudad de Piura 87 mm) y la Región Oriental del Marañón (Cayalti 72.2 mm, Ferreñafe 182.8, Lambayeque 71.2 mm y Chiclayo 113 mm).

- Primera Semana de Marzo de 1998.- La ZCIT, sobre el pacífico Este, en promedio se presentó entre 0° N a 4 °S, con una actividad moderada los días 24 y 25 de febrero, la ZCIT alcanzó los 10°S, originando tormentas y lluvias muy fuertes sobre la Región Grau y Región Nor Oriental del Marañón. Sobre el continente, la ZCIT estuvo ubicada entre 0° a 10° S, sobre la Amazona del Perú y Brasil, favoreciendo la generación de precipitaciones en la zona central del país.
- Fines de Marzo de 1998.- En la primera década del mes, la ZCIT sobre el pacífico Oriental, se presentó como una banda nubosa ancha cuyo borde austral alcanzó 10°S, inmersa a ella. Se presentaron células convectivas con intensidades de moderadas a fuertes, principalmente durante horas nocturnas sobre los departamentos de Tumbes y Piura. En la segunda década, La ZCIT continuó presentando un actividad de moderada a fuerte, ubicándose entre los 0 a 8° S.
- Segunda Semana de Abril de 1998.- La ZCIT sobre el Pacífico Este, en la primera semana del mes de Abril, presentó una actividad de moderada a fuerte y estuvo ubicada entre los 0° y 6°S. Debido a la continuación del calentamiento existente, las precipitaciones fueron de intensidad de moderadas a fuertes, en la costa norte del Perú. Sobre el continente, la ZCIT se localizó al sur de Colombia y Venezuela hasta los 10° S, con una actividad de ligera a moderada.
- Primera Semana de Mayo de 1998.- La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) sobre el Pacífico Este, continuó, presentando una actividad de moderada a fuerte localizándose entre los 5°N y los 5°S.
- 2 de junio de 1998.- La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), sobre el Pacífico Oriental, continuó, presentando una actividad de moderada a fuerte, localizándose entre los 5°N y los 2°S. Este comportamiento de la ZCIT, indica el retorno hacia condiciones normales, como era de esperar para la estación del otoño. Debido a la continuación del calentamiento de la TSM y al desplazamiento de la ZCIT, continuaron registrándose precipitaciones moderadas en el extremo de la costa norte del Perú.
- 25 de Junio de 1998.- La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), en el Pacífico Ecuatorial Oriental, estuvo fluctuando entre 2 a 12°N, asociado a la presencia de las anomalías positivas de la temperatura superficial de agua de mar. En el continente, la

actividad fue dispersa y estuvo entre 0° y 10°N, con mayor frecuencia sobre el norte de Colombia y Venezuela.

1.2.4 PROFUNDIZACIÓN DE LA TERMOCLINA

La termoclina es otro parámetro Oceanográfico que puede describirse, aproximadamente, como el espesor o profundidad del agua caliente. Su espesor normal es de 30 a 50 metros en la zona ecuatorial frente a nuestras costas, pero con la evolución de las anomalías de la temperatura superficial del mar, se profundiza, habiéndose registrado durante el mes de Julio pasado, profundidad próxima a 200 m., lo que implica estimar un gran volumen de agua Oceánica anormalmente caliente, en la zona ecuatorial del Pacífico y frente a nuestras Costas.

El análisis de la estructura vertical del mar durante agosto y setiembre de 1997, mostró una capa de mezcla con una profundidad de 50 m, la termoclina se ubicó entre lo 60 y 110m. A continuación, se detalla los valores de fluctuación de la termoclina:

Cuadro N° 1.3 : Variación en la profundidad de la Termoclina (Estación frente al Callao)

MES	PROFUNDIDAD (metros)
Noviembre de 1997	80 - 110
Diciembre de 1997	50 - 250
Enero de 1998	30 - 175
Febrero de 1998	30 - 140
Marzo de 1998	30 - 140

1.2.5 VARIACIONES EN EL NIVEL DEL MAR.

Hay varios factores que ocasionan variaciones en el nivel del mar, entre ellos - de manera simple podemos explicar Que.- el desplazamiento de las aguas cálidas, en forma de ondas, aparentemente no en forma de corriente sino con cierto volumen (incrementa el nivel del mar).

Los niveles de mar son obtenidos en estaciones costeras con instrumentos llamados mareógrafos. En el Perú, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina, es la responsable del control de estaciones mareográficas que están distribuidas en la siguiente forma: El Salto, Paita, Talara, Pimentel, Chimbote, La Punta (Callao) y Matarani.

En el evento de 1982/83 se produjeron los más altos registros del nivel del mar hasta hoy conocidos, con anomalías positivas del orden de +40cm (La Punta - Callao).

El Nivel Medio del Mar, registrado en las estaciones mareográficas a lo largo de nuestro litoral, después de haberse incrementado significativamente en el mes de junio y julio de 1997 a +20cm, descendió paulatinamente hasta llegar en el mes de agosto a +17cm por encima de su nivel normal.

En el siguiente cuadro, se detalla el comportamiento mensual del nivel del mar con anomalías promedio del mes, en la estación mareográfica de la Punta - Callao.

Cuadro Nº 1.4 : Variación del nivel del mar (estación callao)

MES	NIVEL (cm.)
Octubre de 1997	+26
Noviembre de 1997	+28
Diciembre de 1997	+39
Enero de 1998	+28
Febrero de 1998	+18
Marzo de 1998	+16
Abril de 1998	+15
Mayo de 1998	+13

FUENTE: IMARPE

1.2.6 PRECIPITACIONES MAYORES Y DIFERENTES A LO NORMAL

Las precipitaciones excepcionales en el norte del país, mas que un indicador, es el efecto de la ocurrencia del fenómeno "El Niño"; es decir, su presencia es a consecuencia de que la ZCIT, se acerca a esta parte del país . La Temperatura Superficial del Mar se eleva, la presión atmosférica disminuye por debajo de lo normal, por tanto las lluvias se intensifican, produciendo efectos devastadores en las diferentes infraestructuras de la ciudad y el campo.

En resumen, las posibilidades de altas precipitaciones en la Región Norte se puede dar de dos fuentes. Una directamente del Pacífico ya que puede originar precipitaciones locales, pero además la lluvia puede venir por la sierra, esto corresponde a una lluvia intensa de la zona del sur del Perú, durante el "Niño" esta mancha nubosa se vuelve hacia el norte y hay lluvias provenientes de las zonas altas de la sierra norte y casi se ubica en toda la zona norte. Además, de lo dicho anteriormente, las lluvias provenientes del Pacífico son directamente por el calentamiento de las aguas.

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.) ESTACION: MIRAFLORES.

CUADRO N° 1.5

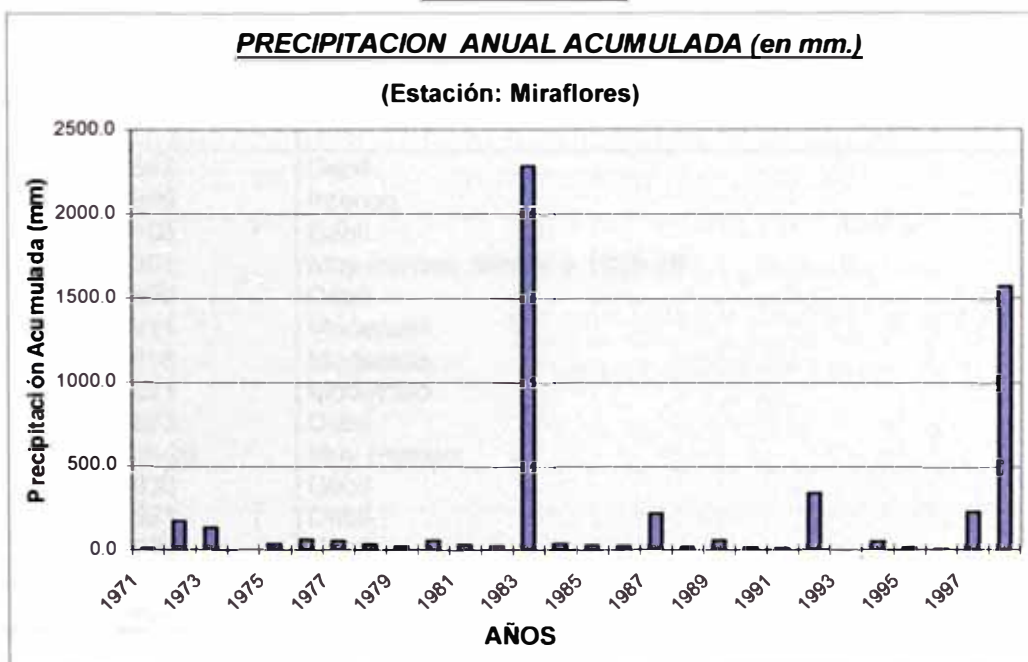
DISTRITO : CASTILLA LATITUD : 80° 37' 20"
 PROVINCIA : PIURA LONGITUD : 05°11' 55"
 DEPARTAMENTO : PIURA ALTITUD : 23,32 m.s.n.m.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1971				3.3	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	0.0	6.8
1972	1.5	0.0	167.3	8.6	0.6	0.0	0.1	0.0	0.8	0.1	0.0	2.5	181.5
1973	59.2	38.6	23.1	11.7	0.4	1.4	0.0	0.2	0.4	0.6	4.3	1.2	141.1
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1975	0.3	11.0	21.4	0.4	0.0	3.5	0.0	1.1	0.0	3.5	0.0	0.0	41.2
1976	23.3	37.9	1.1	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.5
1977	1.2	31.3	22.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	60.8
1978	0.0	0.1	38.6	0.5	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.4
1979	1.7	0.0	1.0	3.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	6.0	0.0	21.0
1980	0.2	2.5	13.7	35.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	5.6	2.9	60.8
1981	0.3	1.8	25.7	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.0	2.2	1.5	32.3
1982	0.0	0.0	0.0	3.9	1.3	0.0	0.2	0.0	0.1	1.7	6.7	10.4	24.3
1983	324.5	161.7	427.1	778.4	379.4	192.4	6.7	0.5	0.0	0.0	0.1	8.5	2279.3
1984	0.4	29.7	8.0	0.3	2.8	0.0	1.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.1	43.2
1985	2.8	3.0	16.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.3	0.0	1.3	0.0	1.1	26.5
1986	1.5	7.1		7.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	24.8
1987	22.8	78.1	98.6	16.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	6.7	0.4	0.0	223.4
1988	7.2	0.3	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	14.5
1989	8.3	42.0	9.1	0.0	0.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	61.5
1990	0.0	0.5	3.7	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	2.7	10.1
1991	0.2	0.8	1.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	4.0	8.7
1992	2.9	11.0	187.1	128.3	12.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	342.2
1993	1.0												1.0
1994	1.6	3.4	33.7	6.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	56.0
1995	3.9	3.1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.3		1.1	0.3	0.0	0.0	9.8
1996	1.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
1997	0.0	17.6	0.5	36.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.8	170.7	229.2
1998	658.3	320.8	505.9	90.9	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0				1581.2

FUENTE: P.E.CH.P. (División de Hidrometeorología)

NOTA : LOS RECUADROS EN BLANCO, NO SE CUENTAN CON INFORMACION

GRAFICO N° 1.5



Los cuatro últimos fenómenos de "El Niño" de excepcional intensidad, que ocurrieron en Piura y Tumbes, fueron los de 1891, 1925-26 y 1982-83; sumándose a estos el último evento de 1997-98.

Sin embargo, el de 1983, se caracterizó no solamente por fuertes lluvias y desbordes del río Piura, si no por la excepcional duración del período de lluvias (6 meses). En cambio, el evento de 1997-98 se caracterizó por la mayor intensidad de las precipitaciones, ocurridas solo en 4 meses.

En el cuadro N° 1.5, se muestra las precipitaciones acumuladas mensuales desde el año 1971 hasta el mes de Junio de 1998 (Estación de Miraflores - Piura), donde se observa las mayores precipitaciones, en los primeros meses de los años de 1983 y 1998.

En el gráfico N° 1.5, se observa las precipitaciones acumuladas anuales (Estación de Miraflores - Piura), donde resaltan los períodos excepcionales de 1983 y 1997-98 y en menor grado los de 1972, 1987 y 1992.

1.3 CRONOLOGIA Y EFECTOS DEL FENOMENO

1.3.1 CRONOLOGÍA DEL FENÓMENO

A continuación, en el Cuadro N° 1.6, se describe los principales fenómenos ocurridos, los cuales son de diferentes intensidades y efectos, en distintas áreas; así como; Pesquería, Agricultura, Transporte, Infraestructura Urbana, etc.

Cuadro N° 1.6 : Principales Fenómenos de "El Niño" ocurridos en la historia.

AÑOS	TIPO
1847	Débil
1856	Intenso
1885	Débil
1891	Muy intenso, similar a 1925-26
1899	Débil
1911	Moderado
1918	Moderado
1921	Moderado
1923	Débil
1925-26	Muy Intenso
1930	Débil
1931	Débil
1932	Débil
1939	Moderado
1940-41	Intenso (Inicio de Setiembre)

1953	Intenso
1957-58	Intenso
1960	Débil
1963	Débil
1964	Moderado
1965	Moderado
1972-73	Intenso. Inicio en costa del Perú. Cambios profundos en la abundancia y composición de especies marinas
1976	Moderado. Efectos sobre proceso reproductivo de peces.
1982-83	Extremadamente intenso. Periodo de recurrencia: 200 años. Doble precipitación a lo registrado en 1925-26.
1987	Moderado. Afectación agrícola
1992	Moderado. Afectación agrícola
1994	Moderado. Cambios ecológico en el océano. Sin lluvias intensas.
1997-98	Fuerte a Muy Fuerte

1.3.2 EFECTOS DEL FENÓMENO EN EL PERÚ OCURRIDOS EN LOS ÚLTIMOS 450 AÑOS

En el presente ítem se describe de una manera resumida el estudio hecho por el Dr. Ronald Woodman del Instituto Geofísico del Perú, el cual hace un estudio comparativo de la precipitación en el área de Piura y Tumbes (costa norte del país) entre los años 1983 y la precipitación ocurrida en los últimos 450 años de historia escrita en el área.

Las lluvias en Piura con anterioridad a 1971

Para los años anteriores a 1791, según V. Eguiguren - quien hace un estudio exhaustivo de más de una decena de cronistas y estudiosos del siglo XVI AL XIX, - se puede, decir que no hay pasaje de la historia que haga mención al clima de Piura que haya escapado a sus notas y comentarios en el trabajo indicado. Basado en numerosas acotaciones, Eguiguren defiende la tesis de Que., las lluvias en Piura han venido incrementándose en intensidad y frecuencia, con un máximo en los 30 últimos años anteriores a la publicación de su trabajo en 1894.

Se evidencia, del trabajo de Eguiguren que los años 1578, 1624, 1701, 1720, 1728 y 1791 fueron años extraordinariamente lluviosos, lo suficiente como para haber sido registrados en la historia. Existen referencias también a años de lluvias anormales en Lima, como de los años 1541, 1614 y 1652. Pero sería peligroso inferir lluvias extraordinarias también en el Norte, pues tenemos frescos en nuestra memoria la lluvia de 2mm. en Lima, el año 1970, el cuál fue un año seco en el norte.

La mayor parte de los años de las lluvias mencionadas, hacen historia por lluvias extraordinarias en Trujillo y Zaña. En lo que se refiere a Piura, sólo las de 1728 y 1791

mencionan estragos en dicho departamento producidos por grandes crecientes del río y no por lluvias.

El año 1983 en relación a los dos últimos siglos

Tanto por los datos existentes como por notas periodísticas y el recuerdo de personas mayores de Piura - que el año de 1983 fue aproximadamente dos veces más lluvioso que el año 1925, y que ambos fueron extraordinariamente lluviosos, aún en relación con otros años asociados con El Niño fuerte, como lo fue el año 1972, por ejemplo, responsable de la desaparición de la anchoveta de las aguas peruanas.

El trabajo de V. Eguiguren se publicó en 1894 y no incluye años posteriores al año 1893. Por tanto queda una laguna entre esta fecha y el año 1925 con excepción de los datos recogidos por Petersen, entre los años 1912 - 1915. Felizmente estos años, inclusive algunos de los años anteriores a 1894, sobretodo los lluviosos, persisten en la tradición de Piura. Estas no hacen mención de ningún año extraordinario de lluvias que compita con el año 1925. Anterior a 1925, el año que se consideraba como de máximas lluvias es el 1891, muy recortado pues una gran creciente del río arrasó con el puente que lo cruzaba. Puente, que había sido construido en 1870 y soportado las máximas avenidas desde ese entonces. A continuación, parcialmente un párrafo de una crónica de Arturo Woodman C. sobre el tema.

"Tal como tu sabes, el año 1925 fue uno de los años más lluvioso que se habían visto hasta entonces; salvo el año 1891 nadie tenía recuerdo de algo parecido, inclusive los recuerdos del 91 más giraban a una sola creciente en Semana Santa y a la desaparición del Puente de Piura. No hay más datos al respecto que los que tu tienes en los escritos de Don Víctor Eguiguren. Los datos que oía en el año 25 de sobrevivientes de 1891, se referían solo a la ida del puente y la gente del campo más bien le llamaba "El año Bueno" porque para ellos había sido año bueno porque en esa época no existía sistema de irrigación en Piura, salvo algunos canales en Sechura y Catacaos. El área de cultivo era muy chica y en los años lluviosos sembraban los terrenos altos y los llamados temporales, de ahí que ellos lo consideraban como "año bueno". No hay medios pues de comparación con el año 1925".

Con esto queda establecido que el año 1891 fue menos lluvioso que el 1925, y por supuesto, mucho menos que el año 1983. Para los años anteriores recurrimos al trabajo de V. Eguiguren, ya mencionado. Eguiguren, publica con relación a las lluvias anteriores a 1828:

"Parece que las lluvias de 1828 fueron las primeras que cayeron sobre Piura acompañadas de relámpagos y truenos, que hasta entonces eran desconocidos allí como en lo demás de la costa.

Y a este respecto es de notar que Salinas Loyola escribía en 1571, que en los valles de Piura no se han visto huracanes ni tormentas."

"Parece también que las lluvias de 1828 fueron las primeras que por su intensidad produjeron daños directos en las poblaciones. Los ocurridos anteriormente eran sólo los que causaban las grandes crecientes del río, que debían ser tanto más peligrosas, cuanto que su cauce era entonces profundo y estrecho. La anchura del río es hoy de 120 a 150 metros, y en la gran creciente de 1891, sólo tuvo 7 ú 8 de profundidad".

Con relación a las lluvias entre 1845 y 1891, Eguiguren dice:

"Después de 1845 no volvió a haber en Piura fuertes lluvias hasta 1864; siguiendo luego los años 71,77,78,84 y 91, de los que cada uno ha sido más abundante que los anteriores, al extremo que el 91 las ciudades de Piura y Paíta y casi todas las poblaciones del departamento quedaron semiaruinadas, habiendo el río arrastrado, el 7 de Abril, el puente de Piura, construido en 1870 y que había resistido las grandes de cuatro años".

Y en sus "Estudios Demográficos de Piura", hablando de los años 1878, 1884 y 1891:

"Estos tres años fueron lluviosos, siéndolo en mayor grado el de 1891".

Los años 1845 y 1828 son comparados por lluvias intensas, al hacer mención que en 1814 y 1845 hubieron fuertes terremotos "... y que (fueron) seguidos de abundantes lluvias", y luego " Entre estos dos años hubo el de 1828 tan abundante como ellos...".

Por último, en relación a los años 1828 y 1891 tenemos información más cuantitativa:

"En 1828 llovió en Piura 14 días: el 91 las lluvias empezaron a mediados de Febrero y se prolongaron hasta Abril, habiendo durado más de 60 días".

Este último párrafo permite también comparar cuantitativamente dos meses de lluvia en 1891, con los 6 habidos en 1883. En ningún momento menciona Eguiguren lluvias en los meses de Mayo y Junio, lo que hubiera llamado la atención hoy en día.

De lo expuesto hasta el momento, llegamos a la conclusión que entre los años 1791 al 1924, no han habido lluvias mayores que las habidas en 1925, inclusive Que. el año 1891, y por supuesto, ninguno comparable a 1883.

Las lluvias en el año 1925 en base a noticias periodísticas.

Una forma alternativa de estimar las lluvias en Piura, en el 25, es en base al número de días de lluvias torrenciales registradas en la prensa local. Es evidente que el período de las lluvias en el año 1925 fue más corto que el año 1983, empezó más tarde y terminó más temprano. Las lluvias ocurridas en el mes de mayo y junio en el año 1983 son excepcionales aún para años lluviosos. Los promedios de los años instrumentados son prácticamente cero para estos meses y no existe, ni históricamente, referencia en que haya llovido en Piura y menos copiosamente, en estos meses.

A continuación se reproduce las "Notas abreviadas de lluvia en Piura - año 1925", tomadas del diario "El Tiempo"- por Arturo Woodman C.

ENERO

- 1 Lluvias fuertes en Talandracas, Poclus, Ayabaca (pasó quebradas de San Francisco por Hda. Párales. Confundida con bajadas del río).

FEBRERO

- 1 Lluvias en Cacaturo, Chipillico.
- 3 Pasó río Tambo Grande - 12 p.m., por Puente piedra.
- 5 Río Piura comenzó a declinar (El día 3 recuerdo torrencial lluvia en Hda Párales).
- 6 Aforo del río Piura 54,500 lts.p.s. (día 5).
- 6-10 Fuertes crecientes en el Chira amenaza a La Huaca.
- 12 Noticia de fuertes lluvias en Arequipa
- 13 Lluvia torrencial en Piura. Fuerte calor día anterior. Daños en la población. Fuerte corriente en las calles.
- 14 Ayer llovió copiosamente de 8 a 12 de la noche. Alarma. Plaza de Armas inundada. Varias fincas malogradas. Sufre Templos, Hospital, Cuartel La Merced, Cárcel, Barrio 24 Julio.
- 16 Tercer día de fuerte lluvia en Piura. Mayores daños de casas y edificios. Se derrumban paredes. Interrupción de línea FF.CC.
- 17 Varios derrumbes, sigue interrumpida línea FF.CC. Defensas en Catacaos y La Huaca.
- 19 Siguen lluvias. Tempestad causa 6 muertos y 70 heridos en Pabur. Fuerte aguacero en Piura. Lluvia fuerte de 9 a 9 en Sullana.
- 20 Hablan de daños y peligro en zanjas (drenes).
- 21 Lluvia fuerte y corta en Piura. Fuerte en Morropón e interior.
- 24 Braveza del mar de Paita.

- 25 Enorme avenida del río. Inundaciones Barrio Sur, avanza por occidente hacia el Norte. Altura 6 m. Castilla inundada hasta Plaza Montero. Se suspenden festejos de Carnaval. Inundación en Catacaos, más daño al FF.CC.
- 28 Nueva creciente del río Piura, lluvias en Tambogrande, Chulucanas. Altura del río 7.90.

MARZO

- 2 Siguen lluvias en el Departamento. Nuevas crecientes. Defensas en Castilla y Piura (día 2 fuerte lluvia con tempestad eléctrica desde 1.30 p.m. hasta las 6 p.m. Lluvia torrencial en Sullana día anterior.
- 3 Lluvia de corta duración. Salió tren de prueba a Sullana.
- 5 Noticias de lluvias en Arequipa y Lambayeque.
- 9 Fuerte aguacero anoche (el más copioso) duró hasta las 7 a.m.
- 10 Daños en el cementerio y muchas casas.
- 11 Torrencial lluvia hasta el amanecer.
- 12 Continúa lluvia de 2 de la tarde a 12 de la noche. Caen paredes en diferentes zonas de la ciudad.
- 13 Continúa lluvia toda la noche. Siguen daños. (Don Alfredo Woodman ha ofrecido construir desagüe pluvial en la calle Huánuco).
- 14 Situación angustiosa en Catacaos. Peligra Mercado y Cementerio.
- 16 No llovió en Piura, pero se anuncia creciente mayor. Nivel del día 6.50 m.
- 18 Siguen creciente. Bajó durante la noche.
- 20 Inundación en Catacaos casi total, sólo 4 manzanas en seco. Cementerio en agua, se usan botes.
- 21 Lluvia de 5 de la tarde y parte de la noche.
- 23 No llovió en la noche. Corta lluvia en la mañana.
- 24 Fuerte aguacero de 11 a.m. a 5 de la tarde.
- 25 Bajó el río.
- 26 Fuerte lluvia de 3 a 4 p.m. tempestad.
- 27 Siguió lluvia del día anterior con tempestad.
- 30 Anoche lluvia torrencial Piura, Sullana, Paita. Más intensa a la fecha. Larga duración. Daños. Líneas férreas interrumpidas inclusive línea a Catacaos.

ABRIL

- 2 Siguen lluvias calificadas como "Diluvio". Repite días 4 y 5 (Semana Santa). Ahí dejó de llover hasta el 7 y 18 ligeramente.

1.3.3 EL FENÓMENO DE "EL NIÑO" DE 1982-83.

"El Niño" de 1982-83 medido a través de diversos medios, ha sido uno de los más fuertes de este siglo; sin embargo, no fue pronosticado, y ni siquiera reconocido durante sus primeras etapas. Retrospectivamente, sus inicios pueden remontarse a Mayo de 1982, cuando los vientos superficiales del Este (Este a Oeste) que usualmente se extienden a través de todo el Pacífico Ecuatorial desde las islas Galápagos hasta Indonesia, comenzaron a debilitarse. Al Oeste de la línea de cambio de fecha, los vientos cambiaron hasta el Este (Oeste - Este), dándose inicio a un período de tormentas.

Durante las siguientes semanas, el Océano comenzó a reaccionar a los cambios de la velocidad y dirección de los vientos. El nivel del mar en la isla de Navidad, en el medio del Pacífico, se elevó varias pulgadas y, en Octubre, el nivel del mar en una extensión de 6000 millas al Este hacia el Ecuador, había aumentado hasta 30 cm. Paralelamente al incremento del nivel del mar en el Este, se produjo un descenso del nivel en el Pacífico Oeste exponiendo y destruyendo las frágiles capas superiores de los arrecifes de coral que rodean muchas de las islas de la región. 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 de los 30 grados centígrados.

Los grandes cambios que venían ocurriendo en el Océano Pacífico, trajeron consigo una respuesta muy rápida de la vida marina. Como resultado de la subida del nivel del mar en la Isla Navidad, las aves marinas abandonaron sus crías en desesperada búsqueda de alimento, dispersándose a lo largo de una gran extensión del Océano. Las temperaturas del agua a lo largo de la extensa línea costera del pacífico que se extiende desde Chile hasta Colombia Británica (Canadá), se encontraban por encima de lo normal; y peces característicos de aguas tropicales y subtropicales, emigraron o fueron desplazados hacia el polo. Sin embargo, como consecuencia de tal agitación, algunas especies marinas se beneficiaron, como fue el caso de las conchas de abanico de aguas cálidas que hicieron su aparición en ingentes cantidades en la costa sur del Perú (Pisco) y fueron motivo de capturas extraordinarias durante el período. Tierra adentro, "El Niño" 1982 – 83, tuvo igualmente efectos dramáticos.

En el Ecuador y en el norte de Perú, la precipitación pluvial alcanzó 2.50 metros en un período de 6 meses, transformando el desierto de la costa en pastizales salpicados de lagunas. La vegetación nueva no demoró en atraer enjambres de saltamontes, lo que a su vez produjo una explosión en la población de predadores: las lagunas temporáneas se convirtieron igualmente en el hábitat temporal de peces que habían emigrado río arriba durante las intensas lluvias y que quedaron atrapados al retirarse las aguas. Los pobladores

locales no dejaron pasar la oportunidad de capturar los peces para su sustento y comercialización conforme se iban secando las lagunas. En algunos de los estuarios costeros que fueron inundados, la producción de langostinos alcanzó nuevos récords de los estuarios costeros que fueran inundados, la producción de langostinos alcanzó nuevos récords pero lamentablemente, los estuarios también sirvieron de criaderos de zancudos transmisores del paludismo.

El impacto de 1982 - 83 fue de grandes proporciones. A lo largo de la costa de América del Sur las pérdidas eclipsaron las ganancias; la industria pesquera en el Perú sufrió un fuerte golpe con la desaparición de la anchoveta y la inesperada migración de las sardinas hacia aguas Chilenas al sur. En zonas más alejadas del Oeste, los patrones anormales del viento desviaron a los tifones fuera de sus trayectorias convencionales dirigiéndose hacia las islas de Hawai y Tahiti, donde fenómenos atmosféricos tan severos son por lo general poco usuales.

Igualmente, los cambios en el patrón de los vientos hicieron que las lluvias del monzón cayeran sobre el Pacífico Central en lugar del Pacífico Oeste, trayendo como consecuencia sequías y desastrosos incendios forestales en Indonesia y Australia. Las tormentas invernales golpearon fuertemente la costa sur de California y causaron extensas inundaciones en el Sur de los Estados Unidos, mientras que en el norte en los centros de esparcimiento de esquí, los propietarios no podían hacer más que quejarse de la falta de nieve y el clima moderado. En conjunto, las pérdidas en la economía global como resultado de los cambios climáticos de 1982 - 83 superaron los 8 mil millones de dólares. Las pérdidas en términos de sufrimiento humano por otro lado resultan mucho más difíciles de cuantificar.

1.3.4 EL FENÓMENO DE "EL NIÑO" DE 1997-98.

"El Niño" 1997-98 ha tenido una serie de características muy particulares que lo hace uno de los más interesantes y de gran valor para el desarrollo del conocimiento científico. Algunas de sus peculiaridades han sido:

Su gestación se remonta a fines de 1996 y se manifiesta abiertamente en mayo de 1997. Se desarrolló durante el invierno y primavera del hemisferio sur, para desencadenar, finalmente, las más intensas lluvias, crecidas de ríos e inundaciones durante el verano (diciembre a marzo 98). A partir de abril, empezó a decrecer en intensidad y terminar en junio de 1998.

"El Niño" ha tenido un período de manifestaciones más extenso que el de 1982-83, teniendo una duración de 14 meses (mayo 97 a junio 98), mientras que el anterior duró 7 meses (diciembre 82 a junio 83).

Algunos cambios climáticos no ocurrieron exactamente en la forma como habían previsto los expertos. Si bien llovió en la costa norte, incluso más de lo esperado; en la sierra no hubo sequía: llovió en cantidades suficientes para llevar adelante la campaña agrícola grande.

Las lluvias e inundaciones se concentraron en una primera etapa, en los departamentos de Tumbes, Piura y la provincia de Lambayeque, casi exclusivamente, los que fueron afectados continuamente. Podemos distinguir tres etapas en el proceso de afectación del fenómeno de "El Niño":

a) Primera Etapa. (Entre el 15 de diciembre 97 y fines de enero 98)

Se iniciaron las lluvias y cayeron durante las primeras semanas casi exclusivamente sobre Tumbes, Piura y el norte de Lambayeque. En este período se produjeron los desbordes de los ríos Tumbes, Zarumilla, Piura, La Leche y Cascajal. No se desbordó el río Chira.

Según los Institutos Científicos, durante los meses de diciembre 97 y enero 98, llovió mucho más que en los mismos meses de 1982-83. En 1983 las lluvias se concentraron en marzo, abril y mayo.

Los mencionados departamentos estuvieron inundados todo el tiempo, y el daño en las viviendas, cultivos e infraestructura básica y vial fue permanente y acumulativo. No fue un solo evento el que destruyó masivamente todo, sino que el total de daños, es consecuencia de las continuas lluvias e inundaciones que fueron destruyendo las viviendas progresivamente por el efecto de la erosión y el remojo.

Hay zonas que estuvieron bajo el agua permanentemente, algunas de las cuales abarcaron barrios pobres con precarias viviendas, ahora desaparecidas. En muchos casos, la vivienda, por su ubicación o por el tipo de uso, estaba asociada a la actividad económica de la familia.

Esta etapa se cierra con el desastre de Ica.

b) Segunda Etapa. (Entre febrero y marzo 98)

Las lluvias y desbordes de ríos abarcaron un territorio mayor dentro de la costa. Entre el 9 y 14 de febrero se inundaron tres grandes ciudades por eventos únicos que no se repitieron en los siguientes días. Estas ciudades fueron: Trujillo, Chimbote y Chiclayo. El nivel de pérdidas en cada caso es comparable con las de Piura, y superó ampliamente las pérdidas de Tumbes. El impacto en dichas ciudades fue violento y catastrófico, no tanto porque en ellas se hubiese precipitado un diluvio mayor que en Piura y Tumbes, sino porque eran ampliamente más vulnerables que éstas.

En marzo, los eventos que causaron mayor impacto fueron: la caída de tres puentes en la ciudad de Piura, donde murieron 20 personas y la caída de un avión que cumplía servicio especial de transporte de personas entre Tumbes y Piura, dado que la carretera estaba cortada desde febrero. Allí fallecieron 60 personas.

En ese mes, también se produjeron nuevos desbordes del río Rimac, en Chosica y Chaclacayo (Lima). Fue bastante notorio el aumento del número de huaicos en la sierra.

c) Tercera Etapa. (de abril 98 a junio 98)

A partir de abril, las lluvias e inundaciones empezaron a disminuir de sur a norte. Para abril se produjeron aún lluvias en Piura y Tumbes pero caían con intervalos de tiempo más amplios. El caudal de los ríos en esos departamentos bajaron, pero de vez en cuando, sufría crecidas súbitas el río Tumbes durante ese mes.

Las estimaciones Económicas a consecuencia del fenómeno de "El Niño" 1997-98. Se presentaron cifras en diversos medios periodísticos, los cuales indican que las pérdidas económicas ascenderían a unos US \$ 2,000 millones (un 3% del PBI oficial de 1997). Dichas pérdidas se estimaron de acuerdo a las caídas de producción sectoriales (especialmente en los sectores primarios) y a la destrucción de infraestructura pública y privada.

1.4 CONCLUSIONES.

- Hay muchas definiciones del fenómeno de "El Niño"; dependiendo de que institución, de que investigadores, de que país, de que circunstancia provienen los intentos de definirlo. Es decir los meteorólogos tienen su versión, asimismo los oceanógrafos, también los climatólogos que intentan interpretar el fenómeno de una forma mas integral e interrelacionada.
- El fenómeno de "El Niño" es una alteración climática que abarca grandes extensiones del planeta, involucra gran parte del Océano Pacífico, especialmente la Región Tropical y Subtropical; pero compromete también al Indico y al Atlántico. En sus efectos amplias áreas continentales de Asia, Oceanía, Europa y América. Especialmente América, la parte del Pacífico Oriental y particularmente Perú y Ecuador.
- El fenómeno de "El Niño" es un evento natural Océano Atmosférico, se caracteriza por un calentamiento intenso y anormal de las aguas superficiales del mar frente a las costas del Perú y Ecuador.
- Una definición más actual, es que "El Niño" es un debilitamiento o inversión del Anticiclón del Pacífico Sur, que provoca que los vientos Alisios del Sur Este se debiliten e inclusive cambien de sentido en la zona del Pacífico Ecuatorial, presentándose los vientos del Oeste, todo esto es causado por el cambio en las presiones atmosféricas.
- Se han hecho grandes avances científicos especialmente oceanográficos y meteorológicos para lograr su comprensión. Subsisten muchas dificultades científicas como tratar de desarrollar modelos que ayuden a comprender el fenómeno. Los modelos desarrollados, estadísticos y numéricos, especialmente por agencias de los Estados Unidos de América representan un buen avance, pero todavía no pueden explicar una realidad regional como en el Pacífico Sudeste.
- Los principales indicadores oceanográficos, meteorológicos y atmosféricos con los cuales se puede caracterizar y tipificar técnicamente a un fenómeno de "El Niño" son:
 - ◆ Calentamiento en la Temperatura Superficial del Mar.
 - ◆ Índice de Oscilación Sur (IOS)
 - ◆ Influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)
 - ◆ La profundización de la Termoclina
 - ◆ Variaciones en el nivel del Mar
 - ◆ Precipitaciones mayores y diferentes a lo normal.

- Durante la fase caliente del ENSO llamado "El Niño", la temperatura de la Superficie del Mar es caliente, los vientos colapsan y los patrones de precipitación en la zona norte supera los valores normales.
- La Zona de Convergencia Intertropical es una banda de perturbación tropical, alrededor del globo terrestre y próxima al ecuador geográfico, caracterizada por la formación de grandes masas de nubes de desarrollo vertical y que son fuente de las precipitaciones torrenciales en la zona tropical. Este elemento atmosférico tiene especial importancia en el fenómeno de "El Niño", por su estrecha relación con las posibles e intensas precipitaciones en combinación con las anomalías térmicas superficiales del Océano Ecuatorial.
- La Termoclina es otro parámetro Oceanográfico que puede describirse aproximadamente, como el espesor o profundidad del agua caliente. Su espesor normal es de 30 a 50 metros en la zona ecuatorial frente a nuestras costas, pero con la evolución de las anomalías de la temperatura superficial del mar se profundiza, habiéndose registrado durante el mes de diciembre de 1997 una profundidad próxima a 250 m., lo que implicó estimar un gran volumen de agua oceánica anormalmente caliente, en la zona ecuatorial del Pacífico y frente a nuestras costas.
- Otro indicador es la variación en el nivel del mar, ocasionado por el desplazamiento de aguas cálidas, en forma de ondas, aparentemente no en forma de corriente sino con cierto volumen, incrementando el nivel del mar.
- Las precipitaciones excepcionales en el norte del país, mas que un indicador es el efecto de la ocurrencia del fenómeno "El Niño", es decir su presencia es a consecuencia de que la ZCIT se acerca esta parte del país, la Temperatura Superficial del Mar se eleva, la presión atmosférica disminuye por debajo de lo normal, por tanto las lluvias se intensifican, produciendo efectos devastadores en las diferentes infraestructuras de la ciudad y el campo.
- Los cuatro últimos fenómenos de "El Niño" de excepcional intensidad que ocurrieron en Piura y Tumbes fueron los de 1891, 1925-26, 1982-83 y el último evento de 1997-98.
- Las precipitaciones de 1983 en el norte del país se caracterizó no solamente por fuertes lluvias y desbordes del río Piura, si no por la excepcional duración del período de lluvias (6 meses). En cambio el evento de 1997-98 se caracterizó por la mayor intensidad de las precipitaciones, si comparamos los períodos de diciembre a abril de los años de

1982-83 y 1997-98, éste último supera en precipitación acumulada, ocurrido en la ciudad de Piura.

- El fenómeno "El Niño" de 1982-83 fue extraordinariamente excepcional, medido a través de diversos medios ha sido uno de los más fuertes de este siglo, sin embargo no sólo fue pronosticado, sino que ni siquiera fue reconocido durante sus primeras etapas.
- El fenómeno de "El Niño" de 1997-98 considerado de fuerte magnitud, fue diferente al de 1983: en efectos, duración e intensidad. Los efectos en Agricultura, Pesquería e infraestructura civil fueron menores al de 1983 debido a que se tomaron medidas de prevención especialmente en la infraestructura civil, en las ciudades del norte.
- El impacto del fenómeno de "El Niño" 1997-98 abarcó mayor área al de 1983. Anteriormente los efectos fueron en los departamentos de Tumbes, Piura y parte de Lambayeque; en cambio, esta vez, los impactos abarcaron los departamentos antes mencionados, La Libertad, Cajamarca, Ancash, Lima e Ica.
- Los efectos del fenómeno 1997-98 tuvo tres etapas: en la primera etapa entre diciembre de 1997 y fines de enero de 1998, las lluvias e inundaciones se concentraron exclusivamente en la Región Grau (Piura y Tumbes) y el norte de Lambayeque; en la segunda etapa, fines de enero hasta marzo, las lluvias y desbordes abarcaron un mayor área; y en la última etapa a partir de abril las precipitaciones e inundaciones empezaron a disminuir de sur a norte, sin embargo, en Piura y Tumbes aún continuaban lloviendo con intervalos de tiempo más amplios.

SEGUNDA PARTE

***Efectos del fenómeno de “El Niño”
1997-98 en la carretera
Panamericana Norte, tramo
División Bayovar (Km. 886.636) –
Desvío Talara (Km. 1093.342).***

CAPITULO II

Antecedentes del tramo en Estudio



Tramo de la Panamericana Norte afectada por las fuertes crecientes; tramo Sullana -
Talara

2.1 RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE

Para tener un mejor conocimiento del tramo en estudio, fue necesario investigar trabajos y estudios realizados en fechas pasadas.

Para el tramo División Bayóvar – Desvío Talara, se encontró información respectiva en la Planoteca de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Transportes, Comunicaciones Vivienda y Construcción; asimismo, en el Archivo del Programa Especial de Rehabilitación de Transporte (PERT). A continuación se detalla los diferentes Estudios archivados en las distintas Planotecas:

a. Planoteca de la Dirección General de Caminos:

- Factibilidad y Priorización de la Carretera Panamericana Norte, sector: Chimbote – Aguas Verdes; realizada por las firmas Consultoras Asesores Técnicos y Barriga – Dall’orto Ingenieros Consultores S.C.R.L., (1975).
- Estudio Definitivo Carretera Lambayeque – Sechura – Piura sector: Cruce Piura (Km. 900 – Km. 984.105); realizado por la división de Estudios Viales de la dirección de Ingeniería de la Dirección General de Caminos del MTC, (1977).
- Evaluación de la Carretera Panamericana Lambayeque – Piura, realizada por la Dirección General de Caminos, (1983).
- Estudio Definitivo de Ingeniería para la Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte: Piura - Sullana, realizado por EICA Consultores S.A., (1984).
- Estudio Definitivo para la Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte, sector: Sullana – Talara; tramo Km 35+900 – Km 66.00, realizado en sus inicios por el Ing. Teodoro López Galarza, después concluido por la Dirección General de Caminos del MTC, (1986).
- Estudio Definitivo de Ingeniería para la Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte; sector Sullana – La Brea; tramo Km. 66 – Km. 78 y Km. 1106 – Km. 1115.382; realizado por el Ing. Guillermo Quispe, (1984).
- Estudio Definitivo de Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte; sector Talara – Cancas, realizado por LAGESA Ingenieros Consultores, (1984).

b. Archivo del Programa Especial de Rehabilitación de Transporte (PERT)

- Estudio definitivo para el Mantenimiento Periódico de la Carretera Panamericana Norte; tramo Sullana – Aguas Verdes, (tramo I: Sullana – Desvío Talara), realizado por Técnicos y Proyectos S.A. – P y V Ingenieros S.A., (1994).
- Estudio definitivo para el Mantenimiento Periódico de la Carretera Panamericana Norte; tramo División Bayóvar – Puente Mácara, (tramo I y II División Bayovar – Piura y Piura – Las Lomas), realizado por Asociación Geotecnica – Alpha Consult, (1994).

- Expediente Post Construcción de la Carretera Panamericana Norte, tramo División Bayovar – Piura (1995)
 - Contratista : VEGSA
 - Supervisor : CESEL S.A. Louis Berger International, INC ASOCIADOS
- Expediente Post Construcción de la Carretera Panamericana Norte, tramo Piura – Las Lomas: (1995)
 - Contratista : C. TIZON P.S.A
 - Supervisor : CESEL S.A. Louis Berger International, INC ASOCIADOS
- Expediente Post Construcción de la Carretera Panamericana Norte, tramo Sullana Desvío Talara (1995):
 - Contratista : ARAMSA JOHESA - BRUCE
 - Supervisor : ALPHA CONSULT S.A.

c. Información Proporcionada por el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras - SINMAC

- Trabajos de Prevención realizado por el SINMAC en 1997.
- Expedientes de Evaluación de Daños del Tramo Lambayeque – División Bayovar – Piura, (1998)
- Expediente de Evaluación de Daños del tramo Piura – desvío Talara – Máncora (1998)
- Expediente de Evaluación de Puentes de la Panamericana Norte (1998)

2.2 HISTORIAL DEL TRAMO EN ESTUDIO.

La Carretera original de la Panamericana Norte data de los años de 1930, en la cuál fue pavimentada a fines de la década del 30; luego, fue modernizada en su mayor parte en el primer quinquenio de la década de 1950; posteriormente, a lo largo de toda su historia fue rehabilitada periódicamente; hasta que en 1982 y 1983 sufrió una de las peores destrucciones en su infraestructura, luego del fenómeno la Panamericana fue rehabilitada en su totalidad. El año de 1994 con el Programa de Rehabilitación y Mantenimiento de Carreteras que ejecutó el Ministerio de Transportes se rehabilitó todo el tramo, donde incluyeron trabajos necesarios para restablecer un nivel de servicio adecuado. En 1998 nuevamente la Panamericana Norte fue destruida como consecuencia del fenómeno de “El Niño” ocurrido a fines de 1997 e inicios de 1998.

2.2.1 TRAMO: LAMBAYEQUE – DIVISIÓN BAYÓVAR - PIURA

Los estudios del tramo de la carretera Lambayeque – División Bayovar – Piura, fue ejecutado por Administración de la División de Estudios Viales de la Dirección de Ingeniería perteneciente a la Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Transportes.

El objetivo fue unir las ciudades de Lambayeque y Piura, mediante una vía que cumpliera mejores características planimétricas que la antigua Panamericana Norte, que pasa por Olmos; asimismo, solucionar el problema de transporte de esa zona, además al acortar la distancia entre Lambayeque y Piura se disminuía los costos operativos de transporte.

El Proyecto de Estudio Definitivo para la construcción de éste tramo fue realizado en 1977, construyéndose posteriormente a finales de la década del 70.

El Proyecto de la nueva Panamericana Norte representa en comparación con la Antigua Panamericana una economía en longitud superior a los 60 Kms.

El tramo se inicia en el km. 781 de la Carretera Panamericana Norte, en las cercanías de la ciudad de Lambayeque, para luego pasar por el oeste de la localidad de Mórrope, continua por el desierto de Sechura, cruzando el Oleoducto Nor – Peruano, atraviesa la zona de cultivo del valle del río Piura, cerca de la localidad de Catacaos y termina en el Km. 1045 de la carretera Panamericana Antigua, que corresponde al Km. 984.10 de la Nueva Panamericana Norte.

En 1983 se produjo la destrucción de la infraestructura vial en la Panamericana Norte (la descripción de los efectos se desarrollan en el acápite 3.3.1).

En 1984 a consecuencia del fenómeno de 1983, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones realizó obras para dar transitabilidad al tramo y en las cuales se consideraron la construcción de obras de cruce, en los puntos donde nuevas quebradas se activaron.

Con el fenómeno de “El Niño” de 1992 algunas de las estructuras de drenaje mostraron ineficiencias en su diseño, pero fueron subsanados en parte con el Estudio de Rehabilitación que se ejecutó en 1994. Posteriormente en 1995 se realizaron los trabajos de Rehabilitación en el tramo División Bayovar – Piura, encargado por el PERT del Ministerio de Transportes, que comprendió trabajos necesarios para restablecer un nivel de servicio adecuado.

2.2.2 TRAMO: PIURA – SULLANA – DESVÍO TALARA

La Carretera en este tramo fue diseñado y construido hacia fines de la década de 1930, posteriormente en 1952 el trazo fue rediseñado en algunos tramos para mejorar el nivel de serviciabilidad.

En los años siguientes la carretera Panamericana Norte fue continuamente rehabilitada.

En 1975 en el estudio de Factibilidad y Priorización para el sector “Chimbote – Aguas Verdes”, la vía fue definida con una fisonomía eminentemente litoral, las características geométricas del tramo no variaron mayormente por causas del tiempo, sólo en algunos tramos la el nivel de la rasante tuvo que elevarse, como consecuencia del fenómeno de “El Niño” de 1972.

En 1983 el tramo Piura – Sullana – Desvío Talara fue afectada por los efectos del fenómeno de “El Niño” de aquel año (la descripción de los efectos se desarrolla en los acápite 3.3.2 y 3.3.3).

Como consecuencia del fenómeno de “El Niño” de 1982-83, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se empeñó en una labor de reconstrucción de la vía con carácter de emergencia, para ello inició los Estudios Definitivos de los tramos afectados el año de 1984.

Los Estudios Definitivos encargados a diferentes Consultorías para los diferentes tramos tenían como característica principal, la incidencia de los estudios en el aspecto hidrológico y de drenaje, con la finalidad de prever y garantizar las nuevas obras que se iban a construir.

En 1985 se inició la construcción de los distintos tramos cumpliendo las especificaciones técnicas de los estudios realizados en 1984. Posteriormente con las precipitaciones de 1987 las estructuras de drenaje se comportaron eficientemente.

Con el fenómeno de “El Niño” de 1992 algunas de las estructuras de drenaje mostraron ineficiencias en sus diseños, las cuales fueron subsanados en parte con los estudios de Rehabilitación que se ejecutaron en 1994 y 1995.

En 1994 con el Programa de Rehabilitación y Mantenimiento de Carreteras que a nivel Nacional ejecutó el Ministerio de Transportes, cuyo objetivo fue recuperar las características técnicas, mejorando además el sistema de drenaje a lo largo de la carretera, asimismo las obras de arte existentes. Cabe mencionar, las obras de arte y el sistema de drenaje datan de los diseños realizados en 1984, construyéndose en 1986 y la mayoría de las estructuras permanecieron hasta 1998, los cuales colapsaron.

También es importante mencionar que los Estudios Hidrológicos realizados para el tramo Sullana – Desvío Talara en los Estudios de 1994, dieron parámetros de caudales de

escorrentía superficial para distintas cuencas. Los valores calculados no fueron tomados en cuenta para el diseño de las nuevas estructuras de drenaje, ya que debían construirse estructuras de mayor dimensión (mayores a los calculados en 1984), y las existentes tenían que ser demolidas. La razón más importante porque no se construyeron las nuevas obras de cruce fue, por el tipo de trabajo que estaba realizando en aquel año, que era de Rehabilitación, y el Presupuesto asignado era limitado por ser Préstamo Internacional.

2.3 EFECTOS DEL FENOMENO DE “EI NIÑO” 1982-83

La carretera Panamericana Norte, fue afectado por las lluvias producidas entre diciembre de 1982 y junio de 1983. La intensidad, frecuencia y duración de estas lluvias, provocaron la destrucción de prácticamente todo el sistema de drenaje de la carretera, lo que originó que las aguas superficiales discurrieran a lo largo de grandes tramos de la carretera, erosionándola los terraplenes y taludes, provocando la falla de ellos. Toda esta destrucción se extendió en cientos de kilómetros de la carretera entre Pativilca y Tumbes, pero la zona más afectada fue entre Chiclayo y Tumbes, sector donde la carretera fue interrumpida por varios meses.

Aparte de las cuantiosas pérdidas económicas debido a los daños físicos en la vía, hay que agregar las graves repercusiones en el flujo de transporte de la producción e insumo, debido al completo aislamiento por vía terrestre del resto del país y la incomunicación interna entre ciudades y pueblos del departamento, aislamiento que agudizó aún más la situación de los pobladores, dada la imposibilidad por vía terrestre de recibir ayuda suficiente del resto del país durante los largos meses de emergencia.

En el tramo en estudio la mayoría de las estructuras menores y parte de las mayores, fueron afectadas por la acumulación de las aguas de las lluvias, en vista que las estructuras fueron diseñadas para un ciclo hidráulico bajo; no habiendo previsto las precipitaciones torrenciales de 1983 que cayeron en la zona.

2.3.1 EFECTOS EN EL TRAMO DIVISIÓN BAYOVAR – PIURA

Del estudio de evaluación de daños realizado en 1983 para el presente tramo, se pudo extraer la siguiente información valiosa.

“En el tramo algunas de las obras de drenaje colados fueron insuficientes, observándose los mayores daños por la crecida de la quebrada Anchovira”.

La siguiente es el resumen de la evaluación realizada en 1983:

- Km 887.000 Alcantarilla TMC 2 ojos de 36" y 600 m. de plataforma fueron destruidos.
- Km. 905.000 Proyectar 2 Alcantarillas tipo marco de 2 m. De luz.
- Km. 928.200 Plataforma afectado en 100 m. Proyectar 2 alcantarillas de 2.00 m. de luz
- Km. 928.900 Alcantarilla destruida tipo TMC de 36"
- Km. 930.100 Plataforma en 500 m, y alcantarilla TMC de 36" fueron destruidos, se requiere elevar rasante y proyectar 3 alcantarillas tipo marco de 4.00 m de luz.
- Km. 933.000 Plataforma afectada en 910 m. Proyectar 2 alcantarillas tipo marco de 4.00 m de luz.
- Km. 935.200 Alcantarilla TMC de 48" y plataforma en 400 m. fueron destruidos.
- Km. 942.400 Elevar rasante en 200 m. y proyectar alcantarilla tipo marco con 23 m. de luz.

2.3.2 EFECTOS EN EL TRAMO PIURA – SULLANA

Esta vía fue una de las más afectadas de toda la carretera Panamericana Norte. Debido Básicamente a las características topográficas del terreno, casi llano y con muchas zonas deprimidas.

En general, el problema peculiar fue la formación de numerosas lagunas, debido a las depresiones topográficas y en otros casos debido al terraplén de la vía que actuó como barrera. La carpeta asfáltica quedó prácticamente deteriorada en toda su longitud, el afirmado fue deteriorado en muchas partes, observándose además asentamientos en algunas zonas.

Por otro lado la vía fue destruida completamente en varios tramos debido a la acción de las quebradas, las que encontraron a las vías sin ningún tipo de protección (alcantarillas), originando de esta manera daños en la red vial, los que se describen a continuación:

Del estudio de evaluación de daños realizado en 1983 se pudo extraer el siguiente resumen de las zonas más críticas:

- Km. 1.450 Quebrada "Petroperú", ancho destruido: 100 m.
- Km. 7.000 Quebrada "Las Monjas", ancho destruido: 200 m. represamiento, destrucción de carpeta asfáltica, deterioro del afirmado.
- Km. 9+000 - 9+900 Formación de una gran laguna en zona deprimida, deterioro de la carpeta asfáltica y afirmado, además se observaron hundimientos y deformaciones.
- Km. 12.100 Quebrada "El Burrero", ancho destruido: 100 m.

- Km. 14+850 Quebrada "Hombre Solo", ancho destruido: 100m., Formación de lagunas, destrucción de la carpeta asfáltica, deterioro del afirmado, hundimiento y deformaciones.
- Km. 18+450 - 22+160 Quebrada "Temoche", a la altura del km. 18.80 ancho destruido: 200 m. Quebrada s/n, a la altura del km. 21+220, ancho destruido: 70 m.; Formación de lagunas. Destrucción de la carpeta asfáltica, deterioro del afirmado, deformaciones y hundimientos. Talud derecho fallado en una longitud de 200 m. a la altura del km. 21+800, debido a represamiento.
- Km. 22+750 - 26+100 Quebrada s/n, a la altura del km. 24+900, ancho destruido: 300 m.; Formación de lagunas. Destrucción de la carpeta asfáltica, deterioro del afirmado, deformaciones y hundimientos. Talud derecho fallado en una longitud de 400 m. debido a represamiento.
- Km. 28+000 - 29+500 Quebradas s/n a la altura de los Kms. 28+840 y 29+250, ancho promedio destruido: 60 m. Formación de lagunas, varias zonas afectadas principalmente en la estructura del pavimento, que sufrieron deformaciones.
- Km. 32+380 - 32+760 Quebrada s/n, a la altura del desvío a Tambogrande. Destrucción de la estructura del pavimento.
- Km. 33+740 - 33+900 Quebrada "Cola de Alacrán", ancho destruido: 150 m.

2.3.3 EFECTOS EN EL TRAMO SULLANA – DESVÍO TALARA

La Panamericana Norte, en su tramo Sullana - Talara (km.1076.800 - km.1149.320) fue una de las vías más afectadas de todo el departamento.

La carretera a lo largo de los 73 kms, fue destruido la plataforma en un 50%, las obras de arte en un 90%, asimismo se presentó formación de cangrejeras en bermas y baches en la plataforma.

La escorrentía de éste tramo proviene de los cerros ubicados al este de la carretera. La escorrentía superficial ha ocasionado la destrucción, por erosión de grandes tramos de la carretera. Casi la totalidad de las estructuras de drenaje han resultado insuficientes y muchas de ellas fueron totalmente destruidas

- Km. 1084+200 Quebrada "Samán" ubicada bajo el puente del mismo nombre, se convirtió en una inmensa corriente de agua semejante a un río, con un ancho de cerca de 120 m. destrozando al puente que sólo tenía una luz de 67 m., y que fue el primero en caer en todo el departamento. Esta quebrada se convirtió en una barrera, que solo se podía atravesar en

pequeñas embarcaciones, habiéndose originado en su travesía varias tragedias con pérdida de vidas.

- Km. 1091+701 Quebrada "Peroles".- Existía un pontón de 7.00 m. de luz, fue arrasado totalmente por las crecidas extraordinarias; asimismo la quebrada erosionó el terraplén (erosión regresiva), en más de 200 m. de la carretera.
- Km. 1097+060 Quebrada "La Manuela".- La obra de arte existente fue insuficiente, siendo arrasado juntamente con una porción del terraplén (150 m.), dejando un cauce mucho más amplio que el que tenía antes de las lluvias.
- Km. 1098+805 Quebrada "La Talareña".- La carretera en este tramo embalsó las aguas de la quebrada, el cuál arrasó la alcantarilla y porción importante de la explanación adyacente.
- Km. 1101+405 Quebrada "Corral de León" y "Pichichaca".- La quebrada arrasó la alcantarilla existente y 200m. de la carretera; asimismo, un brazo de la quebrada (derecha) erosionó lateralmente a la carretera en el Km 1102+600 afectando 800 m. de la vía.
- Km. 1106+500 Quebrada "Huaytaco".- La plataforma de la carretera fue arrasada por el flujo superficial en un tramo de 300 m.
- Km. 1113+605 Quebrada "Charanal" o "Pasamayito".- La carretera fue destruida en una longitud de 160 m, arrasando el puente existente, siendo evidente su incapacidad de evacuación del flujo superficial.
- Km. 1117+900 Quebrada sin nombre, arrasó parte de la carretera 30 m. y una altura de 2.00 m.
- Km.1118+300 Es una zona topográficamente plana, donde la quebrada arrasó la carretera un tramo de 60 m. En este tramo las quebradas no tienen cauce definido.
- Km. 1122+800 Quebrada arrasó la carretera 40 m. de la plataforma.
- Km. 1124+380 Quebrada "Pan de Azúcar".- La alcantarilla y la plataforma fue arrasado por la quebrada, en un ancho de 50 m. y 2.00 m de profundidad.
- Km. 1125+300 Quebrada "Dévora".- El cauce es de 90 m y 3.00 de profundidad. La quebrada corrió por el cauce como un río, el cuál arrasó la carretera en 80m.

2.4 OBRAS DE PREVENCIÓN REALIZADAS PARA MITIGAR EFECTOS DEL FENÓMENO DE “EL NIÑO” 1997-98

Las Obras de Prevención que realizó el Ministerio de Transporte por intermedio del Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC), fueron ejecutados en la fase de prevención, las que consistieron en la construcción de alcantarillas, drenes y badenes; asimismo, se descolmató alcantarillas y puentes que al transcurrir del tiempo sedimentaron materia, en el lecho de la quebrada cercano a las obras de cruce que obstruían parte de la sección de drenaje.

Además, se ejecutaron en los causes de los ríos: encausamiento, protección y reforzamiento con muros secos y gaviones.

En el tramo en estudio se realizaron:

a. Tramo Lambayeque - Desvío Bayovar – Piura

- Limpieza de 107 alcantarillas
- Encauzamiento de 8,000 m³
- Construcción de 1 pontón

b. Tramo Sullana – Talara – Cancas

- Limpieza de 358 alcantarillas
- Limpieza 40,300 m. cunetas
- Encauzamiento 9,472 m³
- Desgrose 50,000
- Roce 6,320 m²
- Encause Quebrada Pichichaca, 19,650 m³
- Construcción 2,100 m³ muros de gaviones
- Construcción de alcantarilla Km 1076 + 691

Cabe mencionar que las Obras de Prevención fueron ejecutados en el año de 1997 hasta enero de 1998, Los cuales mitigaron los efectos del fenómeno en poco porcentaje, ya que era inevitable la ocurrencia del desastre, porque las estructuras de drenaje en los puntos críticos no fueron diseñados para este tipo de eventos.

CAPITULO III

Aspecto físico del tramo



3.1 EL SISTEMA DE TRANSPORTE EN PIURA

La dinámica económica del departamento de Piura explica el hecho de que tenga una de las redes más densas del país, teniendo un elevado flujo interno de transporte, destacando el eje Piura - Sullana por ser el más dinámico, el cual enlaza a los valles Piura y Chira.

Siendo Piura, según el censo de 1993, el segundo departamento más poblado después de Lima constituye el único caso en que la población de la capital no tiene una diferencia exagerada con otras poblaciones, existiendo centros poblados relativamente parejos: Piura, Sullana, Talara y Paita, los que están debidamente vinculados mediante carreteras asfaltadas, estableciéndose un intenso intercambio comercial, en donde los valles del Chira y Piura son abastecedores de las ciudades - puerto Talara y Paita y estos a su vez vinculan a las ciudades del interior con el transporte marítimo.

La Red Vial del departamento se vincula con el resto del país a través de la carretera Panamericana: al Sur por intermedio de dos ramales asfaltados se enlaza con Chiclayo, al Norte igualmente con dos ramales, un ramal asfaltado que conecta con Tumbes (Frontera con Ecuador) y un ramal asfaltado de estratégica importancia que enlaza Sullana, Las Lomas y Puente Macara (Frontera con Ecuador), al Este se vincula directamente a la localidad de San Ignacio conectándose de esta manera con Jaén, en el departamento de Cajamarca.

La Red Vial del departamento se clasifica en tres categorías: la Red Nacional (27.5%), la Red Departamental (12.7%) y la Red Vecinal (59.8%), siendo el total de la Red de 3,337 km. En general las vías que conforman esta Red según el estado en que se encuentran se clasifican en: asfaltados (25%), afirmadas (13.5%), sin afirmar (18.5%) y trocha (43%).

A continuación se muestra un resumen clasificado de la Red Vial del departamento en Km. (1):

RESUMEN DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL DE PIURA

Cuadro N° 3.1

CLASIFICADO	ASFALT.	AFIRMA.	SIN AFIRM.	TROCHA	TOTAL
RED NACIONAL	460	207	89	161	917
RED DEPARTAM.	169	174	46	37	426
RED VECINAL	204	70	487	1233	1994
TOTAL	833	451	622	1431	3337

3.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El área de estudio se halla ubicada en el departamento de Piura, perteneciente a la Región Grúa, entre los paralelos 4.5° y 6° de Latitud Sur y entre 80° y 81.5° de Longitud Oeste, con altitudes que van desde los 0 a 1600 m.s.n.m. (ver Láminas N ° 3.1 y 3.2)

El tramo en estudio se inicia en el Km. 886 + 636 en la bifurcación de la Carretera Panamericana Norte, hacia Bayovar (División Bayovar) y termina en el Km. 1093 + 342.15 próximo a la ciudad de Talara (Desvío Talara)

La Longitud del tramo es de 206.700 Km. y en su recorrido pasa por ciudades importantes tales como:

Ciudad de Piura	:	Km. 985 + 179.85
Ciudad de Sullana	:	Km. 1018 + 700.00

3.3 DESCRIPCIÓN DEL TRAZO, CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOPOGRÁFICAS

El tramo División Bayovar - Desvío Talara es parte integrante de la Carretera Panamericana Norte, la que fue rehabilitada durante el período 1984, después de la ocurrencia del fenómeno de "El Niño" que dejó secuela de destrucción en la zona norte durante el verano de 1983.

Luego con el programa de Rehabilitación y Mantenimiento de Carreteras que, a nivel Nacional ejecutó el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción en 1994, que comprendió la rehabilitación del tramo en estudio, en la cuál incluyeron trabajos para restablecer un nivel de servicio adecuado.

Hacia fines de 1997 y comienzo de 1998 el tramo nuevamente fue afectado por los efectos del fenómeno de "El Niño", el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por intermedio del SINMAC en una rápida respuesta a este fenómeno, durante la fase de emergencia, trabajo arduamente para darle transitabilidad a la carretera en los puntos críticos.

Después del fenómeno el SINMAC encargó los trabajos de Reconstrucción a diferentes Empresas Contratistas para realizar trabajos que dieran transitabilidad a la Panamericana Norte.



LEYENDA

CARRETERA PANAMERICANA ———

TRAMO EN ESTUDIO ———


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - DPMD

TESIS : "ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO 1997-98, EN EL TRAMO DIVISION BAYOVAR DESVIO TALARA Y EN LA CIUDAD DE PIURA"

PLANO: **UBICACION DE LA ZONA EN ESTUDIO**

LAMINA:
3.1

Bachiller : Edgard C. Alca Mendoza

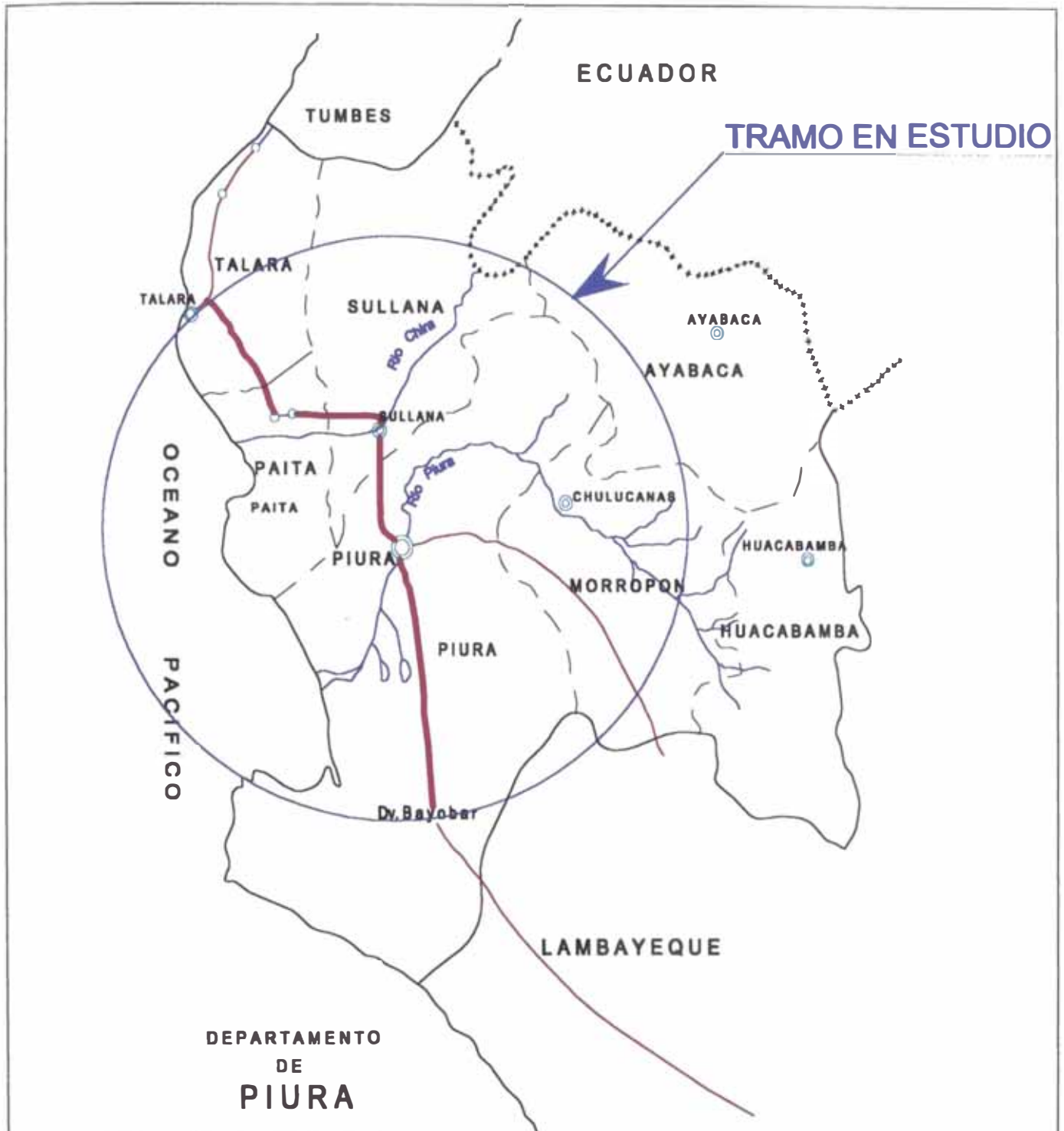
Fecha:
 Enero 1999

Auspiciador:

Asesor : Ing. Julio Kuroiwa H.

Escala:
 GRAFICA

MTCVC
 SINMAC



DEPARTAMENTO
DE
PIURA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA A
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CISMID - DPMD



TESIS : "ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO 1997-98, EN EL TRAMO DIVISION BAYOVAR DESVIO TALARA Y EN LA CIUDAD DE PIURA"

PLANO:

UBICACION DE LA ZONA EN ESTUDIO

LAMINA:

3.2

Bachiller : Edgard C. Alca Mendoza

Fecha:
Enero 1999

Auspiciador:

MTCVC
SINMAC

Aesor : Ing. Julio Kuroiwa H.

Escala:
GRAFICA

LEYENDA

CARRETERA PANAMERICANA —————

TRAMO EN ESTUDIO —————

3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO: DIVISIÓN BAYÓVAR - PIURA - SULLANA.

El tramo en estudio tiene características planimétricas y rasantes que corresponden a una vía de alta velocidad. Esta condición se debe a que es parte integrante de la Carretera Panamericana Norte y porque se desarrolla en una topografía plana y desértica, con ausencia de accidentes topográficos. De otro lado la carretera no atraviesa centros poblados sino escasos caseríos.

El tramo se inicia en el Km. 886 + 450 (División Bayovar), luego continúa por una topografía plana, desarrollada en una zona desértica del litoral. La carretera presenta 16 curvas horizontales en 98.5 Kms. de longitud desde División Bayóvar hasta la ciudad de Piura ubicada en el Km. 985 + 179.85, progresiva ubicada a la salida de Piura hacia la ciudad de Sullana. (ver Lámina N° 3.3)

La vía continúa con dirección a la ciudad de Sullana (Km 1018+700) en una longitud de 33.21 Kms. (ver Lámina N° 3.4). En esta zona la topografía es plana con ligeras ondulaciones originadas por la presencia de algunas cadenas de dunas.

Las características geométricas de la vía son como sigue:

- División Bayovar - Piura.
 - Velocidad Directriz : 80 km./hora.
 - Ancho de rodadura : 7.20 m.
 - Ancho de bermas : 2.40 m. a cada lado.
- Piura - Sullana.
 - Velocidad Directriz : 80 km/hora.
 - Ancho de rodadura : 6.60 m.
 - Ancho de bermas : 1.50 m. a cada lado.

3.3.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO: SULLANA - DESVÍO TALARA.

Este tramo tiene una longitud de 74. 642Km. y comprende desde el Km. 1018 + 700 hasta el Km. 1093 + 342.15. (ver Lámina N° 3.5)

En este sector la vía discurre por terrenos de topografía plana y ondulada, presenta 22 curvas horizontales con radios comprendidos entre 280 y 3000 metros.

Las Características Técnicas del tramo son:

- Velocidad Directriz : 90 km/hora.
- Ancho de rodadura : 7.20 m.
- Ancho de bermas : 1.80 m. a cada lado.

3.4 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

3.4.1 GEOMORFOLOGÍA

Los aspectos geomorfológicos del área en estudio son el reflejo de los rasgos estructurales y litológicos dominantes fuertemente modelados por una densa red fisiográfica de quebradas y torrentes que mediante la erosión diferencial han originado el modelaje actual.

El relieve en el cuál se desarrolla el tramo División Bayovar – Piura, ocupa una zona relativamente plana con características arenosas superficialmente entre el Km. 900 al 932; a partir de este punto el trazo atraviesa zona de dunas, hasta el Km. 960 para luego continuar por pampas hasta la ciudad de Piura.

Entre Piura y Sullana la unidad geomorfológica predominante en la zona es el Tablazo, integrado generalmente por material eólico transportado allí desde su origen. Sobre estos Tablazos se ha depositado en forma desordenada restos detríticos orgánicos e inorgánicos. En su mayor porcentaje los materiales predominantes están constituidos por gravas y arenas y por suelos limo - arcillosos

Entre Sullana y Desvío Talara la unidad geomorfológica característica es la presencia de cerros de bajas alturas y colinas redondeadas, separadas las unas de las otras por una serie de torrentes y quebradas que discurren en forma general de este a oeste, y que al desplazarse cortan al eje de la carretera induciéndole sensibilidad hidrológica (por erosión), al carecer de estructuras de drenaje convenientes.

Otra unidad geomorfológica predominante son las extensas llanuras aluviales integrado por las terrazas, o tablazos, cuya constitución litológica es principalmente de arcillas – limosas a arcillas arenosas englobando elementos granulares de ½” a 3” de diámetro en un porcentaje del 20 a 30%.

3.4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La característica estructural que predomina el sector norte de la costa peruana es un intenso fallamiento, tipo longitudinal (falta de tensión) de dirección aproximada NE – SO, y en menor proporción, otro de tipo transversal secundario (fallas de ajuste) de dirección aproximada NO – SE, siendo ambos sistemas sensiblemente paralelos a las quebradas existentes, es decir, con fallas que siguen a lo largo de la costa o también la atraviesan, originando así, una estructura de bloques fallados.

Otro tipo de estructura que se presenta son los plegamientos, que son del tipo anticlinal.

3.4.2.1 Tramo División Bayóvar - Piura - Sullana.

El área de influencia del tramo se insiere en la cuenca estructural terciaria - cuenca de Sechura o Cuenca Parandina, con dirección Sur - Norte, ubicada entre la cordillera de los andes y la antigua cordillera de la costa. Su geología está formada exclusivamente por rocas sedimentarias de edad cuaternaria, constituyendo los depósitos eólicos, depósitos aluviales y las terrazas del Tablazo Talara.

3.4.2.2 Tramo Sullana - Desvío Talara

El tramo Sullana Desvío Talara atraviesa parte de la cuenca Talara que presenta rocas del terciario, las cuales han sido cubiertas por materiales más recientes del cuaternario.

Las principales Quebradas que atraviesa son: la de Sóngora, Pan de Azúcar, Ancha que presentan material aluvial cuaternario.

La topografía en el tramo es llana sin cambios bruscos, la falla regional Huaynira la atraviesa aproximadamente en el Km. 1066 sin crear mayores problemas.

3.4.3 ESTRATIGRAFÍA

En la zona en estudio ubicada en el Nor Oeste de la costa peruana afloran rocas sedimentarias y metamórficas que, en edad, van desde el paleozoico al reciente. En dicha zona existió una gran cuenca de deposición de origen en parte marino y en parte continental, cuyos sedimentos afloran en el continente al elevarse la Cordillera Andina.

La columna estratigráfica en la zona del eje de trazo estudiado, 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, constituido por depósitos eólicos, fluviales y aluviales.

La secuencia estratigráfica del área en estudio está representada por rocas del Cretaceo Superior (Lutitas, Areniscas, Conglomerados, Limonitas) y por sedimentos recientes del Cuaternario (mezclas heterogéneas de fragmentos angulares y sub - angulares (gravas) de origen metamórfico englobados en matriz limo - arcillosa a areno - arcillosa de mediana a baja plasticidad (Tablazos) esta constitución hace que estos materiales sean altamente sensibles a la erosión fluvial y a la humedad haciéndoles perder sensiblemente sus cualidades estructurales y físicas.

3.4.3.1 Tramo División Bayovar - Piura - Sullana.

El presente tramo está formada exclusivamente por rocas sedimentarias de edad cuaternaria, constituyendo los Depósitos Eólicos, Depósitos Aluviales y las Terrazas del Tablazo Talara.

Los depósitos Eólicos cubren la mayor parte del área de influencia directa y están constituidos por arena eólica de grano fino o medio, con gran desarrollo de duna.

La acción de los vientos forma dunas que alcanzan fácilmente altitudes de 10 a 20m. teniendo forma de montículos en aquellos lugares donde hay vegetación y en forma de barcanas donde no lo hay. La velocidad de avance de las dunas es determinada por la fuerza del viento, especialmente en la hora de la tarde, durante las cuales el viento S o SE sopla con bastante fuerza.

Los depósitos aluviales comprenden en general a los depósitos coluviales y aluviales, sin estratificación definida, compuestos por fragmentos rocosos de diferente composición y tamaño, mayormente sin transporte ni selección considerable, gravas arena y otros depósitos delgados y alargados de material arcilloso.

En las cercanías del tramo se encuentra una fina franja terciaria - El Barranco de las Salinas - constituida por arcillas y lutitas diatomíticas y fosfáticas, intercaladas con areniscas calcáreas de la formación Zapayal.

3.4.3.2 Tramo Sullana Desvío Talara

En este tramo generalmente afloran rocas del cuaternario y en ciertas zonas predomina del terciario.

Estos sedimentos cuaternarios consisten en depósitos aluviales de arena, grava, arcillas mas consolidados que afloran en los valles, terrazas y tablazos respectivamente.

Las formaciones que se presentan en la zona son las siguientes:

a. Talara Superior.

Del Eoceno - Terciario, compuesto de lutitas gris oscuras y produzcas, calcáreas intercalado con areniscas. Presentando en ciertas áreas fallamiento inverso.

b. Formación Chira.

Del Eoceno compuesto por lutitas marrón y calizas margosas intercalado entre arenisca y conglomerado fino de fase marina.

c. Formación Verdun.

Del Eoceno compuesto por conglomerado grueso calcáreo en la base y lutita gris verdosa, de fase fluvio litoral.

d. Formación Mirador.

De Eoceno de areniscas y conglomerados finos intercalado con lutitas marrón oscuro.

Como información se adjunta el cuadro estratigráfico para este tramo:

Cuadro N° 3.2

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	SIMBOLOS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Dep. Eólicas. Dep. Aluviales recientes	Qr - e Qr - al
		PLEISTOCENO	Dep. Aluviales antiguo Tablazo Talara. Tablazo Mancora.	Qp - al Qp - tt Qp - tm
	TERCIARIO	MIOCENO	Fm. Mirador	Tm - m
		EOCENO	Fm. Chira Fm. Verdum Fm. Talara	Te - ch Te - v Te - t

A continuación se presenta la descripción geológica por kilometraje del eje de la vía y es la siguiente:

- **Km. 1018+700 - Km.1030+000.-** En el Km. 1020+683 se encuentra el río Chira. En la zona afloran mayormente depósitos aluviales recientes, la formación Miramar y la formación Chira.
- **Km. 1030+000 - Km.1040+000.-** Aflora la formación Chira del terciario y depósitos aluviales recientes.
- **Km. 1040+000 - Km. 1050+000.-** En el trayecto afloran depósitos cuaternarios aluviales, formación Mirador.
- **Km. 1050+000 - Km. 1060+000.-** Afloran en el trayecto la formación Chira.
- **Km. 1060+000 - Km. 1070+000.-** Afloran depósitos aluviales antiguos del pleistoceno.
- **Km. 1070+000 - Km. 1080+000.-** En el Km. 1071+000 aproximadamente se encuentra la quebrada Sóngora aluviales recientes, aflora el tablazo Máncora.
- **Km. 1080+000 - Km. 1093+432.-** En el trayecto afloran tablazos Máncora en el Km. 1080+350, aproximadamente se encuentra la quebrada Pan de Azúcar y a 1 Km. quebrada Ancha. En una zona reducida aflora la formación Talara y al final del tramo predomina el Tablazo Talara del Pleistoceno.

3.4.4 **HIDROGEOLOGÍA**

En la zona en estudio se observó indicios de varios afloramientos de agua que emergen en las quebradas temporales o secas ubicándose sobre el nivel del lecho de los ríos principales; estas ocurrencias indican que el nivel freático de la región tienden a drenar hacia las escorrentías principales.

Las quebradas y cursos de aguas son de régimen estacional permaneciendo secos en la mayoría del tiempo. El sistema de drenaje es paralelo a sub - paralelo y de características medianamente erráticas sus cursos principalmente en la zona llana; influenciando o facilitando por la escasa pendiente y la naturaleza deleznable o friable de los materiales constituyentes de las márgenes y/o lechos fenómeno que acondiciona o permite la divagación y/o ensanchamiento de sus cursos.

3.5 **MECANICA DE SUELOS.**

3.5.1 **TRAMO DIVISIÓN BAYOVAR - SULLANA**

Los suelos que cubren el área de influencia del tramo presentan características morfológicas y físico químicas poco variadas, debido principalmente a una cierta homogeneidad de los materiales parentales o litológicas, predominando los de textura gruesa a moderadamente gruesa.

Predominan las siguientes asociaciones de suelo clasificados según el Gran Grupo de Suelos a que pertenecen.

a. Asociación Torripsamment.

Incluye Suelos ácidos de naturaleza arenosa, derivados de materiales de textura gruesa transportados por acción aluviónica o por el viento. Se ubica en zona de dunas monticulares y arenados morfosos sobre piedemonte, dentro de un relieve ondulado suave, así como también en la llanura eólica.

Por la marcada limitación edáfica, aunada a las acumulaciones de origen eólico, estos suelos carecen de valor agrícola.

b. Asociación Calciortid.

Esta conformado por suelos áridos con horizonte cálcico, derivados de sedimentos marinos, constituidos principalmente por arenas, gravas y restos fosilíferos, presentando gran cantidad de carbonatos.

c. Asociación Torripsamente - Calciortid (60% - 40%)

Fisiográficamente, está ubicada en la planicie marina con influencia eólica y en las llanuras eólicas. La topografía varía de plana a ondulada. Su amplitud agrícola es nula.

d. Asociación Torrifluent - Calciortid (60% - 40%)

Se encuentra distribuida principalmente en la zona de depósitos fluviales recientes. Presenta una topografía plana, con pendiente de 10.2 %. Los suelos de esta asociación presentan buena aptitud agrícola.

3.5.2 TRAMO SULLANA - DESVÍO. TALARA.

Considerando el origen Geológico de los Suelos, estos están conformados por materiales residuales, modernos, transportados, aluviales y eólicos de naturaleza arcillosa, limosa y/o arenosa. En consecuencia son suelos fácilmente erosionables, inestables a los efectos de la humedad ya que pierden sus características portantes así como permiten cambios de volumen, afectando de esta manera las estructuras.

En zonas agrícolas de los valles del río Piura y Chira, predominan los suelos arcillosos de mediana y alta plasticidad, se encuentran en estado parcialmente saturado, clasificándose como CL o CH. Los suelos arenosos se clasifican como SM o SP - SM se encuentra también en estado parcialmente saturado y densificaciones que van de sueltos a medianamente sueltos.

3.6 METEOROLOGIA E HIDROLOGIA.

3.6.1 HIDROGRAFÍA

Desde el punto de vista Hidrográfico, los principales accidentes orográficos formados en la zona de estudio, que conducen o almacenan agua, ya sea en forma permanente o temporal en el transcurso del año son los ríos, quebradas y las lagunas. Asimismo, desde el punto de vista hidrogeológico es importante mencionar que en algunas zonas del área de estudio, el nivel del agua subterránea llega a niveles cercanos a la superficie.

En el tramo División Bayovar - Piura, se desarrolla en zona descrita con relieve plano y escasa presencia de cuencas colectoras, por encontrarse muy distante la cadena de picos donde nacen las cuencas que descargan en las llanuras sin llegar a cruzar la carretera. Esta zona corresponde al desierto de Sechura y los únicos ríos importantes están muy distantes, el río Piura al norte y el Motupe al sur, de modo que el área donde se ubica el tramo adolece de un eje colector por lo que a lo largo del tramo solamente se ha registrado un cauce significativo que es seco, donde existe una obra de arte de 3 ojos, siendo el resto de cruces importantes lo que corresponden a los canales y drenes de la Irrigación Chira-Piura.

Entra Sullana - Piura existen 5 cuencas, tres de ellas son subcuencas de la quebrada Las Monjas que cruza a la Panamericana en el Km. 6+140 (a 6 Km. de la ciudad de Piura).

Entre Sullana y Desvío Talara, el elemento hidrográfico predominante está constituido por los ríos o quebradas, cuyas cuencas en su mayoría son de forma alargada. Los cauces son rectos

en sus nacientes y primeros tramos de recorrido, debido a la mayor pendiente de la superficie. Al llegar a la zona intermedia y baja de la cuenca los cauces son sinuosos y divagantes.

3.6.2 FISIOGRAFÍA

La región en estudio es una llanura poco accidentada (tablazo). Es atravesada por una serie de ríos secos que tienen sus orígenes en zonas acolinadas o laderas empinadas.

Desde el punto de vista fisiográfico, se distinguen 2 tipos de paisajes:

a. Paisaje Aluvial .- Este paisaje es propio de las zonas adyacentes a los cauces y zonas bajas. Es más notorio en aquellas áreas donde es evidente la acción constructiva deposicional de materiales acarreados por los ríos y cursos de agua o la acción destructiva y erosional de los mismos.

b. Paisaje Colinoso.- Está conformado por los siguientes elementos:

b.1. Lomadas.- Son formas de tierra que presentan ondulaciones en el relieve general y que se elevan sobre los niveles de base, con alturas que no sobrepasan los 20 m.

Las pendientes dominantes son de 15%, característica notable es la convexidad que presenta en las cimas. En algunos sectores, las lomadas se han desarrollado sobre depósitos coluviónicos antiguos.

b.2. Colinas Bajas.- Son forma de tierra que se alzan sobre la base hasta alturas de 80 m. y que presentan declives dominantes entre 35% y 40%, corresponden por lo general a relieves relacionados con formaciones más resistentes que en algunos casos son rocosas.

b.3. Colinas Altas.- Alcanzan alturas hasta 300 m. y tienen declives hasta de 50%, son poco abundantes y sus relieves están en relación con formaciones rocosas más resistentes.

Desde el punto de vista de la cobertura vegetal de la zona de estudio, las especies vegetales predominantes son: El algarrobo, sapote, bichayo y hualtaco, entre las especies arbóreas. El piso vegetal está formado por gramíneas de corto período vegetativo y que prosperan sólo en la época veraniega de lluvias.

3.6.3 CLIMATOLOGÍA

El clima de la zona de estudio, se caracteriza por ser seco y cálido con precipitaciones temporales y temperaturas elevadas. Las precipitaciones más intensas se producen entre los meses de diciembre a abril, período en que también las temperaturas alcanzan sus valores más altos.

A continuación se describen las características de los fenómenos meteorológicos más importantes que definen el clima de la región en estudio:

3.6.3.1 Precipitación Pluvial

la precipitación pluvial es uno de los parámetros más representativos del clima de cualquier región. En el caso del presente estudio su importancia es mayor debido a que es el elemento básico que luego producirá la escorrentía en la superficie terrestre.

Este fenómeno meteorológico es registrado en la zona en estudio por las siguientes estaciones: Mallares, La Esperanza, Chilaco, Pananga, Miraflores, etc.

De manera general, en toda la región, las precipitaciones son de carácter estacional, presentándose con mayor intensidad y frecuencia en el período de diciembre a mayo. Asimismo, el período de junio a octubre se caracteriza por la escasez de precipitaciones.

Las regiones inferiores, cercanas a la costa, con precipitaciones anuales menores a 100 mm, se caracterizan por muy escasas pero muy intensas lluvias. El límite superior de los valores diarios observados hasta la fecha está alrededor de 150 mm. Asimismo, la precipitación media anual en la zona de estudio está alrededor de 200 mm/año. La precipitación máxima anual histórica es de 3500 mm/año.

3.6.3.2 Temperatura

Después de la precipitación pluvial, la temperatura es el parámetro meteorológico que determina el tipo de clima propio de cada región. Asimismo este parámetro incide directamente en otros parámetros meteorológicos tales como la evaporación y humedad relativa que son elementos importantes para la mantención del ciclo hidrológico.

La temperatura media mensual en la ciudad de Piura varía de 22°C (julio) a 28°C (Marzo). Las mayores temperaturas se presentan de enero a abril alcanzando su máximo valor instantáneo un valor de 37.8°C. Las temperaturas menores se presentan de junio a agosto siendo el valor instantáneo más bajo 9.7°C.

La temperatura en la zona en estudio es controlada por 4 estaciones que a continuación se detalla:

Cuadro N° 3.3

ESTACION	PERIODO	ALTITUD m.s.n.m.	Temperatura Media Anual °C
Mallares	1971-1998	90	25.0
La Esperanza	1967-1998	450	23.5
Chilaco	1967-1998	90	25.2
Miraflores	1963-1998	30	25.0

3.7 DRENAJE Y OBRAS DE ARTE.

La descripción del Sistema de Drenaje y Obras de Arte, constituye una recopilación de Información existente de los Expedientes Post Construcción del tramo en estudio, ejecutados en 1995.

El sistema de drenaje a consecuencia del fenómeno de “El Niño” de 1982-83, fue replanteado como parte del proceso de rehabilitación al que fue sometido después del desastre.

La nueva realidad con el surgimiento de cauces y cursos nuevos así como grandes sectores de la ruta borrados por las crecientes, obligó a estudiar y proyectar un sistema de Obras de Arte y Alcantarillado en zonas casi desérticas y secas por mucho tiempo.

Los trabajos ejecutados en la rehabilitación de 1995 constituyeron mejoras en el Sistema de Drenaje y Puentes, construidos posterior al fenómeno de 1983.

Actualmente (1998) el Sistema de Drenaje y Puentes se comportaron ineficientemente en muchos tramos de la Carretera Panamericana Norte; la evaluación de daños y los Lineamientos de Mitigación se desarrolla en los Capítulos posteriores.

El cuadro N° 3.4 muestra las características más importantes del Sistema de Drenaje y Obras de Arte, del tramo Sullana – Desvío Talara. De los otros tramos no se pudo recopilar la totalidad del sistema de drenaje. En el cuadro N° 3.4 se indica las progresivas correspondientes; asimismo, el nombre y las principales características de las obras de cruce.

Cuadro N° 3.4

INVENTARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y OBRAS DE ARTE EN LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE

TRAMO SULLANA - DESVIO TALARA

km. 1017,000 - 1093,342)

N°	Progresiva o Ubicación	Nombre	Numero ojos	Dimensión (m)		Longitud (m)	Esviaje
				Luz	Altura		
41	1033+395		1	0.75	0.78	15.00	0
42	1033+650		1	0.80	1.15	15.00	0
43	1034+240		1	2.00	2.00	17.00	18.5
44	1034+892		1	1.75	1.20	14.65	0
45	1034+909		1	0.80	0.72	15.40	0
46	1035+718,50		1	1.80	1.12	13.80	0
47	1037+218	Puente Peroles	3	3.40	2.60	15.45	51.5
48	1037+405		1	24"		11.25	11
49	1038+829,10		2	60"		16.00	0
50	1038+972		1	0.38	0.80	17.00	20
51	1039+064		2	36"		14.85	0
52	1040+403,28		1	2.50	1.00	20.00	0
53	1041+403,28		1	0.75	1.26	13.70	0
54	1041+904		1	1.63	1.63	13.70	0
55	1042+305,15		1	1.65	1.40	11.50	0
56	1042+684,71	Puente Ignacio Escudero	2	3.50	3.50	13.00	0
57	1042+716,78	Puente Ignacio Escudero	3	4.00	3.50	13.00	0
58	1042+857,20		1	0.80	0.80	14.70	0
59	1043+529		1	0.80	0.80	14.00	0
60	1043+764		1	1.65	1.50	15.20	0
61	1044+589,7		2	24"		12.30	0
62	1045+323		1	1.50	1.50	19.90	29
63	1045+638,20		1	36"		16.40	22
64	1045+638,20	Canal Miguel Checa	1	1.90	1.55	16.25	13
65	1045+950		2	1.40	1.45	15.80	8
66	1046+492,4		1	1.00	1.00	24.20	0
67	1046+714,85		1	1.00	0.95	12.65	0
68	1047+0,96	Quebrada "Corral de León"	3	1.95	1.50	12.70	0
69	1048+982,85		1	1.95	1.90	15.85	29
70	1049+440		1	1.00	1.00	18.15	0
71	1049+900		1	2.00	1.95	18.30	0
72	1050+144		2	2.42	2.45	18.75	0
73	1050+914,70		2	2.00	2.00	14.00	0
74	1051+317,15		1	1.00	0.90	14.38	0
75	1051+576,4		1	1.60	1.65	11.65	0
76	1052+0,15	Quebrada "Huaytaco"	1	4.95	2.80	12.50	25
77	1052+135,40	Quebrada "Huaytaco"	1	3.00	1.60	12.25	0
78	1052+293,67	Quebrada "Huaytaco"	1	3.00	1.20	12.45	0
79	1052+501,90	Quebrada "Huaytaco"	1	3.60	1.70	11.58	0
80	1052+541,65	Quebrada "Huaytaco"	1	2.60	1.83	11.70	0
81	1052+574,5	Quebrada "Huaytaco"	2	2.00	1.60	12.50	0

Cuadro N° 3.4

INVENTARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y OBRAS DE ARTE EN LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE

TRAMO SULLANA - DESVIO TALARA

km. 1017,000 - 1093,342)

N°	Progresiva o Ubicación	Nombre	Numero ojos	Dimensión (m)		Longitud (m)	Esviaje
				Luz	Altura		
124	1067+733,95		1	1.00	1.00	11.05	0
125	1068+311,50		3	3.00	1.50	13.10	0
126	1068+542,8		3	3.00	1.00	13.20	0
127	1068+703,25		1	1.00	0.95	16.85	0
128	1069+988,85		1	2.00	2.00	13.00	0
129	1070+556,35		2	1.50	1.80	16.00	0
130	1071+007,05		2	1.65	2.00	16.25	10
131	1071+089,1		3	2.80	2.00	14.10	65
132	1071+674,35		1	1.00	0.95	12.75	69
133	1072+002,28		2	3.77	3.10	11.95	25
134	1072+153,9		2	2.00	1.55	11.50	0
135	1072+610,5		1	2.60	1.25	11.90	0
136	1072+848,45		1	2.00	1.80	12.27	0
137	1073+157,3		2	2.00	1.50	12.05	24
138	1073+352,3		1	1.00	1.00	13.25	0
139	1074+417,40		1	0.85	1.00	14.20	0
140	1075+718,25		1	1.52	1.10	14.30	0
141	1077+425 - 1077+615						BADEN
142	1078+073,50		1	1.58	1.00	14.70	0
143	1078+333,20		1	1.97	1.70	14.50	22
144	1078+617		1	2.00	1.50	12.00	0
145	1079+070		1	1.63	1.95	14.69	0
146	1083+139,6		1	2.00	2.00	13.30	25.5
147	1083+681	Puente "Pan de Azúcar"	2	4.00	2.30	11.70	0
148	1084+020		2	4.00	2.50	11.80	0
149	1084+300		1	36"		12.00	0
150	1084+683	Puente "Dévora1"	4	4.00	3.50	11.50	0
151	1084+980	Puente "Dévora 2"	3	4.00	2.30	11.50	0
152	1085+350		1	5.60	1.70	14.82	0
153	1086+109,90		3	3.00	1.20	14.45	0
154	1087+162,10		1	3.00	0.90	14.10	0
155	1087+493,3		1	3.00	0.80	14.50	0
156	1088+575,45		1	1.55	1.00	14.90	35
157	1089+607,15		1	3.00	1.50	14.00	0
158	1090+856,60		1	3.00	1.25	14.00	0
159	1091+008		1	2.45	1.50	14.10	0
160	1092+262	Quebrada sin nombre	2	4.00	2.50	18.00	50
161	1092+860,7		1	3.00	1.50	13.55	0

Cuadro N° 3.4

INVENTARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y OBRAS DE ARTE EN LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE

TRAMO SULLANA - DESVIO TALARA

km. 1017,000 - 1093,342)

N°	Progresiva o Ubicación	Nombre	Numero ojos	Dimensión (m)		Longitud (m)	Esviaje
				Luz	Altura		
41	1033+395		1	0.75	0.78	15.00	0
42	1033+650		1	0.80	1.15	15.00	0
43	1034+240		1	2.00	2.00	17.00	18.5
44	1034+892		1	1.75	1.20	14.65	0
45	1034+909		1	0.80	0.72	15.40	0
46	1035+718,50		1	1.80	1.12	13.80	0
47	1037+218	Puente Peroles	3	3.40	2.60	15.45	51.5
48	1037+405		1	24"		11.25	11
49	1038+829,10		2	60"		16.00	0
50	1038+972		1	0.38	0.80	17.00	20
51	1039+064		2	36"		14.85	0
52	1040+403,28		1	2.50	1.00	20.00	0
53	1041+403,28		1	0.75	1.26	13.70	0
54	1041+904		1	1.63	1.63	13.70	0
55	1042+305,15		1	1.65	1.40	11.50	0
56	1042+684,71	Puente Ignacio Escudero	2	3.50	3.50	13.00	0
57	1042+716,78	Puente Ignacio Escudero	3	4.00	3.50	13.00	0
58	1042+857,20		1	0.80	0.80	14.70	0
59	1043+529		1	0.80	0.80	14.00	0
60	1043+764		1	1.65	1.50	15.20	0
61	1044+589,7		2	24"		12.30	0
62	1045+323		1	1.50	1.50	19.90	29
63	1045+638,20		1	36"		16.40	22
64	1045+638,20	Canal Miguel Checa	1	1.90	1.55	16.25	13
65	1045+950		2	1.40	1.45	15.80	8
66	1046+492,4		1	1.00	1.00	24.20	0
67	1046+714,85		1	1.00	0.95	12.65	0
68	1047+0,96	Quebrada "Corral de León"	3	1.95	1.50	12.70	0
69	1048+982,85		1	1.95	1.90	15.85	29
70	1049+440		1	1.00	1.00	18.15	0
71	1049+900		1	2.00	1.95	18.30	0
72	1050+144		2	2.42	2.45	18.75	0
73	1050+914,70		2	2.00	2.00	14.00	0
74	1051+317,15		1	1.00	0.90	14.38	0
75	1051+576,4		1	1.60	1.65	11.65	0
76	1052+0,15	Quebrada "Huaytaco"	1	4.95	2.80	12.50	25
77	1052+135,40	Quebrada "Huaytaco"	1	3.00	1.60	12.25	0
78	1052+293,67	Quebrada "Huaytaco"	1	3.00	1.20	12.45	0
79	1052+501,90	Quebrada "Huaytaco"	1	3.60	1.70	11.58	0
80	1052+541,65	Quebrada "Huaytaco"	1	2.60	1.83	11.70	0
81	1052+574,5	Quebrada "Huaytaco"	2	2.00	1.60	12.50	0

Cuadro N° 3.4

INVENTARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y OBRAS DE ARTE EN LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE

TRAMO SULLANA - DESVIO TALARA

km. 1017,000 - 1093,342)

N°	Progresiva o Ubicación	Nombre	Numero ojos	Dimensión (m)		Longitud (m)	Esviaje
				Luz	Altura		
124	1067+733,95		1	1.00	1.00	11.05	0
125	1068+311,50		3	3.00	1.50	13.10	0
126	1068+542,8		3	3.00	1.00	13.20	0
127	1068+703,25		1	1.00	0.95	16.85	0
128	1069+988,85		1	2.00	2.00	13.00	0
129	1070+556,35		2	1.50	1.80	16.00	0
130	1071+007,05		2	1.65	2.00	16.25	10
131	1071+089,1		3	2.80	2.00	14.10	65
132	1071+674,35		1	1.00	0.95	12.75	69
133	1072+002,28		2	3.77	3.10	11.95	25
134	1072+153,9		2	2.00	1.55	11.50	0
135	1072+610,5		1	2.60	1.25	11.90	0
136	1072+848,45		1	2.00	1.80	12.27	0
137	1073+157,3		2	2.00	1.50	12.05	24
138	1073+352,3		1	1.00	1.00	13.25	0
139	1074+417,40		1	0.85	1.00	14.20	0
140	1075+718,25		1	1.52	1.10	14.30	0
141	1077+425 - 1077+615						BADEN
142	1078+073,50		1	1.58	1.00	14.70	0
143	1078+333,20		1	1.97	1.70	14.50	22
144	1078+617		1	2.00	1.50	12.00	0
145	1079+070		1	1.63	1.95	14.69	0
146	1083+139,6		1	2.00	2.00	13.30	25.5
147	1083+681	Puente "Pan de Azúcar"	2	4.00	2.30	11.70	0
148	1084+020		2	4.00	2.50	11.80	0
149	1084+300		1	36"		12.00	0
150	1084+683	Puente "Dévora 1"	4	4.00	3.50	11.50	0
151	1084+980	Puente "Dévora 2"	3	4.00	2.30	11.50	0
152	1085+350		1	5.60	1.70	14.82	0
153	1086+109,90		3	3.00	1.20	14.45	0
154	1087+162,10		1	3.00	0.90	14.10	0
155	1087+493,3		1	3.00	0.80	14.50	0
156	1088+575,45		1	1.55	1.00	14.90	35
157	1089+607,15		1	3.00	1.50	14.00	0
158	1090+856,60		1	3.00	1.25	14.00	0
159	1091+008		1	2.45	1.50	14.10	0
160	1092+262	Quebrada sin nombre	2	4.00	2.50	18.00	50
161	1092+860,7		1	3.00	1.50	13.55	0

CAPITULO IV

Efectos del Fenómeno de “El Niño”

1997-98



Tramo de la Panamericana Norte afectada por las fuertes crecientes; tramo Sullana –
Talara

4.1 INTRODUCCION

La Panamericana Norte en el tramo División Bayovar – Desvío Talara fue afectada considerablemente por los últimos eventos extraordinarios ocurridos en la zona, en especial por el fenómeno de "El Niño" de 1983 (extraordinario) y 1998 (fuerte).

A consecuencia del fenómeno se originaron precipitaciones pluviales, que cayeron sobre una determinada cuenca, produciendo flujo de agua, lodo y escombros en las quebradas; éste al seguir su curso natural era obstruido y/o reducido el ancho normal de drenaje, por estructuras de cruce, las que en su mayoría se comportaron ineficientemente para el paso normal de la quebrada.

En el presente capítulo, se determinaran los tipos de daños más comunes en el tramo División Bayovar – Desvío Talara, en relación a los efectos producidos en los elementos de la carretera (terraplenes, alcantarillas, pontones y puentes), por los siguientes agentes: flujo de quebradas, precipitaciones pluviales, deslizamientos, y la formación de lagunas por el desborde de ríos y quebradas.

Asimismo, se determinó las causas de los diferentes tipo de daños, siendo éstos: aumento del caudal de las quebradas, producto de las fuertes precipitaciones; interrupción del transporte sólido por las obras de cruce; estrechamiento del cauce natural de las quebradas, debido a la reducción del área útil de drenaje natural, como el caso de puentes, pontones y alcantarillas; falta de protección en los taludes de los terraplenes; y la ineficiencia del diseño hidráulico de las obras de cruce. Posteriormente, de haber determinado las causas, se plantean lineamientos generales de solución para las diferentes fallas.

Para el desarrollo del presente capítulo, se requiere tener conocimientos básicos acerca del comportamiento del agua, el cuál se encuentra íntimamente ligado al fenómeno de "El Niño", tales conceptos se desarrolla en el acápite 4.2.

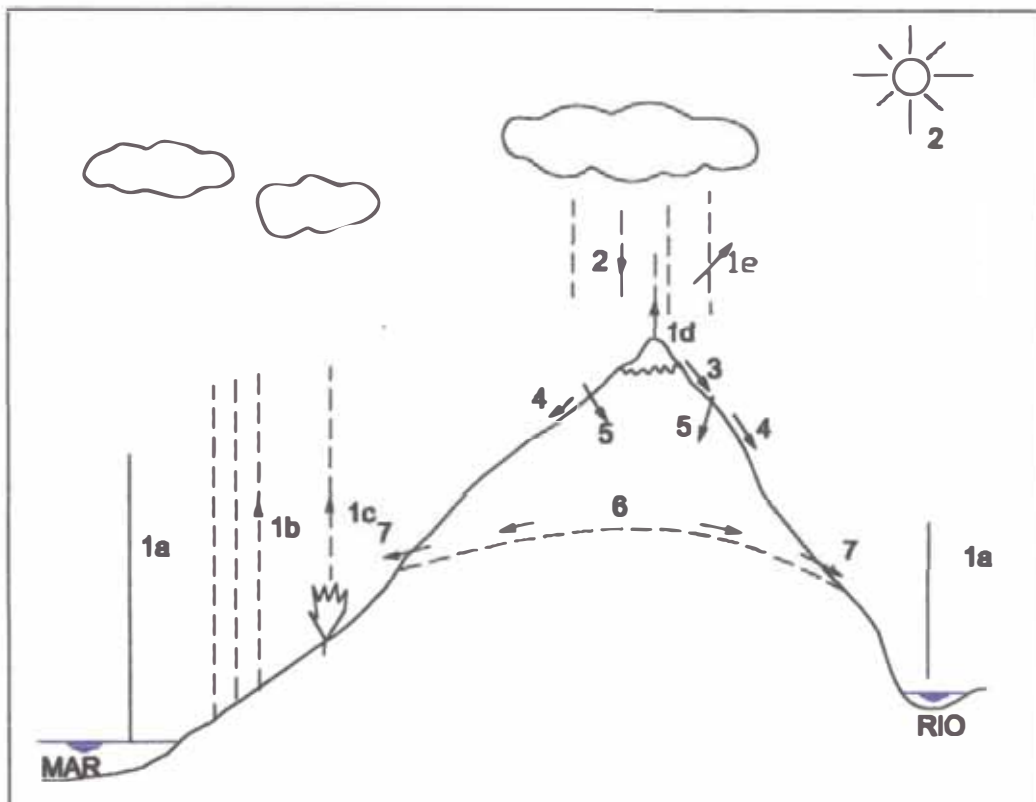
4.2 CONCEPTOS BASICOS

4.2.1 EL CICLO HIDROLÓGICO

Se denomina Ciclo Hidrológico al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.)

La **figura N° 4.1** muestra un esquema completo del ciclo hidrológico. (Chereque, W; 1990).

- | | | | |
|-------|--|-----|--|
| (1 a) | Evaporación desde superficies de agua (mares, ríos, lagos, etc.) | (2) | Precipitación, en forma de lluvia, nevada o granizada. |
| (1 b) | Evaporación desde superficies húmedas de suelo. | (3) | Fusión. |
| (1 c) | Evaporación desde plantas (transpiración) | (4) | Escurrentía. |
| (1 d) | Evaporación desde la nieve. | (5) | Infiltración. |
| (1 e) | Evaporación desde la precipitación misma. | (6) | Capas de agua subterránea. |
| | | (7) | Manantiales. |
| | | (8) | Rayos solares. |



Las precipitaciones pluviales producidas por el fenómeno de "El Niño", muestran uno de los períodos más lluviosos que cumple el Ciclo Hidrológico, en altitudes relativamente bajas, donde normalmente las lluvias deberían ser de menor intensidad.

Se define el concepto de Ciclo Hidrológico, para poder entender y tener presente que el agua al cumplir su ciclo natural es alterado por la acción del hombre. El hombre interviene al cerrar o reducir los cauces naturales de las quebradas o ríos, colocando terraplenes y obras de cruce, los cuales en su mayoría son arrasados parcial o totalmente. Por tanto, el hombre al construir las carreteras y obras de cruce debería adaptar las estructuras a la forma de los cauces naturales de las quebradas, respetando su área de inundación; por ende, obstruir en lo mínimo el curso natural que sigue el agua, al cumplir una de sus etapas durante el Ciclo Hidrológico. (Chereque, W; 1990)

4.2.1.1 La Precipitación

Se define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación. (Chereque, W; 1990).

La principal fuente de humedad para la precipitación la constituye la evaporación desde la superficie de los océanos. Sin embargo, la cercanía a los océanos no conlleva una precipitación proporcional, como lo demuestran muchas islas desérticas y zonas donde precipitan lluvias intensas (caso de la zona norte del Perú). Son los factores del clima altitud, latitud, continentalidad, corrientes marinas, vientos dominantes y las barreras orográficas, las que determinan la humedad atmosférica sobre una región. (Chereque, W; 1990).

Las precipitaciones se clasifican en tres grupos, según el factor responsable del levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para que se produzca cantidades significativas de precipitación: .(Chereque, W; 1990)

- Las precipitaciones Convectivas
- Precipitaciones Orográficas
- Precipitaciones Ciclónicas

La Precipitación se mide fundamentalmente con tres instrumentos: .(Chereque, W; 1990)

- Pluviómetros simples
- Pluviómetros registradores (pluviógrafo)
- Pluviómetros totalizadores

4.2.1.2 La Infiltración

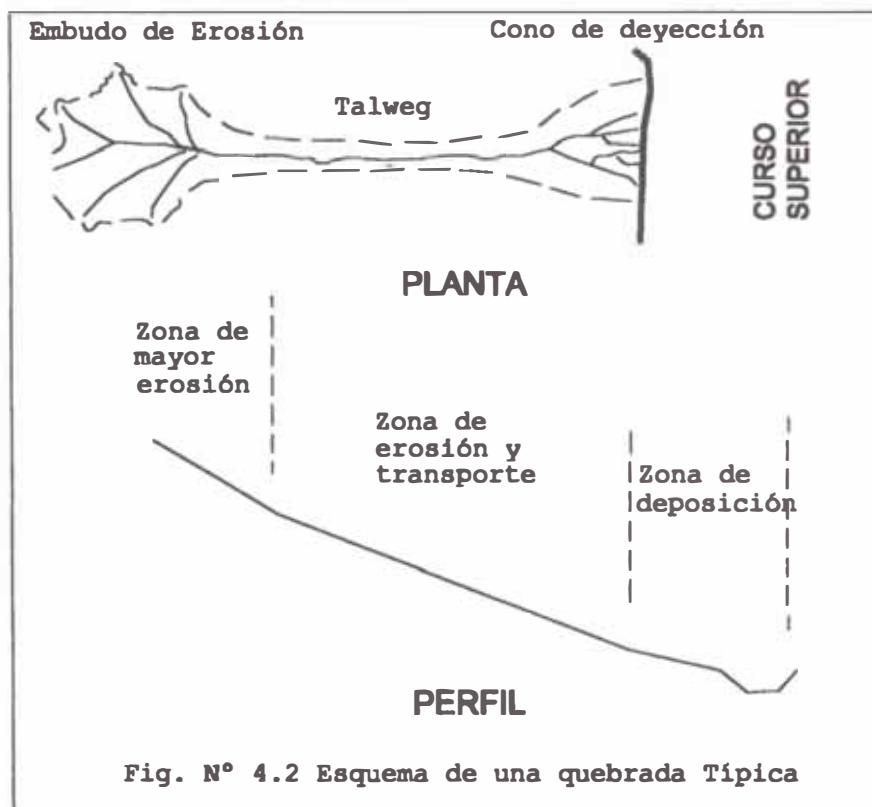
Cuando llueve, parte de la lluvia del comienzo es retenida en la cobertura vegetal como intercepción y en las depresiones del terreno como almacenamiento superficial. Conforme continúa la lluvia, el suelo se cubre de una delgada capa de agua conocido como detención superficial, y el flujo comienza pendiente abajo hacia los cursos, lo que constituye la escorrentía superficial. Inmediatamente debajo de la superficie tiene lugar la escorrentía sub superficial y las dos escorrentías, la superficial y la sub superficial, las cuales constituyen la escorrentía directa. La infiltración es el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra; la percolación es el movimiento del agua dentro del suelo y ambos fenómenos, la infiltración y la percolación, están íntimamente ligados. (Rocha, A; 1998).

4.2.2 FLUJO DE QUEBRADAS

4.2.2.1 Definición

Una quebrada es una forma topográfica producto de la fuerza erosiva de la precipitación en una región de terreno erosionable, bajo condiciones climáticas que le confieren un caudal con bruscas variaciones, en las que alternan fuertes estiajes con repentinas crecidas. En estructura son similares a los ríos, poseen una cuenca de recepción (embudo de erosión), un cauce de transporte (Talweg) y un cono de deyección al llegar a un río o al mar (ver fig. N° 4.2); a diferencia de los ríos, las quebradas en nuestro país se caracterizan por tener pequeñas cuencas de recepción (Áreas < 150 Km²). (Arancibia, A; tesis UNI –FIC, 1998).

En el proceso de formación de una quebrada, ésta atraviesa por cuatro etapas diferentes. En la primera etapa, debido al efecto de la lluvia, se inicia el proceso erosivo y un lavado superficial que involucra un transporte de material y la escorrentía superficial; como efecto de éste lavado superficial se forman pequeños canales sin un curso definido. En la segunda etapa, continúa el lavado superficial formándose un cauce definido de sección similar a la de un río; se inicia una erosión regresiva producto de la cual la quebrada comienza a crecer longitudinalmente. En la tercera etapa, continúa el proceso erosivo, la quebrada sigue creciendo longitudinalmente y se ensancha. En la cuarta etapa, la quebrada ya cuenta con un cauce definido y alcanza cierta estabilidad. (Arancibia, A; tesis UNI – FIC, 1998).



4.2.2.2 Tipos de flujo que discurren por una quebrada.

La importancia del tipo de flujo que discurre por una quebrada, está dada por el daño que puede ocasionar en su entorno. Los flujos que discurren por las quebradas son en general intermitentes y pueden ser: (Arancibia, A; tesis UNI – FIC, 1998).

- a. Flujo de agua poco o nada turbia o Avenida (flood), puede ser de flujo permanente o intermitente, se presenta generalmente en zonas altas (cordillera) y cerca a nevados.
- b. Flujo de lodos (mud flow), flujo espeso constituido sobretodo de material fino que fluye en forma lenta.
- c. Flujo de escombros (debris flow), similar al flujo de lodo, con la diferencia que el material que transporta esta constituido de materiales más gruesos.
- d. Los Huaycos, fenómeno debido al cuál una gran masa de material compuesto de suelos, rocas, arbustos y en muchos casos grandes troncos, etc., son arrancados de la parte alta de las laderas de una quebrada o una montaña por efectos de lluvias torrenciales. El material es transportado en forma violenta a velocidades variable. Es uno de los fenómenos de mayor frecuencia y que más daños han causado en nuestro país.

4.2.2.3 Factores que influyen en el tipo de flujo

Estos factores no sólo influyen en el tipo de flujo, sino que son parámetros que ayudan a definir la probabilidad de ocurrencia del flujo que mayor daño causa, en nuestro caso los huaicos. Podríamos resumirlos en: (Arancibia, A; tesis UNI – FIC, 1998).

- a. **Area de la cuenca de recepción.**- Zona donde luego de la precipitación, las aguas no infiltradas discurren y por concentración comienzan a formar torrentes. A mayor área, mayor será la cantidad de agua que recepcionará y mayor el volumen del flujo.
- b. **Pendiente.**- Como existen tres zonas bien definidas, cada zona posee una pendiente, según las cuales a mayor pendiente mayor será la velocidad del flujo, y habrá mayor posibilidad de erosión e inestabilidad de la zona.
- c. **Clima.**- Para condiciones climáticas adversas en las que se presentan frecuentes lluvias o alternan intensas sequías, con intensas precipitaciones, ocasionarán la activación de la quebrada.
- d. **Tipo de Suelo.**- Dependiendo del tipo de suelo, la capacidad para soportar el efecto erosivo, la permeabilidad, cobertura vegetal, será mayor o menor el aporte de material (orgánico e inorgánico) al flujo.

Los factores mencionados se encuentran interrelacionados, la localización no sólo influirá en el tipo de flujo que discurrirá por una quebrada debido a condiciones de clima y suelo parecidas, también definirá ciertas características comunes, así por ejemplo: las quebradas de la costa norte son de mayor ancho, menor pendiente y el material del lecho más fino que una quebrada de la sierra central, que al contrario son angostas, de fuertes pendientes y con materiales gruesos en su lecho.

4.2.3. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Se dice que un río es de fondo móvil cuando presenta un transporte continuo de las partículas constituyentes del fondo. Este material de transporte proviene de la erosión de la cuenca como consecuencia de las lluvias y de otros agentes atmosféricos que se presentan en ella.

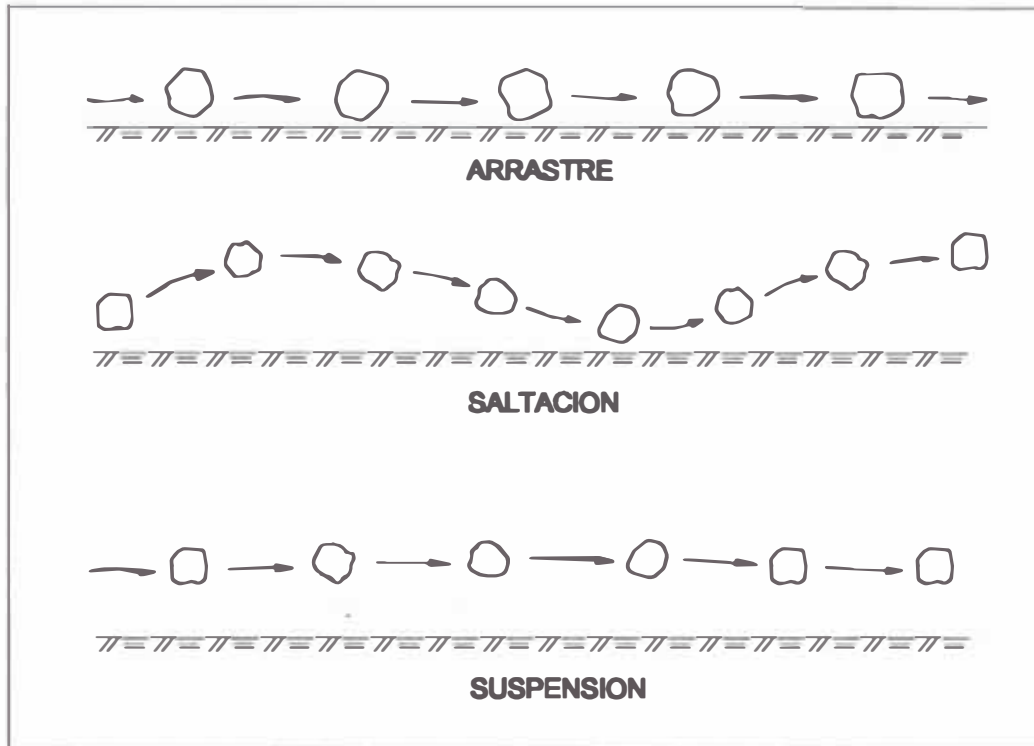
El transporte se produce aún para una situación de permanencia ($Q = \text{constante}$), sin embargo, las variaciones eventuales del gasto producen una gran variación en el transporte como consecuencia la sección transversal experimenta cambios morfológicos. Se puede producir una variación en la altura o en el ancho. En consecuencia la geometría de la sección transversal resulta ser una función del transporte sólido.

4.2.3.1 Modos de transporte

Las partículas son transportadas fundamentalmente de dos maneras diferentes: las de mayor tamaño ruedan sobre el fondo constituyendo el transporte sólido de fondo; las más finas van en suspensión. Es posible que ciertas partículas se transporten de un modo especial: a saltos. No constituyen propiamente material de fondo ni material en suspensión. A esta modalidad se le denomina transporte por saltación.

No existe una proporción definida entre las cantidades de material sólido de fondo y las de material en suspensión. Generalmente el gasto sólido en suspensión es mayor que el gasto sólido de fondo. Se entiende por gasto sólido el peso o el volumen de sólidos que pasa por una sección determinada en la unidad de tiempo.

Los modos de transporte pueden presentarse sucesivamente para un mismo material de fondo con valores diferentes de la velocidad del flujo. (fig. N° 4.3).

Figura N° 4.3 Modos de transporte de sedimentos (Rocha A.; 1998).

4.2.3.2 Variación del transporte sólido con el tiempo

El transporte sólido de un río no es constante a lo largo de todo el año. Se han visto que representa una cierta función del gasto, aunque no se puede establecer una ley genérica.

Los gastos muy grandes transportan la mayor cantidad de sólidos en suspensión y fondo y constituyen la causa de los cambios en el río mediante corte de bancos, depósitos en forma de barras, inundación de tierras de cultivo, erosión del lecho y erosiones locales.

En algunos ríos pequeños se ha observado que el 60% del agua y el 90% de los sólidos de todo el año han sido descargados en unos pocos días de avenidas. (Rocha A.; 1998).

4.2.4 EROSIÓN Y SOCAVACIÓN EN CAUCES NATURALES.

La erosión que produce socavación, consiste en la remoción de partículas del suelo. Las características que se describen en este acápite se refieren a la remoción de partículas, por acción del agua, en el fondo de cauces, en las proximidades de pilas, estribos y caídas, por aumento de la velocidad del fluido o por la acción de chorros y vórtices específicos.

El fenómeno de la socavación se relaciona con dos de los más complejos problemas hidráulicos; la mecánica del transporte de sedimentos y la capa límite tridimensional. Además la gran diferencia existente entre los diversos ríos, y la variación con el tiempo, de algunos de los factores dominantes en el proceso, hacen de la socavación un fenómeno inestable de difícil solución experimental o analítica ya que la modificación del patrón de flujo provoca cambios en la capacidad de transporte de sedimentos del río o quebrada.

La magnitud de la socavación está relacionada con otras erosiones que se producen en los cauces naturales y dependen de las características de la corriente y de las propiedades de los materiales del fondo.

En aquellas secciones de un río ó quebrada por las que cruza un puente, pontón o alcantarilla, pueden presentarse cinco tipos diferentes de erosión que conjuntamente determinan la profundidad máxima a la que descende el fondo de un cauce, a esta se le denomina socavación total y es el resultado del efecto de varias socavaciones originadas por causas distintas. Según Maza (1967), ellos son:

- a. Socavación general del cauce producida durante el flujo de una avenida por aumento de la capacidad de transporte del río.
- b. Socavación transversal bajo el puente u obra de arte por aumento de la velocidad originada por la disminución de la sección transversal.
- c. Socavación en las zonas externas de las curvas causadas por los flujos secundarios que arrastran material del fondo hacia el interior de la curva.
- d. Socavación local al pie de pilas y estribos por generación de vórtices a causa del desvío de las líneas de corriente.
- e. Socavación por degradación de los cauces aguas abajo de embalses y otras estructuras que retienen los sedimentos.

4.2.4.1 Socavación General y Transversal del Cauce.

Generalmente, la socavación general y la transversal se estudian en forma conjunta ya que se suelen producir en forma simultánea. Cuando ocurre una avenida en un río, se producen alteraciones en la corriente, en el fondo y orillas del cauce. Los cambios que sufre

la forma del cauce se deben a la mayor capacidad de arrastre de la corriente, la cual, al arrastrar un mayor número de partículas en suspensión y tomarlas del fondo, hace que este descienda (Maza, J.; 1968).

El fenómeno explicado es más notorio en aquellas zonas donde se tengan reducciones del área útil, como sucede en muchas ocasiones en los cruces de los puentes, donde se construyen pilas, estribos y terraplenes de acceso (Maza, J.; 1968).

Para determinar la socavación general se utiliza el criterio propuesto por Lischvan – Levediev. Al aplicar su método, ellos hacen una serie de clasificaciones de los cauces de los ríos y de los materiales de que están formados (Maza, J.; 1968).

La primera clasificación consiste en determinar si existe un cauce principal definido, es decir, con orillas bien marcadas, por donde hay arrastre de fondo constante (fig. N° 4.4), o si es indefinido, o sea que existe una superficie casi plana sobre la que el río escurre por varias partes al mismo tiempo (fig. N° 4.5). (Maza, J.; 1968).

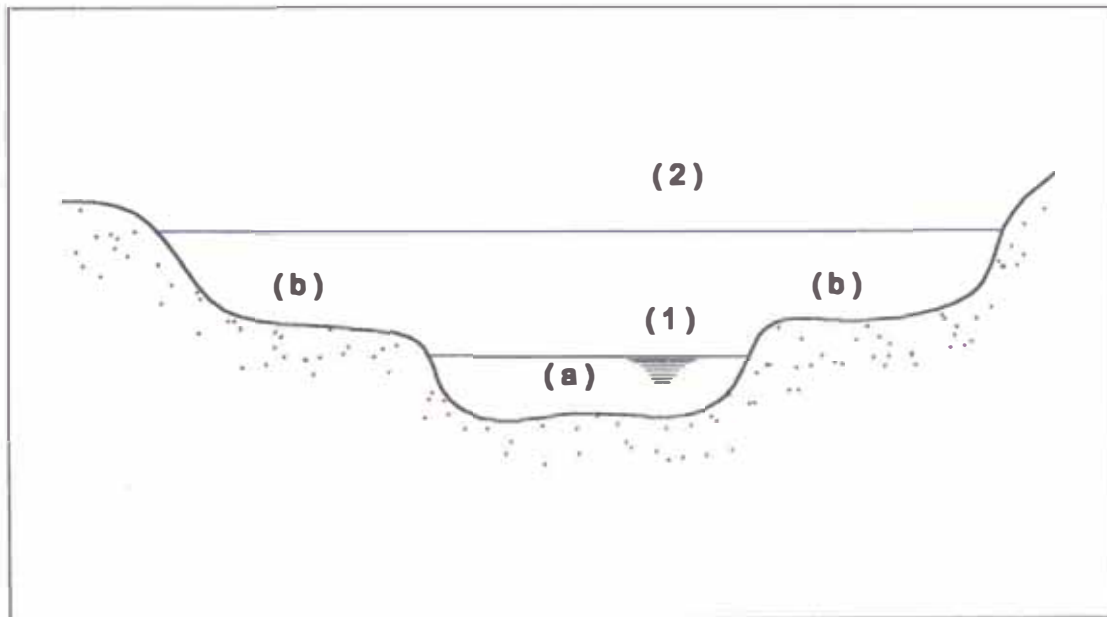


Figura N° 4.4 : Sección de un cauce natural principal definido. (Maza, J.; 1968).

- (a) Cauce principal, con franco arrastre de material.
- (b) Cauce de avenidas, en algunas ocasiones cubierto con algo de vegetación.
- (1) Nivel de aguas mínimas ordinarias.
- (2) Nivel de aguas máximas ordinarias.

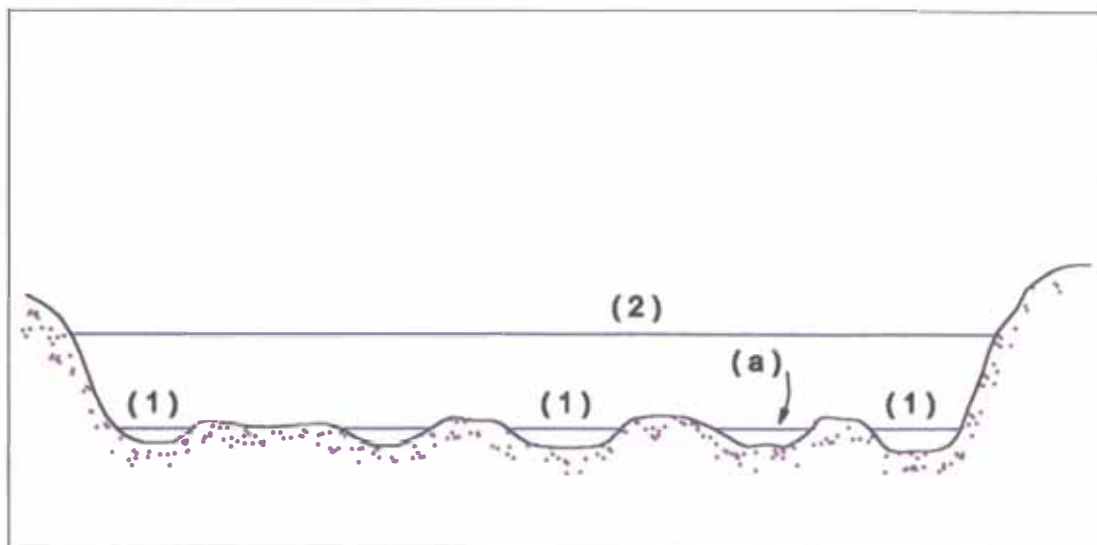


Figura N° 4.5: (Sección de un río con cauce principal indefinido. (Maza, J.; 1968).

- (a) Posible cauce principal.
- (1) Nivel de aguas mínimas.
- (2) Nivel de aguas máximas ordinarias.

Otro aspecto de importancia que el método toma en cuenta, es la textura del material de fondo, diferenciando entre el material cohesivo, limo y arcilla, y el material no cohesivo, grava y arena. (Maza, J.; 1968).

En el estudio de la socavación general se considerará además la distribución del material en el subsuelo, ya sea en forma homogénea o heterogénea. (Maza, J.; 1968).

El perfil transversal de la sección, el caudal de diseño y el tirante de agua correspondiente, el análisis granulométrico y la distribución de los materiales del lecho son los datos básicos necesarios para la aplicación de este método, que se basa en el equilibrio existente entre la velocidad media real del agua, V_r , y la velocidad necesaria para el inicio del arrastre del material de fondo V_e , en el instante en que se detiene el proceso de socavación. (Maza, J.; 1968).

Al aumentar la velocidad de la corriente por incremento del caudal, aumenta también su capacidad de transporte de sedimentos, iniciándose el proceso erosivo. Debido a éste, la sección transversal aumenta disminuyendo la velocidad, y con ella la capacidad de transporte hasta que la erosión se detiene. La hipótesis principal de trabajo establece que el gasto por unidad de ancho permanece constante durante todo el proceso erosivo.

4.2.4.2 Erosión y degradación en lechos aluviales

Cuando se rompe el equilibrio de un río estable puede ocurrir degradación o agradación en su cauce, las variaciones en el fondo que pueden afectar las obras hidráulicas pueden ser descritas considerando tres tipos de fenómenos interrelacionados:

- a. Erosión Local, causado por perturbaciones locales en el flujo tales como vórtices y remolinos. Ejemplos son la erosión en la base de las pilas, diques y obstrucciones similares.
- b. Erosión debida a una contracción en el cauce, causando mayores velocidades en el ancho contraído. Ejemplos son erosión en corrientes contraídas por espigones, diques puentes y acumulación de material en las luces de los puentes.
- c. Degradación o Agradación en una corriente, que ocurre solamente sobre relativamente largos tramos y períodos de tiempo, debido a cambios en controles tales como presas, cambios en el aporte de sedimentos y cambios en la forma de los ríos tales como un río meándrico a uno trenzado.

Estos efectos deben ser agregados algebraicamente para determinar la erosión local y degradación o agradación de los cauces. La degradación o agradación del cauce debe ser estudiada con antelación de otro modo, tratándose de estructuras hidráulicas las profundidades de cimentación pueden resultar inadecuadas. (Ibañez, P; 1996)

4.2.4.3 Erosión en curvas

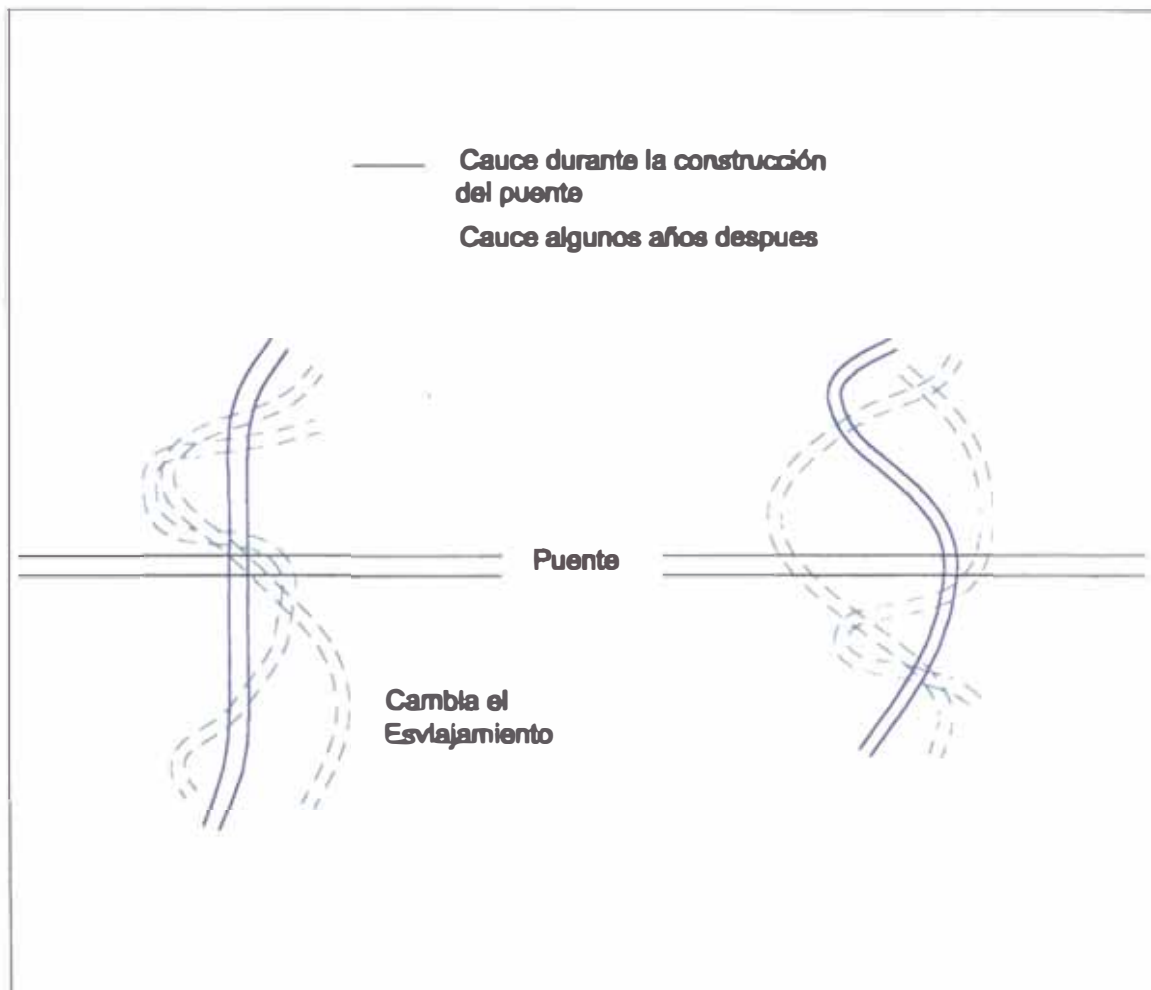
El cauce de un río nunca es permanente, sino que va sufriendo alteraciones, debidas, entre otras causas, a su acción erosiva en las curvas, a que en las zonas donde disminuye su velocidad aumenta el depósito de materiales, lo que a su vez disminuye el paso del caudal sobre dicha zona, etc., y principalmente, a que el gasto que transita por él tampoco es constante, con lo que varía en cada momento su acción erosiva y su capacidad de transporte. (Maza, J.; 1968).

En términos generales, de acuerdo con la forma de las curvas que tiende a formar un río, se pueden establecer tres grandes grupos: (Maza, J.; 1968).

- a. Ríos de llanura con meandros.
- b. Ríos con curvas irregulares
- c. Ríos con cauces errantes

- a. **Ríos de llanura con meandros.-** Son aquellos en los que en planta se observa la formación de curvas pronunciadas y regulares (fig. N° 4.6). Teóricamente los ríos que pueden formar meandros son aquellos para los cuales el número de Froude de la corriente, para condiciones medias, alcanza un valor entre 0.20 y 0.02; y cuyo exponente, m , se encuentra entre 0.50 y 0.75.

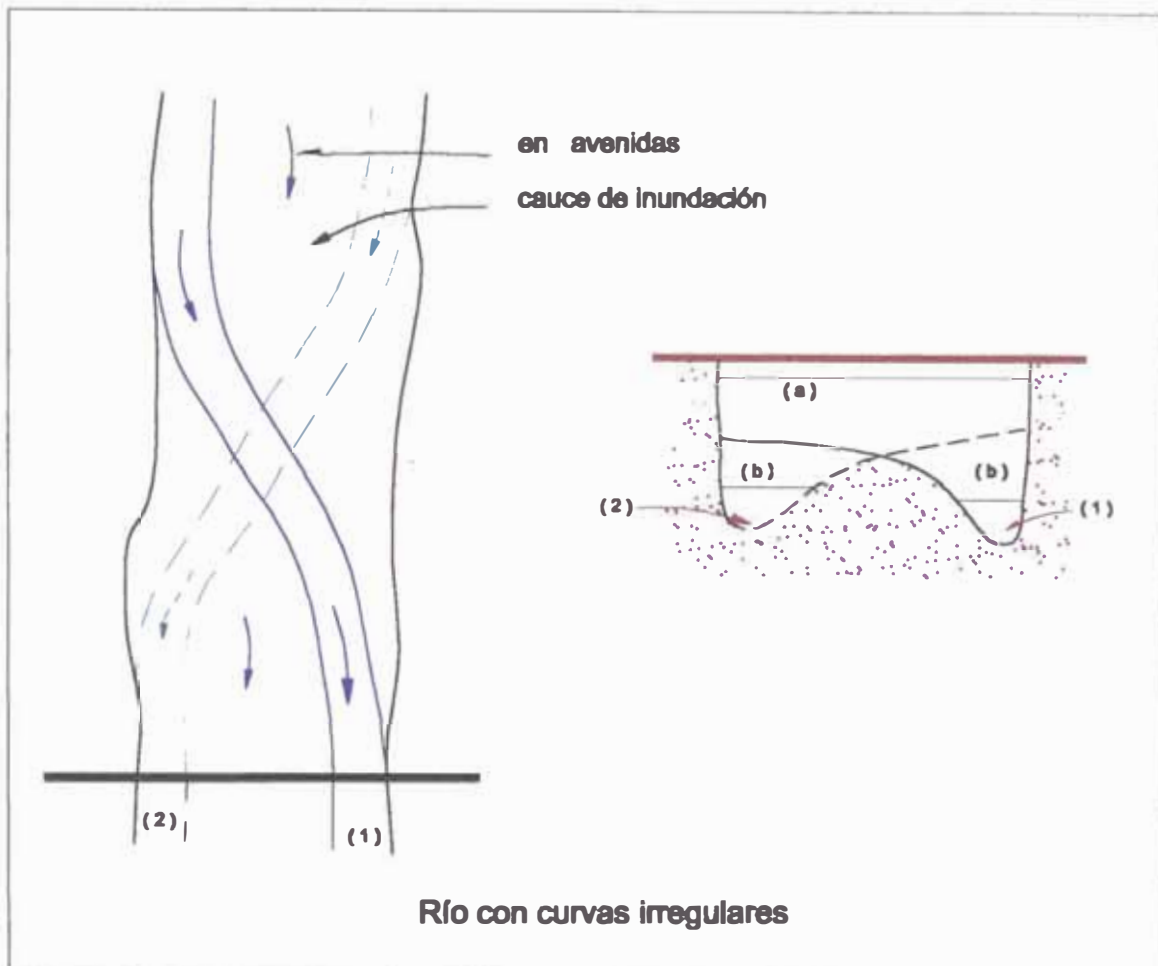
Figura N° 4.6: Posible avance de una curva en la sección de un puente. (Maza, J.; 1968).



- b. **Ríos con curvas irregulares.-** Son aquellos en los que el número de Froude de la corriente se encuentra comprendido entre 0.04 y 0.50, y donde el exponente m varía entre 0.60 y 0.75. La principal diferencia entre los ríos sin meandros y los anteriores, es que sus curvas se presentan en forma irregular y con radios de curvatura muy diversos (Fig. N° 4.7).

Figura N° 4.7 Ríos con curvas irregulares. (Maza, J.; 1968).

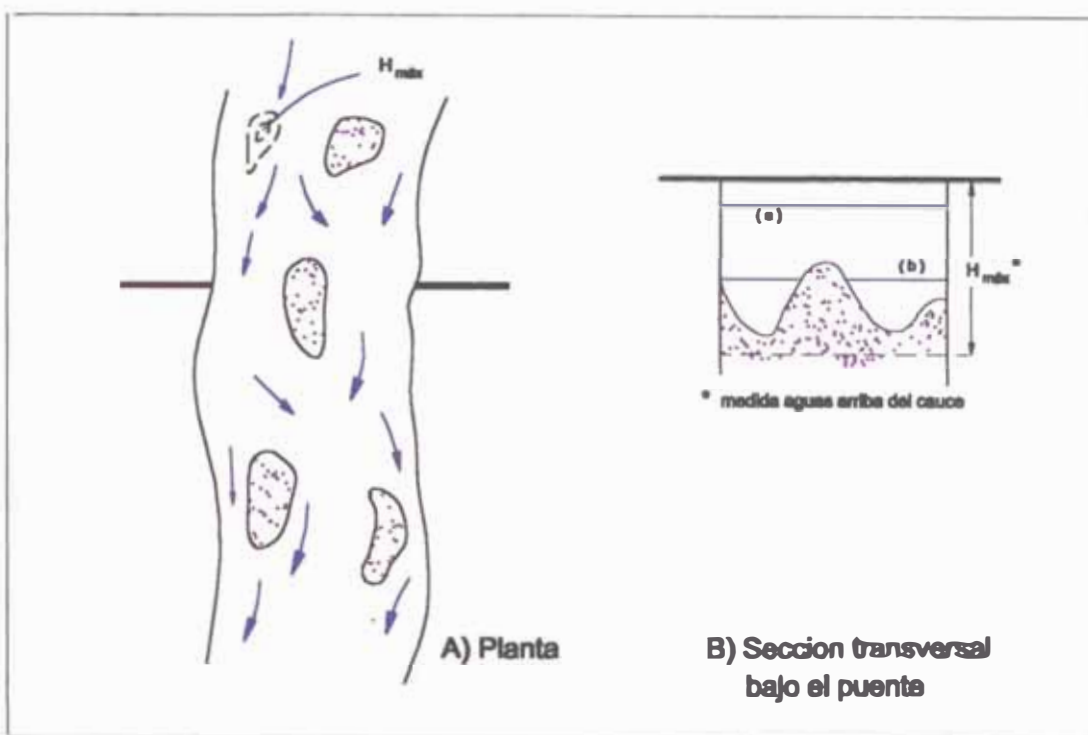
- (1) Cauce durante la construcción del puente.
- (2) Cauce algunos años después.
- (a) Nivel de aguas máximas.
- (b) Nivel de aguas mínimas.



- c. **Ríos con cauces errantes.**- Son aquellos en los cuales se forman islas que dividen el cauce. Estas islas están distribuidas en forma muy irregular y pueden presentarse varias en una misma sección, por lo que el río correrá por dos, tres o más cauces en esas partes. Estos bancos de arena, grava, y bolea avanzan hacia aguas abajo principalmente en la época de avenidas. El número de Froude para estas corrientes puede estar comprendido entre 0.20 y 0.50 y el factor de forma entre 0.75 y 0.80. (Fig. N° 4.8)

Figura N° 4.8 : Cruce de un puente sobre un río con cauce errante. (Maza, J;1968)

- (a) Nivel de aguas máximas.
- (b) Nivel de aguas mínimas.



4.2.4.4 Erosión local

Se ha mencionado que la erosión local se produce allí donde se generan remolinos por importantes cambios de dirección del flujo. La erosión causa el abatimiento de un sector definido del fondo del cauce por debajo de su nivel natural. La profundidad de erosión define a la profundidad del hueco de erosión aguas arriba y aguas abajo de la pila. (fig. N° 4.9).(Ibañez, P; 1996).

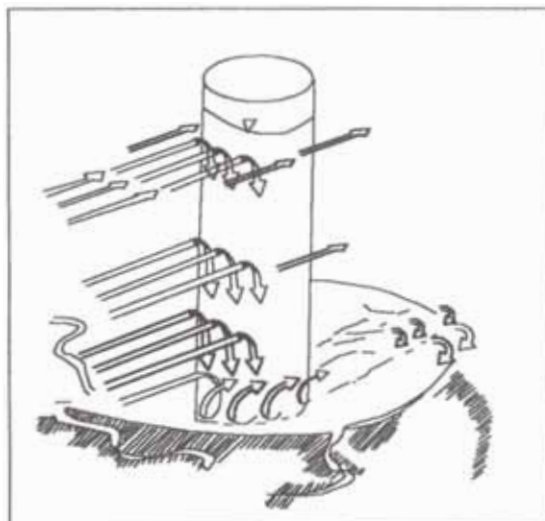
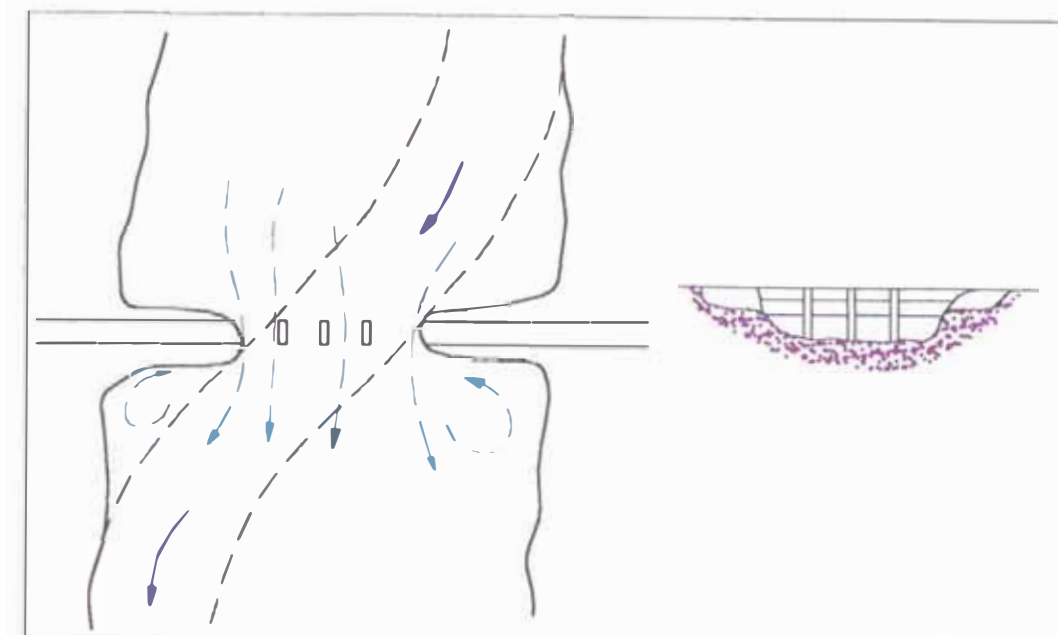


Figura N° 4.9 : Erosión local alrededor de una pila. (Rocha, A; 1998)

Figura N° 4.10 : Erosión local máxima debida al esviajamiento, con gastos medios. (Maza, J; 1968)



La erosión local puede ocurrir en conjunto (o en ausencia) con degradación o agradación y erosión por contracción. Para propósitos prácticos se consideran tres tipos de erosión (Ibañez, P; 1996):

- Erosión estable: En general las perturbaciones locales causadas por una pila resultan en pequeña o amplia erosión local alrededor de la estructura.
- Erosión con agua clara: La erosión es continua y la profundidad de erosión crece con el tiempo hasta que alcanza un valor límite.
- Erosión con flujo de sedimentos variables.

a. Mecanismos de erosión local.

La erosión local ocurre en regiones de flujo no uniforme donde la mezcla agua sedimento es acelerada o desacelerada. Las causas más importantes de la erosión local son las fluctuaciones de fuerzas como: presión, sustentación y cortantes.

b. Evaluación de la erosión local.

La erosión local es función de muchos factores, algunos de los cuales se enumeran:

- Características del lecho del fondo insitu.
- Características de los sedimentos transportados.
- Características del hidrograma de las avenidas y la historia de anteriores y recientes avenidas.
- Dirección del flujo en el fondo como función de la profundidad del flujo.

- Acumulación de Palizada, tronco de árboles, etc.
- Características de los materiales de protección.

La cantidad y complejidad de estos factores han limitado los conocimientos y aproximaciones experimentales y teóricos satisfactorios en ciertos casos.

4.2.5 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE FALLAS DE TALUDES Y DESLIZAMIENTOS

Los estados anormales de taludes pueden dividirse en deslizamientos y fallas; sin embargo, éstos no pueden definirse claramente, existiendo muchos estados intermedios que no pueden distinguirse entre ambos. Debido a esto, son llamados algunas veces fallas tipo deslizamiento o deslizamientos tipo falla. En el presente trabajo se considerarán casos típicos, clasificando estas fallas desde el punto de vista de las formas de la falla, ya que éstas tienden a ocurrir súbitamente en taludes relativamente empinados, y su relación con la geología no es significativa, en comparación con los deslizamientos. Por otro lado, los deslizamientos se clasifican bajo el punto de vista de la topografía, geología o forma de movimiento, pero se toman en cuenta especialmente las propiedades de las masas deslizantes con el objeto de seleccionar reconocimientos adecuados y medidas de protección. (Referencia N° 24; 1978)

Las fallas de talud se pueden clasificar en los siguientes tipos (Referencia N° 24; 1978):

- | | |
|-------------------------------|---|
| | . Fallas superficiales |
| a. Fallas de Talud en Corte | . Fallas de corte profundas |
| | . Fallas anchas y profundas |
| | . Fallas superficiales |
| b. Fallas de Talud en Relleno | . Fallas de relleno profundas |
| | . Fallas que alcanzan el terreno de cimentación |

a.- Fallas de Talud de Corte

a.1 Fallas superficiales

Cuando se forman los taludes de corte con sedimentos fácilmente erosionables, arena no cohesiva, o ceniza volcánica o arena, los taludes colapsan localmente por agua superficial o agua de infiltración. Las fallas de talud ocurren fácilmente donde el granito está descompuesto por intemperismo.

Cuando se va a excavar rocas considerablemente fracturadas, rocas con fisuras o rocas fácilmente intemperizables, ocurren algunas veces caídas parciales del talud debido a la vibración durante las obras, remoción de carga por corte o por subsecuente intemperismo.

a.2 Fallas de corte profundas

Los taludes de corte colapsan a menudo en partes a considerable profundidad en el talud, donde los planos de estratificación o juntas corren regularmente en la dirección de talud en capas alternadas de esquisto cristalino, arenisca o lutita, y donde las fallas acompañan zonas fracturadas, y fisuras grandes o venas se localizan en el medio de taludes de corte y buzando hacia el talud. Una falla de talud a gran escala puede ocurrir en muchos casos cuando se excava el terreno que está cubierto en un gran espesor por sedimentos tipo cono de talús. Algunas veces también caen sedimentos a lo largo de la roca basal en áreas donde se excava la arcilla que se ha desarrollado a lo largo de las fisuras.

Las señales de estas fallas no pueden distinguirse fácilmente, ocurriendo repentinamente en muchos casos, ocasionado desastres y pérdidas de vidas.

a.3 Fallas anchas y profundas

Fallas de talud profundas o deslizamientos a gran escala pueden ocurrir en un amplio rango de taludes si consisten de zonas de falla fracturada, tufo considerablemente transformado o limolita o lodolita semi-solidificada. También pueden ocurrir fallas de deslizamiento a gran escala con la excavación, debido a la elevación del nivel freático del terreno después de lluvia en terreno diluvial, que consiste en capas alternadas de suelo arcilloso y limoso buzando hacia el talud.

Las fallas de talud descritas anteriormente, en muchos casos avanzan lentamente a lo largo de superficies de deslizamiento muy distinguidas; el rango y dirección de las fallas pueden predecirse en etapas iniciales por las grietas que ocurren en el talud. Por lo tanto, existe suficiente tiempo para examinar las medidas de protección contra estos tipos de fallas.

b.- Fallas de Taludes de Relleno

b.1 Fallas superficiales

La superficie del talud es erosionada por agua concentrada; las fallas de superficie avanzan gradualmente en muchos casos cuando los taludes están formados por suelos erosionables y cuando las obras de drenaje no están colocadas apropiadamente.

La porción más ancha de un terraplén puede colapsar después de la lluvia cuando se emplea un suelo que es fácilmente debilitado por agua de infiltración, o cuando el suelo de cobertura se derrumba fácilmente debido a lluvia inmediatamente después de acabar el trabajo. Las fallas superficiales de esta clase raramente afectan las funciones del cuerpo principal de relleno; sin embargo, generalmente ocurren sobre una área amplia del cuerpo de relleno.

b.2 Fallas de relleno profundo

Las presiones de poro dentro del relleno pueden aumentar y producir fallas en partes profundas del mismo cuando un relleno alto se construye rápidamente con suelo cohesivo de alto contenido de humedad.

También, cuando se construyen terraplenes en un talud, el nivel freático en el terraplén puede elevarse no solamente debido a la lluvia, sino al agua de infiltración del terreno, con el resultado de la falla en el terraplén.

La escala de este tipo de falla es tal, que en muchos casos se pierden completamente las funciones del terraplén.

b.3 Fallas que alcanzan el terreno de cimentación

Una superficie de deslizamiento se crea en el terreno de cimentación y una falla a gran escala que alcanza el terreno de cimentación puede ocurrir cuando un terraplén se construye en un talud empinado con una superficie considerablemente intemperizada, o en un talud interestratificado con una capa fácilmente resbaladiza. Un ejemplo típico de este tipo de falla ocurre en terraplenes construidos en terreno blando.

Se inducirá un nuevo deslizamiento, resultando en una gran falla de terraplén y el talud natural, cuando se construye un terraplén en la parte superior de un área de deslizamiento antiguo.

Debe prestarse atención especial a estas fallas, ya que todas ellas son causadas por terraplenes construidos en taludes naturales inestables con un gran potencial de deslizamiento. Generalmente tienden a causar grandes desastres con gran daño en áreas extensas.

4.2.6 GEOSINTETICOS.

4.2.6.1 Geotextiles

"Los geotextiles, tal como se les conoce actualmente, inicialmente fueron usados en el control de la erosión, como reemplazo de los filtros granulares, por lo que recibieron el nombre de tejidos filtros.(fabric filter)". (referencia 30; pag. 5)

El geotextil se usa en las siguientes condiciones, pero sigue apareciendo nuevos usos (referencia 30; pag. 7).

- Separación de materiales disímiles o diferentes.
- Refuerzo de suelos débiles y otros tipos de material
- Drenaje (flujo en plano transversal)
- Impermeabilizante

"El geotextil es un material permeable (usualmente artificial o sintético), que se usan con un suelo, roca u otros materiales orgánicos, para mejorar su performance, o el costo de un producto hecho por el hombre, estructura o sistema" (referencia 30; pag. 8).

4.2.6.2 Geomembranas

"Son láminas de plástico, con características de materiales impermeables y flexibles. Aunque no son totalmente impermeables; en relación a un suelo o un geotextil si lo son" (referencia 30; pag. 33).

4.2.6.3 Tipo de Geosinteticos normalmente usados.

- a En sobrecapas o recapas
 - Geotextile no tejidos
 - Geomallas
- b En capas de separación
 - Geotextiles
- c En estabilización
 - Fibras; discretas de Polipropileno "Fibraladas": usadas preferentemente con suelos estabilizados químicamente con cal (en suelos arcillosos) o cemento (en suelos arenosos).
- d En drenaje
 - Drenaje vertical: geocompuestos
 - Drenes de borde: geotextiles y geocompuestos
- e En refuerzo de la base, taludes y mejora de la capacidad portante. Geomallas o geotextiles.

4.3 TIPO DE DAÑOS OCURRIDOS EN LA ZONA EN ESTUDIO

La carretera Panamericana Norte – tramo en estudio – se encuentra expuesta a diferentes peligros naturales, que afectan directamente a los diferentes elementos de la vía. Los agentes externos se encuentran relacionados directamente a las fuertes precipitaciones ocurridas como consecuencia del fenómeno de "El Niño".

El peligro natural se presentó de cinco formas, cada uno con diferentes grados de afectación. A continuación se mencionan los agentes externos causantes del colapso de las estructuras y elementos de la carretera.

- Efecto de las quebradas en la vía.
- Efecto de los ríos en los puentes.
- Efecto en la vía por la formación de lagunas.
- Efecto en la vía por la inestabilidad de taludes.
- Efecto directo de las precipitaciones pluviales en la vía.

4.3.1 EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA VIA.

Este agente fue el más destructivo, el que causó mas daño en varios tramos de la vía. La acción del flujo de quebrada en su recorrido natural causó daños a los elementos de la vía; entre los cuales fueron afectados alcantarillas, pontones, badenes y el terraplén de la vía.

Por la magnitud de los efectos destructivos producidos por el flujo de quebrada, los efectos fueron clasificados en varios tipos de daños, los cuales se presentaron con diferentes mecanismos de falla. La afectación se dio básicamente en dos elementos de la vía:

- Obras de cruce (alcantarillas y pontones)
- Terraplén

Los efectos producidos a los elementos de la vía fueron similares y se tipificó de la siguiente manera:

- Erosión Local en aleros de alcantarillas.
- Erosión transversal.
- Erosión Regresiva.
- Erosión Lateral o Longitudinal a la vía.
- Erosión General.

4.3.1.1 Erosión local (Efecto Tipo 1).

- a. **Mecanismo de falla.-** 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 aleros de alcantarillas, 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 estructura.
- b. **Elementos de la vía afectados.-** Este tipo de efecto se ha producido en la mayoría de aleros de entrada y salida de las alcantarillas y pontones.
- c. **Grado de afectación en la vía.-** La erosión local producida en las obras de cruce fue producto del flujo de quebrada provenientes del drenaje de cuencas pequeñas. El grado de afectación en la vía fue leve debido a que el efecto fue en los aleros y cabezales de las estructuras.
- d. **Descripción real de la erosión local.-** Cuando el flujo superficial fluía en niveles normales, las alcantarillas se comportaron eficientemente, pero los aleros de entrada y salida empezaron a socavarse por efectos del aumento de la velocidad del flujo, afectando levemente el pie del terraplén de la carretera.

Figura N° 4.11 Efecto de la erosión local en los aleros de entrada y salida de las alcantarillas

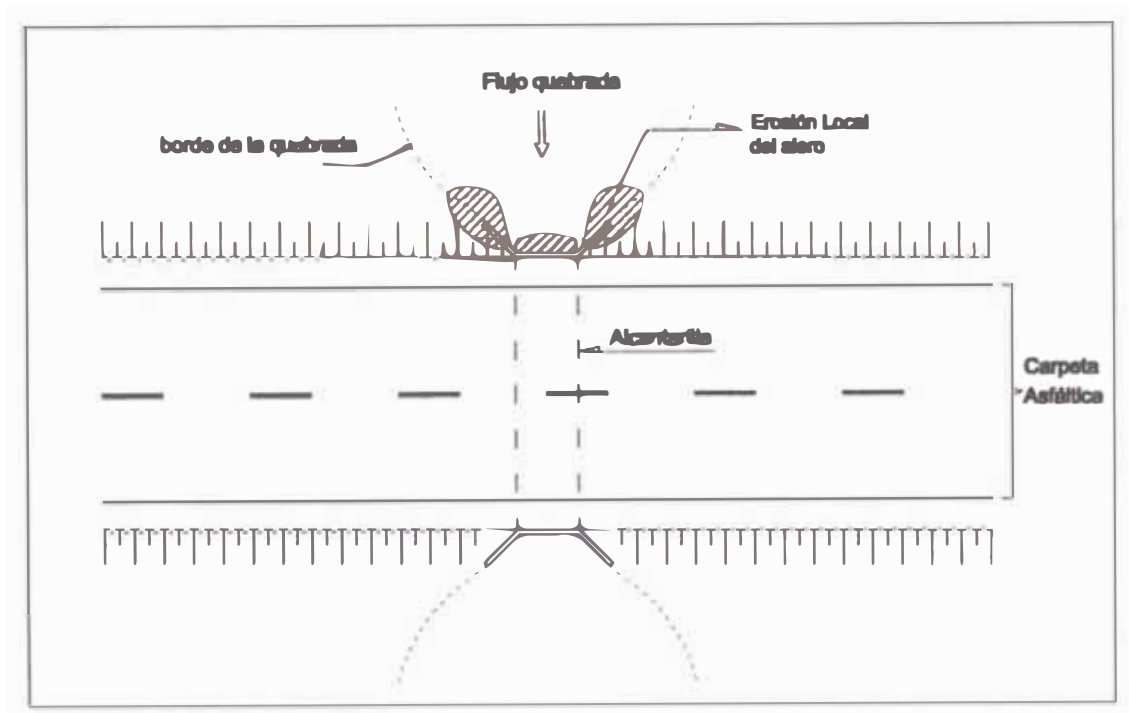




Foto N° 4.1 Erosión local de los aleros de entrada de las alcantarilla. También se produjo el efecto de socavación transversal que afectó al terraplén de la carretera.

4.3.1.2 Erosión Transversal (Efecto Tipo 2).

- a. **Mecanismo de falla.-** La socavación transversal se produce cuando la sección natural de un cauce se reduce parcialmente ante la construcción de una obra, por ejemplo: acceso a puentes, pontones y alcantarillas.

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.

- b. **Elementos de la vía afectados.-** El mecanismo de falla indica que la erosión transversal se produce por la contracción del cauce natural, por tanto los elementos afectados por la erosión son: el terraplén, la carpeta asfáltica y las obras de cruce.
- c. **Grado de afectación en la vía.-** El grado de afectación en la vía fue de leve a fuerte. La socavación transversal se presentó de la siguiente manera: afectación del talud del terraplén (leve); afectación del terraplén y berma (intermedia); afectación del terraplén, berma y carpeta asfáltica, produciéndose los efectos hasta la mitad de la vía.
- d. **Descripción real de la erosión transversal.-** El flujo de quebradas en sus inicios produjo erosión local; Luego, con el aumento del caudal, transporte de sedimentos

y palizadas, las obras de cruce funcionaron parcialmente. En consecuencia, el terraplén ubicado en la zona de contacto (zona contraída) fue erosionado, poniendo en muchos casos, el peligro de colapso de las estructuras.

Figura N° 4.12 Vista en corte transversal de los efectos de erosión local en alcantarillas.

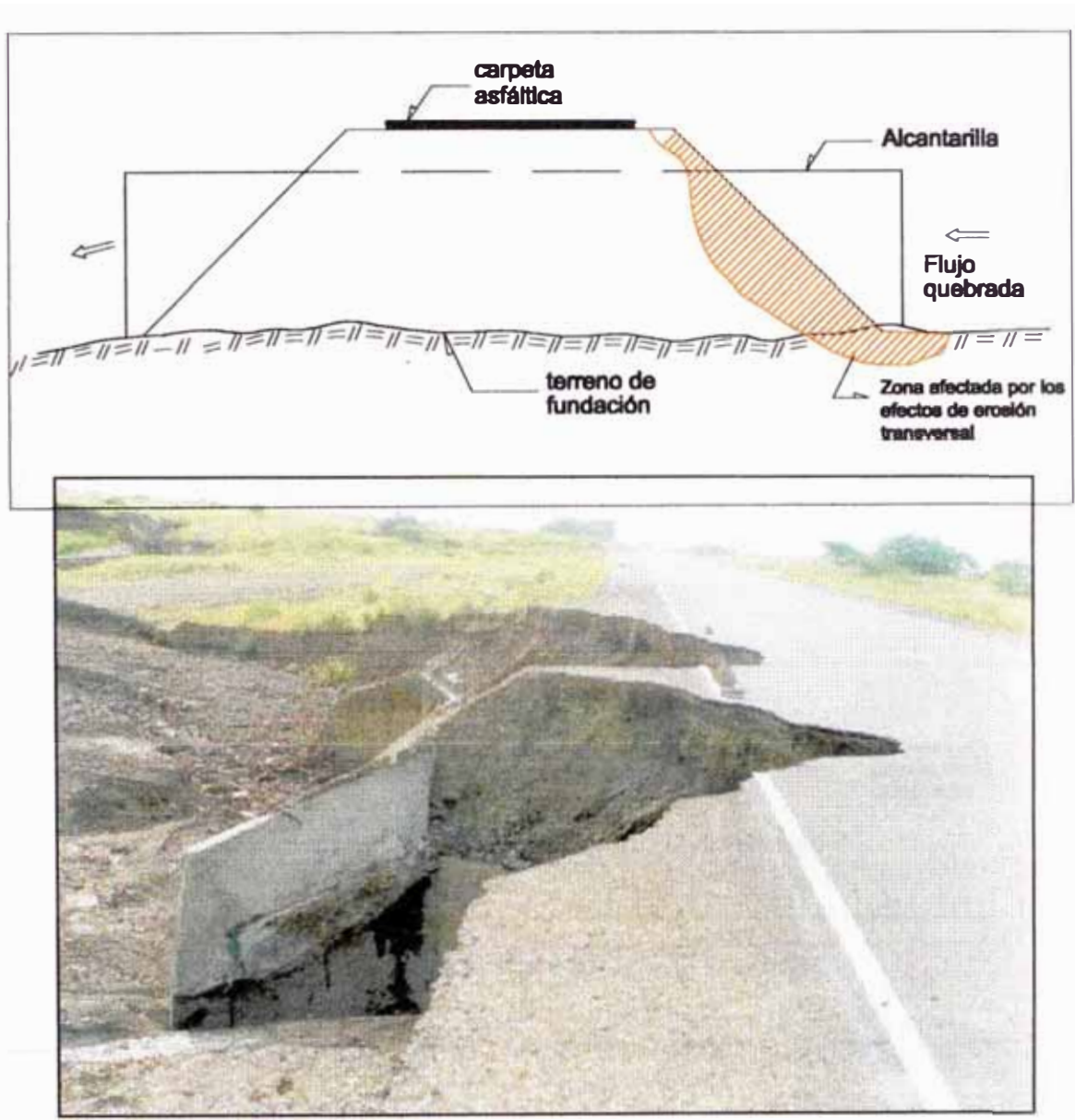


Foto N° 4.2 Efecto de socavación transversal que afectó al terraplén adyacente a la obra de cruce.

4.3.1.3 Erosión Regresiva (Efecto Tipo 3).

- a. **Mecanismo de falla.-** La erosión regresiva, progresa en el lecho de la quebrada hacia aguas arriba, se presenta cuando hay disminución en el nivel, aguas abajo de cualquier estructuras.
- b. **Elementos de la vía afectados.-** La erosión regresiva se produjo en: el pie del terraplén cuando el nivel del flujo de la quebrada superó la rasante de la vía; en la losa de fondo, a la salida de la obra de cruce; en el terraplén adyacente a la obra de cruce.
- c. **Grado de afectación en la vía.-** La erosión regresiva tuvo efectos de leves hasta fuertes. Los efectos produjeron cortes en la carretera que interrumpieron el tránsito vehicular, debido a que ésta fue socavada hasta la mitad de la vía.
- d. **Descripción real de la erosión regresiva.-** Para la ocurrencia de la erosión regresiva, el fenómeno se presentó de manera compleja. Durante las fuertes lluvias, las alcantarillas fueron colmatadas; posteriormente, con el aumento de caudal, las aguas superaron el nivel de la rasante de vía, produciendo socavación regresiva aguas abajo de la obra de cruce.

Otro tipo de socavación se dio a la salida de las alcantarillas, donde el flujo fue entregado al terreno natural,. El flujo al salir con una velocidad mayor, erosionó el lecho de la quebrada debido a la falta de colchones disipadores de energía, en la entrega de las obras de cruce.

Figura N° 4.13 Vista en planta de los efectos de erosión regresiva en terraplenes y del cauce natural de quebradas.

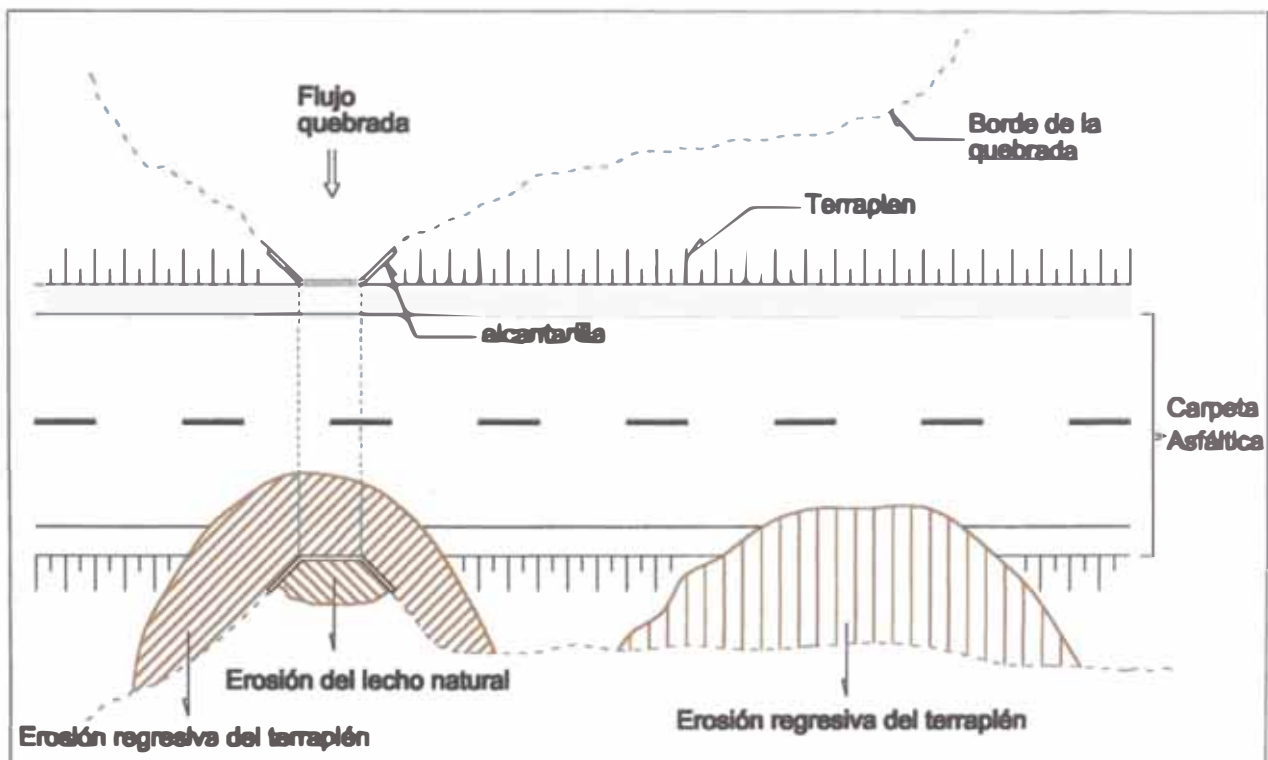


Figura N° 4.14 Vista en corte transversal del efecto de erosión regresiva en terraplenes de la carretera y socavación en el lecho de la quebrada aguas debajo de la obra de cruce.

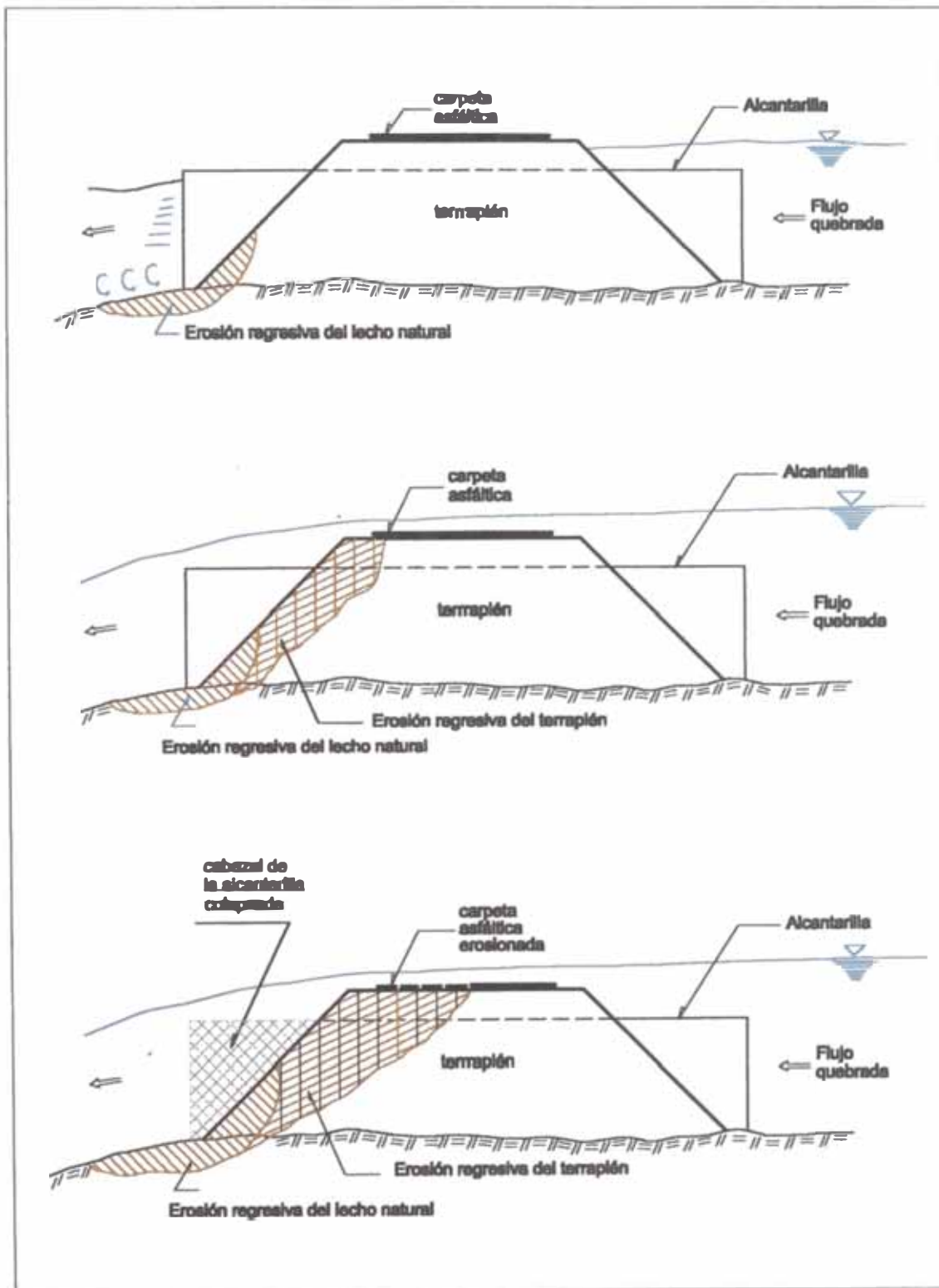


Foto N° 4.3 Efectos de erosión regresiva en el terraplén, aguas abajo de la obra de cruce. Se observa que la erosión afectó los bermas y la carpeta asfáltica.



Foto N° 4.4 Socavación local del lecho del cauce, aguas debajo de la alcantarilla. Se observa el efecto de socavación del cauce por falta de colchón dissipador de energía y en consecuencia, se produjo el colapso de los cabezales a la salida de la obra de cruce.



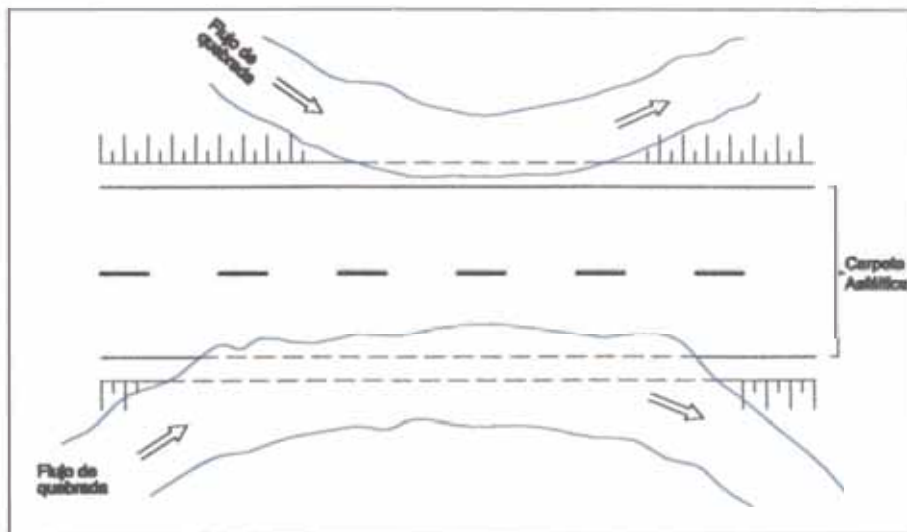
4.3.1.4 Erosión lateral o Longitudinal de la carretera (Efecto Tipo 4).

- a. **Mecanismo de falla.-** Se produjo en la parte externa de las curvas de las quebradas debido a la corriente en espiral que se formó cuando la quebrada cambió de dirección. La erosión lateral ocurrió cuando el flujo de quebrada, al encontrar un obstáculo en la carretera, discurrió en forma paralela a ella ocasionando fuerzas laterales que erosionaron los taludes del terraplén.
- b. **Elementos de la vía afectados.-** La quebrada al discurrir paralelo a la vía, afectó el talud del terraplén, la berma y la carpeta asfáltica.
- c. **Grado de afectación en la vía.-** El efecto de la erosión lateral produjo: efectos leves en el talud del terraplén; efectos fuertes cuando erosionó el terraplén, hasta la mitad de la vía. Los efectos fuertes produjo cortes en la vía, que interrumpió el tránsito vehicular.
- d. **Esquemas de la erosión lateral.-**

Foto N° 4.5 Erosión lateral del terraplén y carpeta asfáltica debido a que el flujo de la quebrada discurrió paralelo a la vía.



Figura N° 4.15 Erosión lateral del terraplén y carpeta asfáltica en la carretera.



4.3.1.5 Erosión General (Efecto Tipo 5).

- a. **Mecanismo de falla.-** La erosión general ocurre cuando una avenida en un río o quebrada produce alteraciones en la corriente, en el fondo y orillas del cauce.

Los cambios que sufrió la forma del cauce, se deben a la mayor capacidad de arrastre de la corriente, la cuál arrastra un mayor número de partículas en suspensión.

El fenómeno explicado es más notorio en aquellas zonas donde se tengan reducciones del área útil, como sucede en muchas ocasiones en los cruces de los puentes, donde se construyen pilas, estribos y terraplenes de acceso.

- b. **Elementos de la vía afectados.-** Este tipo de erosión produjo el colapso de las obras de cruce (alcantarillas y pontones); en otros casos, arrasó con los terraplenes de acceso.
- c. **Grado de afectación en la vía.-** La erosión general se caracterizó por ser violenta y provocó el corte de la carretera en muchos tramos. El grado de afectación fue fuerte: el tránsito vehicular fue interrumpido y tuvo que usarse badenes de emergencia para dar la transitabilidad en la vía.
- d. **Descripción real de la erosión general.-** La acción erosiva tuvo rasgos característicos según la topografía del terreno por el que atravesaban las vías: casi llano, ondulado y accidentado.

En los terrenos casi llanos, los cauces fueron bastante anchos y no muy bien definidos, siendo represados inicialmente por el terraplén de la vía, al no poder drenar eficientemente las obras de cruce, en los casos en que no hubo (alcantarilla, pontones o puentes), el represamiento fue mayor, terminando las aguas por rebasar

el terraplén, erosionándolo y provocando el colapso tanto de la estructura del pavimento como de la obra de cruce (alcantarilla), erosionando inclusive el terreno de fundación en donde la erosión llegó a tener profundidades superiores a los 3 m. y longitudes de la carretera entre 50 a 500 m.

Uno de los problemas característico en estas vías (ubicadas en terrenos ondulados y accidentados) fue la mala ubicación del sistema de drenaje, observándose en algunos casos que las quebradas pasaron por el costado de dichas estructuras, debido generalmente a que la dirección de la quebrada era oblicua a la vía. En otros casos, la corriente discurrió paralela a la vía erosionando el terraplén y las estructuras de concreto que protegían el talud del terraplén.

Para un mejor entendimiento de la erosión general, se clasificó en 3 tipos de efectos:

- Efecto tipo a.-** Erosión general cuando existe sistema de drenaje. En este caso, la estructura de cruce colapsa totalmente.
- Efecto tipo b.-** Erosión general del terraplén adyacente a la obra de cruce. En este caso, la obra de cruce es colmatado y el flujo pasa por el costado. La estructura de cruce queda intacta sin ningún daño estructural.
- Efecto tipo c.-** Erosión general del terraplén por ausencia del sistema de drenaje o por cambio de curso de la quebrada.

Figura N° 4.16 Efecto de erosión general del terraplén y obra de cruce (Efecto tipo a)

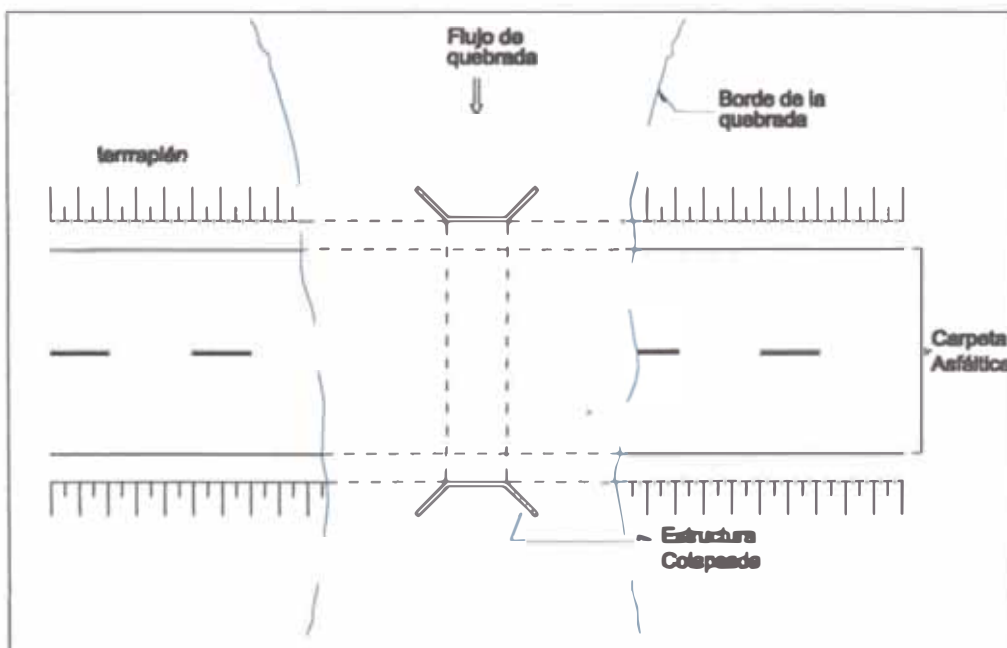


Figura N° 4.17 Efecto de erosión general del terraplén adyacente a la obra de cruce (efecto tipo b).

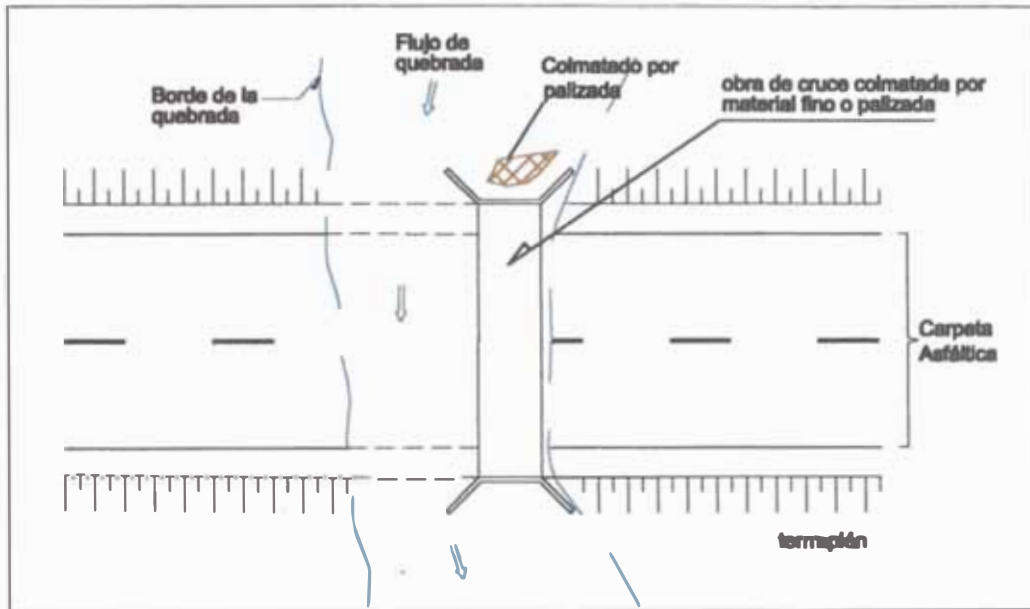


Figura N° 4.18 Efecto de erosión general por inexistencia del sistema de drenaje. (Efecto de tipo c)

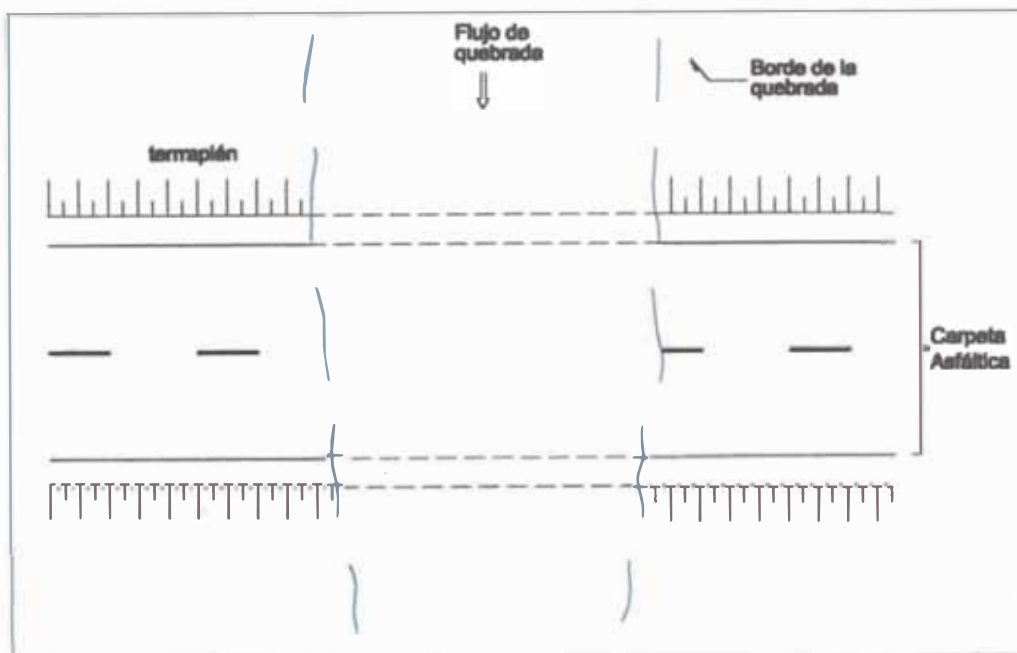


Figura N° 4.19 Vista transversal de la carretera. Colapso de la obra de cruce, erosión general del terraplén y erosión transversal del terreno de fundación

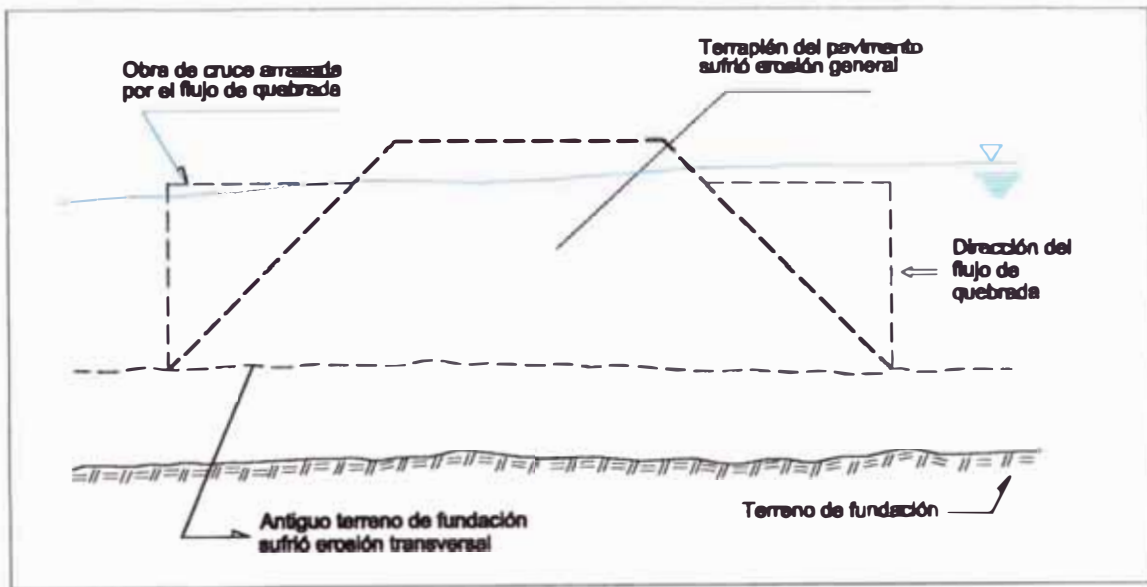


Foto N° 4.6 Erosión general del terraplén: se observa que la estructura de cruce se encuentra colmatada por palizada y la erosión se produjo en el terraplén adyacente (efecto tipo b).



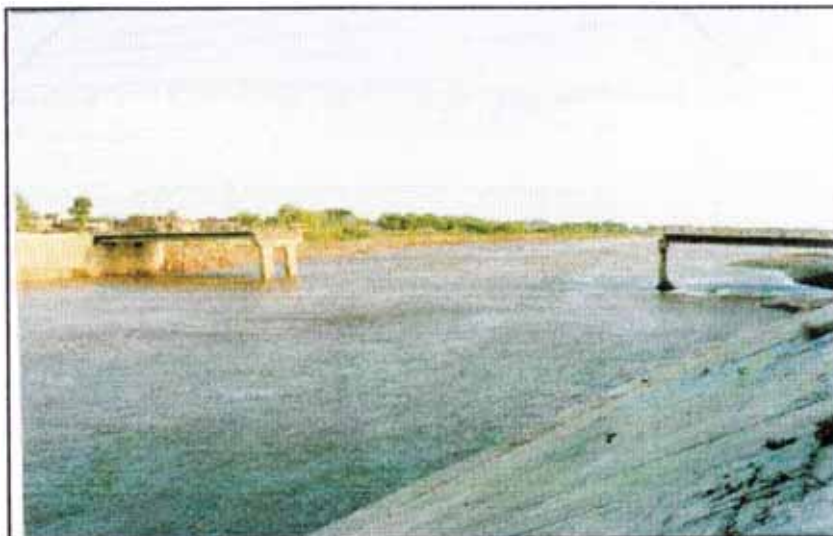
Foto N° 4.7 Erosión general del terraplén y colapso de la estructura de drenaje, asimismo erosión transversal del terreno de fundación.



4.3.2 EFECTO DE LOS RIOS EN PUENTES.

El tramo en estudio cruza dos ríos importantes: el río Piura y Chira. Los puentes pertenecientes a la Panamericana Norte no sufrieron daños de consideración; por ello en el presente estudio nos limitamos a mencionarlo.

Es importante mencionar, el efecto que tuvo el río Piura en 3 puentes ubicados en la ciudad de Piura, que son: puente "Viejo" y Bolognesi (colapsados por efectos de erosión local en los pilares); Puente Sánchez Cerro (afectación estructural de los pilares por erosión local y general). - Foto N° 4.8: Puente Bolognesi, colapsó un pilar y dos tramos -.



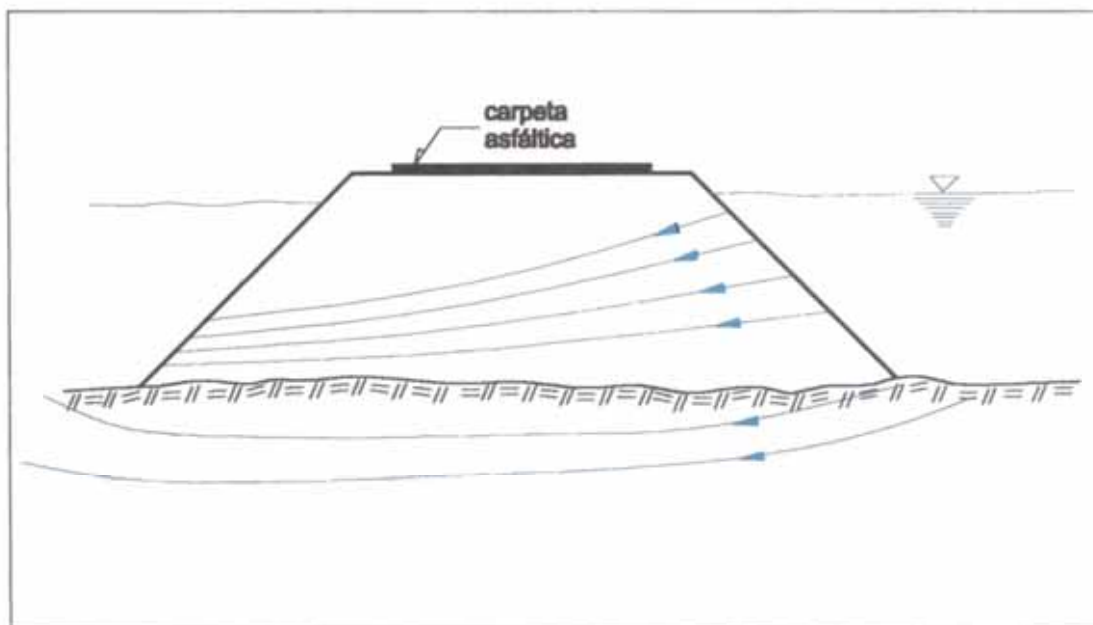
4.3.3 EFECTO EN LA VIA POR LA FORMACION DE LAGUNAS. (Efecto Tipo 6)

Este tipo de daños se caracterizó por no ser violento y por comprometer en poco porcentaje la longitud de las vías, originando generalmente asentamientos, deformaciones, deterioro de la estructura del pavimento, colapso de terraplenes y/o destrucción de la carpeta asfáltica.

Como es evidente, estos daños han estado asociados a la presencia del agua en el terreno inmediato a las vías, en el terreno de fundación y en la estructura del pavimento.

Como se sabe, las aguas pluviales que caen sobre el terreno, una parte escurre por la superficie, otra se infiltra y otra se evapora. De las aguas que escurren superficialmente en una determinada área, parte se dirige a alguna corriente superficial (quebrada) y parte se queda estancada ya sea debido a que entran a una zona deprimida topográficamente sin ninguna posibilidad natural de drenaje o debido a que encuentran en su recorrido a alguna barrera natural o artificial que impide su escurrimiento, represándose, como el caso del terraplén de las vías, donde se formó numerosas lagunas.

Figura N° 4.19 Filtración en el terraplén por la inundación en un lado de la vía

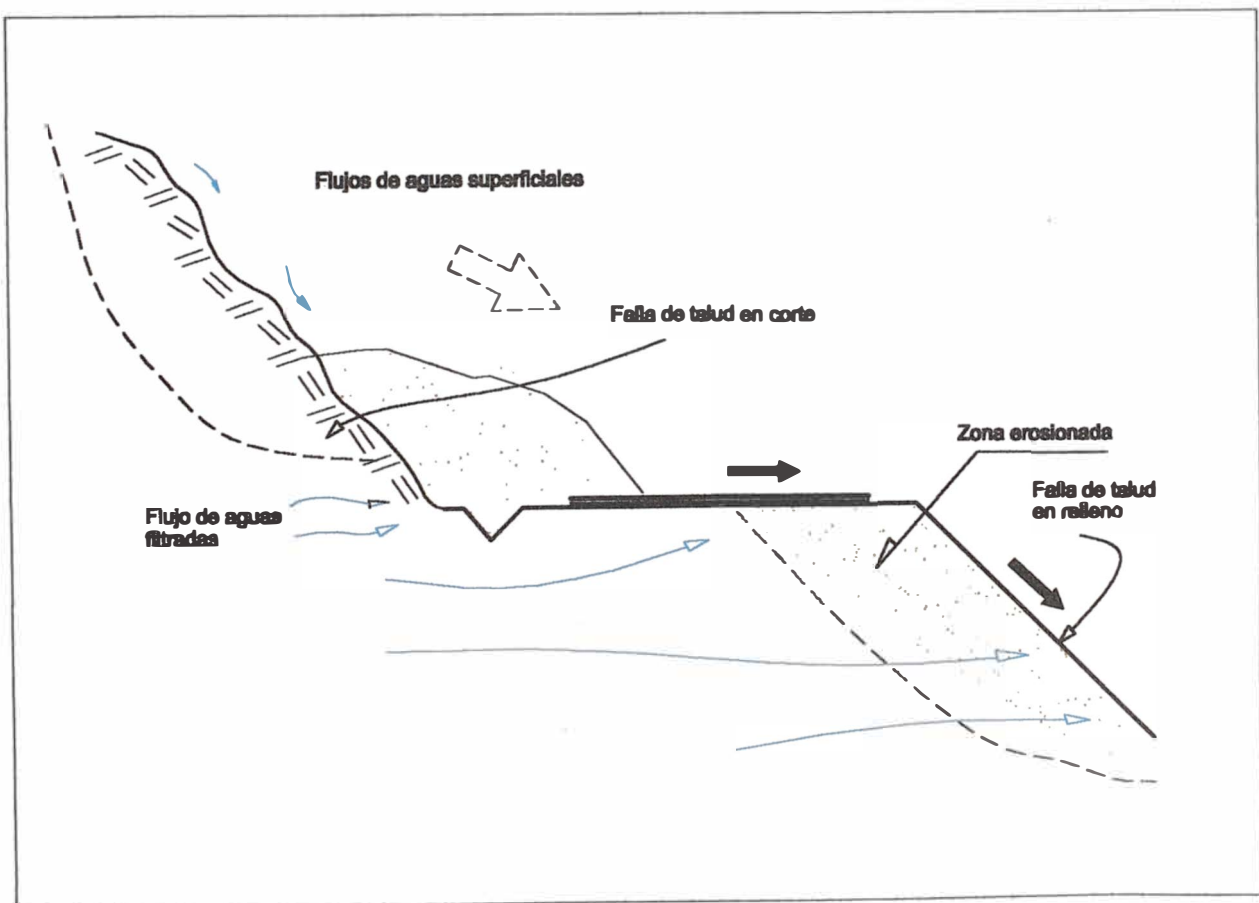


4.3.4 EFECTO EN LA VIA POR INESTABILIDAD DE TALUDES (Efecto Tipo 7)

Los deslizamientos o derrumbes están íntimamente relacionados con precipitaciones de alta intensidad. La lluvia provoca cambios en los parámetros de resistencia del material; así tenemos, que el esfuerzo cortante disminuye en presencia del agua. Por otro lado, la masa acumulada de agua en el terreno incrementa el peso del bloque ocasionando el rompimiento del equilibrio natural.

La presencia de este tipo de daño en el tramo en estudio fue mínimo, localizándose en pequeños puntos donde existían cortes y rellenos del talud. Los daños de acuerdo a los conceptos dados en el acápite 4.2.5 son superficiales, tanto en terrenos de corte y relleno. Para la evaluación de daños en el tramo en estudio, las diferentes fallas fueron consideradas como un sólo tipo de daño debido a la poca magnitud que representaba en toda la carretera; además, sus efectos tuvieron poca trascendencia, pero no por esto se obvió, es más para el futuro debería tomarse en cuenta formas de defensa para evitar fallas similares.

Figura N° 4.20 Falla tipo deslizamiento en corte y relleno de carreteras.



4.3.5 EFECTO DIRECTO DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA VIA (Efecto Tipo 8).

Es la remoción por efecto de la lluvia o el escurrimiento de las aguas sobre la plataforma, provocando peladuras, desgaste de la capa de rodadura, grietas, etc.

La erosión laminar se presentó a lo largo del tramo en estudio, en forma intermitente y con efectos de leve magnitud. Los daños fueron en las bermas y en el talud del terraplén por la predominante naturaleza arenosa del material con que se construyeron los terraplenes.

Foto N° 4.8 Efecto de lavado del terraplén de relleno: fue afectado de manera directa por las precipitaciones pluviales, ocasionando la falla estructural del pavimento.



4.4 EVALUACION DE DAÑOS DEL TRAMO EN ESTUDIO

La evaluación de daños del tramo División Bayovar – Desvío Talara, se realizó en base a la determinación de los tipos de daños, definidos en el acápite 4.3. Para cada punto crítico se describen los tipos de daños sufridos; luego, se describe de una manera general el evento ocurrido en la zona. En los acápites siguientes se determinarán las causas que originaron los diferentes tipos de daños y se propondrán lineamientos de solución a cada uno de ellos.

4.4.1 EVALUACIÓN DE DAÑOS DEL TRAMO DIVISIÓN BAYOVAR - PIURA.

En la evaluación del presente tramo, se encontró diferentes tipos de daños a los elementos de la carretera que a continuación se mencionan: (ver Lámina 4.1)

- ❖ La colmatación de la mayoría de alcantarillas. No se pudo determinar la cantidad de obras de cruce colmatadas debido a que la visita de campo se hizo en la etapa de Rehabilitación del tramo y la mayoría de las alcantarillas se encontraban con la limpieza de cauce respectiva.
- ❖ Los daños en la carretera se dieron por efecto de quebradas y desborde del río Piura, que produjeron los daños: tipos 1, 2, 3, 4, y 5 (por efecto de las quebradas) y de tipo 6 (por desborde del río).
- ❖ La socavación laminar (daño tipo 8) se presentó a lo largo del tramo, en forma intermitente y con efectos de leve magnitud. Los daños fueron en las bermas y el talud del terraplén por la predominante naturaleza arenosa del material con que se construyeron los terraplenes.
- ❖ El tipo de daño por efecto de deslizamientos no se presentó en este tramo, por la naturaleza de la zona, caracterizada como topográficamente plana.

En la lámina N° 4.1, se muestran los tramos vulnerables a efectos del fenómeno. La evaluación de los puntos críticos son:

- Km. 887 – 887 + 500 Tipo de daño: Tipo 4
 Descripción del evento La zona es topográficamente plana; la quebrada discurrió de sur a norte, erosionando el lado derecho de la plataforma de la carretera en una longitud de 500 m.

- Km. 887 + 500 Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : La escorrentía proveniente de la quebrada adyacente produjo la colmatación de las alcantarillas, ocasionando que la quebrada pasara por encima de la vía y con ello la erosión general de la vía en un tramo de 50 m y 200 m.
- Km. 887 – 888 Tipo de daño: Tipo 6
 Descripción del evento : Con las constantes lluvias y el paso de la quebrada al lado izquierdo de la vía, el agua se acumuló en ambos lados de la vía formándose una inmensa laguna, llegando en algunos puntos hasta el nivel de la rasante.
- Km. 897+950 – 900 Tipo de daño: Tipo 3
 Descripción del evento : Al haberse formado una laguna al lado derecho de la vía y dada la insuficiencia de capacidad de drenaje de las estructuras existentes, el agua sobrepaso el nivel de la plâtaforma, ocasionando erosión regresiva en el lado izquierdo de la vía en un tramo de 2000 m.
- Km. 897 + 500 – 900 + 500 Tipo de daño: Tipo 6
 Descripción del evento : Por ser el terreno completamente plano, en ambos lados de la vía se formó una laguna, que integró parte de la laguna "La Niña".
- Km. 898 +320 Tipo de daño: Tipo 1 y 3
 Descripción del evento : La alcantarilla tipo MCA de 3.00x2.00 m. de 3 ojos, fue socavada aguas abajo de la estructura, afectando el muro cabezal; asimismo, fue erosionado el terraplén por la falta de vertedero de salida.
- Km. 898+750 Tipo de daño: Tipo 1 y 3
 Descripción del evento : La batería de alcantarillas, diámetro 3m. y de 3 ojos, fue afectada por la socavación de los aleros de salida. También fue afectado el terraplén de la carretera.
- Km. 900 Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : El flujo de quebrada ocasionó erosión general de la vía en un tramo de 70 m. y una profundidad de 3.50 m.

- Km. 903+100 : Tipo de daños: Tipo 1, 2 y 3

Descripción del evento : Erosión local en los cabezales de la alcantarilla de 24" diámetro, la cuál trabajó a tubo lleno, ocasionando socavación transversal a la entrada de la alcantarilla y socavación regresiva en el terraplén adyacente a los cabezales de salida de la obra de cruce.
- Km. 930+800 : Tipo de daño: Tipo 5

Descripción del evento : El corte de la vía fue de 3m. por inexistencia del sistema de drenaje; además, se observó que el nivel de la rasante de la carretera con el terreno natural son iguales.
- Km. 959 – 961 + 500 : Tipo de daño: Tipo 8

Descripción del evento : Erosión del terraplén y berma producido por las lluvias que cayeron sobre la plataforma del camino y discurrieron hacia el terreno de fundación.
- Km. 963 –964 : Tipo de daño: Tipo 6

Descripción del evento : La carretera fue inundada por el desborde del río Piura, luego se formó una pequeña laguna en el lado izquierdo de la vía, la cuál originó el agrietamiento de la carpeta asfáltica del tipo piel de cocodrilo, producido por humedecimiento.
- Km. 970+200 : Tipo de daño: Tipo 5

Descripción del evento : El corte de la carretera en 10 m fue producido por el desborde de acumulación de agua de lluvia sobre la calzada.
- Km. 971+900 : Tipo de daño: Tipo 4

Descripción del evento : Erosión lateral en el lado izquierdo de la vía en 50 m., producida por agua de lluvia que cayó sobre la plataforma del camino, las que discurrieron hacia el terreno de fundación.

4.4.2 EVALUACIÓN DE DAÑOS DEL TRAMO PIURA - SULLANA.

Las características principales del tramo Piura – Sullana fueron:

- ❖ Colmatación de las alcantarillas con material fino y/o palizadas.
- ❖ La socavación Laminar se presentó a lo largo del tramo en forma intermitente y con efectos leves en la berma y el talud del terraplén.
- ❖ La erosión local se presentó en los aleros de las alcantarillas, asimismo se presentó socavación transversal y regresiva del terraplén.
- ❖ Se presentó erosión de tipo lateral..
- ❖ La socavación general en un sólo punto crítico.
- ❖ Tampoco se presentaron problemas de falla de taludes, por la característica de la zona (topográficamente plana).
- ❖ La presencia de la formación de lagunas, produjo la infiltración en el pavimento, ocasionando daños leves.

En la **lámina N° 4.2** se muestra, los tramos vulnerables a futuros efectos por el fenómeno.

A continuación se detalla la evaluación realizada en el tramo:

- Km. 991 + 149.85 : Quebrada "Pajarito" o "Las Monjas"
 Tipo de daños : Tipo 5
 Descripción del evento : Existían 2 estructuras del tipo Losa Nervada, luz 12 m. y altura de 3.50 m. La quebrada presenta un ancho de 200 m., en la zona de contacto con la carretera; además, se caracteriza por ser amplia y divagante.
 Se produjo erosión general. La vía fue cortada en 60 m. afectando la estabilidad de los puentes; asimismo fue arrasado el terraplén que unía ambos puentes.
 Pasando el puente, la carretera continúa sobre un terraplén que cruza la quebrada en una longitud de 150 m. Dicho terraplén en la parte derecha fue erosionada lateralmente, afectando la berma de la vía.
- Km.. 993 + 500 al 995 + 000 Tipo de daño: Tipo 6
 Descripción del evento : Debido a las constantes precipitaciones se ocasionaron encharcamiento; la misma que comprometieron la estabilidad del talud del terraplén.

- Km. 993+500, 1001+200, 1004+030 y 1004+070 Tipo de daños: Tipo 1,2 y 3
 Descripción del evento : Las alcantarillas sufrieron erosión local leve; asimismo, socavación transversal y erosión regresiva que afectó el terraplén adyacente a los cabezales de entrada y salida de las alcantarillas respectivamente.
- Km. 1005+580, 1005+680, 1005+780, 1006+530 Tipo de daños: Tipo 1 y 2
 Descripción del evento : Las alcantarillas sufrieron erosión local por el cambio de flujo de las quebradas, y transversal por la disminución del área de drenaje. Los daños que fueron leves.
- Km. 1006 + 800 al 1007 + 000 Tipo de daño: Tipo 4
 Descripción del evento : Se produjo erosión longitudinal afectando el terraplén de una altura de 2.0 m. al nivel de la carpeta asfáltica comprometiendo la vía, el cauce se ha desarrollado longitudinalmente (200 m) y cerca de la carretera .
- Km. 1009+040, 1009+330 y 1012+050, 1012+980, 1013+930, 1014+380 y 1015+810
 Tipo de daños : Tipo 1 y 2
 Descripción del evento : Las alcantarillas que drenan pequeñas cuencas fueron afectadas por la erosión local y transversal, dañando los aleros de las alcantarillas y los terraplenes de acceso.
- Km. 1015 + 200 Tipo de daño: Tipo 6
 Descripción del evento : Se localizaron lagunas "artificiales" en ambos lados de la vía, debiendo construirse zanjas de drenajes para evacuar las aguas, dada la altura con respecto al nivel de la carpeta asfáltica 0.60m que comprometieron al pavimento por la humedad lateral.

4.4.3 EVALUACIÓN DE DAÑOS DEL TRAMO SULLANA - DESVÍO TALARA.

Este tramo considerado el más crítico del tramo División Bayovar – Desvío Talar se caracterizó por:

- ❖ La mayoría de alcantarillas y pontones fueron colmatadas por material fino y en otros casos cubiertos por palizada.
- ❖ Se observó la afectación de la erosión local en los aleros de las alcantarillas y pontones; transversal en los terraplenes de acceso a las obras de cruce; erosión regresiva en los terraplenes aguas abajo de las obras de cruce y erosión lateral y longitudinal de los terraplenes por efectos de las quebradas que discurrieron paralelo a la vía.
- ❖ La socavación general fue el tipo de daño que más se presentó, afectando muchas obras de cruce y los terraplenes. Este tipo de daño fue por efecto de las quebradas y produjeron el colapso de la mayoría de las obras de cruce.
- ❖ La socavación laminar se presentó al igual que en los tramos anteriores, a lo largo de la vía con niveles de afectación leve.
- ❖ La falla de taludes en corte y relleno y el enlagueamiento e infiltración del pavimento tuvo poca presencia, siendo su nivel de afectación leve.

En la **lámina N° 4.3** se muestra, los tramos vulnerables a futuros efectos por el fenómeno.

A continuación se detalla la evaluación realizada en el tramo:

- Km. 1030+178.30 y 1031+151.10 Tipo de daños: Tipo 1 y 2
 Descripción del evento : Las alcantarillas de 2.00*1.50 y 1.30*1.20, respectivamente sufrieron erosión local en los aleros de entrada y transversal en el terraplén adyacente a la obra de cruce.
- Km. 1031+700 - 1032 Tipo de daño: Tipo 3
 Descripción del evento : En este tramo existen 2 alcantarillas que fueron superados por la crecida de la quebrada, la cuál superó el nivel de la carretera, produciendo erosión regresiva en el talud izquierdo de la vía, afectando 300 m. del terraplén de la berma.
- Km.1032+154, 1032+194 y 1032+421 Tipo de daño: Tipo 2
 Descripción del evento : La erosión en estas alcantarillas fue de tipo transversal, afectando los cabezales, específicamente el talud de la carretera.

- Km. 1034+200 – 1034+500 Tipo de daños: Tipo 3 y 6
 Descripción del evento : Se ubica la alcantarilla tipo MCA de 1.70*1.70, la cuál no logró evacuar las aguas, la misma que pasó por encima de la vía, originando erosión regresiva al terraplén del lado izquierdo de la vía en una longitud 300 m.; asimismo, la zona colindante de cultivo de arroz, en época de lluvias forma una inmensa laguna (500m), comprometiendo a la carretera con el humedecimiento.
- Km. 1034+892, 1034+909 y 1035+718 Tipo de daño: Tipo 2
 Descripción del evento : Las alcantarillas ubicadas en las progresivas descritas sufrieron erosión transversal del terraplén adyacente a los cabezales de entrada.
- Km. 1031, 1033 y 1035+300 Tipo de daño: Tipo 7
 Descripción del evento : La carretera se ubica en zona de corte en terreno arcilloso, el cuál fue lavado por las lluvias, produciendo falla del talud en corte, afectando la carretera en 300, 600 y 200 m., asimismo fueron colmatadas las cunetas.
- Km. 1037 +218 : Puente Peroles
 Tipo de daños : Tipo 1 y 3
 Descripción del evento : Estructura de 3.40*2.60 m. de 3 ojos. Con las primeras crecidas de la quebrada fue afectada con la erosión local en el alero derecho (aguas arriba). Posteriormente, con las fuertes crecientes la quebrada superó el nivel de la carretera, produciendo erosión regresiva en el lecho de la quebrada, destrozando los muros de encauce; también erosionó el talud izquierdo de la vía (50m.)
- Km. 1038+972 Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : La alcantarilla de 0.38*0.80 fue insuficiente para el paso del agua drenada de la zona arrocera. Se produjo erosión general en 10 m. de la vía y 0.50 m. de profundidad.

- Km. 1041+904 Tipo de daños: Tipo 1,2y 3
 Descripción del evento : Alcantarilla de 1.60*1.60 sufrió erosión local en los aleros y transversal del terraplén de acceso El agua superó el nivel de la carretera provocando erosión regresiva en la salida de la alcantarilla.

- Km. 1042+400 – 1042+800 : Quebrada Ignacio Escudero ó "La Manuela"
 Tipo de daño : Tipo 5
 Descripción del evento : Estructuras de 3.50*3.50 m. (2 ojos) y 4.00*3.50 m.(3 ojos). Con las primeras lluvias de enero y febrero, la quebrada erosionó el terraplén de acceso ubicado entre los dos pontones, luego hizo colapsar al primer pontón de 2 ojos. Posteriormente, con el aumento de caudal y el transporte de palizada por la quebrada los pontones se obstruyeron; a la vez, fueron colmatados por la cantidad de material fino, factores que contribuyeron al represamiento de las aguas de la quebrada, el que al superar el nivel de la vía produjo erosión regresiva aguas abajo de las estructuras y el terraplén.
 En líneas generales, la quebrada produjo erosión general de la carretera en un tramo de 250 m. haciendo colapsar a los pontones en forma total.

- Km. 1042+857, 1043+529 y 1043+764 Tipo de daños: Tipo 2 y 3
 Descripción del evento : Las alcantarillas están ubicados en la localidad de Ignacio Escudero. Al desbordarse la quebrada "La Manuela" al desbordarse llegó hasta la ciudad no siendo eficientemente drenadas por las alcantarillas, sufriendo socavación transversal y erosión regresiva en los taludes de la vía.

- Km. 1044+589.70 (Quebrada Ubillus o Talareña) Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : Alcantarilla de TMC 24" diámetro, fue insuficiente para drenar las aguas de la quebrada, las que fueron represadas por el talud de la carretera, lo que originó la inundación de varias viviendas, en consecuencia la población destruyo 5 m. de la carretera., posteriormente el agua al pasar por este tramo erosionó la carretera hasta 20 m con una profundidad de 1 m.

- Km. 1045+323 y 1046+492 Tipo de daño: Tipo 2
 Descripción del evento : Alcantarillas de 1.50*1.50 y 1.00*1.00 sufrieron socavación transversal en los terraplenes adyacente a los cabezales de entrada de la obra de cruce.
- Km. 1047+0.96 Tipo de daños: Tipo 3 y 4
 Descripción del evento : Estructuras 3.00x1.95 m. (3 ojos). La quebrada es amplia y plana en la zona de contacto, tiene un ancho de 350 m. de los cuales 250 m. de la carretera fue arrasada en forma general por la quebrada y 100 m. de la vía fue afectada por la erosión regresiva del terraplén izquierdo de la carretera.
- Km. 1047+560 – 1048+500 Tipo de daños: Tipo 3 y 4
 Descripción del evento : La quebrada discurre de una pequeña cuenca y en su recorrido choca con la carretera en el Km. 1048+500, discurrendo paralelo a la vía en el lado derecho hasta el Km. 1047+560. Ocasionó erosión longitudinal en un tramo de 1000 m. Esta quebrada es un afluente de la quebrada Corral de león.
 En el mismo tramo en el lado izquierdo de la vía, la quebrada discurrió y al no encontrar el sistema de drenaje superó el nivel de la vía, pasando la escorrentía por encima de la carretera ocasionando erosión regresiva en 300 m. del terraplén.
- Km. 1047+300 – 1047+560 Tipo de daño: Tipo 6
 Descripción del evento : En el lado izquierdo de la vía se formó lagunas "artificiales" (Km.1047+300 –1407+600), que afectaron la estructura del pavimento con la infiltración de humedad.
- Km. 1049+440, 1050+144, 1050+915 y 1051+317 Tipo de daños: Tipo 1,2y3
 Descripción del evento : En estas alcantarillas se presentaron el problema típico de toda cuenca pequeña que es la erosión local de los aleros, transversal del terraplén por el cambio en la dirección del flujo de las quebradas; asimismo, se presentó el efecto de la erosión regresiva aguas debajo de la estructura que no poseían suficientes estructuras disipadoras de energía.

- Km. 1051+950 - 1052 +600 : Quebrada "Huaytaco" ó "La Peña"

Tipo de daño : Tipo 5

Descripción del evento : La quebrada es plana y amplia. En la zona de contacto se ubicaban 6 estructuras de drenaje, los cuales colapsaron, producto de la erosión general. El cauce de la quebrada no es definido, el flujo discurría por diferentes cauces y ocasionó todo tipo de daños en el terraplén y las estructuras de drenaje. La zona está compuesta de material cohesivo, erosionado con facilidad, colmatando el sistema de drenaje. La erosión general producida en la zona de contacto fue de 400 m. de carretera.

- Km. 1054+257, 1055+814, 1057+003, 1057+600, 1058+157, 1058+240 y 1058+600

Tipo de daño : Tipo 1 y 2

Descripción del evento : Las alcantarillas que drenan agua de pequeñas cuencas presentan el problema de erosión local en los aleros y transversal del terraplén adyacente a los cabezales de entrada.

- Km. 1056+100, 1057+500, 1058+400 y 1059+700. Tipo de daño: Tipo 7

Descripción del evento : Se presentó el problema de inestabilidad de taludes en terrenos de corte, por la presencia de arcilla en los pequeños cerros que fueron lavados por las lluvias, provocando la colmatación de las cunetas, afectando también la estructura del pavimento. El nivel de afectación en cada punto crítico fue de 700, 300, 200 y 300 m. respectivamente.

- Km. 1059 + 140 : Quebrada Newton ó "Pasamayito"

Tipo de daños : Tipo 5

Descripción del evento : La carretera fue afectada por la erosión general de la quebrada, el que arrasó 100 m. de la carretera, existiendo un desnivel de 4.00 m entre la rasante de la carretera y el lecho de la quebrada.

La estructura de drenaje de 3.00x3.25 (5 ojos) fue arrasado completamente y la estructura de 3.00x2.80 de 2 ojos fue cubierto de palizada, no siendo dañado estructuralmente.

- Km. 1059+909, 1061+648, 1062+091 y 1062+213 Tipo de daños: Tipo 1,2y3
 Descripción del evento : Las alcantarillas sufrieron efectos de erosión local en los aleros de las alcantarillas, transversal de los terraplenes y erosión regresiva en los cabezales de salida afectando al terraplén de la carretera.
- Km. 1062+545 y 1062+840 Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : Las alcantarillas de 2.00*1.50 y 2.00*2.00, fueron afectadas por el desborde de las quebradas respectivas, las cuales al superar el nivel de la carretera ocasionó la erosión general de 10 y 15 m. respectivamente.
- Km. 1062+737, 1063+070, 1063+926 y 1064+437 Tipo de daño: Tipo 1 y 2
 Descripción del evento : Las alcantarillas sufrieron erosión local y transversal tanto en la entrada y salida de la estructura, los daños fueron leves.
- Km. 1063+355 Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : La quebrada arrasó cantidad de palizada y tapó los 3 ojos de la alcantarilla de 3.00*1.50. Al superar el nivel de la plataforma originó erosión regresiva y la socavación transversal y general de la carretera, arrasando 40 m. de la misma y una profundidad de 2.50 m. La estructura de drenaje no sufrió ningún daño estructural ni volteo.
- Km. 1063+710 y 1064+706 Tipo de daños: Tipo 1, 2 y 3
 Descripción del evento : Alcantarillas de 3.00*1.10 (3 ojos) y 2.10*2.10. Sufrieron erosión local y transversal. La quebrada está constituida por material fino, el cuál colmató las alcantarillas, produciendo que el agua sobrepasara la plataforma ocasionando erosión regresiva, afectando el talud de la carretera.
- Km. 1063+820 Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : La alcantarilla de 1.00*1.00 resultó insuficiente para la evacuación del flujo de agua y lodo, asimismo al colmatarse la estructura provocó que la quebrada arrasará la carretera en 10 m. y 1 m. de profundidad.

- Km. 1065+359.15 Tipo de daño: Tipo 5
 Descripción del evento : Alcantarilla tipo MCA de 1.50*1.50 (2 ojos). Sufrió erosión general, la alcantarilla quedó totalmente destruido, la carretera fue arrasado en 20 m. y el terraplén en una altura de 2 m.

- Km. 1065+590.85 Tipo de daños: Tipo 1, 2 y 3
 Descripción del evento : Alcantarilla de 3.00*1.50 (3 ojos) fue colmatada, y el flujo de la quebrada erosionó los aleros de entrada; asimismo, la carretera se comportó como dique que represó el agua de la quebrada, superando el nivel de la plataforma, produciendo erosión regresiva aguas abajo de la estructura, afectando en 50 el lado izquierdo de la vía. También fue dañado el pavimento.

- Km. 1065+010, 1066+100, 1066+208, 1066+604 y 1066+695
 Tipo de daños : Tipo 1, 2 y 3
 Descripción del evento : Las estructuras de drenaje fueron afectadas por la erosión local y socavación transversal; asimismo, aguas abajo sufrieron erosión regresiva, afectando los terraplenes de la carretera cercanos a los cabezales de salida. También la erosión regresiva tuvo sus efectos en el lecho de la salida por falta de colchones disipadores.

- Km. 1067+121 Tipo de daño: Tipo 2 y 3
 Descripción del evento : La alcantarilla tipo MCA 2.00*1.90 sufrió erosión local; asimismo, el alero de salida colapsó debido a la falta de colchón disipador en el lecho a la salida de la alcantarilla. La estructura de drenaje trabajó en sección llena produciendo erosión regresiva, afectando el terraplén y parte de la carpeta asfáltica.

- Km. 1067+439, 1067+734, 1068+311, 1068+543, 1068+703, 1069+100 y 1070+556.35
 Tipo de daños : Tipo 1, 2 y 3
 Descripción del evento : Los daños típicos en estas alcantarillas que drenan agua de pequeñas cuencas y en zonas topográficamente planas con escasa pendiente fueron del tipo local (daños en los cimientos de los aleros) y transversal (daños al terraplén

adyacente a la obra de cruce); asimismo, la erosión regresiva (aguas abajo de la estructura) afectó el terraplén de la carretera. Las características de las quebradas que colmataron las alcantarillas fueron: pendientes pequeñas de cauces indefinidos y material de lecho erosionable. La carretera en varios tramos funcionó como dique por la colmatación de las alcantarillas. El agua al superar el nivel de la rasante desbordó, ocasionando la erosión regresiva, lavando el terraplén y la carpeta asfáltica.

- Km. 1071+007, 1071+089 Tipo de daños: Tipo 2 y 3
 Descripción del evento : Las alcantarillas sufrieron socavación transversal y erosión regresiva en los terraplenes adyacentes a los cabezales de entrada y salida de la estructura de cruce respectivamente.
- Km. 1071+200, 1071+300, 1071+674, 1072+610, 1072+848, 1073+157 y 1074+417
 Tipo de daño : Tipo 1 y 2
 Descripción del evento : Las alcantarillas que drenan agua de pequeñas cuencas en una zona completamente plana sufrieron daños del tipo local y transversal, afectado por el cambio de flujo de las quebradas al ingresar a la obra de cruce.
- Km. 1074+500 – 1075+720 Tipo de daño: Tipo 4
 Descripción del evento : Por ser la zona topográficamente plana, encontrándose la carretera y el terreno natural al mismo nivel, el agua discurrió en sentido paralelo a la carretera de sur a norte (derecha de la vía), produciendo erosión lateral afectando la berma y la carpeta asfáltica (1200m.).
- Km. 1077+300 – 1077+615 Tipo de daño: Tipo 4
 Descripción del evento : El lado derecho de la vía sufrió erosión longitudinal en 315m.
- Km. 1077+425 – 1077+615 (Badén) Tipo de daño: Tipo 3
 Descripción del evento : La quebrada es amplia y topográficamente plana. El badén sufrió erosión regresiva aguas abajo por la falta de colchón disipador.

- Km. 1077+831, 1078+617, 1080+100 y 1081+100 Tipo de daños: Tipo 1 y 2

Descripción del evento : Las estructuras de drenaje sufrieron daños locales en los aleros de entrada y salida, y socavación transversal del terraplén de acceso. Los daños fueron leves.

- Km. 1082 – 1082+100 y 1083+350 – 1083+600 Tipo de daño: Tipo 4

Descripción del evento : La quebrada discurrió paralelo a la vía en el lado derecho (350m.), produciendo erosión lateral al talud del terraplén, bermas laterales y en algunos tramos a la carpeta asfáltica. La quebrada desemboca en la alcantarilla 1082+600

- Km. 1082+600 Tipo de daño: Tipo 5

Descripción del evento : La quebrada arrasó la alcantarilla y parte de la carretera en un tramo de 30 m. y profundidad de 2 m.

- Km. 1083+020 Tipo de daños: Tipo 1 y 2

Descripción del evento : Alcantarilla tipo MCA de 2.00*2.00, funcionó bien, la erosión local y transversal fue leve. A 20 m. aguas abajo queda huellas de la carretera antigua (1983) que fue arrasado en 10 m. y 1.50 m. de altura.

- Km. 1083+681 : Quebrada Pan de Azúcar Tipo de daños: Tipo 2 y 5

Descripción del evento : El ancho de la quebrada es de 70 m. y la estructura existente era de 4.00 x2.30 m. de 2 ojos. El efecto que hubo en la obra de cruce fue la socavación transversal del terraplén derecho de la estructura de drenaje; erosión regresiva del terraplén izquierdo de la obra de cruce en 50 m de la carretera (lado izquierdo). La estructura fue colmatada por arena y cubierto por palizada, el cuál obstruyó el paso de flujo y erosionó el terraplén ubicado en la margen izquierda de la quebrada (20 m. de la vía y una profundidad de 2.50 m). El pontón fue dañado estructuralmente sufriendo asentamiento el apoyo izquierdo de la estructura en 0.50 m.

- Km. 1084+683 : Quebrada Devora 1
 Tipo de daños : Tipo 5
 Descripción del evento : La estructura existente es de 4.00x3.50 m (4 ojos). La quebrada tiene un ancho de 100 m., y ocasionó erosión general del terraplén de la carretera en 90 m.. El pontón existente fue afectado por la socavación de la cimentación y quedó a punto de voltearse por efectos de la crecida de la quebrada y por el paso de palizada. El desnivel existente entre la rasante de la vía y el lecho de la quebrada es de 4.00 m.

- Km. 1084 +980 : Quebrada Devora 2
 Tipo de daños : Tipo 5
 Descripción del evento : Estructura existente de 4.00x2.30 m (3 ojos). La quebrada erosionó 30 m. de la carretera y el desnivel existente entre la rasante de la vía y el lecho de la quebrada es de 2.50 m.

- Km. 1086+110 : Tipo de daño: Tipo 1, 3 y 5
 Descripción del evento : El agua colmató y lleno de palizada la alcantarilla de 3.00*1.20 (3 ojos), pasó por encima de la carretera y socavó parte del terraplén (derecha e izquierda) de la vía una longitud de 100 m; asimismo, ocasionó la socavación transversal en 10 m. y 1.00 m de profundidad afectando al pavimento.

- Km. 1090+856, 1091+008 : Tipo de daño: Tipo 2
 Descripción del evento : Socavación transversal del terraplén de acceso adyacente a las obras de cruce, originado por cambio de flujo de las quebradas.

- Km. 1091+080 – 1091+500 y 1092+000 - 1092+200 : Tipo de daño: Tipo 4
 Descripción del evento : Erosión longitudinal del lado derecho de la vía, afectando en 700 m. el terraplén, la berma y parte de la carpeta asfáltica. La quebrada desemboca en la alcantarilla 1092+262.

- Km. 1092+262 Tipo de daño: Tipo 2 y 5
 Descripción del evento La quebrada llega paralelo a la vía hasta este punto. Alcantarilla de 4.00*2.50 de 2 ojos y 50° de esviaje. La estructura no sufrió daño alguno pero si fue tapado por la palizada, lo que provocó que la quebrada produjera socavación transversal y general de la carretera en 40 m. y 2.50 m de altura.

4.5 COMPARACION DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO DE 1983 Y 1998

Si bien es cierto que el comportamiento de los fenómenos de 1983 y 1998 fueron diferentes en intensidad y duración, los efectos en la carretera Panamericana Norte (tramo en estudio), fueron similares en los puntos críticos, afectando gran parte del sistema de drenaje y en poco porcentaje la estructura del pavimento.

4.5.1 TRAMO DIVISIÓN BAYOVAR - PIURA.

En ambos eventos se formó la Laguna en el desierto de Sechura.

Cuadro N° 4.1: Comparación de efectos del fenómeno de "El Niño" de 1983 y 1998.

Ubicación (Km.)	Efecto del fenómeno de 1983	Efecto del fenómeno de 1998
887.000 – 887.500	600 m. de plataforma fue destruido	Erosión general en 200 m de la carretera.
900.000	Ninguno	Erosión general de la vía en 100 m.
928.200	Plataforma arrasada en 100 m.	Ninguno
930.100	Plataforma arrasada en 500 m.	Ninguno
933.000	Plataforma afectada en 910 m.	Ninguno

4.5.2 TRAMO PIURA - SULLANA

Esta vía en 1983 fue cortada en muchos tramo; sin embargo, en el fenómeno de 1998 se produjo el corte de la vía en un sólo tramo. Los efectos predominantes en el tramo fueron del tipo 1 y 2.

Cuadro N° 4.2: Comparación de efectos del fenómeno de "El Niño" de 1983 y 1998.

Ubicación (Km.)	Efecto del fenómeno de 1983	Efecto del fenómeno de 1998
986.750 (Quebrada Petro Perú)	Quebrada destruyó 100 m. de la carretera	Ninguno
991.150 (Quebrada Las Monjas)	200 m. de la plataforma arrasado	60 m. de la carretera fueron afectados por erosión general y las 2 estructuras colapsaron
997.200 (El Burrero)	100 m. de plataforma destruido	Ninguno
1001.200 (Hombre Sólo)	100 m. de plataforma destruido	Erosión Local en los cabezales
1004.050 (Temoche 1 y 2)	200 m. de plataforma destruido	Erosión Local y Regresiva en los cabezales de la obra de cruce.
1013.930	300 m. de plataforma destruido	Erosión local en los cabezales
1015.200	60 m de carretera arrasados	Erosión local en los cabezales
1019.600 (Cola de Alacrán)	150 m. de la carretera arrasados por la quebrada	Ninguno

4.5.3 TRAMO SULLANA - DESVÍO TALARA

La característica principal de este tramo fue la repetición del efecto de erosión general (50 a 500 m. de carretera) en los mismos puntos que colapsaron en 1983.

Cuadro N° 4.3: Comparación de efectos del fenómeno de "El Niño" de 1983 y 1998.

Ubicación (Km.)	Efecto del fenómeno de 1983	Efecto del fenómeno de 1998
1029.863 (Quebrada Samán) (1084.200)	Puente de 67 m. de luz colapsado y 120 m. de la carretera arrasados.	Se comportó eficientemente el puente de 130 m. de luz y 4.50 de altura.
1034.300	Sin datos	Erosión regresiva en 300 m. de la carretera.
1037.218 (Peroles) (1091.701)	Pontón de 7 de luz y 100m. de la carretera arrasados.	Pontón de 3.40*2.60 de 3 ojos funcionó a tubo lleno, sufrieron daños locales y regresiva
1042.600 (Ignacio Escudero) (1097.060)	Las obras de cruce fueron arrasados conjuntamente con la plataforma en un tramo de 150 m.	Se produjo erosión general y afectó 250 m. de la carretera, arrasando las estructuras de cruce.
1044.589 (Ubillús) (1098.805)	Arrasó la alcantarilla y 20 m. de la plataforma	Arrasó la alcantarilla y 20 m. de la plataforma
1047.096 (Corral de León) (1101.405)	Quebrada arrasó 200 m. de la carretera;	250 m. de la carretera fueron arrasados, 100 m. afectados por erosión regresiva del terraplén.
1048.500 (Pichichaca) (1102.500)	La quebrada erosionó en 800 m. la vía en forma lateral.	La quebrada erosionó en forma lateral a la vía en 1000 m.
1052.300 (Huaytaco) (1104.000)	La estructura de cruce fue arrasada en 400 m.	La estructura de cruce fue arrasada en 400 m.
1059.000 (Pasamayito) (1113.605)	La estructura de cruce fue colapsó y 160 m. de la carretera fueron arrasados.	100 m. de la carretera fueron afectados por erosión general. Una estructura colapsó.

Ubicación (Km.)	Efecto del fenómeno de 1983	Efecto del fenómeno de 1998
1063.355 (1117.900)	30 m. de la carretera fueron arrasados en una altura de 2 m.	40 m. de la carretera fueron arrasados, la obra de cruce también.
1063.820 (1118.300)	60 m. de la carretera fueron arrasado (quebrada no tiene cauce definido)	10 m. de la carretera fueron afectados por erosión general, en 1 m. de profundidad.
1065.360 (1122.800)	40 m. de la plataforma fue arrasado	Alcantarilla totalmente destruida, erosión general en 20 m. y 2 de profundidad.
1082.600	Sin registro histórico	Quebrada arrasó 30 m. de la plataforma y 2 m. de altura.
1083.681 (Pan de Azúcar) (1124.380)	La alcantarilla y plataforma fueron arrasados en 50 m. de longitud y 2 m. de profundidad.	Pontón colapsado (sufrió asentamiento) y 20 m. de la carretera fueron afectados por erosión general.
1084.683 (Dévora 1) (1125.300)	La quebrada arrasó 80 m. de la plataforma y 3.00 de altura.	Estructura de 4.00*3.50 (4 ojos) semi volteada. Se produjo erosión general en 90 m. de la carretera.
1084.980 (Dévora 2) (1125.400)	Sin registro histórico	Quebrada erosionó 30 m. de la carretera; la estructura de cruce fue colmatada quedando intacto.
1092.262 (1233.350)	Sin registro histórico	La estructura de 4.00*2.50 (2ojos) quedó intacta, la erosión general se produjo en el terraplén adyacente (derecho) afectando 40 m. de la vía.

4.6 DETERMINACIÓN DE TRAMOS CRÍTICOS.

En el siguiente acápite se describen los puntos vulnerables donde deberían desarrollarse estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos.

4.6.1 TRAMO DIVISIÓN BAYOVAR - PIURA

Se presentaron 4 cortes en la carretera que dificultaron el tránsito normal de la vía; asimismo, se produjo erosión local y regresiva del terraplén que no afectaron el tránsito normal de vehículos. Otro efecto que se observó fue la formación de la Laguna "La Niña" y de otra que se formó adyacente a la carretera por el desborde del río Piura.

En la zona no se presentaron problemas de estabilidad de taludes por ser la zona topográficamente plana..

4.6.2 TRAMO PIURA - SULLANA

Este tramo no sufrió daños considerables: los daños fueron de tipo local en los aleros de las alcantarillas.

El único punto crítico que cortó la vía e interrumpió el tránsito vehicular fue la quebrada "La Monjas".

4.6.3 TRAMO SULLANA - DESVÍO TALARA

Debido al corte del tramo en varios puntos críticos, para la evaluación se lo divide en subtramos.

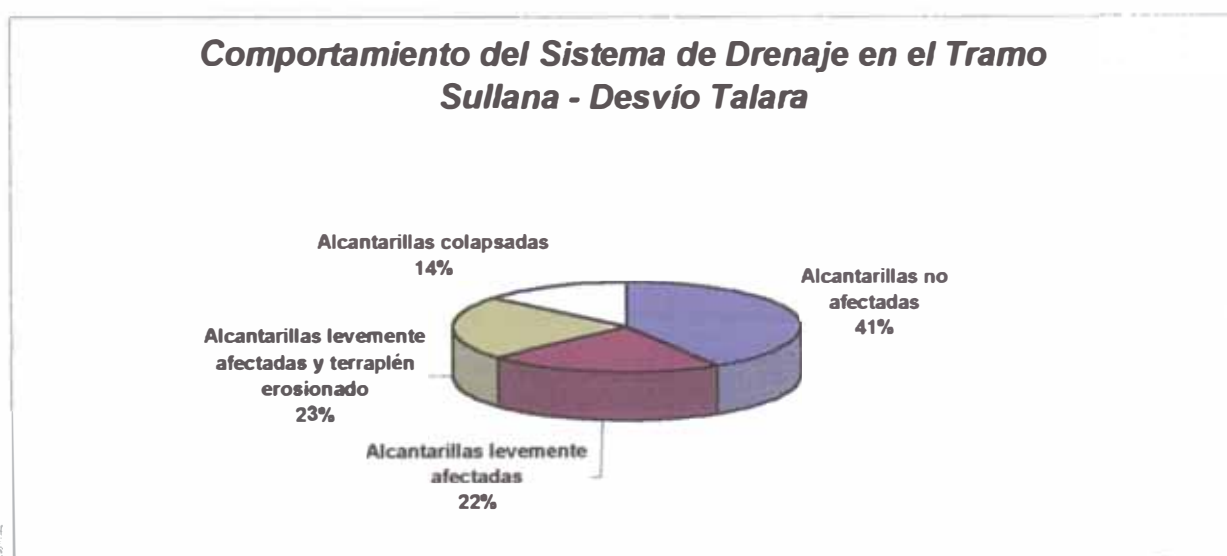
- **Km. 1018.700 al 1030 (11.300 Kms).**- La carretera no sufrió ningún tipo de daño, las alcantarillas se comportaron eficientemente. Cabe resaltar que este tramo es zona agrícola; asimismo, se ubican 30 alcantarillas de diferentes dimensiones.
- **Km. 1030 al 1042.500 (12.500 Kms).**- Se inicia desde el punto Samán hasta la quebrada Ignacio Escudero. En este tramo se presentan problemas de inestabilidad de taludes en pequeños sectores, erosión local en los cabezales de las alcantarillas y erosión regresiva de los cabezales de salida.
- **Km. 1042.500.**- La quebrada "La Manuela", arrasó en 250 m la plataforma de la carretera y la obra de cruce.
- **Km. 1042.800 – 1047.**- Algunas alcantarillas drenaron eficientemente, otros sufrieron erosión local y regresiva en los cabezales de entrada y salida respectivamente, asimismo erosión general en la quebrada "Ubillus".
- **Km. 1047 - 1049.**- La quebrada Corral de León y Pichichaca, produjo erosión general y lateral en 250 y 1000 metros, respectivamente.
- **Km. 1049 - 1052.**- Algunas alcantarillas se comportaron eficientemente y otras tuvieron daños localizados en los cabezales de entrada de las alcantarillas.
- **Km. 1052 - 1052.500.**- La quebrada Huaytaco arrasó 400 de plataforma de la carretera y todo el sistema de drenaje.
- **Km. 1052.500 - 1059.**- Algunas alcantarillas se comportaron bien, otras sufrieron efectos de erosión local leve. Se presentaron fallas de talud en corte y relleno en tramos localizados.
- **Km. 1059.140.**- La quebrada Pasamayito o Charanal arrasó 100 m. de la carretera y uno de los dos pontones existentes.
- **Km. 1060 - 1067.**- Algunas alcantarillas se comportaron eficientemente. otras tuvieron efectos de erosión local y regresiva, asimismo hubieron cortes en la carretera en cuatro puntos.

- **Km. 1067 - 1081.-** La zona se caracteriza por ser plana y ondulada donde las quebradas discurren en cauces divagantes. Se presentaron problemas de erosión local, regresiva y erosión lateral de la vía. En esta zona existe un badén que se comportó satisfactoriamente, el que puede ser una buena alternativa de solución para ésta zona.
- **Km. 1081 - 1084.-** Se produjo erosión local, regresiva y lateral. También hubieron cortes en la vía por efectos de la quebrada en 2 puntos.
- **Km. 1084 - 1085.-** Se ubica la Quebrada Dévora 1 y 2 que arrasó la carretera en 90 y 30 m respectivamente.
- **Km. 1085 - 1093.342.-** Algunas alcantarillas se comportaron eficientemente, otras tuvieron efectos locales. La carretera fue afectada por erosión lateral y tuvo un corte a la altura del Km. 1092.262 (40 m.).

Cuadro N° 4.4: Obras de cruce que sufrieron daños por efectos de la crecida de quebradas en el tramo Sullana - Desvío Talara.

EFFECTO PRODUCIDO	Nº DE ALCANTARILLAS	REPRESENTACION EN %
Ningún efecto. Se comportó eficientemente. Alcantarilla intactas.	71	41.28 %
Tipo 1 (Erosión local en los aleros y transversal del terraplén. Alcantarillas levemente afectados)	38	22.10 %
Tipo 2 y 3 (Erosión transversal y regresiva). Alcantarillas levemente afectados y terraplén erosionado.	39	22.67 %
Tipo 5 (Erosión General), obras de cruce colapsados	24	13.95 %
TOTAL	172	100.00%

Gráfico N° 4.1



De la evaluación realizada en el tramo Sullana – Desvío Talara del sistema de alcantarillado, se pudo concluir:

- El 41.28% del sistema de alcantarillado funcionó satisfactoriamente. Estas cifras representan la cantidad de obras de cruce que drenan pequeñas cuencas.
- El 22.10% de las alcantarillas fueron afectadas levemente en los aleros de entrada y salida, los cuales no afectaron el tránsito vehicular en la carretera.
- El 22.67% de las alcantarillas fueron afectados en los aleros; pero, en la mayoría de casos por ser el efecto de erosión regresiva, socavó el terraplén afectando en algunos puntos la berma y la carpeta asfáltica.
- El 13.95% del sistema de drenaje; corresponde a estructuras mayores (pontones y alcantarillas de varios ojos) que drenan aguas superficiales y flujo de escombros de cuencas medianas. El porcentaje de afectación fue relativamente bajo pero los efectos, desastrosos, los que en su mayoría interrumpieron el tránsito vehicular, obtándose en muchos casos el uso de badenes.

Para este tipo de estructuras se recomienda un estudio más detallado en la rehabilitación, que comprendan aspectos geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos.

4.7 CAUSAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DAÑOS

El tramo en estudio presenta un alto grado destructivo por efecto de la inestabilidad del terreno y fundamentalmente por las precipitaciones pluviales ocurridas en la zona, que han saturado y erosionado los materiales de sustentación, produciendo el colapso de la plataforma actual y obras de drenaje superficiales.

En ese sentido, los desastres desencadenados en la zona de estudio (zona norte del Perú) son producto de las variaciones climáticas producidas por el fenómeno de "El Niño". Las fuertes precipitaciones producto del fenómeno, ocasionó fenómenos geodinámicos como: inundaciones, huaycos, deslizamientos, etc.

Estos eventos naturales se presentan cada vez que ocurre el fenómeno de "El Niño" y sus efectos se dejan sentir entre los meses de enero a marzo. 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 la infraestructura vial.

En el acápite 4.3 se clasificó los diferentes agentes externos causantes del colapso de la vía. Los diferentes agentes ocasionaron efectos en la infraestructura vial, los cuales se clasificaron como tipo de daños y son los siguientes.

- a. Erosión de la vía por efecto de las quebradas**
 - Efecto tipo 1 – Erosión Local
 - Efecto tipo 2 – Erosión Transversal
 - Efecto tipo 3 – Erosión Regresiva
 - Efecto tipo 4 – Erosión Lateral
 - Efecto tipo 5 – Erosión General

- b. Infiltración en la vía por efecto de la formación de lagunas**
 - Efecto tipo 6 – Infiltración

- c. Derrumbes en la vía por efecto de los deslizamientos**
 - Efecto tipo 7 – Inestabilidad de taludes en corte y relleno

- d. Efecto directo de las lluvias en la vía**
 - Efecto tipo 8 – Erosión laminar

4.7.1 CAUSAS DE LA EROSION POR EFECTO DE LAS QUEBRADAS

Las causas más importantes de la erosión fueron las siguientes:

- a. Aumento del caudal.-** Cuando ocurre una avenida o simplemente, un aumento de caudal, también aumentan: la velocidad media de la corriente, la fuerza tractiva y la capacidad de transporte. Estas origina: colmatación de las obras de drenaje; erosión general; erosión local en determinados puntos; erosión regresiva y transversal en los terraplenes.
 Cuando el aumento de caudal se combina con otras circunstancias, los fenómenos de erosión pueden ser muy grandes. El aumento de caudal es causa frecuente de erosión.

- b. Interrupción del transporte sólido.-** Un río o quebrada tiene una tendencia hacia el estado de equilibrio. Si por alguna circunstancia se interrumpe, o se disminuye, el aporte sólido, el río o quebrada conserva su capacidad de transporte, pero como posee menos sólidos obtiene éstos del lecho fluvial. La consecuencia es la erosión generalizada y la consiguiente profundización del cauce.

- c. Estrechamiento del cauce.-** Muchas veces, por diversas circunstancias, se produce el estrechamiento del ancho de un tramo fluvial. Esto ocurre cuando se ha

ejecutado un encauzamiento del río en el que se ha exagerado la disminución de su ancho. Otras veces los estrechamientos excesivos tienen que ver con la construcción de puentes, pontones o alcantarillas. Cualquiera sea el origen del estrechamiento siempre determina una disminución de la sección transversal, lo que implica el aumento de la velocidad y de la capacidad de transporte de la corriente. El resultado es la profundización del cauce.

- d. **Pilares y estribos.-** Cuando en un río o quebrada hay elementos extraños, como un pilar de puente o un estribo, aparece la tendencia a la erosión local por formación de vórtices.

4.7.1.1 Causas de la erosión local

La erosión local en estribos, aleros y pilas se genera por perturbaciones locales en el flujo, tales como vórtices y remolinos. Este tipo de socavación se produce allí donde se generan remolinos por importantes cambios de dirección del flujo. La erosión causa el abatimiento de un sector definido del fondo del cauce por debajo de su nivel natural.

La erosión local ocurre en regiones de flujo uniforme donde la mezcla agua sedimento es acelerada o desacelerada. Las causas más importantes de la erosión son las fluctuaciones de fuerzas como: Presión, sustentación y cortantes.

Asimismo, la erosión local se produce por el aumento del caudal. El cambio de flujo de las quebradas al encontrar reducida su área de drenaje en la zona de contacto, falta de encauzamiento y obras de protección de los pilares, aleros y estribos de las estructuras.

4.7.1.2 Causas de la erosión transversal

La erosión transversal se produce por:

- Aumento del caudal en el río o quebradas.
- Aumento de la velocidad originada por la disminución de la sección transversal.
- Interrupción del transporte sólido
- Estrechamiento del cauce, producido por la construcción de terraplenes de acceso.
- Falta de encauzamiento y obras de protección en los terraplenes de acceso.
- Ineficiencia de la obra de cruce de drenar el flujo superficial.

4.7.1.3 Causas de la erosión regresiva

Las causas más importantes fueron:

- Aumento del caudal de río o quebrada, produciendo que el flujo pasara por encima de la rasante del pavimento.
- Interrupción del transporte sólido, que produjo la colmatación del sistema de drenaje y en consecuencia el paso del flujo por encima de la rasante de la vía.
- Por la inexistencia del sistema de drenaje, donde el flujo pasó por encima del terraplén de la vía.
- Por la falta de colchón disipador de energía en el lecho de la quebrada, aguas abajo de la obra de cruce.
- Por la falta de protección con enrocado u otras defensas del talud de los terraplenes, compuestos de material fino y erosionable.

4.7.1.4 Causas de la erosión lateral o longitudinal

Las causas fueron:

- Por la activación de las quebradas, como consecuencia de las fuertes lluvias que discurrieron paralelos a la vía.
- Por el cambio de dirección en el flujo de las quebradas.
- Inexistencia del sistema de drenaje, donde la quebrada discurrió paralelo a la vía.
- Por ser el flujo de la quebrada paralela a la vía.

4.7.1.5 Causas de la erosión general

Las causas más importantes de la erosión general son:

- La socavación general del cauce y obra de cruce, producida durante el flujo de una avenida, por aumento de la capacidad de transporte del río.
- Por ser la zona topográficamente plana y ondulada, el curso del agua fue divagante, provocando el cambio de flujo de la quebrada.
- Por ineficiencia en el diseño hidráulico de las obras de cruce.

4.7.2 CAUSAS DE LOS PROBLEMAS DE INFILTRACION

Las causas de la infiltración en los terraplenes, fueron:

- Por la formación de "lagunas artificiales " adyacentes a la carretera, producidas por las intensas lluvias, desbordes de ríos y quebradas, etc.
- La formación de lagunas por la incapacidad de drenaje de las aguas pluviales en zonas topográficamente planas.
- Falta de protección contra la infiltración en los terraplenes, etc.

4.7.3 CAUSAS DE LA INESTABILIDAD DE TALUDES

Las causas en los taludes de corte, fueron, por los desprendimientos por saturación del material, al perder su resistencia al esfuerzo de corte. Asimismo, la masa acumulada de agua en el terreno incrementa el peso del bloque ocasionando desprendimiento del equilibrio natural.

También se produce, cuando el agua se desliza por los taludes de corte o de relleno, provocando la erosión y deslizamiento del material.

4.7.4 CAUSAS DE LA EROSION LAMINAR.

La erosión laminar ocurrido en la plataforma de la carretera, fue por efecto directo de las fuertes lluvias.

La precipitación pluvial directa en la plataforma, es una de las causas que origina la deteriorización del pavimento. El agua puede ingresar a muchos pavimentos a través de juntas y poros superficiales durante pequeños o largos períodos de tiempo.

4.8 LINEAMIENTOS PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL FENOMENO DE "EL NIÑO"

4.8.1 LINEAMIENTOS GENERALES.

- Teniendo en cuenta los graves problemas de erosión hídrica ocasionados por la crecida de quebrada, grandes inundaciones, riadas y huaycos, ocurridos en la zona del eje de trazo estudiado, debería implementarse un eficiente sistema de control y prevención, mediante un nuevo y eficiente diseño de alcantarillado, especialmente en las áreas críticas; asimismo, un sistema adecuado de encauzamiento y canalización, considerando una eficiente reforestación de las mismas.
- Teniendo en cuenta la ineficiencia del sistema de drenaje, se plantea realizar una evaluación de los estudios hidrológicos, tomando en cuenta la determinación de las características hidrodinámicas de la zona, así como el cálculo de las máximas avenidas. Debe tomarse en cuenta, para el diseño de las nuevas estructuras de cruce; el paso de flujo de lodo y escombros, que son una de las características de las quebradas en zona en estudio.
- Se plantea la puesta en práctica del manejo de quebradas, en las más importantes, donde deben considerarse aspectos importantes como:
 - ♦ La quebrada o cauce natural, debería ser alterada en lo mínimo, tratando de mantener sus condiciones existentes.

- ◆ Se debe tener en cuenta que la infraestructura vial, es la que altera el medio ambiente existente y no el flujo de cauce natural.
- ◆ La quebrada o cauce natural se debe analizar en forma integral y no sólo en la zona localizada de contacto con la vía.
- Para evitar los problemas de erosión de riberas, que se presentan en las quebradas más importantes, deberán tomarse medidas de control y prevención a través de sistemas de estabilización y/o revestimiento de taludes.

4.8.2 LINEAMIENTOS DE SOLUCION A CADA TIPO DE DAÑO

El problema fundamental del tramo estudiado lo constituye los cursos de agua, los cuales necesitan de un enfoque adecuado para el diseño de las obras de drenaje, con las características necesarias para el desfogue de las aguas de escorrentía, en períodos de crecientes producidas por precipitaciones pluviales excepcionales.

A continuación se dan los Lineamientos de solución a cada tipo de daño.

4.8.2.1 Erosión Local

Para evitar la erosión local, se debe evitar el desarrollo de vórtices dañinos; además, se debe proporcionar la protección para detener el desarrollo del hueco de la erosión; también, emplazar la cimentación de la estructura a la misma profundidad del hueco de erosión más profundo.

Se plantea la protección de las zonas afectadas con rocas. En caso de escasez de enrocado usar gaviones de protección con roca y alambre (ver Anexo 2, pag. 1).

Las entradas o tomas de las alcantarillas deberían tener cabezales con alas prolongadas, que defiendan la plataforma contra la erosión.

4.8.2.2 Erosión Transversal

Se plantea la protección de taludes de los terraplenes con enrocado o muro de gaviones. El uso de gaviones en conjunto con enrocado puede resultar efectivo, si el gavión trabaja esencialmente como manto flexible de filtro que se deforma en la medida que el hueco de erosión evoluciona.

En el caso del colapso de las obras de cruce, diseñar estructuras que permitan el paso normal de las palizadas y flujo de escombros, respetando el ancho natural de las quebradas.

4.8.2.3 Erosión Regresiva

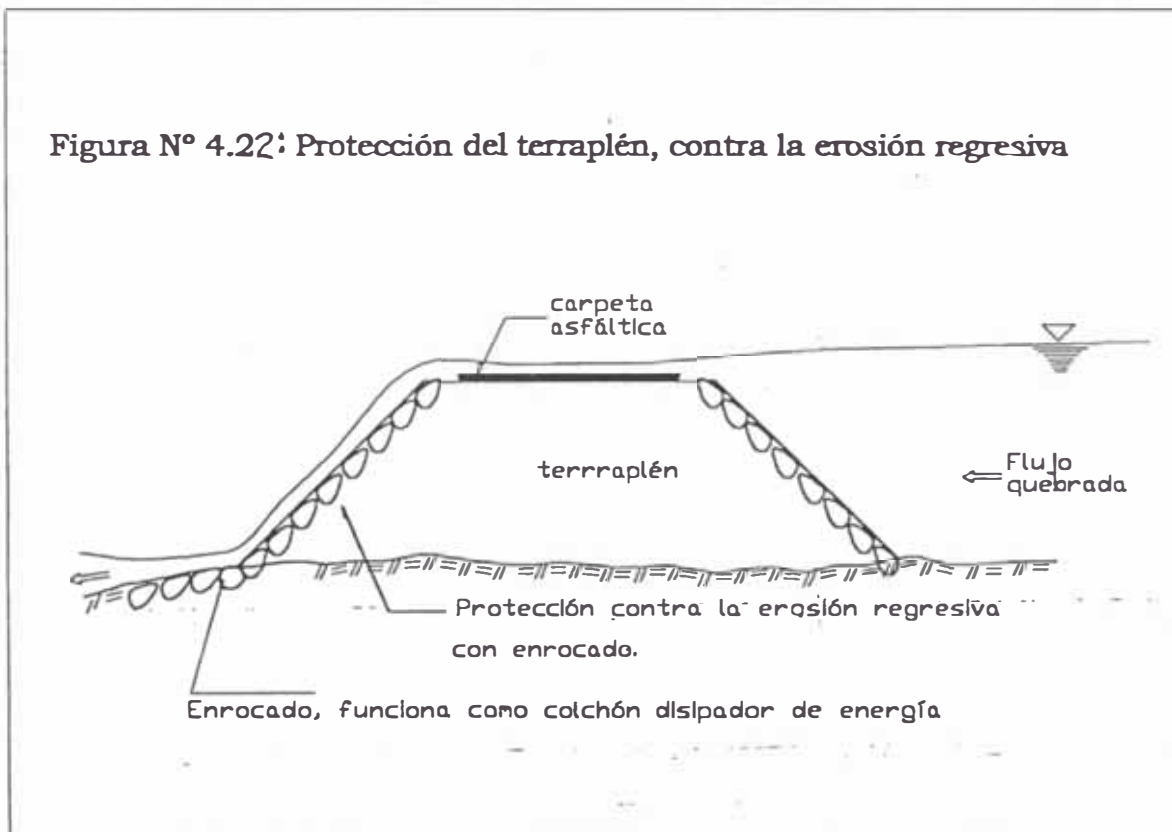
Agua abajo de las obras de arte y drenaje se debería colocar estructuras especiales para disipar la energía cinética originada por las caídas, para prever las altas velocidades de la corriente y la acción del agua.

Diseñar y colocar sistemas de defensa s contra la erosión regresiva en terraplenes, cuando el agua pasa por encima de la vía (ver fig N° 4.22)

En los casos de inexistencia del sistema de drenaje, colocar la obra de cruce respectiva.

En casos de colapso de las obras de cruce, diseñar obras de cruce que permitan el paso normal de las palizadas y flujo de escombros.

Se plantea la protección con revestimiento de enrocado y/o gaviones, el talud junto a la salida de las alcantarillas o pontones, para evitar la erosión regresiva en el terraplén (ver Anexo 2, pag. 1).

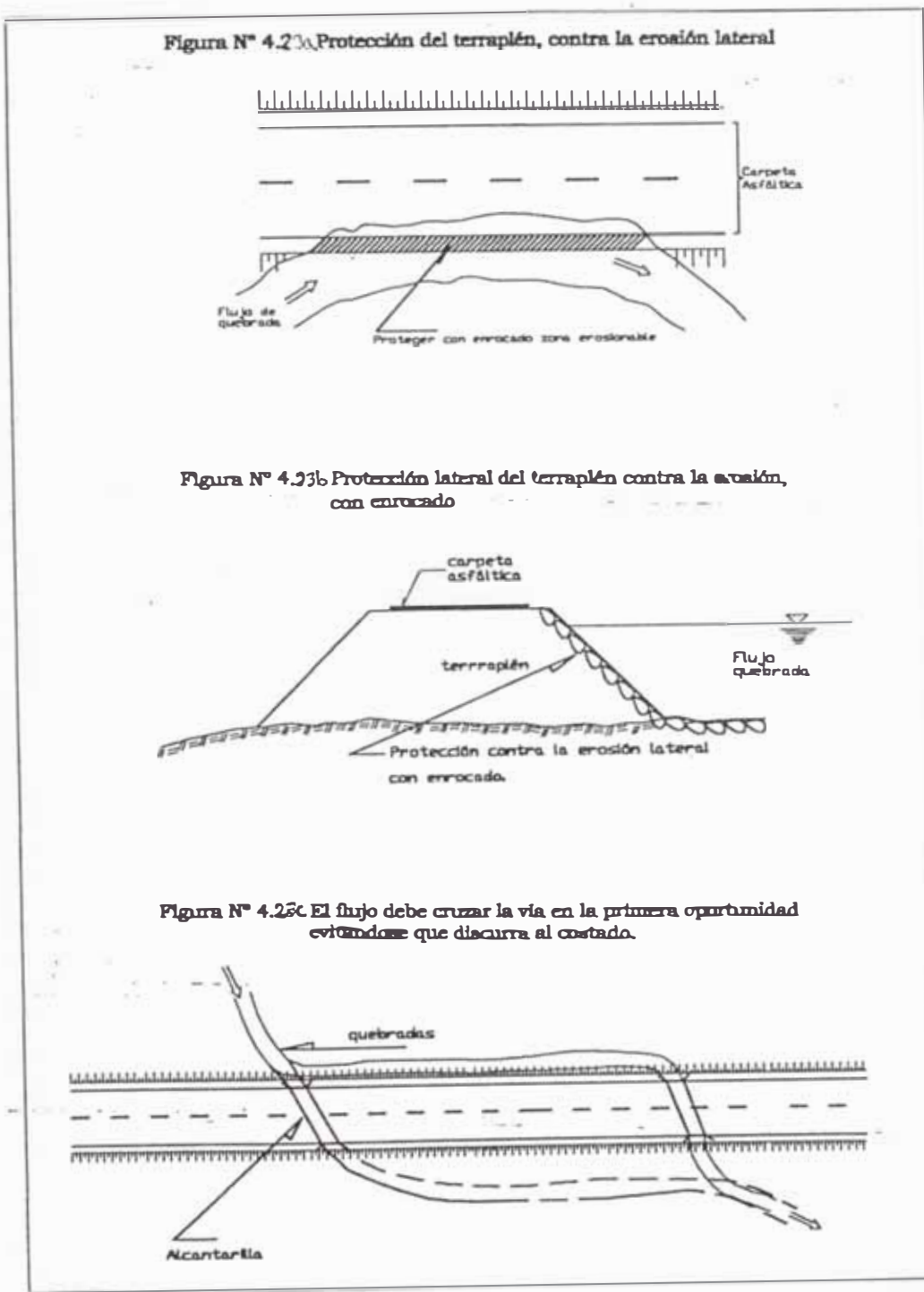


4.8.2.4 Erosión Lateral

Se plantea la protección de taludes de los terraplenes con enrocado o muro de gaviones para protegerlos contra la erosión, reforzándose con materiales geosintéticos, tal como geotextil (ver fig 4.23-a y 4.23-b)

Colocar alcantarillas que permitan el drenaje respectivo en casos de cauces de quebradas divagantes (ver fig 4.23-c)

Para el caso de quebradas que discurren paralelo a la vía se debe estudiar la posibilidad de cambio de trazo, corriéndolas unos metros, paralelo a la vía actual.



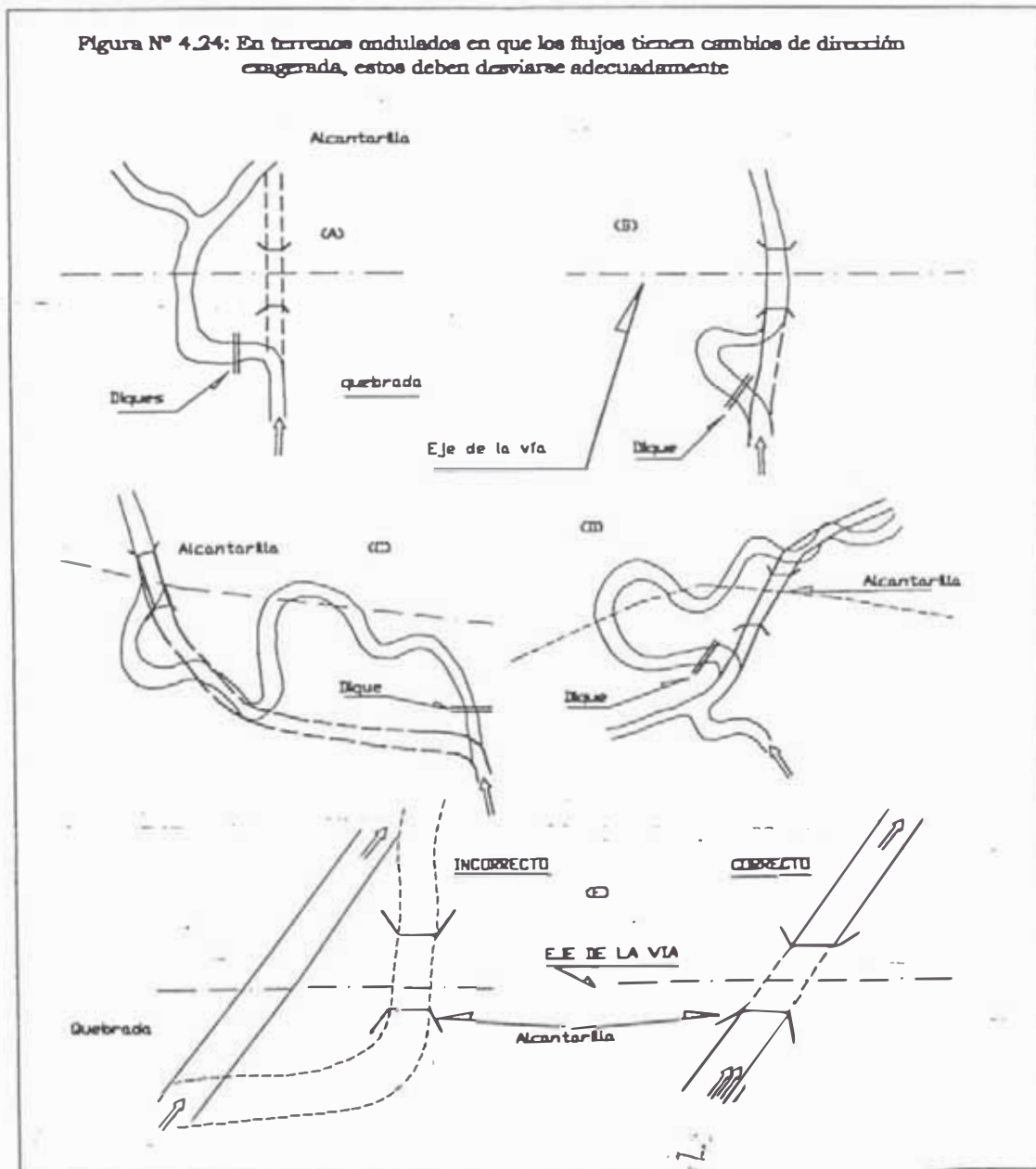
4.8.2.5 Erosión General

En consideración al carácter divagante de las escorrentías, es recomendable un encauzamiento entre la boca de la alcantarilla y/o puente hacia aguas arriba (ver fig. 4.24).

En casos de la ineficiencia del sistema de drenaje diseñar obras de cruce mayores, que permitan el paso normal del flujo de agua limpia y escombros, respetando el ancho normal de la quebrada.

En zonas donde el cauce de la quebrada es definida, proyectar obras de cruce con mayor luz.

En zonas donde las quebradas son amplias y divagantes, estudiar la posibilidad de diseñar badenes.

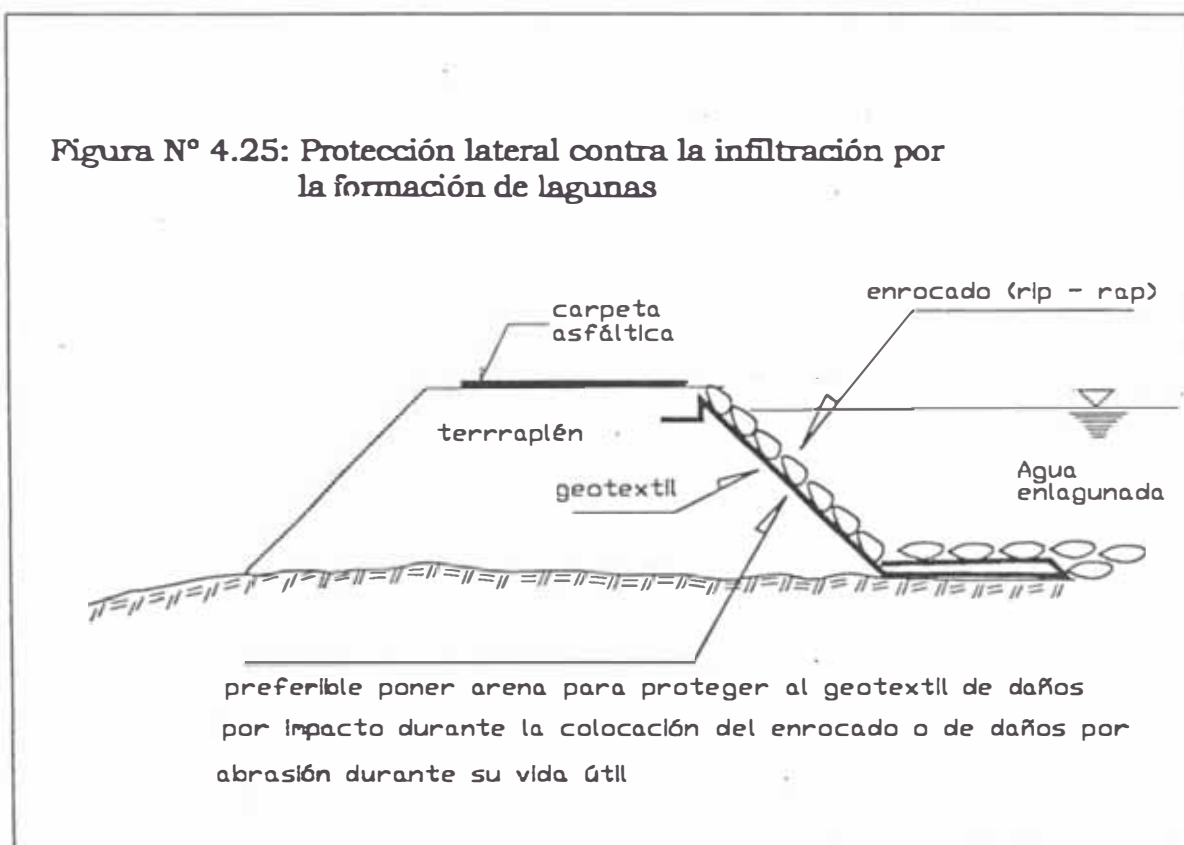


4.8.2.6 Infiltración

En zonas potenciales de enlagueamiento, proteger el terraplén contra la infiltración y evitar daños en la estructura del pavimento. Se plantea estudiar el uso de materiales impermeables, como geomembranas, para la protección de los terraplenes contra la infiltración.

En algunos caso, donde el agua superó el nivel del pavimento, elevar la rasante de la vía y proteger el terraplén contra la infiltración.

En zonas enlagueadas por lluvias, con incapacidad de drenaje que afectaron a la vía, estudiar la posibilidad de drenar hacia cuencas adyacentes.



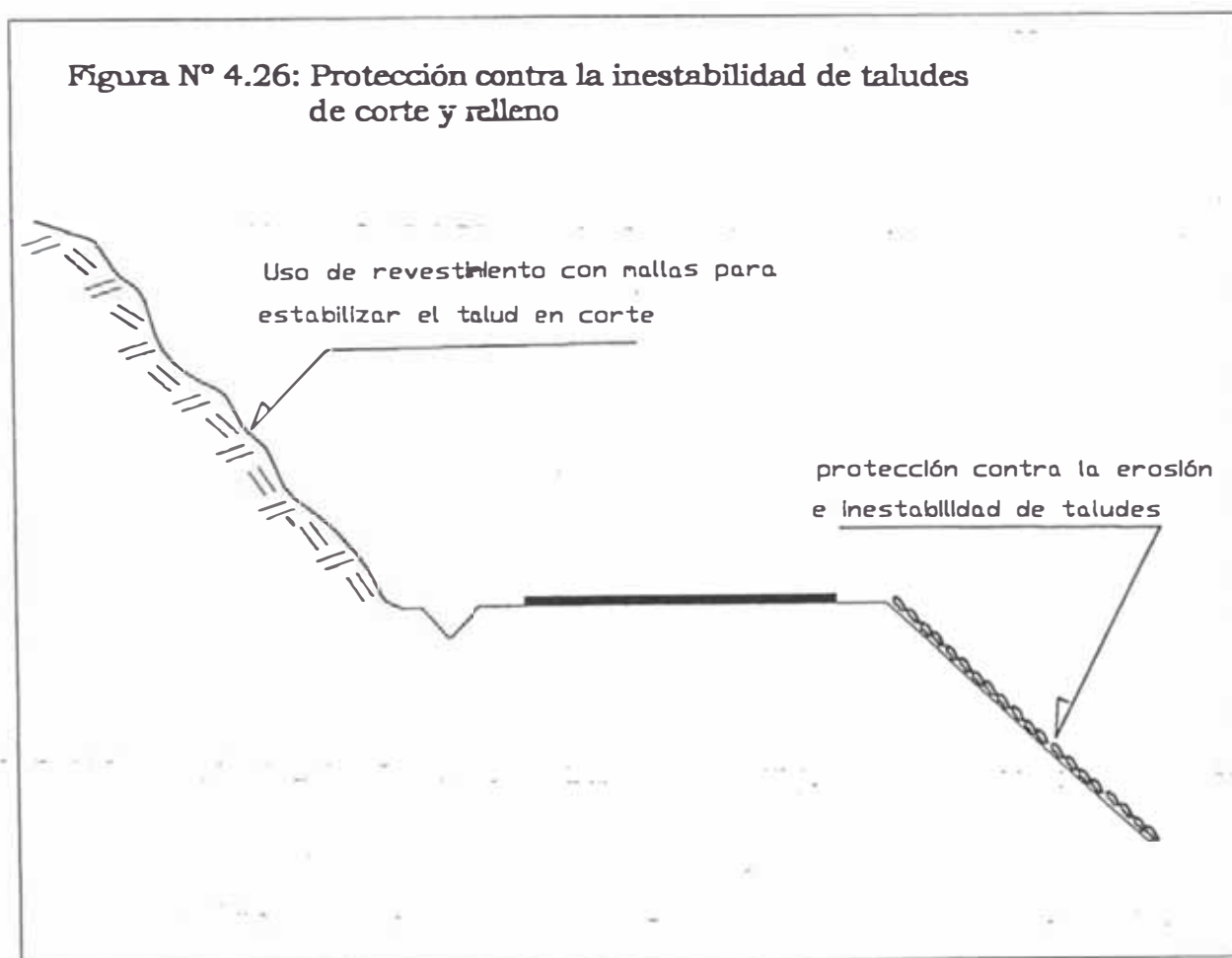
4.8.2.7 Inestabilidad de Taludes

Desde el punto de vista geotécnico relativo a la estabilidad y comportamiento de los sedimentos predominantes en la zona (arcillas y arena) no se han presentado desprendimientos y deslizamientos que hayan producido destrucción de la carretera, ni existe potencialmente posibilidad que puedan producirse.

Debido a que los taludes de corte se desprendieron por saturación, cualquiera que sea el talud, en el próximo ciclo de lluvias se tendrán los mismos efectos, por lo que se recomienda tender los taludes en la proporción de 3:1 como medida de precaución.

Se plantea el uso de geotextiles para estabilizar los taludes en corte y relleno; adicionalmente proteger los taludes de relleno con enrocado o gaviones.

El uso de gaviones se recomienda para el revestimiento de talud en corte y relleno (ver Anexo 2, pag 3).



4.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.9.1 CONCLUSIONES

Las principales conclusiones se mencionan a continuación:

- El tramo en estudio, fue afectado considerablemente por los últimos eventos extraordinarios, ocurrido en la zona, estos son: los fenómenos de "El Niño" de 1983 y 1998.
- Los efectos que produjo el fenómeno fueron: alcantarillas y pontones colmatadas; destrucción total y parcial del pavimento; desprendimientos de taludes en cerros; alcantarillas, pontones y puentes colapsados; fallas en las protecciones de los taludes del terraplén, etc.
- El tramo en estudio, se encuentra expuesto a peligros de geodinámica externa, causantes del colapso de los elementos de la vía. Estos agentes se encuentran relacionados directamente a las fuertes precipitaciones, ocurridas como consecuencia del fenómeno de "El Niño".
- Los agentes causantes del colapso de las estructuras y elementos de la vía, fueron:
 - ◆ Efecto de las quebradas
 - ◆ Efecto de los ríos
 - ◆ Efectos en la vía por la formación de lagunas
 - ◆ Efectos en la vía por la inestabilidad de taludes
 - ◆ Efecto directo de las precipitaciones pluviales en la vía
- Los efectos que produjo los agentes externos, en los elementos de la carretera fueron:
 - ◆ Erosión local
 - ◆ Erosión transversal
 - ◆ Erosión regresiva
 - ◆ Erosión lateral
 - ◆ Erosión general
 - ◆ Infiltración en el pavimento
 - ◆ Inestabilidad de taludes en corte y relleno
 - ◆ Erosión laminar
- La erosión local producida en las obras de cruce fue producto del flujo de quebrada provenientes del drenaje de cuencas pequeñas. El grado de afectación en la vía fue leve debido a que el efecto fue en los aleros y cabezales de las estructuras.

- La socavación transversal se produce cuando la sección natural de un cauce se reduce parcialmente ante la construcción de una obra de cruce. El grado de afectación fue en los terraplenes de acceso.
- La erosión regresiva se dio en: lecho de las quebradas; al pie de los terraplenes; en la losa del fondo a la salida de las obras de cruce; y en los terraplenes adyacentes a las obras de cruce.
- La erosión lateral o longitudinal se dio en aquellas zonas donde las quebradas discurrió en forma paralela a la vía, el cuál afectó el talud del terraplén; la berma; y la carpeta asfáltica.
- La erosión general se dio en aquellas zonas donde se redujeron el área útil de drenaje y se caracterizó por ser violento y provocó el corte de la carretera en muchos tramos.
- La infiltración de agua en el pavimento por la formación de lagunas, se caracterizó por ser no violento y comprometer en porcentaje la longitud de la vía, la cuál provocó asentamientos, deformaciones y deterioro de la estructura del pavimento.
- La erosión laminar, por efecto directo de las lluvias se presentó, a lo largo del tramo de estudio, en forma intermitente y con efectos de leve magnitud. Los daños fueron en las bermas y el talud del terraplén, por la predominante naturaleza arenosa del material con que se construyeron los terraplenes.
- Desde el punto de vista geotécnico relativos a la estabilidad de taludes, no se han presentado desprendimientos y deslizamientos que hayan producido destrucción de la carretera, ni existe potencialmente posibilidad que puedan producirse.
Debido a que los taludes de corte, se desprendieron por saturación, cualquiera que sea el talud, en el próximo ciclo de lluvias, se tendrán los mismos efectos, que son la colmatación de cunetas y la invasión de material erosionado en la carretera.
- Los efectos producidos por los fenómenos de 1983 y 1998 fueron similares en los puntos críticos, los cuales afectaron gran parte del sistema de drenaje y en menor escala la estructura del pavimento.
- De la evaluación de campo se pudo comprobar, la colmatación del sistema de drenaje en la mayoría de las obras de cruce.
- La repetición de efectos en los tramos críticos, a futuros eventos, es latente. A continuación se mencionan los puntos críticos, que colapsaron en 1983, y que volvieron a colapsar en 1998:

- ◆ Km. 887.- Erosión general del terraplén en 200 m.
 - ◆ Km. 900.- Erosión general de la vía en 100 m.
 - ◆ Km. 999.150.- Erosión general de la obra de cruce en 60 m; colapsaron las dos estructuras de paso, del puente Las Monjas.
 - ◆ Km. 1042.600.- La quebrada Ignacio Escudero erosionó en 250 m. la carretera, afectando los 2 pontones y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1047.096.- Quebrada Corral de León, arrasó 250 m. de la carretera, afectando las alcantarillas y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1048.500.- Quebrada Pichichaca, erosionó en forma lateral a la vía en 1000 m.
 - ◆ Km. 1052.300.- Quebrada Huaytaco, erosionó en 500 m. la vía e hizo colapsar el sistema de drenaje (6 alcantarillas) y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1059.140.- Quebrada Charanal, 100 m. de la carretera fue afectado por la erosión general, donde colapsó uno de los puentes y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1063.350.- Quebrada arrasó 40 m. de la carretera.
 - ◆ Km. 1082.600.- Quebrada arrasó 30 m. de la carretera.
 - ◆ Km. 1083.681.- Quebrada "Pan de Azúcar" colapsó al pontón y el terraplén de acceso en 20 m.
 - ◆ Km. 1084.980.- Quebrada Dévora 1 y 2 produjo la erosión general en 90m. y 40 m. de la vía, respectivamente. El nivel de afectación abarcó la obra de cruce y los terraplenes de acceso.
 - ◆ Km. 1092.262.- Quebrada produjo erosión general en 40 m. de la vía.
- Del tramo en estudio, el sector más afectado fue, el tramo Sullana – Desvío Talara; en dicho tramo se realizó una evaluación detallada del sistema de drenaje:
 - ◆ El 41.5% del sistema de drenaje, funcionó satisfactoriamente, los cuales representan obras de cruce, que drenan pequeñas cuencas.
 - ◆ El 22% del sistema de drenaje, fueron afectados levemente por erosión local, transversal y regresiva, dichos daños causaron efectos leves en la infraestructura vial.
 - ◆ El 22.5% de las alcantarillas fueron afectados por la erosión transversal y regresiva, los cuales socavaron los terraplenes de acceso, las bermas y en otros casos la carpeta asfáltica, que pusieron en peligro la estabilidad de la vía.
 - ◆ El 14% restante representó, obras de cruce que drenan el flujo superficial y de escombros de cuencas medianas. Los efectos en las estructuras fueron desastrosos, las que en su mayoría interrumpieron el tránsito vehicular, obtándose en muchos casos el uso de badenes.

- Las causas más importantes de los efectos producidos en la zona de estudio, fueron:
 - ◆ Aumento del caudal, producto de las fuertes precipitaciones. El aumento de caudal es causa frecuente de erosión
 - ◆ Interrupción del transporte sólido. La interrupción se da en una obra de cruce, la quebrada al querer conservar su capacidad de transporte y estado de equilibrio, produce la erosión generalizada y la consiguiente profundización del cauce.
 - ◆ Estrechamiento del cauce, ocurre en aquellas zonas, donde se tiene la reducción del área útil de drenaje natural, como sucede en muchas ocasiones en los cruces de los puentes, donde se construyen pilas, estribos y terraplenes de acceso.
 - ◆ Pilares y estribos, Cuando en una pequeña quebrada existen elementos extraños, tales como pilas, estribos, aleros, etc., aparece la tendencia a la erosión local por formación de vórtices.
 - ◆ Falta de protección en los taludes de los terraplenes.
 - ◆ Ineficiencia en el diseño hidráulico de las obras de cruce.

4.9.2 RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta los problemas de erosión, ocasionados por la crecida de las quebradas, debería implementarse un eficiente sistema de control y prevención, mediante un nuevo y eficiente diseño de alcantarillado, especialmente en las áreas críticas; asimismo, un sistema adecuado de encauzamiento y canalización, considerando una eficiente reforestación de las mismas.
- Teniendo en cuenta la ineficiencia en el diseño del sistema de drenaje, en las estructuras que drenan quebradas medianas, se plantea realizar estudios hidrológicos actualizados. Para el diseño de las nuevas estructuras de cruce, deberían considerarse el paso de flujo superficial de agua limpia y el flujo de escombros.
- Se recomienda la puesta en práctica del manejo de quebradas en las cuencas más importantes, que ocasionaron mayores daños (erosión general) en las obras de cruce.
- Para evitar erosiones en las estructuras de cruce, se recomienda la protección de taludes en los terraplenes con enrocado y/o muro de gaviones.
- Las entradas o tomas de las alcantarillas deberían tener cabezales con alas prolongadas, que defiendan la plataforma contra la erosión.

- Se recomienda la construcción de obras que disipen la energía cinética, originada por las caídas aguas abajo de las obras de cruce (alcantarillas, pontones y terraplenes); asimismo, la protección con revestimiento de enrocado y/o gravas, el talud junto a la salida de las obras de cruce, para evitar la erosión regresiva en el terraplén. (ver Figura N° 4.22)
- Para el caso de las quebradas que discurren paralelo a la vía, se recomienda la protección del terraplén con enrocado o muro de gaviones para protegerlos de la erosión, reforzándose con materiales geosintéticos. (ver Figura N° 4.23-a, 4.23-b y 4.23-c).
- En la zona de contacto (intersección quebrada – vía), de gran ancho, que fueron arrasados completamente, y donde el curso de agua fue divagante, se recomienda el uso de badenes.
- En aquellos puntos donde ocurrieron erosión general, se recomienda para el diseño de las obras de cruce considerar, el flujo superficial de agua limpia y el flujo de escombros.
- En zonas potenciales de enlagueamiento, proteger el terraplén contra la infiltración y evitar daños en la estructura del pavimento. Se plantea estudiar el uso de materiales impermeables, como geomembranas, para la protección de los terraplenes contra la infiltración. (ver Figura N° 4.25)
- El tramo no presentó desprendimientos y deslizamientos de gran magnitud; pero si desprendimientos que cubrieron la vía y colmataron las cunetas; para este efectos se recomienda la estabilización con el uso de geotextiles los taludes en corte y relleno; asimismo, se plantea tender los taludes en la proporción 3:1, como medida de protección. (ver Figura ° 4.26).

CAPITULO V

Estudios específicos en el tramo Sullana – Desvío Talara

5.1 INTRODUCCION

Luego de haber determinado los puntos críticos en el ítem 4.6. En el presente Capítulo se realizará estudios complementarios para el tramo más crítico, siendo elegido la carretera Panamericana Norte entre Sullana y Desvío Talara, la cuál fue afectada por la crecida de las quebradas. Dentro de los análisis no corresponde un estudio de trazo nuevo o de un mejoramiento, sino, un estudio hidrológico que complementa el sistema de drenaje existente.

El planteamiento del trabajo contempla cuatro aspectos fundamentales:

- Estudio Hidrológico para las cuencas más importantes del tramo, con Tr de 50 y 100 años, donde se considera datos de precipitación máxima hasta 1998.
- Comparación de Estudios Hidrológicos (el actual con estudios pasados).
- Evaluación y estado situacional de los puntos críticos.
- Planteamiento de solución para cada punto crítico.

Con las medidas planteadas se espera en lo posible, mitigar desastres producidos por el fenómeno de "El Niño", aunque no es posible descartar nuevos daños en caso de una ocurrencia similar a los de 1983 y 1998.

5.2 ESTUDIO HIDROLOGICO DEL TRAMO

El presente Estudio Hidrológico comprende al tramo Sullana – Desvío Talara de la Panamericana Norte, entre el Km. 1018 al 1093, donde la carretera cruza una serie de quebradas de diferentes tamaños. En la zona en estudio los años normales presenta poca escorrentía, pues las lluvias son escasas o nulas; sin embargo, se presentan con menor frecuencia años lluviosos. Las fuertes precipitaciones coinciden con la ocurrencia del fenómeno de "El Niño", donde la escorrentía es importante, como son los casos de 1983 y 1998, que fueron años de lluvias intensas, ocurridas en la costa norte del país y donde las quebradas citadas, aportaron descargas significativas, que destruyeron las obras de cruce de la carretera.

Anteriormente en 1975 la Consultora Barriga Dall'orto realizó el Estudio de factibilidad para la Panamericana Norte tramo Huarmey Aguas Verdes, donde estaban incluidos aspectos hidrológicos para los ríos y quebradas más importantes.

Posteriormente como consecuencia del evento de 1983 se realizó estudios, en los cuales se incidieron en la parte hidrológica e hidráulica.

Luego en 1994 la empresa P y V & TYP SA realizó el Estudio Definitivo para el Mantenimiento Periódico de la Carretera Panamericana Norte, donde se incluyó los aspectos hidrológicos identificados como el Informe Hidrológico (Anexo I-F), Meteorología e Hidrología, habiéndose calculado las descargas máximas de diseño de las mismas.

En los estudios previos, si bien se han empleado metodologías aceptables, no han contado con suficiente información (estudios de 1975 y 1984), para predecir las descargas de diseño, debido al corto período de información hidrometeorológica existentes; además el fenómeno de 1983 y 1998; con sus consecuencias por todos conocidas, han modificado las condiciones hidrológicas de la región, inclusive con la definición de cauces nuevos.

El presente Estudio Hidrológico tomará como base, el estudio realizado en 1994 por la Consultora P y V & TYP SA para el presente tramo, con la novedad de actualizar datos de precipitación máxima en 24 horas registrados en el último fenómeno de 1998, inclusive se tomarán en cuenta registros de 1983. Los cálculos de escorrentía calculados se realizarán para períodos de retomo de precipitaciones máximas de 50 y 100 años.

De lo expuesto se deduce que, el principal objetivo del Estudio Hidrológico es obtener valores actualizados de caudales para las principales quebradas que colapsaron en el evento de 1998, y analizar los resultados con los calculados en 1975, 1984 y 1994, para finalmente recomendar los tipo de estructuras adecuadas a ubicarse en las obras de cruce.

5.2.1 AREA DE ESTUDIO

El presente estudio corresponde al tramo Sullana – Desvío Talara entre los puntos kilométricos 1018.700 al 1093.342 de la carretera Panamericana Norte (ver Lámina N° 5.1).

Este tramo de 74.64 Km. de longitud se encuentra ubicado en el Norte del Perú, departamento de Piura, teniendo su origen en la provincia de Sullana (Km. 1018), atraviesa la provincia de Paita y termina en la provincia de Talara (Km. 1093)

5.2.2 CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS

5.2.2.1 Información Hidrometeorológica

Como Información básica para el Análisis Hidrológico se ha utilizado la variable Hidrometeorológica - Precipitación máxima de 24 horas

Se ha tomado información de las estaciones Mallares y Pananga del departamento de Piura, donde la información respectiva procede del SENAMHI. En el cuadro N ° 5.1 se indica las series anuales de precipitación máxima en un día (mm.), de las estaciones mencionadas.

5.2.2.2 Descripción de los elementos Meteorológicos.

a. Temperatura.- En base a los datos de la estación de Mallares, la temperatura media mensual es muy uniforme durante el año. La temperatura máxima absoluta observada corresponden al mes de febrero y alcanzó a 36.5° C y la temperatura mínima absoluta fue registrada en Julio y tiene un valor de 12° .

b. Precipitación.- El régimen de precipitación pluvial a lo largo del trazo de la carretera está definida por la precipitación de la estación Pananga en la parte superior y por la estación Mallares en la inferior de las cuencas.

Las precipitaciones extraordinarias por su origen convectivo, tienen las características ciclónicas con núcleos ubicados en la zona intermedia de la cuenca.

Las precipitaciones promedio en la zona de estudio son poco frecuentes y escasas pero debido a la inestabilidad de las masas de aire húmedo se pueden producir lluvias esporádicas de gran intensidad.

Estas lluvias, por ser poco frecuentes y producirse sobre una zona árida desprotegida por la poca vegetación y además sometida al sobre – pastoreo, producen escorrentía abundante la que erosiona los suelos y los cauces, dañando la infraestructura vial.

CUADRO N° 5.1

SERIES ANUALES DE PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA (mm)

ANO	MALLARES	PANANGA
1964	* 3,00	3.20
1965	* 67,4	154.00
1966	* 15,3	25.30
1967	* 4,00	11.60
1968	* 4,70	2.70
1969	* 16,10	40.00
1970	* 5,40	1.90
1971	* 49,40	21.50
1972	50.50	64.40
1973	31.00	34.60
1974	3.50	7.00
1975	10.90	62.00
1976	67.30	19.40
1977	10.80	19.80
1978	25.60	27.70
1979	2.70	4.50
1980	27.50	7.80
1981	9.60	14.00
1982	11.50	15.30
1983	148.10	85.50
1984	47.30	53.00
1985	5.10	10.00
1986	4.70	24.30
1987	63.90	82.20
1988	15.70 *	27,40
1989	31.20	37.80
1990	2.60	4.30
1991	15.40	11.40
1992	100.40	8.30
1993	0.90	67.20
1994	5.20	15.40
1995	7.20	23.70
1996	0.70	10.30
1997	21.80	71.40
1998	201.00	150.10
MEDIA	34.15	35.05
D. STAND.	43.570	37.626
D. STAND. M	47.734	38.280
n	35	35

* Datos completado por Correlación - Regresión con la Estación Lancones
(Referencia 19 - Estudios Hidrológicos)

FUENTE : SENAMHI / DEPECHP

- c. Humedad Relativa.-** Este parámetro nos indica que en general el aire atmosférico es seco a semi húmedo, pues los valores de humedad relativa varían en Mallares entre 71.7% en Junio a 64.7% en diciembre, siendo muy poca la diferencia entre ambas.
- d. Vientos.-** Los vientos en la zona tienen dirección predominante SW aunque también se presentan con menor frecuencia vientos de S y SE. La velocidad media varía con un promedio mensual de 3.6 m/s en mayo a 4.4 m/s en diciembre, observándose promedios de hasta 6 m/s, que se tipifican como vientos suaves.

5.2.3 CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS E HIDROLOGICAS DE LAS CUENCAS.

Las características fisiográficas de las cuencas como son el área, longitud del cauce mayor y pendiente media de la cuenca de las principales quebradas, fueron tomados como base de los cálculos efectuados en el estudio de 1994 realizado por TYPASA & PyV. El Plano Hidrológico (Lámina N° 5.1) muestra el detalle de la ubicación y dimensiones de las cuencas y localización de las estaciones hidrometeorológicas.

En el cuadro N° 5.2 se presenta las características principales de las cuencas más importantes, observándose que son cuencas relativamente pequeñas con áreas que van de 11 Km² a 150 Km² y una cuenca mediana de 811.4 Km² (quebrada Samán).

Los cauces de las quebradas, en su mayoría son secos y se han definido y ampliado significativamente durante las lluvias de 1998, la longitud de los cauces principales son relativamente cortos con pendientes suaves, por lo cuál los tiempos de concentración también son pequeños entre 50 a 400 minutos, esperándose por lo tanto hidrogramas de cresta aguda.

El tiempo de concentración se ha calculado con la formula de U.S Corps of Engineers, el cuál se ajusta a cuencas pequeñas y medianas, por ser hecha para la zona de California y teniendo similitud con nuestra zona costera del norte, es la que usaremos para el presente estudio:

$$T_c = 0.75 C_t (L_c * L_{CG})^{0.38} \dots (1)$$

Un mejoramiento de la formula N° 1 consiste en incluir la pendiente.

$$T_c = 0.508 * C_t * (L_c * L_{CG} / \sqrt{S})^{0.38} \dots (2)$$

Donde:

T _c	=	tiempo de concentración (horas)
C _t	=	constante varía entre 1.36 a 1.65
L _c	=	longitud del cauce (Km.)
L _{CG}	=	longitud del cauce hasta el centro de gravedad (Km.)
S	=	gradiente media de la cuenca (m / m.)

CUADRO N° 5.2
TRAMO : SULLANA - DESVIO TALARA (Km. 1018+700 - Km. 1093+342)

CARACTERISTICAS MORFOMETICAS E HIDROLOGICAS DE LAS CUENCAS

N°	NOMBRE CUENCA	UBICACIÓN DE CRUCE Km	AREA DE CUENCA KM2	LONGITUD CAUCE KM	LONGITUD C.G. CAUCE KM	DIFERENCIA ALTURA m.	GRADIENTE MEDIA m/m	TIEMPO DE CONCENTRACION VARIABLE				To (horas)	Qpico Unitario (m3/s/cm)	Tiempo Pico (hrs)	Tiempo Base (hrs)	Ancho 50% (hrs)	Ancho 75% (hrs)
								C.D.H. Kirpich	V.T.CH.	GANDIOTT.	US Arm y Co						
								1	2	3	4						
1	SAMAN	1029.663	811.40	63.0	31.0	750	0.01	8.83	4.57	0.89	6.78	6.78	186.44	7.39	92.33	28.29	16.40
2	PEROLES	1037.208	67.80	22.0	6.5	210	0.01	4.28	1.81	-0.01	2.62	2.62	40.34	2.85	79.85	10.13	5.87
3	MANUELA	1042.576	150.70	28.0	9.0	750	0.03	3.46	1.60	0.32	2.67	2.67	87.96	2.91	80.00	10.34	5.99
4	UBILLUS	1045.326	11.30	11.0	4.0	130	0.01	2.31	1.24	-0.33	1.61	1.61	10.96	1.75	76.82	5.97	3.46
5	LA RATONA	1045.926	33.60	22.0	9.5	800	0.04	2.55	1.50	-0.43	2.34	2.34	22.32	2.56	79.03	8.99	5.21
6	CORRAL DE LEON	1048.476	49.50	18.0	8.5	740	0.04	2.09	1.34	0.05	2.03	2.03	37.89	2.22	78.10	7.71	4.47
7	HUAYTACO	1051.976	32.90	10.0	6.0	670	0.07	1.10	0.92	0.38	1.30	1.30	39.45	1.42	75.90	4.75	2.75
8	PAMPA LARGA	1055.726	11.90	9.0	5.5	480	0.05	1.11	0.94	0.02	1.26	1.26	14.70	1.38	75.78	4.60	2.67
9	PASAMAYITO	1059.111	23.00	6.5	4.2	480	0.07	0.76	0.71	0.54	0.94	0.94	37.90	1.03	74.83	3.37	1.95
10	EL MUERTO		17.20	7.0	3.0	475	0.07	0.83	0.59	0.35	0.87	0.87	30.81	0.95	74.61	3.08	1.79
11	PAN DE AZUCAR		16.80	8.5	4.5	310	0.04	1.23	0.93	0.26	1.23	1.23	21.29	1.34	75.69	4.48	2.59
12	QDA. DEBORA	1084.450	88.30	27.0	15.0	650	0.02	3.51	2.29	-0.14	3.26	3.26	42.17	3.56	81.78	12.84	7.44
13			21.50	6.5	3.5	75	0.01	1.55	1.14	1.27	1.26	1.26	26.67	1.37	75.77	4.58	2.65
14			19.50	8.0	4.0	110	0.01	1.70	1.18	0.67	1.38	1.38	21.97	1.51	76.15	5.08	2.95

FUENTE: Referencia N° 12 - Volumen Estudio Hidrológico

5.2.4 AVENIDAS EN LA QUEBRADAS.

Debido a que no se cuenta con aforos de las quebradas, se descartan los métodos estadísticos que utilizan datos propios para el cálculo de la escorrentía; proponiéndose, en cambio un método indirecto que emplea la intensidad de precipitación y las características fisiográficas morfométricas de las cuencas.

El método empleado es del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos, que se basa en el hidrograma triangular.

El método SCS, emplea intensidad de precipitación de la cuál la intensidad se ha deducido a partir de la precipitación máxima en 24 horas afectadas de coeficientes y relaciones existentes.

5.2.4.1 Análisis de la Precipitación Máxima en 24 horas

La información disponible de precipitación máxima en 24 horas se ha tomado de las estaciones de Mallares y Pananga, de la cuentan con registros de 35 años (1964 – 1998).

Los datos de la estación Mallares fue completado, por el método de Correlación – Regresión. (Referencia N° 18 – Volumen N° 1)

Para el análisis de lluvia máxima en 24 horas, de las estaciones Mallares y Pananga, se realizó el ajuste empleando las distribuciones de Gumbel I, Log- Normal y Log – Person III.

Los ajustes para la estación Mallares se indica en el cuadro 5.4 (anexo). En el cuadro N° 5.5 se presentan las precipitaciones máximas en 24 horas calculadas con los tres métodos para diferentes períodos de retorno, habiéndose elegido los datos generados con la función log –Person III por presentar un mejor ajuste. Los gráficos 5.1, 5.2 y 5.3 del anexo muestra el ajuste de las diferentes distribuciones antes indicadas.

Los ajustes para la estación Pananga se indica en el cuadro N° 5.7 (anexo). En el cuadro N° 5.8 se presentan las precipitaciones máximas en 24 horas calculadas con los tres métodos para diferentes períodos de retorno, habiéndose elegido los datos generados con la función log –Person III por presentar un mejor ajuste. Los gráficos 5.4, 5.5 y 5.6 del anexo muestra el ajuste de las diferentes distribuciones antes indicadas.

CUADRO N° 5.5

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS - ESTACION MALLARES

RETURN PERIOD	GUMBEL I			LOG NORMAL			THREE PARAMETER LOGNORMAL			MAX. LIKELIHOOD			LOG PEARSON III			
	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT
1.005	-20.8		0.4		0.6		0.3		0.3		0.3		0.3		0.3	
1.050	-8.8		1.4		1.5		1.4		1.4		1.4		1.4		1.4	
1.250	5		4.3		4.1		4.4		4.4		4.4		4.3		4.3	
2.000	23.3		13.6		13.2		14		14		14		13.8		13.8	
5.000	47.9	13.8	43.4	27.1	43.9	28.3	43.1	25.9	43.1	25.9	43.6	26.7	43.6	26.7	43.6	26.7
10.000	64.1	13.2	79.7	31.5	82.8	33.2	76.1	29.7	76.1	29.7	78.7	30.9	78.7	30.9	78.7	30.9
20.000	79.7	13	131	35.8	140	38.2	121	35.7	121	35.7	127	37.5	127	37.5	127	37.5
50.000	99.9	12.9	231	41.1	252	44.4	201	46.1	201	46.1	218	48.8	218	48.8	218	48.8
100.000	115	12.9	336	44.9	373	48.7	280	55	280	55	310	58.4	310	58.4	310	58.4
200.000	130	12.9	475	48.4	535	52.9	379	64.5	379	64.5	428	68.7	428	68.7	428	68.7
500.000	150	12.9	722	52.9	830	58	545	77.7	545	77.7	631	82.9	631	82.9	631	82.9
1000.000	165	12.9	975	56.1	1140	61.8	704	88.3	704	88.3	832	94.2	832	94.2	832	94.2
2000.000	180	12.9	1280	59.2	1520	65.3	889	98.7	889	98.7	1070	105	1070	105	1070	105
5000.000	200	12.9	1790	62.8	2150	69.6	1170	112	1170	112	1450	120	1450	120	1450	120
10000.000	215	12.9	2300	65.5	2790	72.8	1440	123	1440	123	1810	131	1810	131	1810	131

CUADRO N° 5.8

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS - ESTACION PANANGA

RETURN PERIOD	GUMBEL I			LOG NORMAL			THREE PARAMETER			LOG PEARSON III		
	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	LOGNORMAL		MAX. LIKELIHOOD		MOMENTS	
							FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT	FLOOD ESTIMATE	ST. ERROR PERCENT
1.005	-16.2		1.1		1.4				0.8			0.9
1.050	-4.1		3.2		3.3				3.0			3.0
1.250	9.7		7.9		7.7				8.1			8.0
2.000	28.0		20.2		19.8				21.5			20.9
5.000	52.5	12.3	51.9	22.0	52.2	22.8			52.1	19.9		52.3
10.000	68.8	12.3	84.9	25.5	87.0	27.0			80.0	21.9		83.0
20.000	84.4	12.3	128.0	29.0	133.0	31.2			112.0	25.7		120.0
50.000	105.0	12.3	202.0	33.4	214.0	36.8			161.0	32.5		181.0
100.000	120.0	12.4	173.0	36.4	294.0	40.7			204.0	38.5		236.0
200.000	135.0	12.4	362.0	39.3	393.0	44.4			250.0	45.0		299.0
500.000	155.0	12.5	508.0	42.9	560.0	49.0			319.0	54.0		399.0
1000.000	170.0	12.5	648.0	45.6	723.0	52.4			377.0	61.2		488.0
2000.000	185.0	12.6	811.0	48.0	913.0	55.6			438.0	68.3		586.0
5000.000	205.0	12.6	1060.0	51.0	1210.0	59.4			522.0	77.4		728.0
10000.000	220.0	12.6	1300.0	53.2	1490.0	62.3			593.0	84.5		853.0

5.2.4.2 Cálculo de las avenidas para diferentes períodos de retorno.

El método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos es recomendado por los excelentes resultados obtenidos comparativamente con otros métodos.

Se basa en el denominado hidrograma triangular de la cuenca, cuya ordenada máxima o caudal pico en el sistema métrico tiene la expresión siguiente:

$$Q_p = 0.208 A E / (D/2 + t_L) = 0.208 A E / t_p \quad \dots(3)$$

Donde:

Q_p	=	Caudal pico en m ³ /s
A	=	Area de la cuenca en Km ² .
E	=	Escorrentía o lluvia efectiva en mm.
D	=	Duración de la tormenta de diseño en horas
t_L	=	0.6 T _c = Tiempo de aproximación en horas donde T _c , es el período de concentración
t_p	=	(D/2 + t _L) = Tiempo al pico en horas.

El S.C.S. tiene un método establecido para el cálculo de la precipitación efectiva en base a la precipitación total y a partir de las características del suelo que compone la cuenca, resumiéndolas en un Número de Curva N, dando una expresión para calcular la precipitación efectiva, en función del Número de Curva y la precipitación total o neta.

La escorrentía (E) se determina mediante la expresión siguiente.

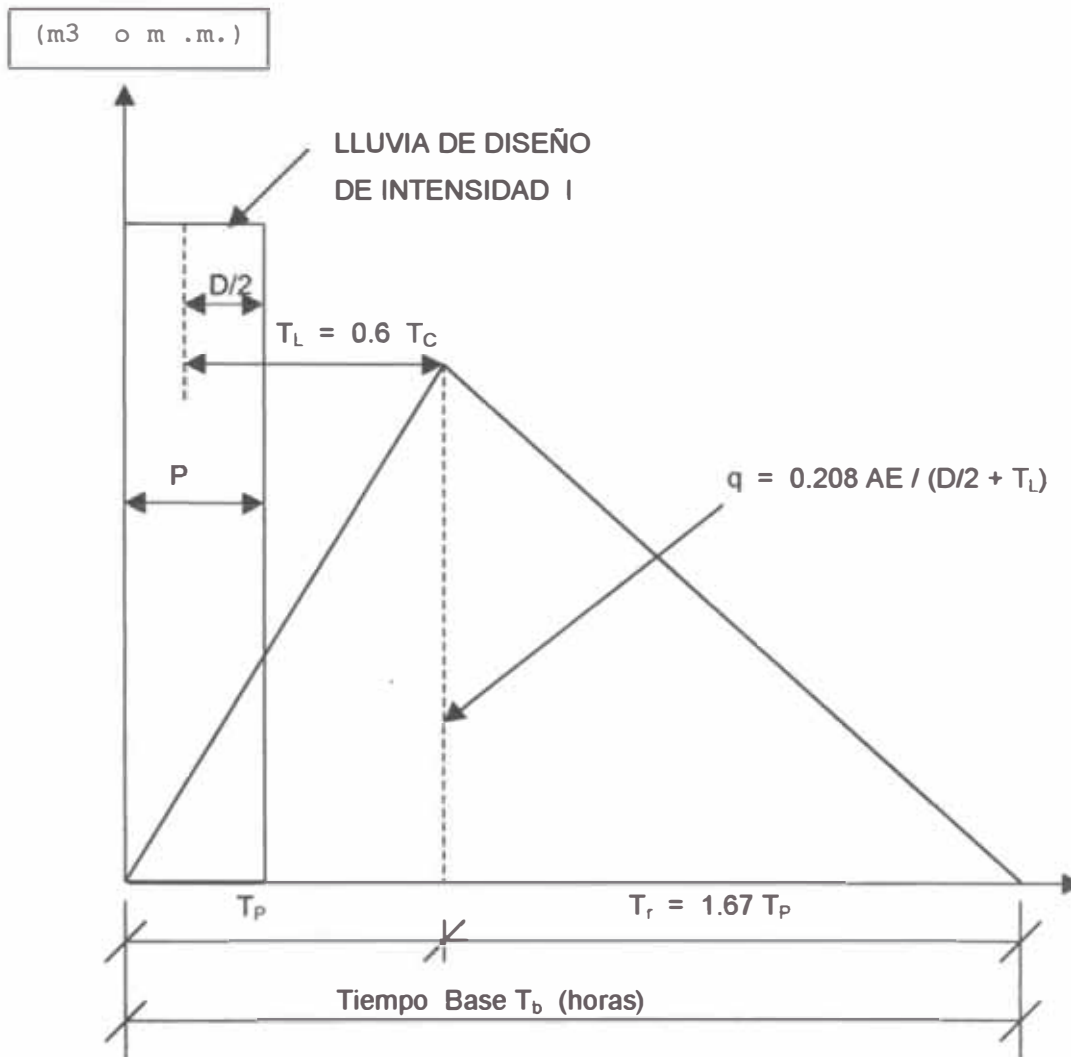
$$E = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.2 S)} \quad \dots(4)$$

donde:

E	=	Escorrentía superficial en mm.
P	=	Precipitación total máxima (mm.), para una duración y frecuencia dados
S	=	Pérdida por infiltración en mm.

Lo parámetros del hidrograma triangular indicados se ilustran en el gráfico N° 5.7

Gráfico N° 5.7



El factor S viene dado por la expresión.

$$S = \frac{25400}{CN - 250} \quad (\text{expresado en mm.}) \quad \dots (5)$$

Donde CN , se obtiene de tablas como una función del suelo, cobertura, tratamiento cultural y condición hidrológica.

Las características de la zona de estudio nos permite seleccionar como valor de CN 68, 48 y 84, de los cuales $CN = 84$ para suelos arenos – limosos y pobre cobertura de pastos naturales, grupo hidrológico A y condición de humedad III (Referencia N° 11 –Volumen de Estudio Hidrológico).

La determinación del tiempo al pico (T_p) es como sigue:

$$T_p = T_c/2 + 0.6 D \quad \text{y} \quad T_c = D$$

$$T_p = T_c/2 + 0.6 T_c$$

$$T_p = 1.1 T_c \dots \quad (6)$$

Donde T_c se obtuvo en el acápite 5.2.3, fórmula (2).

En el cuadro N° 5.9 y 5.10 se presentan los resultados de la aplicación del método que incluye el cálculo de descargas específicas para tiempos de retorno de 50 y 100 años, respectivamente.

5.2.5 ANALISIS DE RESULTADOS Y COMPARACION CON ESTUDIOS PASADOS

- Los resultados obtenidos en el acápite anterior, por el método del SCS, son confiables debido a que éstos caudales, se aproximan a los producidos en 1983 y 1998 en las principales quebradas, los caudales generalmente se desbordaron en esa oportunidad. Los caudales calculados corresponden a los de 50 y 100 años de período de recurrencia o de retorno, que coinciden aproximadamente con la frecuencia de datos observados según la curva de ajuste Log Pearson III.
- Del cuadro N° 5.11 se observa, los valores de caudales para T_r de 50 años (estudios de 1975 y 1984), son relativamente bajos. Los métodos usados son aceptables, pero no contaron con suficiente información, para predecir las descargas de diseño, debido al corto período de información hidrometeorológica existente.
- La carretera después del evento de 1983, quedó realmente como para realizar la reconstrucción de las estructuras. Aquí es donde hacemos una observación, porque se volvieron a construir estructuras como alcantarillas o puentes que se sabía que no iban a soportar otras avenidas similares al de 1983. Todo lo dicho se evidenció en el año de 1998, con la ocurrencia del fenómeno de "El Niño"; por tanto se recomienda, para el diseño de las nuevas obras de cruce, considerar los caudales obtenidos en el ítem 5.2.4, para tiempos de retorno de 50 años.
- Algo muy importante que se debe resaltar, es el comportamiento que tuvo el Puente Samán. Después del evento de 1983 se construyó un puente de 120 m de 3 luces (anteriormente fue de 67 m.) y en el evento de 1998 soportó las fuertes crecientes, debido a que la longitud del puente es aproximadamente el ancho de la quebrada. Debemos aprender de ésta experiencia y aplicar este criterio para los demás puntos críticos.

CUADRO N° 5.9
TRAMO : Km. 1018+700 - Km. 1093+342

CALCULO DE LAS DESCARGAS MAXIMAS DE LAS QUEBRADAS PARA PERIODOS DE RETORNO DE 50 AÑOS

N°	NOMBRE CUENCA	UBICACIÓN DE CRUCE Km	AREA DE CUENCA Km2	To (horas)	Qpico Unitario (m3/s/cm)	Factor FACT1	Factor FACT2	Tiempo Pico (hrs)	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 Máximo 1 (m3/s)	Caudal Máximo 2 (m3/s)	Caudal Máximo 3 (m3/s)
1	SAMAN	1029.863	811.4	6.78	186.44	0.50	0.50	7.39	9.94	68	48	84	2.9	0.6	5.8	545	115	1087
2	PEROLES	1037.208	67.8	2.62	40.34	0.50	0.50	2.85	9.45	68	48	84	2.6	0.5	5.4	106	20	218
3	MANUELA	1042.576	150.7	2.67	87.96	0.50	0.50	2.91	9.46	68	48	84	2.6	0.5	5.4	231	44	476
4	UBILLUS	1045.326	11.3	1.61	10.96	0.50	0.50	1.75	9.21	68	48	84	2.5	0.4	5.2	27	5	57
5	LA RATONA	1045.926	33.6	2.34	22.32	0.50	0.50	2.56	9.40	68	48	84	2.6	0.5	5.4	58	11	120
6	CORRAL DE LEON	1048.476	49.5	2.03	37.89	0.50	0.50	2.22	9.33	68	48	84	2.5	0.5	5.3	97	18	201
7	HUAYTACO	1051.976	32.9	1.30	39.45	0.50	0.50	1.42	9.11	68	48	84	2.4	0.4	5.1	95	16	201
8	PAMPA LARGA	1055.726	11.9	1.26	14.70	0.50	0.50	1.38	9.09	68	48	84	2.4	0.4	5.1	35	6	75
9	PASAMAYITO	1059.111	23.0	0.94	37.90	0.50	0.50	1.03	8.96	68	48	84	2.3	0.4	5.0	88	15	189
10	EL MUERTO		17.2	0.87	30.81	0.50	0.50	0.95	8.92	68	48	84	2.3	0.4	4.9	71	12	152
11	PAN DE AZUCAR		16.8	1.23	21.29	0.50	0.50	1.34	9.08	68	48	84	2.4	0.4	5.1	51	9	108
12	QDA DEBORA	1084.45	88.3	3.26	42.17	0.50	0.50	3.56	9.56	68	48	84	2.7	0.5	5.5	113	22	232
13			21.5	1.26	26.67	0.50	0.50	1.37	9.09	68	48	84	2.4	0.4	5.1	64	11	136
14			19.5	1.38	21.97	0.20	0.80	1.51	8.63	68	48	84	2.1	0.3	4.7	47	7	103

CUADRO N° 5.10

TRAMO : SULLANA - DESVIO TALARA (Km. 1018+700 - Km. 1093+342)

CALCULO DE LAS DESCARGAS MAXIMAS DE LAS QUEBRADAS PARA PERIODOS DE RETORNO DE 100 AÑOS

NOMBRE CUENCA	UBICACIÓN DE CRUCE Km	AREA DE CUENCA Km2	To (horas)	Qpico Unitario (m3/s/cm)	Factor FACT1	Factor FACT2	Tiempo Pico (hrs)	Lluvia Máxima (cm)	Curva			Lluvia Neta N3 (cm)	Caudal Máximo 1 (m3/s)	Caudal Máximo 2 (m3/s)	Caudal Máximo 3 (m3/s)		
									Tipo CN1	Tipo CN2	Tipo CN3						
1 SAMAN	1029.863	811.4	6.78	186.44	0.50	0.50	7.39	13.61	68	48	84	5.4	1.8	9.1	1012	344	1704
2 PEROLES	1037.208	67.8	2.62	40.34	0.50	0.50	2.85	12.94	68	48	84	4.9	1.6	8.5	199	64	344
3 MANUELA	1042.576	150.7	2.67	87.96	0.50	0.50	2.91	12.95	68	48	84	5.0	1.6	8.5	436	140	751
4 UBILLUS	1045.326	11.3	1.61	10.96	0.50	0.50	1.75	12.61	68	48	84	4.7	1.5	8.2	52	16	90
5 LA RATONA	1045.926	33.6	2.34	22.32	0.50	0.50	2.56	12.86	68	48	84	4.9	1.6	8.5	109	35	189
6 CORRAL DELEON	1048.476	49.5	2.03	37.89	0.50	0.50	2.22	12.77	68	48	84	4.8	1.5	8.4	183	57	317
7 HUAYTACO	1051.976	32.9	1.30	39.45	0.50	0.50	1.42	12.46	68	48	84	4.6	1.4	8.1	182	55	319
8 PAMPA LARGA	1055.726	11.9	1.26	14.70	0.50	0.50	1.38	12.45	68	48	84	4.6	1.4	8.1	68	21	119
9 PASAMAYITO	1059.111	23.0	0.94	37.90	0.50	0.50	1.03	12.26	68	48	84	4.5	1.3	7.9	169	50	299
10 EL MUERTO		17.2	0.87	30.81	0.50	0.50	0.95	12.20	68	48	84	4.4	1.3	7.9	136	40	242
11 PAN DE AZUCAR		16.8	1.23	21.29	0.50	0.50	1.34	12.43	68	48	84	4.6	1.4	8.1	98	30	172
12 QDA. DEBORA	1084.45	88.3	3.26	42.17	0.50	0.50	3.56	13.09	68	48	84	5.1	1.6	8.7	213	69	365
13		21.5	1.26	26.67	0.50	0.50	1.37	12.44	68	48	84	4.6	1.4	8.1	122	37	215
14		19.5	1.38	21.97	0.20	0.80	1.51	11.49	68	48	84	3.9	1.1	7.2	86	23	158

5.3 EVALUACION DE LOS TRAMOS CRITICOS

En el ítem 4.6 se determinó los tramos críticos, que se encuentran expuestos al peligro, de los cuales los más críticos se mencionan a continuación

- Quebrada Ignacio Escudero, erosión general.
- Quebrada Corral de León y Pichichaca, erosión general y lateral respectivamente.
- Quebrada Huaytaco, erosión general
- Quebrada Pasamayito, erosión general.
- Quebrada Devora 1, erosión general.

Adicionalmente, se describe las características generales del Puente Samán, en razón del buen comportamiento hidráulico que tuvo dicha estructura, durante el evento de 1998.

5.3.1 QUEBRADA SAMAN

5.3.1.1 Ubicación

El puente Samán se ubica en la progresiva 1029+863 de la Panamericana Norte, en la provincia de Sullana del departamento de Piura.

5.3.1.2 Características Básicas

El cauce del río corresponde a una cuenca de 800 Km² y la gradiente media del lecho de la quebrada es de 1%.

5.3.1.3 Evaluación de la obra de cruce

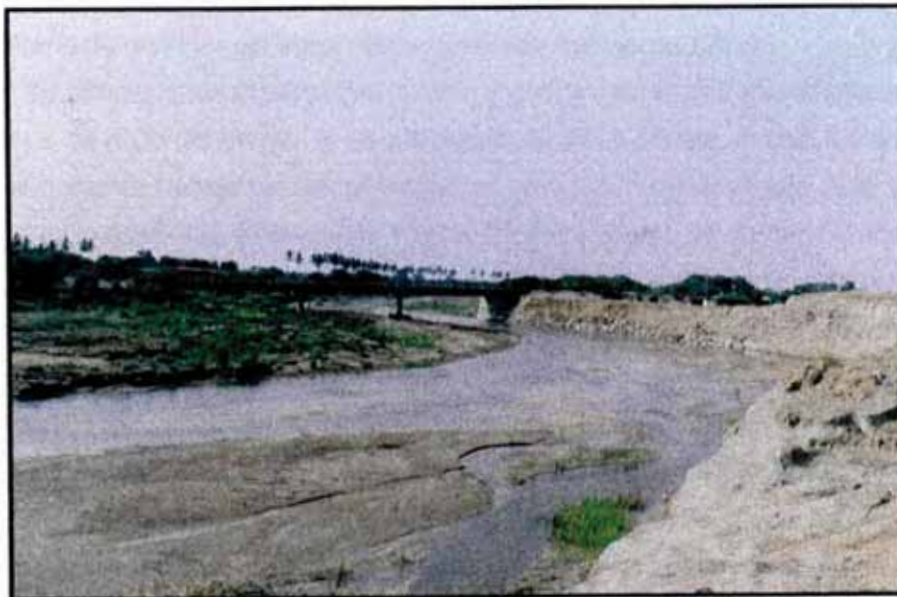
La estructura de cruce es un puente de concreto pretensado de 120 m. de longitud conformado por tres tramos continuos de 40 m. cada uno. Las barandas son de concreto armado. El Puente está constituido por dos estribos y pilares de concreto armado en buen estado; asimismo, las vigas y losas se encuentran en buen estado.

El efecto producido por la crecida de la quebrada fue la erosión de la margen derecha aguas arriba de la obra de cruce, el cual requiere la construcción de defensas contra la erosión.

Foto N° 5.1: Vista del puente Samán de 120 m. de longitud y tres luces. En la vista se observa que el puente sufrió daños leves en la margen derecha, durante el evento de 1998. (20.11.98)



Foto N° 5.2: Vista panorámica del puente Samán de 120 m. de longitud y tres luces. En la vista se observa que el puente sufrió erosión local en el estribo derecho de la estructura. (20.11.98)



5.3.1.4 Parámetros de hidrograma de crecidas

A continuación se describe los parámetros de crecida, calculados en diferentes años para la obra de cruce en la quebrada Samán.

AÑO	Descripción	Q diseño		Qadop. (m ³ /s)	Estructura de cruce	Observaciones
		Tr=50 años	Tr=100 años			
1975	Estudio de Factibilidad	550	750	Ninguno	67 m. largo 4 m. altura	La obra de cruce ya estaba construido
1983	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	67 m. largo 4 m. altura	La quebrada se convirtió en una inmensa corriente de 120 m. de ancho y destruyó el puente
1985	Estudio de Rehabilitación	Sin datos	-	-	120m. largo 4.5m. altura	Se construyó un nuevo puente de tipo postensado y longitud equivalente al ancho de la quebrada.
1994	Estudio de Rehabilitación	930	1452	Ninguno	120m. largo 4.5m. altura	Los parámetros calculados son de referencia.
1998	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	120m. largo 4.5m. altura	La estructura se comportó eficientemente, no hubieron daños
1998	Nuevo Estudio – Hidrológico	1087	1704	-	120m. largo 4.5m. altura	Se recomienda obra de defensas contra la erosión local

5.1.3.5 Conclusiones

- El actual puente funcionó eficientemente durante el evento de 1998; dicho puente fue construido a raíz del fenómeno de 1983; la cuál fue definido con luz de 120 m. y altura 4.50 m, por especialistas del Ministerio de Transporte; la luz del puente fue definido con el criterio de respetar del ancho de la quebrada, que es de 120 m.
- Con las dimensiones actuales del puente y con las características morfométricas de la cuenca, se pudo determinar el caudal diseño de dicho puente, el cuál fue de 1000 m³/s.
- En el presente trabajo de investigación, en el capítulo de hidrología (5.2) se calculó el gasto de la quebrada, siendo éste 1087 m³/s, para tiempo de retorno 50 años.
- De (b) y (c) concluimos que los valores de caudales son similares; esto nos demuestra que los cálculos realizados en el estudio hidrológico son válidos y aplicables para las quebradas más importantes, que sufrieron los mayores efectos.
- De lo ocurrido en el puente Samán, se extraen valiosas enseñanzas, las cuales son: para el cálculo de las longitudes de las obras de cruce, se deben considerar y respetar el ancho natural de las quebradas; los caudales obtenidos en el estudio hidrológico para las quebradas son confiables, las cuales garantizarán el buen comportamiento de las obras de cruce, en los puntos críticos, frente a eventos similares como los de 1983 y 1998.

5.3.2 QUEBRADA IGNACIO ESCUDERO

5.3.2.1 Ubicación

Denominada también “La Manuela”, se ubica en el Km. 1042.64 de la Panamericana Norte, a la entrada de la localidad de Ignacio escudero.

5.3.2.2 Características Básicas

El área de la cuenca es aproximadamente 150 Km² y la gradiente media es de 3 %. El material de fondo del lecho de quebrada es de arena, donde se observó arena media y fina en promedio, no existiendo material clasificado, en general el material es más o menos uniforme.

El ancho de la quebrada antes de la ocurrencia del evento de 1997-98, eran de 80 m. y por efecto de la activación de la quebrada, la margen izquierda fue erosionada en 70 m. de ancho y 3.00 m de altura, siendo afectado parte de los terrenos agrícolas.

5.3.2.3 Evaluación de la obra de cruce

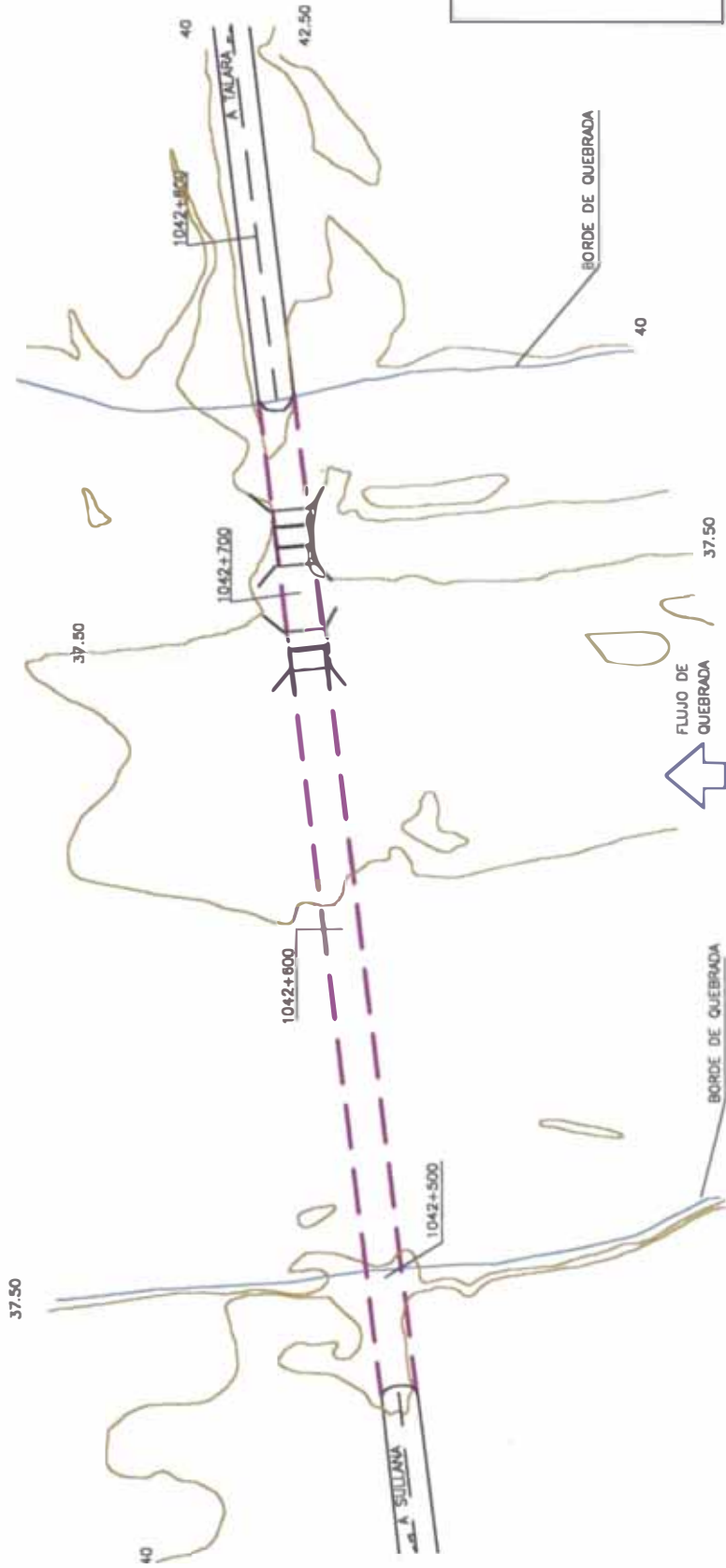
Los pontones de 4.00 x 2.50 (3ojos) y 3.00x2.00 (2 ojos), fueron arrasados por la quebrada; asimismo, la vía sufrió erosión general en 250 m. de longitud, con un desnivel de 3.00 m. de altura.

Foto N° 5.3: Vista aérea de la obra de cruce en la quebrada Ignacio Escudero. Se observa que el flujo de quebrada hizo colapsar los pontones; posteriormente la quebrada amplió su cauce y ocasionó erosión general de 250 m. de la carretera. (14.02.98)

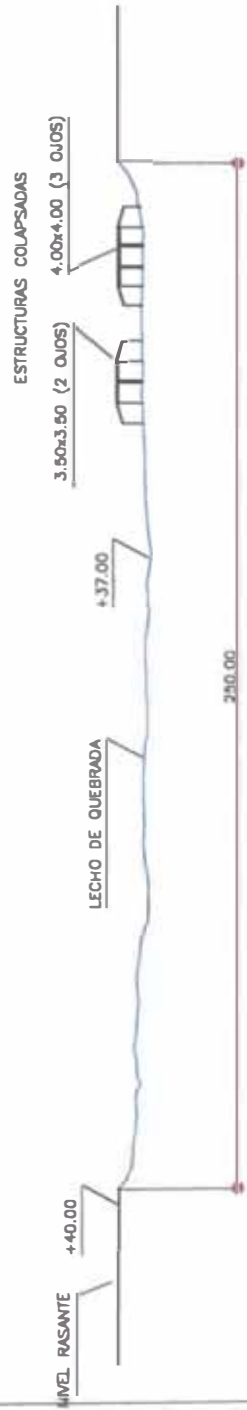


QUEBRADA IGNACIO ESCUDERO

VISTA EN PLANTA



LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL
	CARRETERA NO AFECTADA
	CARRETERA AFECTADA POR DISEÑO GENERAL
	BORDE DE QUEBRADA



CORTE LONGITUDINAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL OSIMO - DPMD	
	TESIS : "ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO 1997-98, EN EL TRAMO DIVISION BAYOVAR DESVIO TALARA Y EN LA CIUDAD DE PIURA"	
PLANO:		LAMINA:
Autor: Edgard C. Alca Mendoza		Fecha: Enero 1998
Asesor : Ing. Julio Kuroiwa H.		Escala: GRAFICA
		AutoCAD: MTCVC SINMAC

5.3.2.4 Parámetros de hidrograma de crecidas

AÑO	Descripción	Q diseño		Qadop. (m ³ /s)	Estructura de cruce	Observaciones
		Tr=50 años	Tr=100 años			
1975	Estudio de Factibilidad	130	180	130	Sin información	No se encontró información de la obra de cruce.
1983	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	Sin información	La quebrada arrasó con la obra de cruce y se formó una quebrada amplia.
1985	Estudio de Rehabilitación	82	-	82	4.00x2.50(3) 3.00x2.00(2)	Los pontones tenían una separación de 40 m.
1994	Estudio de Rehabilitación	406	639	Ninguno	4.00x2.50(3) 3.00x2.00(2)	Los parámetros calculados fueron de referencia.
1998	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	4.00x2.50(3) 3.00x2.00(2)	Ancho quebrada 250 m. arrasó las estructuras de cruce y plataforma.
1998	Nuevo Estudio – Hidrológico	476	751	476	Puente	Se recomienda la construcción de un puente de gran luz, acorde al ancho de la quebrada

5.3.2.5 Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros

- a El ancho de la quebrada antes del evento de 1998 era de 150 m.; actualmente es de 250 m.; por tanto, sería imposible aplicar el criterio en la construcción de la obra de cruce que respete el ancho de la quebrada.
- b En base al caudal obtenido en el presente estudio (caudal tiempo retomo 50 años= 476m³/s), se calculó las dimensiones de las obras de cruce, siendo la altura de 3.00 m. a 3.50m.y longitud 70 m. Se recomienda que dicho puente se ubique en dos lugares estratégicos donde sus posibles luces son de 40 y 30 m; además se recomienda que el nivel de la rasante se levante lo adecuado, para que exista suficiente borde libre, que permita el paso normal de flujo de escombros y palizada
- c Se plantea que los puentes tengan la menor cantidad de luces, para que permita pasar el flujo de escombros, y palizada que son transportados por la quebrada.
- d Debido a que el ancho de la quebrada es amplio se recomienda un encauzamiento de las quebradas y la correspondiente protección de las márgenes, especialmente del lado izquierdo, para evitar que la quebrada siga erosionando y ampliando su cauce.
- e Se plantea la protección de los terraplenes de acceso con enrocado y muros de gaviones, para protegerlos de la erosión transversal y regresiva.

5.3.3 QUEBRADA CORRAL DE LEON Y PICHICHACA

5.3.3.1 Ubicación

La quebrada “Corral de León” se ubica en el Km. 1047 y la “Pichichaca” en el Km. 1048 de la carretera Panamericana Norte.

5.3.3.2 Características Básicas

El área de la cuenca es de 49.5 Km². y la gradiente media es de 4%.

El cauce de la quebrada Corral de León tiene un ancho de 250 m en la zona de contacto y es un cauce muy indefinido. El cauce es mas o menos estable, uniforme en cuanto a pendiente desde aguas arriba aproximadamente a ½ kilómetros hasta 1 Km. aguas abajo.

La quebrada Pichichaca discurre longitudinalmente paralela a la carretera y se va abriendo en forma progresiva. Dicha quebrada se ubica en la margen derecha de la vía en la dirección Sullana a Talara,

La quebrada Pichichaca viene a ser uno de los afluentes (brazo derecho) de la quebrada Corral de león y confluye cerca a la zona de contacto (100 m. aguas arriba)

5.3.3.3 Evaluación de la obra de cruce

El pontón de 3.00x150 de 3 ojos fue completamente arrasado; asimismo, 250 m de la plataforma fue afectado por erosión general y 100 m. del terraplén sufrió erosión regresiva, todo esto por efecto de la quebrada Corral de León.

Por efectos de la quebrada Pichichaca hubo erosión lateral de la vía en 1000 m, la cuál erosionó mitad de la carretera.

Foto N° 5.4: Vista aérea de la obra de cruce en la quebrada Corral de León. Se observa que el flujo de quebrada hizo colapsar el pontón; asimismo, la quebrada causó: erosión general (250 m.) y erosión regresiva (100m.) de la vía. (14.02.98)



Foto N° 5.5: Vista en planta de la quebrada Corral de León. Carretera de norte a sur (20.11.98).



Foto N° 5.6: Vista aérea de la quebrada Pichichaca. Se observa que el flujo de quebrada discurre longitudinalmente a la vía y ocasionó erosión longitudinal de la vía en 1000 m.; además se observa que el eje de la carretera pasa por el medio de la quebrada. (14.02.98)



Foto N° 5.7: Vista de la quebrada Pichichaca de sur a norte. Se observa que el flujo de quebrada erosionó lateralmente la mitad de la vía. (10.02.98)



5.3.3.4 Parámetros de hidrograma de crecidas

AÑO	Descripción	Q diseño		Qadop. (m ³ /s)	Estructura de cruce	Observaciones
		Tr=50 años	Tr=100 años			
1975	Estudio de Factibilidad	34	48	34	Sin información	No se encontró información de la obra de cruce.
1983	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	Existente	La quebrada arrasó 150m. de la plataforma
1985	Estudio de Rehabilitación	30.20	-	30.20-	3.00x1.50 (3ojos)	Fue construido un solo pontón
1994	Estudio de Rehabilitación	171	269	Ninguno	3.00x1.50 (3ojos)	Los parámetros de caudales calculados fueron de referencia.
1998	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	3.00x1.50 (3ojos)	La estructura de cruce y 250 m. de la carretera fueron arrasados.
1998	Nuevo Estudio – Hidrológico	201	317	201	Puente	Se recomienda la construcción de un puente de gran luz, que permita el paso de material erosionable y palizada.

5.3.3.5 Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros

a Para la quebrada Corral de León se dan los siguientes lineamientos:

- En base al caudal de diseño de 201 m³/s, se determinó las dimensiones de la obra de cruce: 3.00 m. de altura y 40 m. de longitud. Por tanto, se recomienda la ubicación de dos puentes con la menor cantidad de luces y que estén ubicados estratégicamente, todo ello en razón de la amplitud de la quebrada.
- Se plantea aumentar el nivel de la rasante de la vía, para que exista suficiente borde libre, que permita el paso libre de los caudales líquidos como de los materiales de arrastre y los flotantes (árboles, arbustos y eventualmente animales).
- Para garantizar el buen comportamiento de las obras de cruce, se recomienda realizar obras de defensas, entre las cuales se debe considerar: protección con enrocado los pilares y estribos de las obras de cruce; y la construcción de diques de encauzamiento.
- Se plantea la protección del talud del terraplén (aguas arriba y abajo), con enrocado y/o muro de gaviones, para protegerlos de la erosión transversal y regresiva.

b Para la quebrada "Pichichaca" se recomienda:

- Protección del talud con enrocado en una longitud de 1000m. En el talud izquierdo construir una alcantarilla para drenar las aguas provenientes del lado izquierdo de la vía.

5.3.4 QUEBRADA HUAYTACO

5.3.4.1 Ubicación

Se ubica a la altura de la señal del Km. 1052+015 del tramo Sullana – Desvío Talara de la carretera Panamericana Norte.

5.3.4.2 Características Básicas

El área de la cuenca es 32.90 km² y la gradiente media es 7%

La quebrada es amplia y divagante en la zona de contacto y se ubica entre el Km. 1052 - 1052.560, la quebrada no es definida y discurre por diferentes cauces, ocasionando todo tipo de daños en el terraplén y las estructuras de drenaje

La zona esta compuesta por material cohesivo (arcilla, limo) el cuál con el aumento de caudal transporta cantidad de sedimentos que produjo la colmatación de seis alcantarillas ubicadas en este tramo, posteriormente la quebrada arrasó los terraplenes y cuatro alcantarillas. La erosión general fue de 500 m.

Foto N° 5.8: Vista aérea de la obra de cruce en la quebrada Huaytaco. Se observa que el flujo de quebrada hizo colapsar los pontones y la carretera. La quebrada se muestra amplia y divagante, aproximadamente 400 de ancho. (14.02.98)



5.3.4.3 Evaluación de la obra de cruce

Las estructuras de cruce existentes fueron:

1052+0.15	4.95x2.80 (*)
1052+135.40	3.00x1.60 (*)
1052+293.67	3.00x1.20 (*)
1052+501.90	3.60x1.70
1052+541.65	2.60x1.83
1052+574.50	2.00x1.60

Las estructuras marcadas con (*) fueron arrasados completamente, en cambio el resto fueron colmatadas y dañadas localmente. La erosión general se dio en 400 m. de la plataforma.

5.3.4.4 Parámetros de hidrograma de crecidas

AÑO	Descripción	Q diseño		Qadop. (m ³ /s)	Estructura de cruce	Observaciones
		Tr=50 años	Tr=100 años			
1975	Estudio de Factibilidad	50	70	-	Sin información	No se encontró información de la obra de cruce.
1983	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	Existente	La quebrada arrasó la plataforma
1985	Estudio de Rehabilitación	58	-	58	4.95x2.80 3.00x1.60	Fue construido dos pontones
1994	Estudio de Rehabilitación	172	271	172	4.95x2.80 3.00x1.60 3.00x1.20 3.60x1.70 2.60x1.83 2.00x1.60	Se construyeron cuatro alcantarillas más, debido a que el ancho de la quebrada era amplio.
1998	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	Idem anterior	Fue arrasado 400 m. de la plataforma y el sistema de drenaje
1998	Nuevo Estudio – Hidrológico	201	319	201	Puente	Se recomienda la construcción de un puente de gran luz, que permita el paso de material erosionable y palizada.

5.3.4.5 Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros

- a. Se recomienda en la zona de contacto el diseño de varios puentes, ubicados estratégicamente.
- b. Una experiencia valiosa que debemos resaltar es, que la construcción de 4 alcantarillas a lo largo de la zona de contacto no funcionó, debido a que el cauce de la quebrada no es definida, comportándose en forma divagante en todo el ancho de la quebrada.
- c. En base al caudal de diseño de 201 m³/s., se determinó las dimensiones de la obra de cruce: 3.00 m de altura y 50 m. de luz. De lo obtenido se recomienda la colocación de tres puentes ubicados estratégicamente, las cuales tendrían luces de 20, 20 y 10 m. respectivamente. Además, se recomienda que dichos puentes sean de una sola luz.
- d. Se plantea levantar el nivel de la rasante de la vía, y que pueda haber suficiente borde libre, que permita el paso libre de los caudales líquidos como de los materiales de arrastre y los flotantes (árboles y arbustos).
- e. Para garantizar el buen comportamiento de las obras de cruce, se recomienda realizar obras de defensas, entre las cuales son: protección con enrocado de los estribos y la construcción de diques de encauzamiento.
- f. Se plantea la protección del talud del terraplén (aguas arriba y abajo), con enrocado y/o muro de gaviones, para protegerlos de la erosión transversal y regresiva.

5.3.5 QUEBRADA PASAMAYITO o NEWTON

5.3.5.1 Ubicación

La quebrada cruza a la Panamericana Norte en el Km. 1059.140, en la provincia de Sullana del departamento de Piura.

5.3.5.2 Características Básicas

El área de la cuenca de la quebrada Newton es aproximadamente 23.00 Km² y la gradiente media es 7%.

La quebrada Newton y otra sin nombre forman la quebrada Charanal, ambas confluyen a escasos 150 m aguas arriba de la obra de cruce de la carretera. Las dos quebradas que forman el Charanal tienen cauces definidos y anchos. La característica principal de la quebrada Pasamayito (afluente derecho) son: el ancho de la quebrada es aproximadamente 150m., la altura de las márgenes izquierda y derecha varían de 3.00 m a 8.00 m; el material del lecho de la quebrada está compuesto de pequeñas rocas fracturadas y un pequeño porcentaje de arcilla y limo; el suelo de las riberas es erosionable por ser arcilla; la vegetación en el lecho es nula y en las riberas esta compuesto de arbustos en poco porcentaje.

El afluente izquierdo de la quebrada Charanal tiene características similares al Pasamayito: el cauce es definido y de aproximadamente 120 m. de ancho; el material del lecho

y limo; el suelo de las riberas es erosionable por ser arcilla; la vegetación en el lecho es nula y en las riberas esta compuesto de arbustos en poco porcentaje.

El afluente izquierdo de la quebrada Charanal tiene características similares al Pasamayito: el cauce es definido y de aproximadamente 120 m. de ancho; el material del lecho es erosionable así como las riberas por estar compuesto de suelo cohesivo (arcilla limo); y la presencia de vegetación es mínima.

La quebrada Pasamayito al llegar a la zona de contacto llega con un esviaje de 60°, el cuál produce erosión lateral de la margen izquierda.

5.3.5.3 Evaluación de la obra de cruce

La obra de cruce se comportó como una presa, porque los dos pontones se colmataron de material fino y palizada.

La quebrada arrasó la plataforma de la carretera y el pontón de mayor luz en una longitud de 100 m. y el desnivel existente entre el lecho del cauce y el nivel de la vía es de 4 m. Las obras existentes fueron:

- 1 puente de 3.00x2.80 de 5 ojos (fue completamente arrasado)
- 1 pontón de 3.00x2.80 de 2 ojos (no sufrió ningún daño estructural, pero fue colmatado por palizada).

Foto N° 5.9: Vista aérea de la obra de cruce en la quebrada Pasamayito. Se observa que el flujo de quebrada hizo colapsar uno de los pontones y colmató el otro con palizada. (14.02.98)

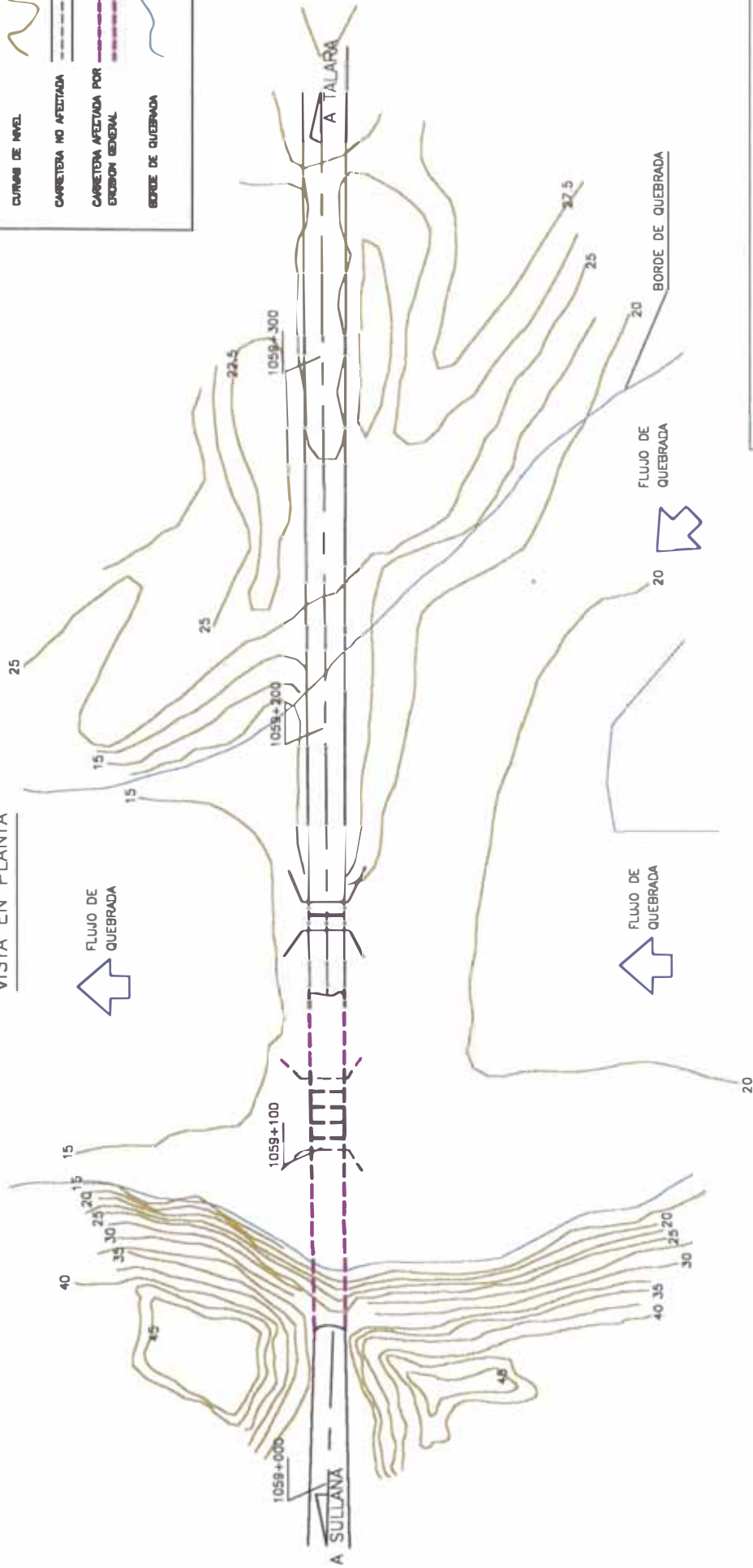




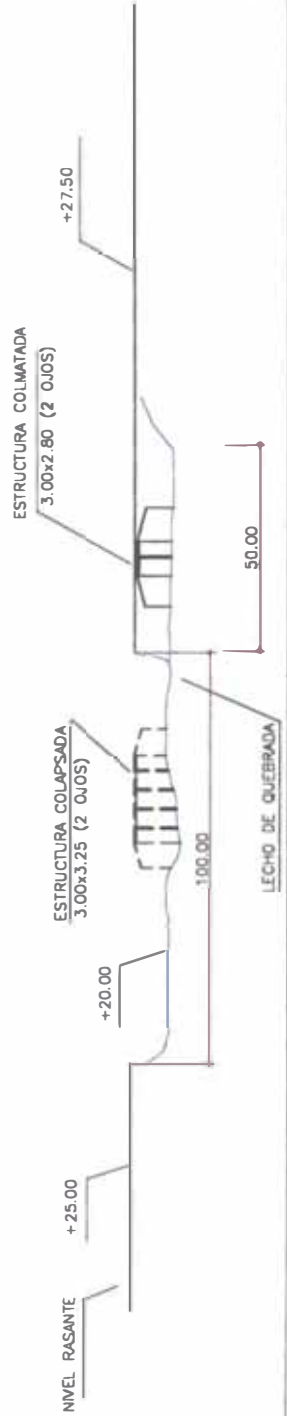
Foto N° 5.10.- Vista desde aguas arriba de la zona de contacto de la quebrada Pasamayito o Charanal, practicamente 100 m. de la via fue afectada por erosión general; asimismo, uno de los pontones colapso totalmente y otro fue colmatado por palizada. (20.11.98)

QUEBRADA PASAMAYITO

VISTA EN PLANTA



CORTE LONGITUDINAL



LEYENDA

- CURVA DE NIVEL
- CARRETERA NO AFECTADA
- CARRETERA AFECTADA POR EROSION GENERAL
- BORDE DE QUEBRADA


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - DPMD

TESIS : ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO 1997-98, EN EL TRAMO DIVISION BAYOVAR DESVIO TALARA Y EN LA CIUDAD DE PURA*

PLANO: QUEBRADA PASAMAYITO

LAMINA: 5.5

Bachiller : Edgard C. Alca Mendoza Fecha: Enero 1999	Asociación: MTCVC SINMAC
Asesor : Ing. Julio Kuraiwa H.	GRAFICA

5.3.5.4 Parámetros de hidrograma de crecidas

AÑO	Descripción	Q diseño		Qadop. (m ³ /s)	Estructura de cruce	Observaciones
		Tr=50años	Tr=100 años			
1975	Estudio de Factibilidad	50	70	50	Sin información	No se encontró información de las obras de cruce.
1983	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	Existente	La quebrada arrasó la plataforma
1985	Estudio de Rehabilitación	40	-	Sin datos	3.00x3.25(5) 3.00x2.80(2)	Pese a que el caudal de diseño era de 40 m ³ /s, se recomendó construir puente de 140 m. No se construyó porque la recurrencia del fenómeno era 50 años.
1994	Estudio de Rehabilitación	160	254	Ninguno	3.00x3.25(5) 3.00x2.80(2)	Los parámetros de caudales calculados fueron de referencia.
1998	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	3.00x3.25(5) 3.00x2.80(2)	El puente y 80 m. de la plataforma fueron arrasado.
1998	Nuevo Estudio – Hidrológico	189	299	189	Puente	Se recomienda la construcción de un puente de gran luz, que permita el paso de flujo de escombros y palizada.

5.3.5.5 Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros

- a El ancho natural de la quebrada es de 150 m., y el ancho de quebrada que discurrió e hizo colapsar la carretera fue de 100 m.
- b En base al caudal de diseño de 189 m³/s. se recomienda la construcción de un puente de 30 a 50 m., con la menor cantidad de luces, siendo recomendable de una sola luz.
- c Se debe elevar el nivel de la rasante de la vía, para que pueda haber suficiente borde libre, que permita el paso libre de los caudales líquidos como de los materiales de arrastre y los flotantes (árboles y arbustos).
- d Para garantizar el buen comportamiento de las obras de cruce, se recomienda realizar obras de defensas, entre las cuales son: protección con enrocado los pilares y estribos, y la construcción de diques de encauzamiento.
- e Se plantea la protección del talud del terraplén (aguas arriba y abajo), con enrocado y/o muro de gaviones, para protegerlos de la erosión transversal y regresiva; asimismo, protección en el lecho de la quebrada a la salida de las obras de cruce, debido al gran poder erosivo de la quebrada.

5.3.6 QUEBRADA DEVORA 1 y 2

5.3.6.1 Ubicación

Se encuentra ubicada a la altura del Km. 1084+680 de la Panamericana Norte y tiene un ancho aproximado de 90 m.

5.3.6.2 Características Básicas

La quebrada Devora forma parte de la quebrada denominada Ancha, que es una quebrada amplia y con varios antiguos brazos de aguas; el área de la cuenca es de 88 Km² y la pendiente media es de 2%. El agua de la quebrada discurre vagamente, antes de llegar a la zona de contacto se reparte en dos brazos, llamados Devora 1 y Devora 2. La que transporta mas caudal es la Devora 1.

El talud e la quebrada es casi vertical y con ocurrencia de desprendimiento de bloques de conglomerado del tablazo de Máncora en el talud derecho, del tamaño de casi 1 m. de ancho, cuyo material de la base es gravoso arcilloso.

5.3.6.3 Evaluación de la obra de cruce

El puente Devora 1 que colapsó es de 4.00x3.50 (4 ojos), el cuál fue afectado por el efecto de volteo y se encuentra inservible para su futura demolición; asimismo, la vía sufrió erosión general (95 m.) y erosión regresiva (30m).

El puente Devora 2.40x2.30 (3ojos), fue colmatada, y el terraplén de acceso izquierdo fue arrasada en 40 m.

Foto N° 5.11: Vista aérea de la quebrada Devora 1. La quebrada ocasionó erosión general de la vía en 90 m. e hizo colapsar el pontón. (14.02.98)

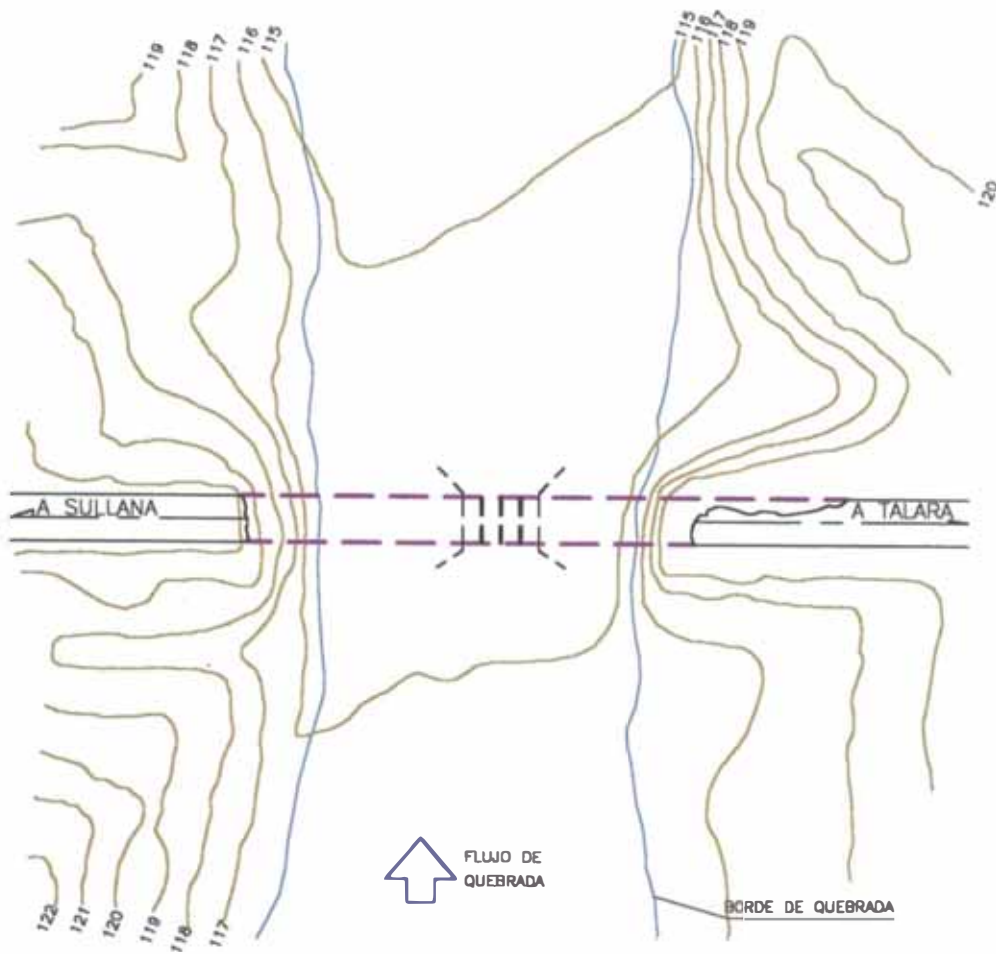




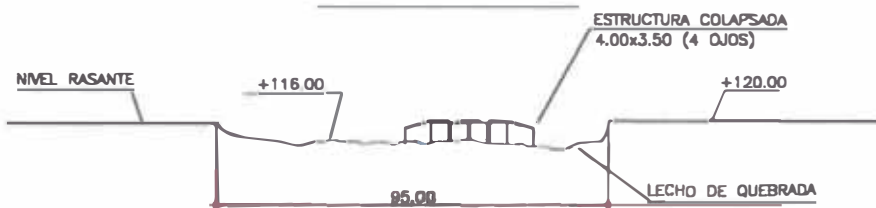
Foto N° 5.12.- Vista desde aguas arriba de la quebrada Devora 1. La vía en 90.00 m. fue afectada por erosión general; asimismo, el pontón fu colapsado (20.11.98).

QUEBRADA DEVORA

VISTA EN PLANTA



CORTE LONGITUDINAL



LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL	
CARRETERA NO AFECTADA	
CARRETERA AFECTADA POR EROSION GENERAL	
BORDE DE QUEBRADA	


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - DPMD

TESIS : "ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO 1997-98, EN EL TRAMO DIVISION BAYOVAR DESVIO TALARA Y EN LA CIUDAD DE PIURA"

PLANO:

QUEBRADA DEVORA 1

LAMINA:

5.6

Bachiller : Edgard C. Alca Mendoza

Fecha:

Enero 1999

Auspiciador:

Asesor : Ing. Julio Kuroiwa H.

Escala:

GRAFICA

MTCVC

SINMAC

5.3.6.4 Parámetros de hidrograma de crecidas

AÑO	Descripción	Q diseño		Qadop. (m ³ /s)	Estructura de cruce	Observaciones
		Tr=60 años	Tr=100 años			
1975	Estudio de Factibilidad	120	160	120	Sin información	No se encontró información de la obra de cruce
1983	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	Existente	La quebrada arrasó la plataforma y la obra de cruce
1985	Estudio de Rehabilitación	289	-	Ninguno	4.00x3.50(4) 4.00x2.30(3)	El expediente de estudio de Lagesa proyectó un puente de 80 m., los motivos de la No Ejecución se desconocen
1994	Estudio de Rehabilitación	198	311	Ninguno	4.00x3.50(4) 4.00x2.30(3)	Fue diseñado en forma aislado al estudio de Rehabilitación. Los parámetros de caudales calculados son de referencia
1998	Fenómeno de "El Niño"	-	-	-	4.00x3.50(4) 4.00x2.30(3)	La afectación de la quebrada fue de erosión general, donde fueron afectados: Devora 1 (el pontón y 100 m. del terraplén de acceso); y Devora 2 (40 m. del terraplén de acceso).
1998	Nuevo Estudio – Hidrológico	232	365	232	Puentes	Se recomienda la construcción de dos puentes de gran luz, que permita el paso de flujo de escombros y palizada.

5.3.6.5 Lineamientos de solución para mitigar desastres futuros

- El área de drenaje calculado para el puente que colapsó fue correcto, la estructura de cruce no funcionó, debido a que el puente fue diseñado con varias luces, por el cuál la estructura fue colmatada por palizada y en consecuencia obstruyó el paso normal del flujo de la quebrada.
- De lo ocurrido se obtiene una valiosa experiencia, que es: para las quebradas importantes la construcción de las obras de cruce, se deben realizar con la menor cantidad de luces posibles, además considerar un borde libre, que permita el paso libre de los caudales líquidos y de los materiales de arrastre y los flotantes (árboles, arbustos y eventualmente animales).
- La quebrada Dévora tiene una particularidad, donde la quebrada se desarrolla en una zona plana, por la cuál la quebrada divaga y no tiene un cauce definido; es más, al llegar a la zona de contacto se divide en dos brazos, cruzando a la carretera en dos puntos, que son Dévora 1 y dévora2.
- En base al caudal obtenido en el presente capítulo 232 m³/s, se recomienda las obra cruce de la siguiente dimensión: 4.00 m de altura y 40 a 60 m de longitud (recomendable de una sola luz).

- e Comparando el área obtenido para el cálculo de las estructuras de cruce en 1993 se encontró que fueron adecuadas. El problema del mal comportamiento frente al evento de 1998, se debió a que las estructuras fueron construidas con varias luces.
- f Del estudio realizado en 1985 por la Consultora LAGESA, se planteó un puente de 80 m. de luz, en cierta forma cumplía con el requerimiento de longitud de puente similar al ancho de la quebrada.
- g Lo calculado en la parte (d) corresponde al diseño para flujo de agua limpia en la quebrada Devora. Para dicha quebrada se debe considerar el paso de flujo de escombros, por la naturaleza de la quebrada, que arrastra gran cantidad de sedimentos y palizada.
- h Se plantea en la quebrada Dévora 1, la construcción de un puente de longitud 60 m. de dos luces como máximo, el cuál tratará de respetar el ancho de la quebrada (actualmente de 90 m.).
Para la quebrada Dévora 2 se plantea la construcción de un puente de 20 a 30 m. de luz. Para garantizar el buen comportamiento de las obras de cruce, se recomienda realizar obras de defensas, entre las cuales son: protección con enrocado los pilares y estribos, ; y la construcción de diques de encauzamiento.
- k Se plantea la protección del talud del terraplén de acceso (aguas arriba y abajo), con enrocado y/o muro de gaviones, para protegerlos de la erosión transversal y regresiva.

5.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.4.1 CONCLUSIONES

- Los estudios específicos corresponden al tramo Sullana – Desvío Talara entre los puntos kilométricos 1018.700 al 1093.342 de la carretera Panamericana Norte.
- En dicho tramo se realizó un estudio hidrológico de las principales cuencas.
- Para los estudios hidrológicos realizados anteriormente, en el tramo en estudio, se emplearon metodologías aceptables; pero no contaron con suficiente información hidrometeorológica para predecir las descargas de diseño; además, no consideraron los datos de precipitación máxima diaria de 1983.
- En el estudio hidrológico realizado, se obtuvo valores de caudales de diseño para las principales quebradas (que colapsaron en el evento de 1998) con tiempos de retomo de 50 a 100 años.
- La información de precipitación máxima diaria se tomó de las estaciones Mallares y Pananga.
- Las características fisiográficas de las cuencas como son el área, longitud del cauce mayor y pendiente media de la cuenca de las principales quebradas, fueron tomados como base de los cálculos efectuados en el estudio de 1994 realizado por TYPASA & PyV. (Referencia N° 12)

- Los cauces de las quebradas, en su mayoría son secos las cuales se han definido y ampliado significativamente durante las lluvias de 1998; asimismo, la longitud de los cauces principales son relativamente cortos con pendientes suaves, por lo cuál los tiempos de concentración también son pequeños entre 50 a 400 minutos, por la cuál se esperaban hidrográmas de cresta aguda.
- Debido a que no se cuenta con aforos de las quebradas, se descartó los métodos estadísticos que utilizaban datos propios para el cálculo de la esorrentía; por la cuál se desarrollo un método indirecto que emplea la intensidad de precipitación y las características fisiográficas morfométricas de las cuencas. El método empleado fue del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos, que se basa en el hidrograma triangular.
- La carretera después del evento de 1983, quedó realmente como para realizar la reconstrucción de las estructuras. Aquí es donde hacemos una observación, porque se volvieron a construir estructuras como alcantarillas o puentes que se sabia que no iban a soportar otras avenidas similares al de 1983. Todo lo dicho se evidenció en el año de 1998, con la ocurrencia del fenómeno de “El Niño”; por tanto se recomienda considerar en el diseño de las obras de cruce, caudales obtenidos en el item 5.2.4, para tiempos de retomo de 50 años.
- La evaluación detallada de los tramos críticos se realizó en las siguientes quebradas.
 - ◆ Quebrada Ignacio Escudero, erosión general.
 - ◆ Quebrada Corral de León y Pichichaca, erosión general y lateral respectivamente.
 - ◆ Quebrada Huaytaco, erosión general
 - ◆ Quebrada Pasamayito, erosión general.
 - ◆ Quebrada Devora 1, erosión general.

Adicionalmente, se describe las características generales del Puente Samán, en razón del buen comportamiento hidráulico que tuvo dicha estructura, durante el evento de 1998.

- Algo muy importante que se debe resaltar, es el comportamiento que tuvo el Puente Samán. Después del evento de 1983 se construyó un puente de 120 m de 3 luces (anteriormente fue de 67 m.) y en el evento de 1998 soportó las fuertes crecientes, debido a que la longitud del puente es aproximadamente el ancho de la quebrada. Debemos aprender de ésta experiencia y aplicar este criterio para los demás puntos críticos.
- De lo ocurrido en el puente Samán, se extraen valiosas enseñanzas, las cuales son: para el cálculo de las longitudes de las obras de cruce, se deben considerar y respetar el ancho natural de las quebradas; los caudales obtenidos en el estudio hidrológico para las quebradas son confiables, las cuales garantizarán el buen comportamiento de las obras de cruce, en los puntos críticos, frente a eventos similares como los de 1983 y 1998.

5.4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para el dimensionamiento de las nuevas obras de cruce, considerar los caudales obtenidos en el ítem 5.2.4 para Tr de 50 años. Además se recomienda profundizar estudios referentes a flujo de escombros.
- Otro criterio recomendable para el diseño de las obras de cruce, es alterar en lo mínimo el cauce natural de las quebradas; para el cuál en lo posible se debería respetar el ancho natural de las quebradas.
- Para la quebrada Ignacio Escudero se recomienda, en base al caudal de diseño de 976 m³/s, obras de cruce: 40.00x3.00 y 30.00x3.00, ubicadas estratégicamente.
- Para la quebrada Corral de León se recomienda dos puentes de 20.00 x 3.00 y 20.00x 3.00, con la menor cantidad de luces para el paso normal de flujo de escombros; además la ubicación de las obras de cruce tendrían que ser estratégicas, ya que el ancho de la quebrada en la zona de contacto es amplio.
- Para la quebrada “Pichichaca” se recomienda: en el talud derecho la protección del terraplén con enrocado y/o muro de gaviones en una longitud de 1000m.; y en el talud izquierdo ubicar una alcantarilla que permita drenar las aguas provenientes del lado izquierdo de la vía.
- Para la quebrada Huaytaco se recomienda la colocación de varios puentes, y que se ubiquen estratégicamente (20.00x3.00, 20.00x3.00 y 10.00x2.50 de una sola luz cada uno); asimismo, se recomienda realizar un estudio minucioso respecto al comportamiento de la quebrada y su influencia sobre los accesos, para que la obra de cruce pueda funcionar adecuadamente durante las próximas avenidas.
- Para la quebrada Pasamayito, se plantea en base al caudal de diseño de 189 m³/s. la construcción de un puente de 40 m. y 4.00 m de altura, con la menor cantidad de luces, siendo recomendable de una sola luz.
- Para la quebrada Devora 1 y Devora 2, recomienda la construcción de dos puentes de: 60m. de luz con 4.00m. de altura; y 30.00 de luz con 3.00 m. de altura respectivamente; asimismo se debe considerar que los puentes tengan la menor cantidad de luces. Las consideraciones para el dimensionamiento se basó en respetar en lo posible el ancho de la quebrada y el paso de flujo de escombros, lodo y palizada.
- Para las obras de cruce se recomienda aumentar el nivel de la rasante de la vía, para que exista suficiente borde libre, que permita el paso libre de los caudales líquidos como de los materiales de arrastre y los flotantes (árboles, arbustos y eventualmente animales).
- Para garantizar el buen comportamiento de las obras de cruce, se recomienda realizar obras de defensas, entre las cuales se debe considerar: protección con enrocado los pilares y estribos de las obras de cruce; y la construcción de diques de encauzamiento.
- Se plantea la protección de los taludes en los terraplenes de acceso a las obras de cruce (aguas arriba y abajo), con enrocado y/o muro de gaviones, para protegerlos de la erosión transversal y regresiva.

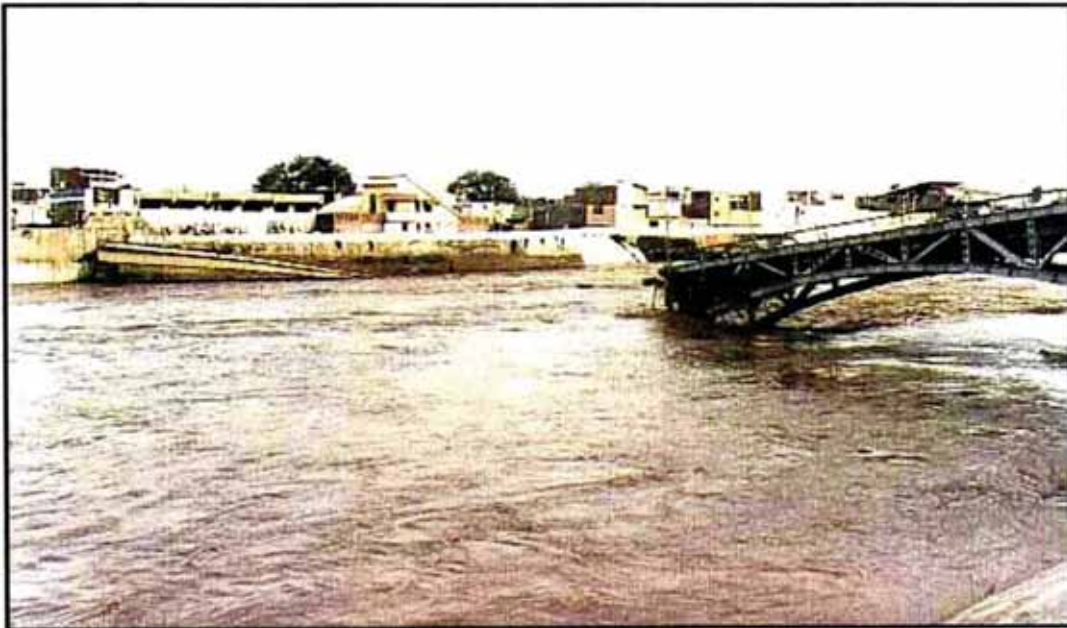
TERCERA PARTE

Efectos del fenómeno de “El Niño” 1997-98 en la ciudad de Piura

CAPITULO VI

Estudio de los efectos del fenómeno “El Niño” 1997-98 en la ciudad de Piura

El Puente Viejo que forma parte de la historia de Piura no soportó la fuerza y vigor de las aguas y cayó. En la madrugada del jueves 12 de marzo de 1998, sus estructuras cedieron a la fiereza de las aguas que discurrían por el río Piura.



“Lo haremos mejor, tratando de mantener su original aspecto porque los hijos de nuestros hijos podrán recordar sólo en él a los padres de sus padres. Es nuestro culto a la historia porque es probable que la próximas generaciones tengan que levantarlo una vez más.”

Editorial del diario Correo, 13/03/98

6.1 ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD

6.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

La ciudad de Piura, capital del departamento del mismo nombre, se encuentra ubicada geográficamente a 5°12' de latitud sur y a 80°38' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Su altitud corresponde a las cotas 26m. y 42m. sobre el nivel del mar.

Piura esta unida a la capital de la República y otras ciudades de la costa como Sullana (37Km), Talara (120 km.), y Tumbes (301 km.). Ver Láminas siguientes:

Lámina N° 6.1 : Mapa del Perú

Lámina N° 6.2 : Mapa del departamento de Piura

Lámina N° 6.1 : Mapa de la ciudad de Piura

6.1.2 ASPECTOS HISTORICOS

Históricamente, Piura es la ciudad más antigua del Perú fundada por los Españoles, habiendo estado ubicada hasta en 4 sitios distintos desde su fundación.

En 1532 es fundada por Francisco Pizarro con el nombre de San Miguel, en el lugar denominado hoy Tangará (caserío ubicado en la provincia de Sullana). Posteriormente, en 1533 sus pobladores se trasladaron a inmediaciones del monte Pián en el fundo "Monte de Padre"; pero la insalubridad del clima los obligó a emigrar en 1578, a inmediaciones de Paita. Finalmente 10 años después, en 1588, se establecieron definitivamente en la comarca de San Miguel (hoy Piura).

6.1.3 POBLACION

El IX Censo de Población del 11 de julio de 1993, permitió establecer que la población de Piura, incluyendo el distrito urbano de Castilla con el cual conforman una unidad, llegaba a 277,964 habitantes, lo que representó el 60% de la población urbana de la provincia del mismo nombre. Con respecto al censo de 1983, la tasa anual de crecimiento fue de 4.4%. En 1998 según estimaciones del INEI, la población alcanzó aproximadamente 303,746 habitantes, proyectándose al año 2000 una población de 323,420 habitantes.

6.1.4 CLIMATOLOGIA

En la ciudad de Piura predomina el clima cálido y seco, el cual es típico de la costa norte del Perú. Recibe la influencia de las variaciones de la faja Ecuatorial de baja presión y de los cambios de dirección que sufre la corriente marina de Humboldt, al desplazarse hacia el norte, a lo largo de la costa. Esto origina considerable precipitación pluvial en algunos años y casi nula en otros.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CISMID - DPMD



TESIS : "ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO 1997-98, EN EL TRAMO DMSION BAYOVAR DESVIO TALARA Y EN LA CIUDAD DE PIURA"

PLANO:

UBICACION DE LA ZONA EN ESTUDIO

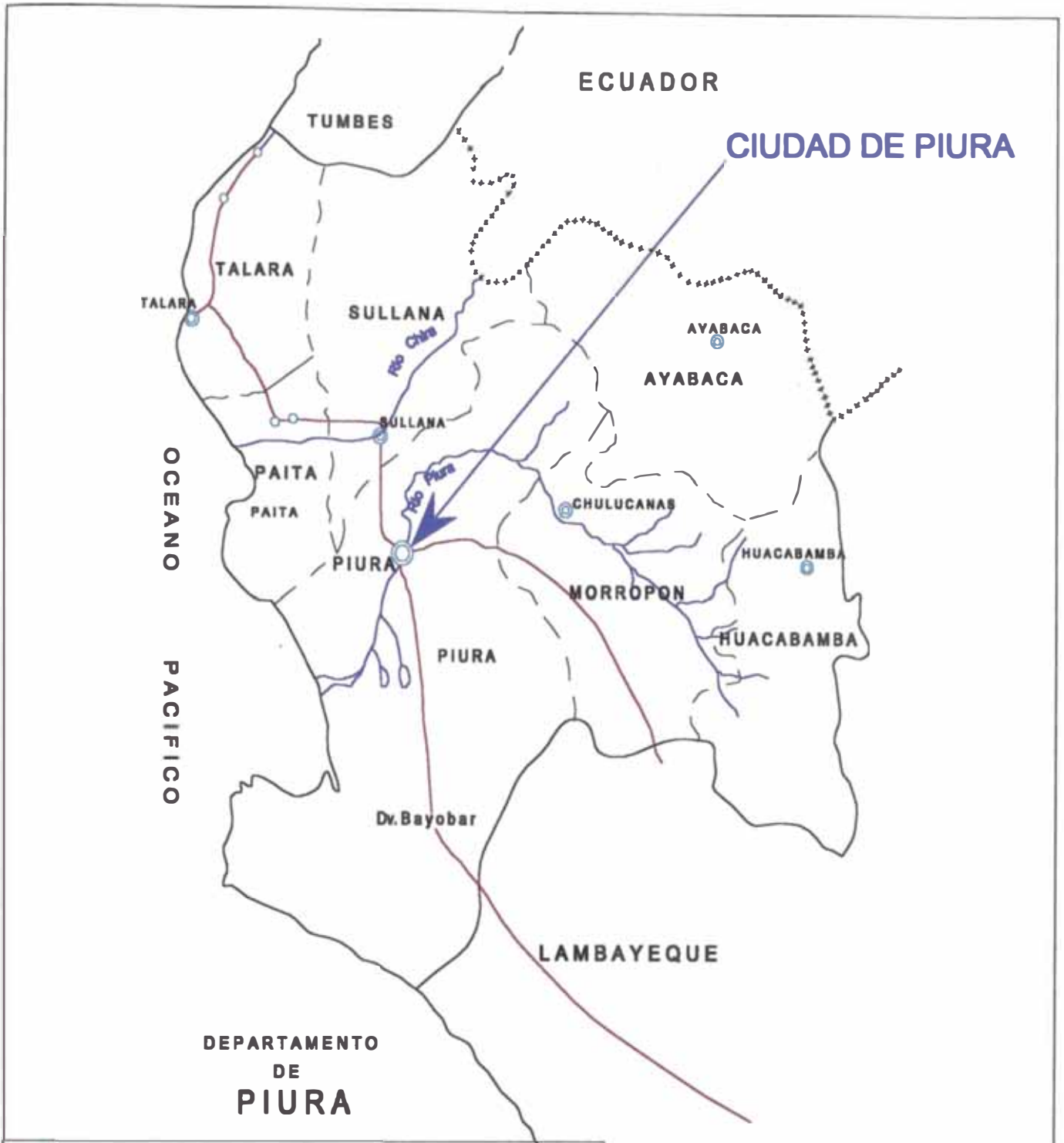
LAMINA:

6.1

Bachiller : Edgard C. Alca Mendoza
 Fecha: Enero 1999

Asesor : Ing. Julio Kuroiwa H.
 Escala: GRAFICA

Auspiciadar: PRONAA



DEPARTAMENTO
DE
PIURA

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CISMID - DPMD 

TESIS : "ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL FENOMENO
EL NIÑO 1997-98, EN EL TRAMO DIVISION BAYOVAR
DESVIO TALARA Y EN LA CIUDAD DE PIURA"

PLANO:
UBICACION DE LA ZONA EN ESTUDIO

LAMINA:

6.2

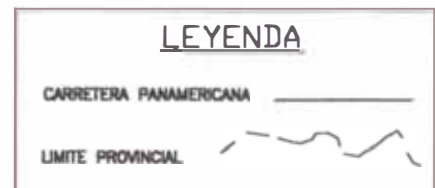
Bachiller : Edgard C. Alca Mendoza

Fecha:
Enero 1999

Asesor : Ing. Julio Kuroiwa H.

Escala:
GRAFICA

Auspiciador:
PRONAA



En el presente estudio se ha tomado los datos de la estación meteorológica de Miraflores (Piura), existiendo datos para los últimos 20 años .

Cuadro N° 6.1**ESTACION MIRAFLORES**

<i>Ubicación:</i>	<i>Piura</i>
Latitud:	05°10'00"
Longitud:	80°36'51"
Cuenca:	Río Piura
Altitud:	30 m.s.n.m.
<i>Precipitación</i>	
Máxima Promedio:	26.1 m.m.
Mínima Promedio:	0.1 m.m.
Media Anual:	4.7 m.m
Récord:	778.4 m.m.
<i>Temperatura:</i>	
Máxima Promedio:	30.5°C
Mínima Promedio:	19.8°C
Máximo Maximorun:	37.8°C
Mínimo Minimorun:	9.7°C
<i>Horas de sol:</i>	
Promedio diario:	7 horas
<i>Velocidad del viento:</i>	
Media:	4.0m/seg.
Máxima:	5.0m/seg.
Nota: Predomina la dirección Sur.	

FUENTE: DEPECHP (División de Meteorología e Hidrología)

6.1.5 ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA URBANA

A continuación, se muestra en forma sintética algunos aspectos de la estructura urbana de la Ciudad de Piura. Es importante mencionar que ésta descripción corresponde al estado y características de las ciudades según datos del IX Censo de Población y IV de vivienda de 1993.

6.1.5.1 Descripción Global

El proceso de urbanización ha configurado a la fecha una estructura urbana caracterizada por dos franjas alargadas: una que va hacia el Oeste (Piura) en dirección a Paita, a lo largo de 6km. de la Panamericana, y la otra hacia el Sur (Castilla) en dirección al valle del Bajo Piura a lo largo de 4 km. de la vía a Catacaos.

La Estructura del espacio urbano de la ciudad es diversa, apreciándose que en la parte antigua de la ciudad, las vías son angostas y estrechas, y en las áreas de reciente expansión urbana las calles y espacios son amplios.

En general, se aprecia una estructura básicamente configurada por construcciones de 1 a 2 pisos. En las inmediaciones de la plaza de Armas se aprecia un núcleo de edificaciones de más de 5 pisos, teniendo la edificación más alta 13 pisos.

El paisaje inmediato exterior es variado, teniendo características que van desde paisajes típicamente desérticos: al este y oeste, hasta áreas cultivadas y bosques: al norte y sur.

6.1.5.2 Sectores Orgánicos Urbanos

En la ciudad de Piura se distinguen 3 áreas típicas, definidas según el uso predominante:

- a **Asentamientos Humanos Regulados:** Areas de uso residencial predominante, urbanizadas y reguladas: urbanizaciones y parte del casco Central.
- b **Asentamientos Humanos Marginales:** Areas de uso residencial predominante, no urbanizadas y espontáneas: pueblo joven.
- c **Asentamientos No Residenciales:** Areas no destinadas para vivienda, reguladas: de uso comercial, recreacional, industrial, institucional, etc.

6.1.5.3 Edificaciones

Según el censo de 1993, se registraron dentro del área urbana Piura - Castilla, 56,018 viviendas y 90 edificaciones colectivas (Hospitales, Hoteles, etc).

Los materiales predominantes de las viviendas son el ladrillo y el adobe. En los AA.HH. Rurales predomina el adobe y en los AA.HH. Medios predomina el ladrillo.

Cuadro N° 6.2

Distribución % de viviendas según material predominante

Material que predomina	% viviendas
Ladrillo	79 %
Adobe	11%
Quincha	6%
Esteras y otros	4%

Los materiales predominantes de los techos son la calamina y el concreto armado. En los AA.HH.RR. predomina los de concreto armado y en los AA.HH.MM, AA.NN.RR. los de calamina.

Cuadro N° 6.3**Distribución % de viviendas según material predominante de techos**

Material que predominante de los techos	% viviendas
Calamina	59 %
Concreto armado	26%
Caña y/o Esteras	7%
Otros	8%

La altura de las edificaciones son en su mayoría de 1 y 2 pisos, a continuación se muestra una proporción aproximada:

Cuadro N° 6.4**Distribución % de viviendas según número de pisos**

N° de pisos	% viviendas
1 piso	70 %
2 pisos	25%
3 o más pisos	5%

6.2 CARACTERISTICAS BASICAS**6.2.1 CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS DEL MEDIO URBANO**

Los distritos de Piura y Castilla están físicamente divididos por el río Piura, el cuál cruza la ciudad de noroeste o sudoeste, pasando por urbanizaciones, casco antiguo y asentamientos humanos asentados en ambas márgenes del río.

La topografía de ambos distritos es generalmente casi llana, con escasas diferencias de nivel, pues las cotas fluctúan entre los 25 y 40 m.s.n.m., presentando zonas deprimidas con cotas inferiores a 29 m.s.n.m. donde se encuentran gran parte de las urbanizaciones: Angamos, Santa Isabel, Barrio Pachitea, Grau, 4 de Enero, Titanes, A.H. 18 de Mayo y A.H. Quinta Julia. Esta franja es casi paralela al lecho del río Piura y según antecedentes históricos constituyó un antiguo lecho de dicho río.

La cota mínima (25 m.s.n.m.) también se presenta en el lecho del río y la máxima altura con cota 40 m.s.n.m. está en el área de la Urb. San Eduardo, aproximadamente a 1,500 m. de distancia, al norte del centro de la ciudad, cuya cota es de 35 m.s.n.m..

En las riberas, las edificaciones tienen cotas que oscilan entre 18 y 30 m.s.n.m. Se puede decir que, la pendiente promedio en la localidad de Piura, se manifiesta en el sentido

noreste a sudeste y en Castilla en el sentido sudoeste. De esta manera podemos observar que, la tendencia general del terreno de Piura y Castilla está ligada a la dirección y ubicación relativa del río.

En los terrenos de expansión urbana hacia el noroeste, presentan una topografía natural casi plana, existiendo a lo largo de la carretera a Paita y Sullana, desniveles de aproximadamente 2 m. de profundidad, al parecer por extracción de material para la elaboración de unidades de albañilería.

6.2.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

La zona de estudio está conformada por extensas pampas desérticas a semiáridas, con una topografía plana, en parte suavemente ondulada, o con lomas constituidas por acumulaciones eólicas denominadas dunas y barcanas,

Los suelos del área urbana de Piura y Castilla y sus alrededores están conformados por potentes depósitos de materiales finos de origen eólico y aluvial, predominantemente arenoso y areno limoso.

Los depósitos arenosos y areno limosos presentan compacidades que van de sueltas a medianamente densas, sus permeabilidades fluctúan entre semipermeables a permeables. En general, presentan fácil drenaje, aunque en ciertas zonas deben localizarse capas o lentes impermeables. Son generalmente erosionables debido a su poca cohesividad.

6.2.3 CARACTERISTICAS DE MECANICA DE SUELOS

Los suelos de las ciudades de Piura y Castilla están conformados por potentes depósitos de materiales finos de origen eólico y aluvial, predominantemente arenoso y arenolimoso. Estos depósitos presentan compacidades de sueltas a medianamente densas (formación cuaternaria); sus permeabilidades fluctúan entre semipermeables a permeables. En general, presentan fácil drenaje, pero por zonas deben localizarse capas o lentes impermeables.

Por debajo de las cotas 21 a 23 m.s.n.m. se encuentra una capa arcillosa, compacta e impermeable de espesor variable de 4 a 6 m. que se extiende bajo gran parte de la ciudad, contribuyendo el límite inferior del acuífero superficial. Sobre ésta capa se encuentran los sedimentos eólicos y aluviales de disposición irregular, en los que se asienta la ciudad. Dos grandes cursos aluviales de recorrido aproximadamente paralelo, han interrumpido la continuidad de estos sedimentos eólicos en la zona, que han producido a lo largo de su recorrido, erosión y sedimentación. Uno de ellos constituye el cauce actual del río Piura y el otro es un antiguo lecho que constituye una franja topográficamente baja. Dicha franja

comprende a la Urb. Santa Isabel, Barrio Pachitea, Club Grau, 4 de Enero, Unidad Vecinal y Asentamientos Humanos en el límite sur de la ciudad.

En los sectores con predominancia de material eólico también se encuentran depósitos aluviales irregulares, de variada disposición, extensión, espesor y calidad de material. Asimismo, en las zonas aluviales existen depósitos eólicos menores intercalados. La incidencia de los depósitos aluviales es mayor en la proximidad del río y en el antiguo cauce, y menor en la zona oeste de la ciudad.

La compleja intercalación de los estratos del subsuelo se debe al origen mismo de los depósitos, dadas las condiciones climáticas y topográficas de la región. La deposición eólica de arenas es un fenómeno permanente en la llanura desértica local. El régimen extremadamente irregular de las lluvias con la consecuente variabilidad de la magnitud de las ocasionales avenidas del río, explica las estratificaciones de los sedimentos aluviales que han producido la compleja interposición de los materiales.

Los estratos aluviales son de variada textura, encontrándose desde grava, arena gruesa y media, hasta materiales finos (limosos y arcillosos).

6.3 CARACTERÍSTICAS HIDROLOGICAS E HIDROGEOLOGICAS

6.3.1 PRECIPITACION EN LA CIUDAD DE PIURA

En el valle de Piura, la precipitación anual promedio varía casi desde cero (0.00mm) en la costa, hasta 900 mm. en la zona de la sierra. En la ciudad de Piura, la precipitación media anual es de 65 mm. cifra establecida por las lluvias desde 1971 a 1996, sin incluir las lluvias extraordinarias de 1983. Estos datos fueron extraídos de la estación Miraflores, que representa la zona de influencia de los distritos de Piura y Castilla.

Un dato muy importante obtenido de los registros de 1925 hasta 1996, permite señalar que en los meses de enero, febrero y marzo se produce el 82 % de la precipitación total; en cambio, de abril a diciembre las precipitaciones son muy escasas, prácticamente nulas.

En el cuadro N° 6.5 y gráfico N° 6.1, se muestra los registros de precipitación en la estación Miraflores desde 1971 hasta 1998 en el cual resaltan las precipitaciones ocurridas en 1982/83 y 1997/98. Si comparamos entre las precipitaciones de diciembre de 1982 y 1997, se puede concluir que el presente fenómeno ha tenido 16 veces más de precipitación; la comparación de precipitación del mes de enero a marzo indica que el fenómeno de 1998 fue

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.) ESTACION: MIRAFLORES.

CUADRO N° 6.5

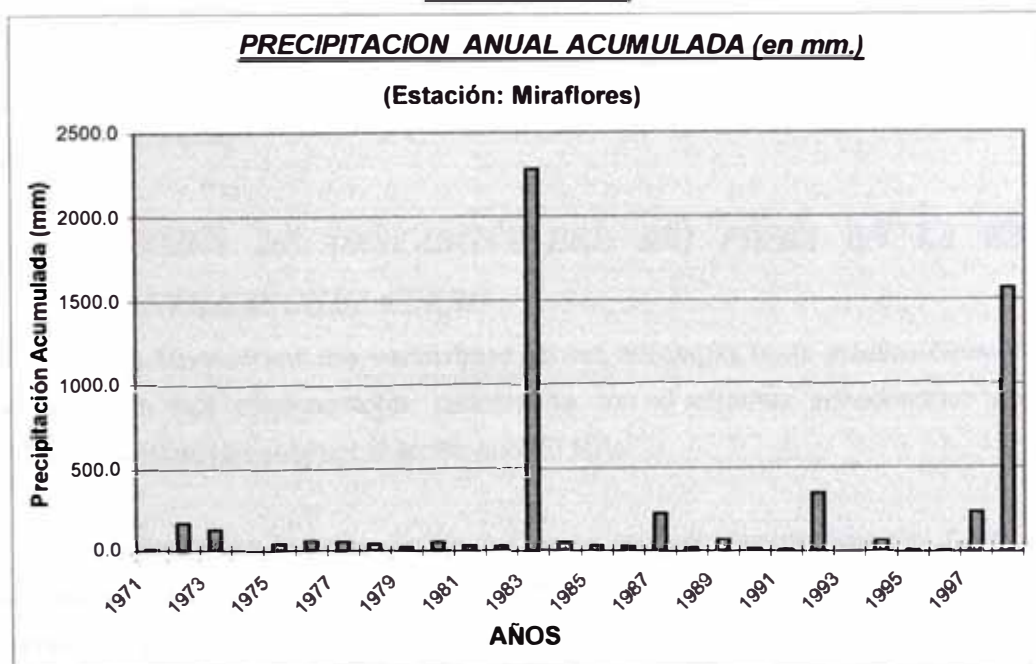
DISTRITO	: CASTILLA	LATITUD	: 80° 37' 20"
PROVINCIA	: PIURA	LONGITUD	: 05° 11' 55"
DEPARTAMENTO	: PIURA	ALTITUD	: 23,32 m.s.n.m.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1971				3.3	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	0.0	6.8
1972	1.5	0.0	167.3	8.6	0.6	0.0	0.1	0.0	0.8	0.1	0.0	2.5	181.5
1973	59.2	38.6	23.1	11.7	0.4	1.4	0.0	0.2	0.4	0.6	4.3	1.2	141.1
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1975	0.3	11.0	21.4	0.4	0.0	3.5	0.0	1.1	0.0	3.5	0.0	0.0	41.2
1976	23.3	37.9	1.1	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.5
1977	1.2	31.3	22.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	60.8
1978	0.0	0.1	38.6	0.5	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.4
1979	1.7	0.0	1.0	3.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	6.0	0.0	21.0
1980	0.2	2.5	13.7	35.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	5.6	2.9	60.8
1981	0.3	1.8	25.7	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.0	2.2	1.5	32.3
1982	0.0	0.0	0.0	3.9	1.3	0.0	0.2	0.0	0.1	1.7	6.7	10.4	24.3
1983	324.5	161.7	427.1	778.4	379.4	192.4	6.7	0.5	0.0	0.0	0.1	8.5	2279.3
1984	0.4	29.7	8.0	0.3	2.8	0.0	1.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.1	43.2
1985	2.8	3.0	16.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.3	0.0	1.3	0.0	1.1	26.5
1986	1.5	7.1		7.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	24.8
1987	22.8	78.1	98.6	16.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	6.7	0.4	0.0	223.4
1988	7.2	0.3	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	14.5
1989	8.3	42.0	9.1	0.0	0.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	61.5
1990	0.0	0.5	3.7	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	2.7	10.1
1991	0.2	0.8	1.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	4.0	8.7
1992	2.9	11.0	187.1	128.3	12.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	342.2
1993	1.0												1.0
1994	1.6	3.4	33.7	6.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	56.0
1995	3.9	3.1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.3		1.1	0.3	0.0	0.0	9.8
1996	1.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
1997	0.0	17.6	0.5	36.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.8	170.7	229.2
1998	658.3	320.8	505.9	90.9	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0				1581.2

FUENTE: P.E.CH.P. (División de Hidrometeorología)

NOTA: LOS RECUADROS EN BLANCO, NO SE CUENTAN CON INFORMACION.

GRAFICO N° 6.1



mayor al de 1983; sin embargo, el fenómeno de 1983 continuó con las precipitaciones hasta el mes de junio, en cambio, el evento de 1998 duró hasta el mes de abril.

En forma global comparando los eventos de 1983 y 1998, el primero superó en volumen de precipitación; sin embargo, el segundo evento superó en intensidad.

6.3.2 MORFOLOGIA Y EVOLUCION DEL RIO PIURA

El río Piura tiene su origen en la sierra de Huarmaca, en el cerro de Sorogón a 3400 m.s.n.m. En su origen se denomina río Huarmaca, luego río Canchaque y al unirse con el río Bigote se denomina Piura.

A lo largo de su recorrido a través del valle del Alto Piura, recibe por su margen derecha e izquierda los aportes de sus afluentes que se forman a ambos lados de la cuenca, discurriendo a través de quebradas y riachuelos.

La longitud total de su recorrido es aproximadamente de unos 300 Km. Su gradiente es más suave en la zona baja que en la cabecera.

En la zona de la sierra, es decir en los primeros 20 Km. de su recorrido, su gradiente varía entre 5 a 10 %; mientras en la parte baja, en la cual recorre una amplia llanura, su gradiente es el orden de 0.2 %.

En la parte baja del río, no tiene un cauce que se pueda decir fijo. Se tiene referencias históricas que en los años 1871, y 1891, de crecientes extraordinarias, cambió dos veces de curso. En 1871 se abrió un cauce por el centro del valle (Río Viejo), y en 1891, se trasladó al límite del tablazo de Paita (río Letirá). En el presente siglo, parte de esos cauces antiguos fue nuevamente ocupados por el río, de manera que fue a desembocar en las cercanías de Sechura (San Pedro). Por todas estas variaciones del cauce, tradicionalmente se le ha denominado río Loco.

6.3.3 REGIMEN DE DESCARGAS DEL RIO PIURA EN LA ESTACION PUENTE SANCHEZ CERRO

El río Piura ofrece una variabilidad en sus descargas tanto anuales como mensuales. Tal variación está estrechamente relacionada con el régimen pluviométrico de la zona, influenciando directamente por el fenómeno "El Niño".

Las descargas anuales registradas en la estación Puente Sánchez Cerro, muestran una gran irregularidad variando en el periodo considerando (1926 - 1998) desde 4,424m³/s ocurriendo en el año sin precedentes (1998), hasta 0 m³/s en 1951.

Para el presente estudio, se ha tomado los registros de la estación Puente Sánchez Cerro, por su ubicación, cuya área de influencia abarca gran parte de la zona; además, nos permite dar una idea del comportamiento de las descargas del río Piura.

El control es ejercido por la Dirección Especial del Proyecto Chira-Piura (DEPCHP) de acuerdo a un análisis que han realizado, afirman que su régimen es similar a los demás ríos de la costa peruana, con dos períodos diferentes: uno de avenida que corresponde generalmente a los meses de Enero a Abril, y el otro de estiaje, que corresponde a los meses restantes.

El análisis correspondiente al régimen mensual de descarga, permite establecer que el río Piura proporciona aproximadamente el 70% de su volumen total anual durante el período de avenidas y el resto (30%) se descarga durante el período de estiaje.

Para establecer un nivel comparativo adecuado, se muestra el registro correspondiente a la descarga media mensual desde el año 1970 hasta 1998 en el cuadro N° 6.6.

6.3.4 RELACION ENTRE PRECIPITACION Y DESCARGA

Con los datos de precipitaciones pluviales en el valle de Piura y los caudales del río Piura registrados por el DEPECHP, se puede concluir que las precipitaciones frecuentes durante varios meses saturaron la cuenca, resultando que el volumen de escorrentía y los caudales picos tendieran a incrementarse, a pesar que la magnitud de las precipitaciones disminuía.

Las precipitaciones altas que caían en los inicios del período lluvioso daban caudales picos relativamente bajos.

Así tenemos, las precipitaciones en la estación de Miraflores y Chulucanas, registrándose para el 24 de Enero de 1998: 150.9 mm y 123.2 mm respectivamente. Pasando por la estación del puente Sánchez Cerro un caudal de 1306.2 m³/s el día 27 de enero.

En cambio, el 10 de marzo, la precipitación fue de 35.6 mm (Miraflores) y 115 mm (Chulucanas); resultando una avenida de 4,424 m³/s en la estación Sánchez Cerro. días previos las precipitaciones de dos días consecutivos fue: 9.4mm, 1.6mm (Miraflores) y 99mm, 35 mm (Chulucanas), produciendo un caudal de 1422 m³/s.

Esto demuestra la estrecha relación entre el Histograma de lluvias caídas y las descargas medidas, notándose que a un aumento de las precipitaciones acumuladas, hay un consecuente humedecimiento del suelo y por lo tanto, la escorrentía superficial va en aumento. Esto es por la gran infiltración o retención del suelo, indicándonos que las grandes descargas se deben solo a momentos críticos de corta duración y de gran intensidad.

DESCARGA MEDIA MENSUALES DEL RIO PIURA (m3/s.) EN EL PUENTE SANCHEZ CERRO

GRAFICO Nº 6.6

DISTRITO : CASTILLA
 PROVINCIA : PIURA
 DEPARTAMENTO : PIURA

LATITUD : 80° 37' 20"
 LONGITUD : 05°11' 55"
 ALTITUD : 23,32 m.s.n.m.

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1970	8.0	9.3	16.9	10.3	13.9	13.3	11.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2
1971	0.0	14.5	73.2	96.0	21.4	12.1	13.5	7.1	8.3	0.0	0.0	0.0	20.5
1972	6.6	30.9	438.0	107.3	22.6	16.6	8.0	4.2	2.2	2.5	2.0	1.1	53.5
1973	20.8	230.8	177.8	149.4	33.6	15.9	11.6	1.7	1.3	0.9	0.8	0.9	53.8
1974	1.3	13.4	26.0	19.9	18.1	11.2	8.5	8.3	3.0	2.5	2.6	0.7	9.6
1975	9.8	23.5	85.9	61.6	17.0	9.7	7.8	7.2	5.5	7.3	4.5	2.8	20.2
1976	19.0	74.8	116.3	83.1	32.9	16.4	7.1	7.6	6.4	7.1	9.4	30.5	34.2
1977	14.7	69.9	124.4	78.7	32.6	18.3	29.0	21.8	10.4	11.3	4.5	5.5	35.1
1978	24.5	17.1	18.7	25.1	19.8	12.6	6.4	5.0	4.3	8.3	9.0	3.2	12.8
1979	26.8	23.7	34.2	32.0	23.0	16.0	8.4	5.3	8.6	7.8	6.3	8.1	16.7
1980	30.3	30.5	30.7	26.6	24.2	13.6	7.6	10.4	12.2	12.2	8.3	6.5	17.8
1981	34	36.3	137.0	35.1	22.1	14.8	9.8	9.0	6.6	5.7	2.5	7.5	26.7
1982	19.6	30.4	23.6	23.0	21.6	10.5	9.1	2.9	2.4	2.3	1.4	30.6	14.8
1983	324.4	486.3	838.0	1162.9	858.6	521.7	118.8	24.3	10.2	7.7	7.2	5.1	363.8
1984	8.8	145.3	234.2	122.1	71.2	27.0	26.6	16.1	16.0	12.2	4.8	4.6	57.4
1985	18.8	4.3	41.5	7.7	2.7	0.4	3.4	0.8	1.0	1.0	0.5	2.1	7.0
1986	3.4	4.9	0.8	6.1	4.3	2.2	1.2	0.4	0.0	0.6	1.6	0.4	2.2
1987	0.0	32.4	206.5	95.4	58.5	15.4	3.3	2.3	0.3	3.9	1.3	0.4	35.0
1988	0.2	0.6	4.1	2.3	0.0	0.7	0.1	0.9	0.4	0.2	0.2	0.2	0.8
1989	0.2	404.9	209.4	101.4	20.4	5.0	1.3	2.1	1.3	1.5	0.6	0.7	62.4
1990	0.4	0.0	0.2	0.6	0.7	0.6	0.4	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3
1991	0.1	0.4	4.4	5.5	1.1	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	8.1	1.8
1992	0.1	1.5	187.8	440.7	82.8	17.9	4.2	1.5	1.1	0.5	0.1	0.2	61.5
1993	0.4	27.6	254.5	176.0	45.2	18.5	4.8	1.5	0.2	0.1	0.4	0.3	44.1
1994	2.2	80.2	123.6	175.4	43.3	22.1	2.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	37.4
1995	8.8	11.9	8.0	5.7	1.5	0.8	0.1	0.8	0.5	0.0	0.2	0.8	3.3
1996	0.2	0.4	18.2	0.4	0.1	0.3	0.2	0.6	0.2	0.0	0.2	0.7	1.8
1997	8.1	0.0	0.3	1.3	0.4	1.1	2.1	1.5	0.9	3.2	2.2	107.7	10.7
1998	706.8	1225.9	1659.1	1207.2	322.3	106.3	38.0						
Promedio	5.4	47.6	99.6	29.3	28.8	43.0	6.9	4.0	2.4	1.9	1.3	1.8	24.3

FUENTE: P.E.CH.P. (División de Hidrometeorología)

6.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN REALIZADAS PARA MITIGAR DAÑOS OCASIONADOS POR EL FENÓMENO "EL NIÑO" 1997-98

6.4.1 SISTEMA DE EVACUACIÓN PLUVIAL DE LA CIUDAD DE PIURA

La ciudad de Piura y Castilla cuentan con un sistema de evacuación de aguas pluviales consistentes en vías, canales, drenes a tajo abierto, que permiten desaguar las zonas bajas, en caso de presentarse un período lluvioso (lámina N° 6.8).

6.4.1.1 Principales proyectos ejecutados después del fenómeno "El Niño" de 1983.

Las Obras existentes en la ciudad de Piura, en su mayoría, fueron ejecutadas como consecuencia del fenómeno "El Niño" de 1983, tomando referencia el levantamiento topográfico elaborado por el IGM, y los niveles alcanzados por las aguas como consecuencia de las fuertes precipitaciones. Efectuado esto, la ciudad fue dividida en cuencas de embalse, a las que se les proyectó drenes o evacuaciones pluviales, unos fueron entubados, otros a tajo abierto y vías canales, los cuales funcionan por gravedad y sistema de bombeo, desembocando al río Piura y dren Sechura.

Dentro de las principales obras ejecutadas fueron:

- a. Defensas laterales a lo largo de la ciudad en el río Piura.
- b. Sistema del casco central de la ciudad que evacua al río por intermedio de salida por el Malecón Eguiguren en las calles Cajamarca, Ica y Ayacucho.
- c. Dren Sullana que partiendo de la Urb. Sta. Isabel pasa por la Av. Los Cocos, atraviesa la Av. Grau por intermedio de un acueducto a través del Parque Miguel Cortez, toma la Av. Sullana y a la altura del A.H. 18 de Mayo se divide en dos bifurcaciones: una que va al río Piura que se controla con una compuerta Schep y el otro tramo con una obra de arte, funciona y se conecta con el dren Sechura, pasando a través de la antigua laguna de oxidación (laguna azul).
- d. Dren Gullman, que partiendo de la calle Tomás Cortez pasa por la Av. Gullman y a la altura de la Av. Grau recoge las aguas del Agrupamiento Miguel Grau y el A.H. Buenos Aires; luego continúa tomando la parte lateral este de la carretera a La Legua hasta empalmar al dren Sullana II.
- e. El otro Dren es César Vallejo que recibe las aguas de la Urb. Santa Ana, Bancarios, El Chilcal, que es la cota de nivel más baja de la ciudad y ha tenido que construirse un sistema de bombeo por intermedio de unos tanques subterráneos de recepción en la Av. Grau y de aquí con un dren entubado que pasa por el Jardín Central de la Av. César Vallejo, atravesando una de las calles del A.H. Santa Julia, llega a una zona militar que en

la actualidad es donde con un dren a tajo abierto se lleva a ese campo y se esparce en su longitud y en un futuro empalmará con el dren Nueva Esperanza.

- f. El Dren Petro-Perú, que partiendo en zona norte a la altura del depósito de la planta de Petro-Perú de abastecimiento de combustible, se desarrolla hacia el sur pasando por una alcantarilla en la carretera que va de Piura a Sullana, este dren continúa entre una Av. que separa al Campo Ferial y al parque Centenario, luego atraviesa al A.H. San Martín por la Av. Mariátegui (vía canal de concreto) toma la Av. Circunvalación (vía Integración hacia el este) para internarse al A.H. Nueva Esperanza y pasar por el costado este del Oratorio Bosconia y continuar por vía canal a un dren a tajo abierto a la parte sur del referido asentamiento humano.
- g. Dren Nueva Esperanza, en la parte sur del Oratorio María Auxiliadora y el C.E.Miguel Grau; a consecuencia del fenómeno de "El Niño" quedó una fuente de agua de regular magnitud que con el transcurso del tiempo y el crecimiento de los asentamientos humanos de esta zona, venía siendo un problema por la proliferación de zancudos y mosquitos. A iniciativa de la Municipalidad en 1990 y compañías amigas se proyectó un dren de salida a tajo abierto a partir de esta laguna y llevarla a descargar al dren Sechura en una distancia aproximada de 1.8 kms..

6.4.1.2 Obras de prevención realizadas para mitigar efectos del fenómeno "El Niño" 1997-98.

En el marco de la emergencia ante la ocurrencia del fenómeno "El Niño" 1997-98, en los primeros meses del año 1997, tanto la CTAR - Región Grau e instituciones locales juntaron esfuerzos y programaron una serie de acciones de emergencia, tales como drenes a tajo abierto, revestimiento de drenes, mejoramiento de las pistas de las calles, sistemas de bombeo, finalmente construcción de defensas ribereñas, encauzamiento y limpieza del río Piura.

Con tales obras se esperaba mitigar en gran medida los efectos que pudieran producir el fenómeno.

A continuación se menciona los principales trabajos realizados en la fase de prevención.

DISTRITO DE PIURA:

- Dren Pluvial Ignacio Merino - El Chical
- Caseta de Bombeo El Chical - Dren Pluvial César vallejo
- Dren Pluvial Gullman
- Dren Pluvial Petro Perú - Nueva Esperanza
- Dren Sullana : tramo 18 de mayo - Laguna azul - La Legua
- Dren Sullana : tramo Av. Sullana - Vertedero río Piura

- Dren Sullana : tramo Santa Isabel - Angamos - las Palmeras - Las Casuarinas
- Dren Pluvial Sullana - tramo Los Cocos
- Reposición enrocado diques de la margen derecha del río Piura
- Dren Pluvial Sullana : tramo Av. Mártires de Uchuraccay - Los Naranjos
- Dren Pluvial Sullana : tramo Ayacucho - Circunvalación - tramo final A.H. 18 de mayo
- Construcción de muro de protección impermeable para el dique Laguna Azul
- Dren calle Marcavelica
- Dren calle Amotape
- Muros de encauzamiento del dren Petro Perú
- Drenaje cuenca ciega del jr. Tambogrande - Las Lomas (Urb. Santa Ana)
- Defensa Laguna Santa Julia
- Drenaje cuenca ciega Micaela Bastidas (ENACE)
- Drenaje cuenca ciega Ignacio Merino

DISTRITO DE CASTILLA:

- Dren Pluvial Cossio del Pomar - Tacalá
- Dren Pluvial Las Montero y 28 de Julio
- Dren Pluvial Campo Polo, San Bernardo y Chiclayito
- Dren Pluvial Quebrada El Gallo
- Dren Pluvial Miraflores
- Casco Central Castilla: Don Bosco - Mercado - Tacna
- Dren Pluvial Jorge Chavez y 28 de Julio
- Dren Pluvial La Primavera - María Goretti - El Bosque
- Dren Pluvial Los Medanos (Protección de viviendas)
- Sistema de Evacuación Aguas Pluviales Aeropuerto de Piura
- Construcción Alcantarillas y puentes dren 1308
- Evacuación aguas pluviales microcuenca Miguel Cortez
- Evacuación aguas pluviales microcuenca Niño Jesús de Praga

Las Obras detalladas en su mayoría son drenes existentes. El tipo de trabajo realizado en la etapa de emergencia fue de mejoramiento de la capacidad conductiva de los drenes, consistiendo en la limpieza y el revestimiento de los principales drenes; asimismo, se construyeron drenes en cuencas ciegas empalmando a las existentes, para mejorar el sistema de evacuación pluvial.

Cabe mencionar que las obras realizadas fueron de carácter preventivo y de defensa de la ciudad, frente al fenómeno de "El Niño" de 1997-98 .

a Objetivo y descripción de las principales obras de emergencia desarrolladas en la fase de prevención, en el distrito de Piura.

A continuación se detalla las principales obras realizadas en el distrito de Piura.

a.1 Dren Pluvial Ignacio Merino - El Chical

El objetivo principal es evacuar las aguas pluviales de la cuenca de la Urb. Ignacio Merino, utilizando el dren César Vallejo; asimismo, evacuar las aguas pluviales bombeadas de la cuenca El Chical a través de un nuevo dren paralelo al dren César Vallejo existente y ubicado al costado (en el carril Este de la Av. César Vallejo). La entrega de ésta línea es a la altura del buzón N° 18 del dren existente.

Los drenes fueron diseñados para evacuar las aguas de las cuencas de Ignacio Merino y de El Chical.

- Ignacio Merino	:	Q = 0.63 m ³ /seg.
- El Chical	:	Q = 0.80 m ³ /seg.

a.2 Caseta de Bombeo El Chical - Dren Pluvial Cesar Vallejo

Dren Pluvial César Vallejo.- El objetivo fue optimizar la evacuación de las aguas que colecta el dren César Vallejo al dren Sullana, el mismo que entrega sus aguas al dren Sechura.

Esta obra permitió evacuar las aguas provenientes de las cuencas aledañas tales como:

• Ignacio Merino	:	1.0m ³ /s.
• El Chical	:	0.86m ³ /s.
• San José	:	0.15m ³ /s.
• Urb. Piura	:	0.23m ³ /s.
• Colegio López Albuja	:	0.21m ³ /s.

Del mismo se dedujo para el dren César Vallejo en su parte final un Q = 2.45 m³/s, siendo la longitud del ducto cerrado (L = 200ml. al inicio), para luego continuar con un dren a tajo abierto (1000 ml.).

Caseta de Bombeo El Chical - Ampliación de poza de almacenamiento - Cámara de Bombeo El Chical .- En la etapa de prevención la cámara de bombeo contaba con una

captación de 180 m^3 , según el histograma de la cuenca El Chical y de acuerdo a la capacidad de bombeo existente la poza de captación, se construyo de 400 m^3 .

a.3 Dren Pluvial Gullman

Dren Pluvial Gullman - Construcción Dren Pluvial Coliseo Gerónimo Seminario.-

El objetivo fue evacuar las aguas de la zona de la Residencia Grau y Coliseo Gerónimo Seminario y Jaime por gravedad, mediante un conducto de concreto armado cerrado, hasta la altura de la progresiva $0 + 716.40$ del dren Gullman, donde se construyo 02 buzones de succión y una caseta de bombeo debidamente equipada, que se encargó de bombear el agua hacia el dren Gullman; se esperaba evacuar un caudal de $0.34 \text{ m}^3/\text{s}$. en una longitud de 350ml.

Dren Pluvial Gullman.- El objetivo fue optimizar la evacuación de las aguas que colecta el dren Gullman hacia el dren Sechura con un $Q = 1.78 \text{ m}^3/\text{s}$, permitiendo evacuar las aguas provenientes de:

- Cuenca del Coliseo
- Urb. Santa Ana
- Jr. Tambogrande

Dren Pluvial A.H. 31 de Enero.- El objetivo fue evacuar las aguas que se acumulan en las zonas más bajas del A.H. 31 de Enero a través de un dren a tajo abierto y un tramo de tubería que entrega las aguas al dren Gullman. Según estudios de cuencas realizado por la UDEP, se dedujo un $Q = 0.27 \text{ m}^3/\text{s}$.

a.4 Dren Petroperu - Nueva Esperanza

Se inicia el Ponton ubicado en la Av. Sanchez Cerro, cruza la Av. Grau hacia el A.H. San Martin y termina en la entrega en la Av. J.C.Mariategui. El caudal de diseño es de $4.7 \text{ m}^3/\text{s}$, todas las estructuras de concreto son de $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$, aguas arriba existen lagunas que conforman la cuenca hidrológica que aportan al dren cuando alcanzan niveles de rebose y determinan el caudal de diseño.

Foto N° 6.1: Dren Petro Perú tramo I, funcionó satisfactoriamente



a.5 Dren Sullana : Tramo 18 de mayo Laguna Azul - La Legua

Uno de los drenes de mayor importancia de captación de aguas pluviales es el DREN SULLANA, el mismo que sirvió para tal fin en las lluvias que se presentaron en 1983.

El dren Sullana tiene un área de cuenca de 350 Has., comprendida desde el Campus de la Universidad de Piura, Urb. Grau, Los Titanes, Quinta Julia hasta el Barrio Sur donde se bifurca en dos drenes, uno de ellos en el dren Sullana Este, y el otro el dren Sullana Oeste quién desemboca en la Laguna de Coscomba (Laguna Azul) para luego después de subir el nivel de aguas en esta laguna descargue sobre el dren Sullana II, posteriormente al Dren SECHURA. La obra comprendió de 2 etapas:

- I. Canal de concreto armado, dique de protección adyacente a la Laguna Azul y trocha carrozable que sirve de mantenimiento al canal (dren Sullana).
- II. Puentes vehiculares sobre el dren Sullana (04 puentes).

Con la construcción del Dren Sullana se beneficiaron la población de la ciudad de Piura y PP.JJ.

Foto N° 6.2: Desembocadura del dren Sullana en la Laguna Azul.



b Objetivo y descripción de las principales obras de emergencia desarrolladas en la fase de prevención, en el distrito de Castilla.

En el distrito de Castilla se realizaron:

b.1 Dren Pluvial Cossio de Pomar - Tacalá

La obra consistió en el mejoramiento de la vía canal del dren en 1,300 ml. con material seleccionado (afirmado).

b.2 Dren Pluvial Ramitos El Indio

Se construyó un dren subterráneo con tubería de concreto armado de 18'' y 24'' de diámetro, conducto cerrado de sección rectangular de concreto armado, estructuras de captación y de inspección en las bocas - calles.

La longitud total del dren es de 1,400 ml. de los cuales 1,050m es subterráneo y 350m. a tajo abierto, para una capacidad de conducción de agua de lluvia de 100, 150 y 300 lts/seg. respectivamente.

b.3 Dren Pluvial Casco Central Castilla

Drenaje de Aguas Pluviales Zona Casco Urbano Castilla Microcuenca Don Bosco - Mercado - Tacna .- El objetivo fue la evacuación de aguas pluviales de las Microcuencas Don Bosco - Mercado y Tacna del Casco Urbano de Castilla, a través de vías Canal y ductos de concreto con rejillas alternas que recolectan en buzones y son conducidos mediante tubería hacia una cámara de almacenamiento, que posteriormente evacuan hacia el Rlo Piura, mediante un sistema mixto por gravedad en casos de eventos normales y en casos extraordinarios por bombeo; para la cuál se

instalaron bombas móviles en la intersección del malecón María Auxiliadora y la Calle Ica

6.4.2 SISTEMA DE DEFENSA Y DESCOLMATACIÓN DEL RÍO PIURA

En la etapa de emergencia, se realizaron obras para mitigar efectos geodinámicos del río Piura, éstas consistieron en:

- Descolmatación y encauzamiento del río Piura tramo puente Bolognesi - puente Independencia.
- Descolmatación y encauzamiento del río Piura tramo puente Cáceres y puente Bolognesi.
- Construcción defensas río Piura, margen derecha.
- Mejoramiento de compuertas en descargas pluviales margen derecha e izquierda del río Piura.

Cabe destacar que el río Piura contaba con defensas ribereñas las cuales fueron diseñadas para controlar la erosión ocasionada por dicho río cuando se presentaran grandes avenidas. Las defensas fueron diseñadas con tablestacados empotradas para la protección contra la socavación y diques de material impermeable protegidas con una losa de concreto, la sección de los diques de defensa está constituida por un terraplén de material compactado, colocado sobre el terreno natural, en los tramos de corte y en terraplén debidamente compactado con material in situ, en los tramos de relleno. El talud exterior e interior del terraplén impermeable es 2(H) : 1(V).

a Descripción de las obras de prevención realizadas en el río Piura.

a.1 Descolmatación y encauzamiento del río Piura entre puente Bolognesi - puente Independencia

La obra consistió en: encauzar el río Piura a través de un canal piloto con características físicas de 50m. de ancho, longitud 15Km. desde el puente Bolognesi hasta el puente Independencia para que el flujo del agua discurriera por un canal definido, evitando los cambios brusco de dirección.

Eliminar el material suelto: producto de la excavación de la sección de corte de ambas márgenes, puente Bolognesi hasta el puente Grau, a efecto que las aguas durante las avenidas circulen sin dificultad.

Dentro de los trabajos realizados se tiene;

- Construcción de 15 Km. de canal piloto.
- Eliminación de material suelto 300,000 m³.

a.2 Descolmatación y encauzamiento del río Piura entre el Puente Cáceres y puente Bolognesi

Dentro de los trabajos realizados se tiene:

- Limpieza y desbroce del río Piura desde la represa "Los Ejidos" hasta 500 ml., aguas abajo del puente Bolognesi.
- Descolmatación y eliminación de 100,000 m³., de desechos del material del lecho del río Piura.
- Encauzamiento desde puente Cáceres a 500ml., aguas abajo del puente Bolognesi.

a.3 Construcción defensas río Piura margen derecha.

La obra se ubica entre el puente Sanchez Cerro y el puente Cáceres, en la margen derecha del río Piura.

Las obras ejecutadas consisten en:

- Progresiva 1 + 110.75 al 1 + 700, construcción de veredas de 1.50 m. de ancho y parapeto de protección de 1.0 m. de altura.
- Progresiva 1 + 700 al 1 + 727, se completó el talud hasta llegar al muro de contención existente.
- De la progresiva 1 + 257 al 1 + 700, se construyó el muro de contención, con dimensiones variables, en función al nivel de las construcciones existentes.

a.4 Mejoramiento de compuertas en Descargas Pluviales Margen derecha e Izquierda del río Piura.

Ubicación.-

Margen derecha del río Piura.

- Vertedero 18 de Mayo - río Piura
- Campo ferial Plaza Tres Culturas
- Calle Lambayeque Salesianos

Margen Izquierdo del río Piura (Castilla).

- Calle Piura - (Mercado)
- Malecón Castilla (CIVA)
- Malecón Castilla (Excalibur)

La seguridad de la evacuación de las aguas pluviales provenientes del casco urbano de la ciudad, a través de ductos y drenes ubicados estratégicamente en las zonas descritas debiendo estar en óptimas condiciones con el fin de garantizar su operatividad.

El deterioro y mal estado en que se encontraban éstas compuertas por falta de mantenimiento, robos, y la mala manipulación por manos extrañas fueron reemplazadas por nuevas e instaladas con una mayor seguridad.

6.5 PROCESO DE GEODINAMICA EXTERNA

Las precipitaciones ocurridas entre diciembre de 1997 al mes de abril de 1998, produjo la acción de la Geodinámica Externa y estuvo representada por la inundación de considerables áreas urbanas, debido principalmente a la existencia de zonas deprimidas topográficamente sin posibilidades de drenaje (caso de la Urbanización El Chical e Ignacio Merino); por otra parte, la inundación producida por el dren 1308 en los AA.HH. Primavera y El Indio; asimismo, el río Piura ocasionó daños en la infraestructura de los puentes, haciendo colapsar dos de ellos, las que comunicaban los distritos de Piura y Castilla.

La vulnerabilidad de las ciudades de Piura y Castilla fue originada fundamentalmente por tres agentes Hidrodinámicos:

- Las precipitaciones pluviales
- Las aguas fluviales
- La napa freática

A esto, se suma un cuarto: la acción que produjo el dren 1308, ocasionado por negligencia del hombre.

Los tres agentes Hidrodinámicos normalmente actúan en forma conjunta en la época de la presencia del fenómeno de "El Niño" dando lugar a la afectación de distinto nivel a la Infraestructura Urbana, así como a las edificaciones y zonas urbanas.

6.5.1 INUNDACIÓN PRODUCIDA POR PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Las fuertes precipitaciones ocurridas en la ciudad de Piura, ocasionaron inundaciones en zonas bajas topográficamente como: la Urb. El Chilcal, Jubilados, Talara, Cabo Blanco, El Alto, Bancarios, Santa Ana, Ignacio Merino, etc., éstas se manifestaron rápidamente por estar situadas sobre cotas iguales o menores a 29 m.s.n.m., que permitió la inundación de las viviendas en altura hasta de 1.5m., sin poder evacuar las aguas por el equipo de Bombeo existente, resultando insuficiente - por no decir ineficientes -, demorando en evacuar las aguas de 5 a 7 horas. Las viviendas en un número superior a 200, fueron afectadas en lo que respecta a muros, pisos, instalaciones eléctricas, etc., y ante la imposibilidad de desalojar el agua de las viviendas, se tomaron inhabitables.

Los sistemas de drenaje, en su mayoría, cumplieron con los objetivos propuestos en un inicio, que era: mitigar los efectos del fenómeno. Por tanto, las zonas que en 1983 sufrieron

de inundaciones por varios días; en éste fenómeno, soportaron inundaciones menores y por poco tiempo.

El área afectada por inundación del desborde de los drenes y enlagueamiento de zonas con problemas evacuación pluvial, alcanzaron aproximadamente 350 Has. Las zonas afectadas fueron:

Cuadro N° 6.7: Zonas afectadas por inundación en la ciudad de Piura

PIURA	CASTILLA
AA.HH. Santa Rosa	Casco Central de Castilla
AA.HH. 31 de Enero	Urb. San Bernardo
AA.HH. Laguna Azul	AA.HH. Las Montero
Urb. Ignacio Merino	AA.HH. Chiclayito
Urb. Bancarios	AA.HH. El Indio
Urb. Santa Ana	AA.HH. La Primavera
Urb. El Chical	AA.HH. Cossio del Pomar
Urb. Santa Isabel	AA.HH. Los Médanos

6.5.2 LAGUNAS DE MENOR DURACIÓN EN EL ÁREA URBANA

Las áreas afectadas por las lagunas fueron, los que se ubican en la periferia de la ciudad; es decir, las zonas en expansión.

Las áreas afectadas denominadas: cuencas ciegas, alcanzaron aproximadamente 150 Has de área. La característica común de éstas lagunas, fue, que tuvieron poca duración, siendo, por tanto, su incidencia menos intensa. Si los daños ocasionados fueron considerables, esto se debió básicamente a que se formaron principalmente en PP.JJ. y AA HH., donde las viviendas están construidas generalmente por materiales precarios, construcciones a base de adobe, estera y quincha.

Estas lagunas se formaron principalmente en: la parte sur del distrito de Castilla y en la parte sur oeste del distrito de Piura

Cuadro N° 6.8: Zonas afectadas por inundación de menor duración

PIURA	CASTILLA
AA.HH. Paredes Maceda	AA.HH. Las Montero
AA.HH. Nueva Esperanza sector 10	AA.HH. Calixto Balarezo
AA.HH. Los Ficus 1ra etapa	AA.HH. El Indio
AA.HH. Enrique López Albuja	AA.HH. Nuevo Horizonte
AA.HH. Los Algarrobos	AA. HH. Nueva Porvenir
AA.HH. Fátima	
AA.HH. Consuelo de Velasco	
AA.HH. Los Róbles	
AA.HH. San Juan	
AA.HH. Antonio Raimondi	
AA.HH. Quinta Julia	
Urb. Lourdes	
Urb. Las Lagunas de Chipe	

6.5.3 ACCIÓN DEL DREN 1308

La presa derivadora "Los Ejidos" abastece de agua al canal de derivación, ubicado en la margen izquierda del río Piura, que pasa por el distrito de Castilla. Paralelo al trazo del canal, va el dren 1308, el cuál pasa por los Asentamientos Humanos de Castilla tales como: María Goretti, La Primavera, Victor Raúl Haya de la Torre, Juan Pablo II, El Indio, etc.

El problema que ocasionó el dren 1308 fue por consecuencia de la construcción de un puente peatonal en el recorrido del dren, ubicado entre el A.H. Primavera y la ESEP Pedro Ruiz Gallo. El problema fue haber dejado 2 pequeños tubos para el paso normal del agua drenada, pero durante las fuertes precipitaciones éste puente peatonal represó el agua, ocasionando la inundación de gran parte de las viviendas del A.H. La Primavera de la 1ra y 2da etapa. Para evitar la constante inundación, la población tuvo que demoler dicho puente peatonal.

Similar efecto se produjo a la altura del A.H. El Indio, debido a que el dren 1308 fue embalsado en su recorrido por los agricultores para proteger las áreas agrícolas de su propiedad; en consecuencia, el agua fue represado e inundó gran parte del A.H. El Indio, provocando muchos daños en las viviendas, como la destrucción de viviendas de adobe y estera, pues algunos sectores el agua llegó hasta el metro de altura.

6.5.4 ACCIÓN DINÁMICA DEL RÍO PIURA

Las descargas del río Piura están relacionadas al régimen pluviométrico de su cuenca, el cuál está influenciado directamente por las variaciones climáticas, originadas por el fenómeno de "El Niño". Como lo ocurrido en 1983 en donde registraron caudales superiores a los 3000 m³/s; en 1998, superaron los 4400 m³/s, ocasionando erosiones y excavaciones a lo largo de su cauce.

Las características geomorfológicas (lecho arenoso) y topográficas (baja pendiente) del cauce del río, facilitaron la erosión y la socavación del fondo, permitiendo el paso de los caudales registrados sin haber desbordado; ésto disminuyó el peligro de colapso total de las estructuras de defensas ribereñas existentes, dañados seriamente en algunos tramos y poniendo en peligro el capital humano y material de ambos distritos; asimismo, las fuertes crecientes provocaron el colapso de 2 puentes vehiculares (Bolognesi y "Viejo"), afectando las estructuras de un puente vehicular (Sánchez Cerro).

6.5.5 RÉGIMEN DE LA NAPA FREÁTICA

La acción hidrodinámica de las aguas del subsuelo son intensas, motivadas por la presencia de la presa "Los Ejidos", ubicada al norte de la ciudad; el problema se agrava con la ocurrencia de las precipitaciones pluviales intensas, que motivan hundimientos constantes del suelo urbano.

6.6 EFECTOS DEL FENOMENO "EL NIÑO" 1997-98 EN LA INFRAESTRUCTURA CIVIL.

6.6.1 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Las ciudades de Piura y Castilla, cuentan con un sistema de drenaje deficitario en cantidad, y se encuentran en regular estado de conservación. Los drenes existentes, en su mayoría, cumplieron con los objetivos propuestos, que era de mitigar los efectos del fenómeno. (Ver Lámina N° 6.8)

a Drenes Eficientes.- Los drenes que cumplieron con lo diseñado fueron:

a.1 En Piura:

- Dren Sullana, tramo Urb. Santa Isabel - Los Cocos – Laguna Azul.
- Dren Sullana II, tramo Laguna Azul - La Legua.
- Dren Pluvial Gullman.
- Dren Pluvial Cesar Vallejo
- Dren Pluvial Petro Perú tramo I
- Dren Pluvial 31 de Enero

- Dren Pluvial Susana Higushi

a.2 En Castilla:

- Dren Pluvial Cossio del Pomar - Tacalá
- Dren Pluvial quebrada El Gallo
- Casco Central Castilla
- Dren Pluvial Miraflores
- Dren Pluvial La Primavera – María Goretti y El Bosque

b Drenes ineficientes.- Los drenes que funcionaron ineficientemente fueron:

b.1 En Piura:

- Dren Pluvial Ignacio Merino – El Chical
- Caseta de Bombeo El Chical - Dren Pluvial César Vallejo
- Dren Pluvial Petro Perú tramo II y III

b.2 En Castilla:

- Dren Pluvial Las Montero y 28 de julio
- Dren Pluvial Campo Polo, San Bernardo y Chiclayito
- Dren Pluvial El Indio

Las deficiencias del sistema de drenaje produjeron afectación en diferentes ámbitos, las cuáles se mencionan a continuación:

- Destrucción general de pavimentos
- Colmatación parcial del sistema de desagüe
- Colapsamiento del sistema de desagüe (40 a 60%)
- Inundación de vastos sectores urbanos (30%)
- Viviendas y otras edificaciones, total y parcialmente destruidas (12%)

6.6.2 EFECTOS DEL RIO PIURA

Las características geomorfológicas y topográficas del cauce del río, facilitaron la erosión y socavación del fondo, permitiendo el paso de los caudales registrados, afectando las defensas ribereñas existentes, dañando seriamente en algunos tramos; además, produjo el colapso de 2 puentes vehiculares.

A continuación se describe lo sucedido durante las fuertes crecientes del río Piura:

El 12 de marzo de 1998, el río Piura, no sólo superó el caudal más alto que tuvo en 1983, si no que superó todas las marcas y llegó a los 4,424 m³/s., siendo ésta la creciente más grande de su historia. A su paso por la ciudad de Piura, después que cayó una torrencial lluvia de 251.2mm sobre Malacasi - así como en Morropón y Chulucanas; se sumó el caudal del río

Huarmaca, que puso a prueba las estructuras de los cuatro puentes que unen a la ciudad de Piura con Castilla.

Para una mejor comprensión se describe brevemente, el historial de los cuatro puentes sobre el río Piura.

a El Puente Viejo

El denominado puente "San Miguel" de Piura, que forma parte de la historia de Piura, no soportó la fuerza y vigor de las aguas y cayó. En la madrugada del jueves 12 de marzo de 1998, sus estructuras cedieron a la fiereza de las aguas que discurrían por el río Piura.

Como antecedente histórico, el río San Miguel de Piura cayó en dos oportunidades a lo largo de toda su historia:

- 1891:** Caída a consecuencia de una crecida en período de "El Niño" (12 de Abril)
- 1893:** Nueva inauguración. Los ingleses C.T. Findlay y H. Rathbone, de paso por Piura mostraron a don Miguel Checa los diseños de dos puentes que estaban destinados al Asia. Uno de ellos es el que quedó en Piura.
- 1981:** El Puente de estructura inglesa se derrumbó cuando un trailer intentó cruzarlo desde Castilla.
- 1991:** Respetando su diseño original, el Municipio de Piura, con apoyo del SIMA y de la constructora Cosapi, lograron restaurarlo.

Foto N° 6.3: Vista desde el malecón del puente "Viejo", caudal del río 100 m³/s (19.12.97)



Foto N° 6.4: Colapso del puente "Viejo", caudal del río 4400 m³/s., (12.03.98)

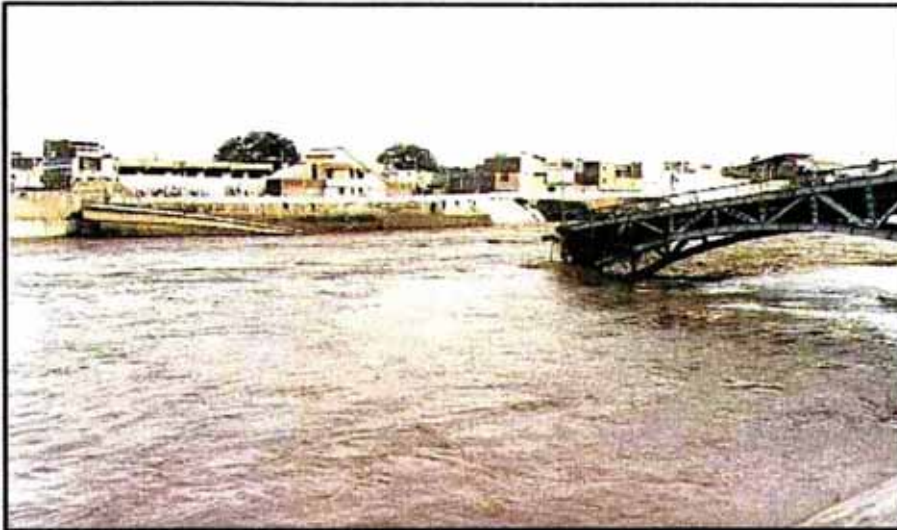


Foto N° 6.5: Puente peatonal sobre el río Piura en reemplazo del puente colapsado, caudal del río 10 m³/s. (20.11.98).



b Puente Luis M. Sánchez Cerro

Con cerca de 48 años desde que fue inaugurado, hasta marzo de 1998, el río no pudo doblegar sus estructuras, que con el paso de vehículos de carga pesada empezó a debilitarse.

En 1983, el estribo derecho fue deteriorado y quedó transitoriamente en medio del cauce del río. Con el presente fenómeno "El Niño", nuevamente éste estribo sufrió los embates de la fuerza de las aguas.

Foto N° 6.6: Puente Sánchez Cerro, caudal del río 4400 m³/s., (12.03.98)

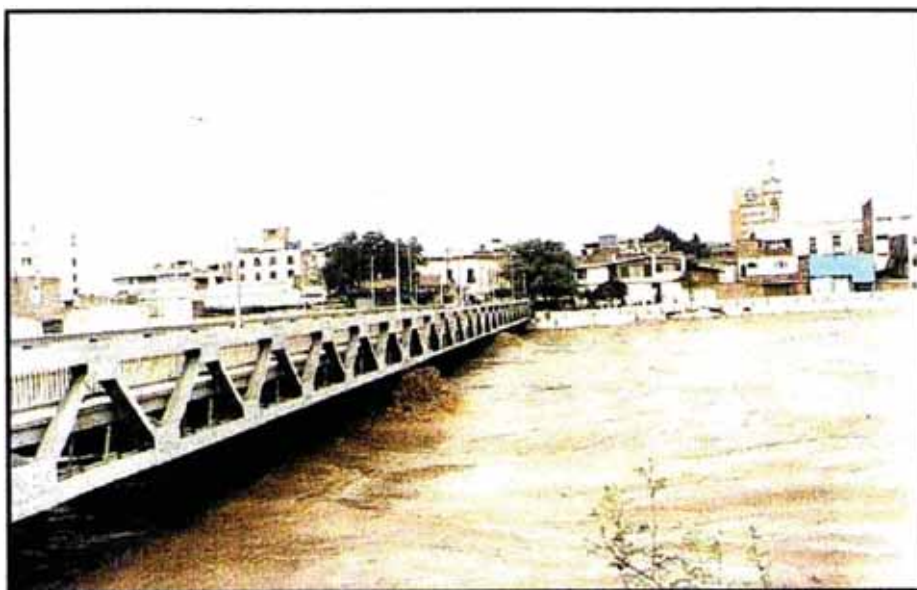


Foto N° 6.7: Puente Sánchez Cerro, caudal del río 10 m³/s (20.11.98)



c Puente Andrés Avelino Cáceres

Construido hace aproximadamente dos años, soportó las fuertes crecientes del río Piura. Fue la única vía de comunicación entre las ciudades de Piura y Castilla.

d Puente Francisco Bolognesi

Entró en servicio el 21 de julio de 1967, éste puente soporto la creciente que hubo el 12 de marzo de 1998 ($Q=4424\text{m}^3/\text{s}$), pero su estructura central sucumbió aproximadamente a las 9:40 a.m. de la mañana del lunes 16 de marzo de 1998, donde el caudal del río Piura era aproximadamente $2,250\text{ m}^3/\text{s}$.

En el momento que el puente colapsó, según versiones de testigos presenciales: dos vehículos (combis), dos autos, un mototaxi y un triciclo, además de transeúntes pasaban por el puente, lo que produjo la muerte de 6 personas y la desaparición de otras 5, además de rescatarse 20.

"Primero se escuchó un fuerte crujido y la tierra tembló levemente. Seguidamente acompañado por un estrepitoso ruido, ví que un pedazo del puente, en la parte central, se hundía en las aguas del río. Corrí porque pensé que también se caía el resto del puente, pero inmediatamente regresé porque la gente pedía auxilio. Muchos gritaban y lloraban intentando salir de los vehículos en donde se encontraban atrapados, mientras otros que iban a pie eran arrastrados rápidamente aguas abajo. Eran muchas personas y no supimos por un momento qué hacer". (testimonio de Lázaro Espinoza Garcia, vendedor de hielo, que se encontraba en el momento de la tragedia en uno de los extremos del puente Bolognesi, margen izquierda) (Diario El Correo 13.03.98)

Foto N° 6.8: Puente Bolognesi con un caudal de $5\text{ m}^3/\text{s}$. (octubre de 1997)



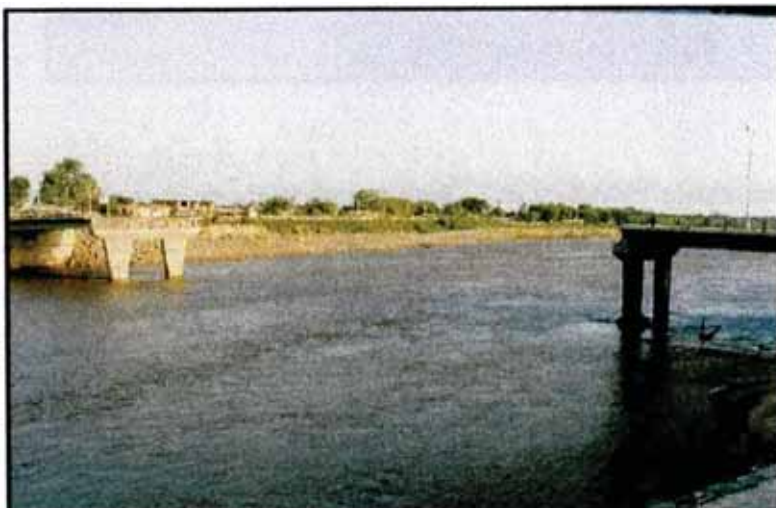
Foto N° 6.9: Puente Bolognesi con un caudal de 600 m³/s,. (10.02.98)



Foto N° 6.10: Puente Bolognesi, caudal de 3000 m³/s (marzo 1998)



Foto N° 6.11: Puente Bolognesi con un caudal de 100 m³s (20.04.98)



Las aguas fluviales tuvo niveles de afectación, que a continuación se describe:

- Erosiones y excavaciones en el tramo canalizado del río Piura
- Colapso de dos puentes vehiculares
- Afectación en las estructuras de un puente vehicular
- Desintegración urbana entre las ciudades de Piura y Castilla

6.6.3 DAÑOS EN LAS VIVIENDAS

El tipo de afectación en las viviendas fue de 2 formas:

- Viviendas afectadas por efecto directo de las lluvias
- Viviendas afectadas por la formación de lagunas

a Efecto directo de las lluvias.- Las viviendas afectadas fueron los Asentamientos Humanos, ubicados en la periferia de la ciudad. La afectación se dió debido a la fragilidad de los materiales de construcción, tales como: adobe, esteras, quinchas, tabla, etc. Además, influyeron en este tipo de afectación, el tipo de suelo compuesto de arena eólica fácilmente erosionable sobre el cuál se asienta la ciudad.

Foto N° 6.12: Viviendas afectadas por el efecto directo de las lluvias. (10.02.98)



b. Efecto por la formación de lagunas.- Las viviendas afectadas se ubican en aquellas zonas topográficamente bajas con problemas de drenaje. Las aguas inundaron completamente las viviendas donde las numerosas familias abandonaron en los meses de las lluvias.

Foto N° 6.13: Viviendas afectadas por la formación de lagunas. (12.0.2.98)

Las construcciones de ladrillo fueron las menos afectadas, sufriendo daños menores; en cambio, las viviendas de adobe de los asentamientos humanos sufrieron daños en la infraestructura por la composición en los elementos de construcción (adobe, estera y Quincha).

Respecto a las áreas con capacidad de evacuación pluvial, cabe destacar que fue justamente la zona central antigua la que mejor soportó las lluvias. Tuvo una extensión aproximada de 80 Has., las calles con pendiente hacia el río facilitaron una evacuación rápida y eficiente.

De la evaluación realizada por el INADUR, CTAR – GRAU y Organismos No Gubernamentales, se pudo elaborar el plano de afectación de viviendas (Lamina N° 6.6), del cuál se pudo obtener la siguiente información valiosa.

Cuadro N° 6.9: Afectación de las viviendas en la ciudad de Piura

Descripción	Area Urbana (Has)	% Area Urbana
Viviendas No Afectadas	2610	74.57
Viviendas Levemente Afectadas	450	12.86
Viviendas Medianamente Afectadas	440	12.57
TOTAL	3500	100.00

Las viviendas levemente afectadas, fueron por efecto directo de las lluvias y enlagueamiento.

Cuadro N° 6.10: Viviendas levemente afectadas de los AA.HH. por efecto directo de las lluvias, en la ciudad de Piura

PIURA	CASTILLA
AA.HH. Paredes Maceda	AA.HH. Tacala
AA.HH. Nueva Esperanza sector 10	AA.HH. Cossio del Pomar
AA.HH. Los Ficus 1ra etapa	AA.HH. Los Médanos
AA.HH. Enrique López Albuja	AA.HH. Los Almendros
AA.HH. Los Algarrobos	AA.HH. La Primavera
AA.HH. Fátima	AA.HH. María Goretti
AA.HH. Consuelo de Velasco	AA.HH. Nuevo Horizonte
AA.HH. San Sebastian	AA. HH. Chiclayito
AA.HH. Quinta Julia	AA.HH. El Indio
AA.HH. San Martín	Casco Central Castilla
AA.HH. Santa Rosa	Urb. San Bernardo
AA.HH. Santa Julia	
AA.HH. Tupac Amaru	
AA.HH. San Pedro	
AA.HH. María Arguedas	
AA.HH. M.Escriva	
AA.HH. Victor Raúl – Laguna Azul	
AA.HH. Miguel Grau II etapa	
Urb. Los Tallanes	
Urb. Bancarios	
Urb. Santa Ana	
Urb. El Chical	
Urb. Ignacio Merino	
Urb. La Providencia	
Urb. Santa María del Pinar	
Urb. Lourdes	

Las viviendas medianamente afectadas, por efecto de las lluvias y formación de lagunas se ubican en:

Cuadro N° 6.11: Viviendas medianamente afectadas.

PIURA	CASTILLA
AA.HH. Micaela Bastidas	AA.HH. Tacala
AA.HH. Cristo de Nazareth	AA.HH. Cossio del Pomar
AA. HH. Victor Maldonado	AA.HH. Los Médanos
AA. HH. San Valentín	AA.HH. Los Almendros
AA. HH. San Martín	AA.HH. La Primavera
AA. HH. Nueva Esperanza sector 10	AA.HH. Almirante Miguel Grau
AA. HH. Santa Julia	AA.HH. Las Montero
AA. HH. Lizandro Sánchez Arteaga	AA. HH. Calixto Balarezo
AA. HH. Tupac Amaru III etapa	AA. HH. El Indio
AA. HH. Nuevo Horizonte	AA.HH. El Indio V etapa
AA. HH. Jesus de Nazareth	
AA. HH. Los Robles	
AA. HH. 31 de Enero	
AA. HH. Los Sauces	
AA. HH. Jorge Basadre	
AA. HH. Javier Heraud	
AA. HH. Susana Higushi	
AA. HH. Manuel Scorza	
AA. HH. Antonio Raimondi	
AA. HH. Laguna Azul	
AA. HH. Las Palmeras	
AA. HH. Heroes del Cenepa	
AA.HH. Los Ficus 1ra etapa	
AA.HH. Enrique López Albuja	
AA.HH. Los Algarrobos	
AA.HH. San Sebastián	
Urb. Los Tallanes	
Urb. El Chical	
Urb. Ignacio Merino	
Urb. La Alborada	
Urb. Santa Isabel	
Urb. Los Ficus	

6.7 DETERMINACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR EL FENOMENO DE 1997/98

A raíz del fuerte movimiento migratorio a la ciudad de Piura, ha ido llegando gente provincial del campo y de la sierra de Piura, que han ido superpoblando la ciudad y al no tener donde vivir, se han ido asentando en los terrenos del sector sur oeste, donde durante mucho tiempo estuvieron ubicadas las lagunas de estabilización, la cuál en períodos lluviosos tiende a retomar sus antiguos caudales, como sucedió durante el período pluvial de 1998, inundando dichos sectores.

La topografía predominante de la ciudad de Piura es plana en toda su extensión, sin un buen drenaje natural y con muchas depresiones, en donde se forman lagunas en épocas de grandes precipitaciones, comprometiendo la estabilidad de muchas estructuras existentes, especialmente las áreas ubicadas al sur; asimismo, las zonas planas y bajas de los cascos urbanos y los asentamientos consolidados en urbanizaciones.

La ciudad de Piura está propensa a efectos de geodinámica externa, las cuales son: (Ver Lámina N° 6.7)

- Problemática de la Laguna Negra y sus efectos
- Cuencas con problemas de evacuación pluvial
- Zonas vulnerables a crecidas del río Piura
- Zonas vulnerables a precipitaciones pluviales

6.7.1 PROBLEMÁTICA DE LA LAGUNA NEGRA Y SUS EFECTOS:

Los asentamientos humanos afectados directamente por la Laguna Coscomba son: Quinta Julia, Víctor Raúl Haya de la Torre, Almirante Miguel Grau, Laguna Azul, Antonio Raimondi, Manuel Scorza, y Héroes del Cenepa.

Los asentamientos humanos afectados por la laguna Santa Julia son: Lizandro Sánchez Arteaga, Nueva Esperanza Sector 10, Tupac Amaru III etapa, Jesús de Nazareth, etc.

Estos asentamientos están ubicados en depresiones de terreno que durante muchos años constituyó terrenos de las antiguas lagunas de oxidación. Hace aproximadamente 15 años, las inundaciones pluviales destruyeron esta laguna que decepcionaba lagunas servidas; era una depresión natural llamada COSCOMBA, ahora Santa Julia.

En estos sectores la napa freática está a 1.20 m. y en otros, a escasos 80 cms. de la superficie, produciendo afloramientos como en el caso A.H. Antonio Raymondi y Manuel Scorza.

Otro problema que se presenta en ese sector es debido a la construcción de viviendas en el mismo lecho de la laguna donde los drenes colindan con las viviendas.

6.7.2 CUENCAS CON PROBLEMAS DE EVACUACIÓN PLUVIAL

En la ciudad de Piura el sistema de drenaje funcionó satisfactoriamente en un 80 %, el resto funcionó parcialmente, además se agrega zonas denominadas "Cuencas Ciegas" que no tenían sistema de drenaje

Las áreas con capacidad de evacuación pluvial, como la zona central antigua fue la que mejor soportó las lluvias. Tuvo una extensión aproximada de 80 Has., las calles con pendiente hacia el río facilitaron una evacuación rápida y eficiente.

En el distrito de Piura, al sur de la ciudad, a partir de la avenida Circunvalación se encuentran las mayores zonas inundables, localizadas en áreas adyacentes a la Laguna Azul (Coscomba) y a la Laguna Negra (Santa Julia), donde precisamente están los asentamientos humanos incipientes y no reconocidos en inminente riesgo de inundación. En el distrito de Castilla, se emplaza en cauces antiguos de la quebrada "El Gallo" y zonas bajas (28 de Julio, Las Montero, El Indio, etc).

En el sector Noroeste de la ciudad se encuentra la Urb. Ignacio Merino que presenta una área inundable, debido a su ubicación – zona baja topográficamente - ; asimismo, se presentaron graves daños a las viviendas por carecer de un sistema de drenaje eficiente, ya que el actual sistema de bombeo funcionó parcialmente.

Otros sectores vulnerables son aquellas viviendas que se ubican adyacentes al recorrido de los drenes, debido al rebose que tuvieron los drenes a tajo abierto. Las viviendas fueron las afectadas directa e indirectamente.

a Cuencas con sistema de drenaje (funcionaron parcialmente)

Las cuencas que cuentan con sistema de drenaje, pero que funcionaron parcialmente durante el evento de 1998 son:

Cuadro N° 6.12

PIURA	CASTILLA
Petro Perú	San Bernardo
Ignacio Merino	El Indio
Santa Isabel	
El Chical	
Santa Ana	

b Cuencas Ciegas sin sistema de drenaje.

Cabe mencionar que las aguas de éstas cuencas, tuvieron poca duración y su incidencia en las viviendas fue leve. Dichas cuencas que se formaron durante el evento de 1998 son:

Cuadro N° 6.13

PIURA	CASTILLA
Quinta Julia	Puente Cáceres
Santa Julia	Av. Irásola
Av. Grau – Marcavelica	las Montero
Los Tallanes	Balarezo
A.H. Las Capullanas	
San Sebastian	
Paredes Maceda	
Zona Industrial(diario El Correo)	
San José	
López Albuja	
Fátima	
Urb. Piura (colegio López Albuja)	
Bello Horizonte	
Tupac Amaru II (Cicunvalación - Inglaterra)	
Los Ficus	
Los Algarrobos	
Los Jardines	
Urb. Angamos	

6.7.3 ZONAS EXPUESTAS AL PELIGRO DEL RÍO PIURA

La ciudad también está expuesta a las inundaciones por desborde del río Piura, éstas zonas son: a la altura del puente Cáceres, el río tiende a desbordarse; a su paso por el Casco Central también existe el inminente peligro de desborde; aguas abajo del puente Bolognesi cuyas cotas de terreno son las más bajas, existe el peligro de inundación por desborde del río. ésta zona es ocupada por asentamientos humanos.

La infraestructura con riesgo alto viene a ser: los puentes, como ocurrió en marzo de 1998, donde colapsaron 2 puentes y otro quedo afectado en sus estructuras.

6.7.4 ZONAS AFECTADAS POR EL EFECTO DIRECTO DE LAS LLUVIAS

Entre los factores considerados para estimar la vulnerabilidad, por efecto directo de las lluvias, en la ciudad de Piura son, desde el punto de vista físico y socio económico, los siguientes:

- Tipo de materiales de construcción
- Estado de la construcción
- Nivel económico de las familias

La vulnerabilidad de la ciudad a los efectos de las lluvias, comprende zonas de reciente ocupación formada por asentamientos humanos. El material predominante de las viviendas en éstas zonas, son renovables e inestables: madera, estera, caña, carrizo y en pequeña magnitud ladrillo. El estado de construcción de éstas viviendas es malo, las cuales son mayormente de un nivel. Los techos son de calaminas. Pertenecen a ésta zona los asentamientos humanos del sector Suroeste, cercanos a la Laguna Negra; asimismo, los del sector Oeste en Piura, y sector Este y Sur en Castilla.

Las zonas vulnerables a los efectos de las lluvias en 1998 son aquellas viviendas que fueron afectados severamente y están ubicados en:

Cuadro N° 6.14

PIURA	CASTILLA
AA.HH. Micaela Bastidas	AA.HH. Tacala
AA.HH. Cristo de Nazareth	AA.HH. Cossio del Pomar
AA. HH. Victor Maldonado	AA.HH. Los Médanos
AA. HH. San Valentín	AA.HH. Los Almendros
AA. HH. San Martín	AA.HH. La Primavera
AA. HH. Nueva Esperanza sector 10	AA.HH. Almirante Miguel
AA. HH. Santa Julia	Grau
AA. HH. Lizandro Sánchez Arteaga	AA.HH. Las Montero
AA. HH. Tupac Amaru III etapa	AA. HH. Calixto Balarezo
AA. HH. Nuevo Horizonte	AA. HH. El Indio
AA. HH. Jesus de Nazareth	AA.HH. El Indio V etapa
AA. HH. Los Robles	
AA. HH. 31 de Enero	
AA. HH. Los Sauces	
AA. HH. Jorge Basadre	
AA. HH. Javier Heraud	
AA. HH. Susana Higushi	
AA. HH. Manuel Scorza	

AA. HH. Antonio Raimondi	
AA. HH. Laguna Azul	
AA. HH. Las Palmeras	
AA. HH. Heroes del Cenepa	
AA.HH. Los Ficus 1ra etapa	
AA.HH. Enrique López Albuja	
AA.HH. Los Algarrobos	
AA.HH. San Sebastian	
Urb. Los Tallanes	
Urb. El Chical	
Urb. Ignacio Merino	
Urb. La Alborada	
Urb. Santa Isabel	
Urb. Los Ficus	

6.8 LINEAMIENTOS PARA MITIGAR EFECTOS DEL FENOMENO "EL NIÑO".

En una posible repetición de éste fenómeno es necesario tomar en cuenta las siguientes previsiones:

6.8.1 DEFENSA DE LOS EFECTOS DE LA NAPA FREÁTICA

Se requiere atender los efectos de éste agente hidrodinámico a través de:

- Estudio del comportamiento hidrodinámico de la napa freática.
- Estudio y ejecución del sistema de drenaje de la napa freática.

6.8.2 SISTEMA DE EVACUACIÓN PLUVIAL

El sistema de drenaje existente en la ciudad de Piura. fue construido con carácter preventivo y de defensa de las ciudades frente a la periodicidad de las precipitaciones pluviales intensas del norte peruano, por tanto, es imprescindible que dicha solución sea encarada con la mayor rigurosidad técnica.

A continuación, se dan lineamientos para que en el futuro el sistema de drenaje en la ciudad de Piura, funcione adecuadamente. (Lámina 6.8)

a Drenes proyectados en Piura y Castilla

Los drenes proyectados son:

- PIURA:
- Dren Marcavelica
 - Dren Amotape
 - Dren Vice

- CASTILLA:
- Puente Cáceres
 - María Auxiliadora
 - Balarezo
 - Irazola
 - El Gallo
 - Dren 1308

b Drenes propuestos en Piura

Los drenes propuestos son:

- Dren de Integración Canal Vía Los Tallanes Marcavelica
- Dren Tramo Norte Marcavelica

Por lo tanto, las previsiones a tomarse en cuenta, en el futuro que son necesarias son:

- Estudiar y Ejecutar con un Plan Integral de Evacuación Pluvial, tomando como base las precipitaciones máximas ocurridas, que contemplen fundamentalmente la evaluación del sistema existente, el drenaje de las cuencas ciegas, la expansión y desarrollo urbano a largo plazo.
- Culminar los tramos inconclusos de los drenes existentes.
- Ejecutar los drenes proyectados.
- Estudio y ejecución de los drenes propuestos.

6.8.3 RIO PIURA

El comportamiento de las defensas ribereñas fue satisfactorio habiendo sido afectadas en menor cuantía, requiriéndose la consolidación y mejoramiento de las obras complementarias que dicho cauce necesita a fin de garantizar su óptimo funcionamiento por lo que se recomienda lo siguiente:

- Rehabilitación de los sectores afectados
- Ejecutar la defensa de la ribera del margen izquierdo entre el puente Cáceres y el puente Sánchez Cerro.
- Ejecutar la defensa del tramo norte en ambas márgenes comprendido entre el puente Cáceres y Los Ejidos.
- Ejecutar la defensa del tramo sur en ambas márgenes comprendido entre el puente Bolognesi y el puente Grau (carretera Panamericana Norte)
- Ejecutar la construcción de los puentes colapsados : puente Bolognesi y "Viejo"
- Evaluación en las estructuras del puente Sánchez Cerro y determinar la demolición o reforzamiento.

6.8.4 AREAS DE EXPANSION URBANA

La ciudad de Piura presenta extensas áreas de expansión urbana recomendables que se mencionan a continuación: En Piura el crecimiento se debe dar hacia el Norte y Noroeste. En Castilla el crecimiento se debe dar hacia el Noreste. (Lámina N° 6.9)

Las zonas de expansión tienen una topografía suavemente ondulada con ligeras elevaciones y depresiones; además, éstas zonas, por lo general, son altas con respecto al Casco Central Antiguo, constituyendo áreas de menores riesgos ante un evento pluvial intenso.

En cuanto al tipo de suelo, en las zonas mencionadas los suelos están cubiertos mayormente por arenas sueltas a semidensas de potencia variable que cubren a estratos de arenas densas y cementadas, o arenas arcillosas medianamente compactas, o arcillas compactas. (Referencia N° 22)

Los costos para las habilitaciones en la zona de expansión son altos, siendo por ello la demanda casi restringida a los sectores populares de bajos recursos económicos. Estos están a la espera de tomar posesión de las áreas periféricas mal ubicadas con respecto a riesgos naturales. Esto se debe a la poca capacidad de los entes gubernamentales de ofertar a tiempo y en la cantidad suficiente, terrenos adecuados, controlar y orientar la expansión y desarrollo urbano.

Finalmente, debe haber un control para evitar que nuevos asentamientos humanos se asienten en zonas inundables, sin tener en cuenta el criterio de evacuación superficial de aguas pluviales.

6.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.9.1 CONCLUSIONES

- La ciudad de Piura, capital del departamento del mismo nombre, se encuentra ubicada geográficamente a 5°12' de latitud sur y a 80°38' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Su altitud corresponde a las cotas 26m. y 42m. sobre el nivel del mar
- Según el IX Censo de Población del 11 de julio de 1993, la población de Piura, incluyendo el distrito urbano de Castilla con el cual conforman una unidad, llegaba a 277,964 habitantes, lo que representó el 60% de la población urbana de la provincia del mismo nombre. Con respecto al censo de 1983, la tasa anual de crecimiento fue de 4.4%. En 1998 según estimaciones del INEI la población alcanzó aproximadamente 303,746 habitantes, proyectándose al año 2000 una población de 323,420 habitantes.

- En la ciudad de Piura predomina el clima cálido y seco, el cual es típico de la costa norte del Perú
- Los distritos de Piura y Castilla están físicamente divididos por el río Piura, el cual cruza la ciudad de noroeste a sudoeste pasando por urbanizaciones, casco antiguo y asentamientos humanos asentados en ambas márgenes del río.
- La topografía de ambos distritos es generalmente casi llana, con escasas diferencias de nivel, pues las cotas fluctúan entre los 25 y 40 m.s.n.m., presentando zonas deprimidas con cotas inferiores a 29 m.s.n.m. donde se encuentran gran parte de las urbanizaciones: Angamos, Santa Isabel, Barrio Pachitea, Grau, 4 de Enero, Titanes, A.H. 18 de Mayo y A.H. Quinta Julia. Esta franja es casi paralela al lecho del río Piura y según antecedentes históricos constituyó un antiguo lecho de dicho río.
- Los suelos de las ciudades de Piura y Castilla están conformados por potentes depósitos de materiales finos de origen eólico y aluvial, predominantemente arenoso y areno-limoso
- Las ciudades de Piura y Castilla cuentan con un sistema de evacuación de aguas pluviales consistentes en vías, canales, drenes a tajo abierto, que permiten desaguar las zonas bajas, en caso de presentarse un período lluvioso
- Las Obras existentes en la ciudad de Piura, en su mayoría, fueron ejecutadas como consecuencia del fenómeno de "El Niño" de 1983. La ciudad fue dividida en cuencas de embalse, a las que se les proyectó drenes o evacuaciones pluviales, unos fueron entubados, otros a tajo abierto y vías canales, los cuales funcionan por gravedad y sistema de bombeo, desembocando al río Piura y Dren Sechura.
- En el marco de la emergencia ante la ocurrencia del fenómeno "El Niño" 1997-98, en los primeros meses del año 1997, tanto la CTAR - Región Grau e instituciones locales juntaron esfuerzos y programaron una serie de acciones de emergencia, tales como drenes a tajo abierto, revestimiento de drenes, mejoramiento de las pistas de las calles, sistemas de bombeo; finalmente, construcción de defensas ribereñas, encauzamiento y limpieza del río Piura. Con tales obras se esperaba mitigar en gran medida los efectos que pudieran producir el fenómeno.
- Las precipitaciones ocurridas entre diciembre de 1997 al mes de abril de 1998, produjo la acción de la Geodinámica Externa y estuvo representada por la inundación de considerables áreas urbanas, debido principalmente a la existencia de zonas deprimidas topográficamente sin posibilidades de drenaje (caso de la Urbanización El Chical e Ignacio Merino);

- La vulnerabilidad de las ciudades de Piura y Castilla fue originada fundamentalmente por tres agentes hidrodinámicos:
 - Las precipitaciones pluviales
 - Las aguas fluviales
 - La napa freática
- Las fuertes precipitaciones ocurridas en la ciudad de Piura, ocasionaron inundaciones en zonas bajas topográficamente como: la Urb. El Chilcal, Jubilados, Talara, Cabo Blanco, El Alto, Bancarios, Santa Ana, Ignacio Merino, etc., éstos se manifestaron rápidamente por estar situados sobre cotas iguales o menores a 29 m.s.n.m., que permitió la inundación de las viviendas en altura hasta de 1.0m.
- Los sistemas de drenaje en su mayoría cumplieron con los objetivos propuestos en un inicio, que era: mitigar los efectos del fenómeno. Por tanto, las zonas que en 1983 sufrieron inundaciones por varios días, en éste fenómeno, soportaron inundaciones menores y por poco tiempo (horas).
- El área afectada por inundación del desborde de los drenes y enlagueamiento de zonas con problemas de evacuación pluvial, alcanzaron aproximadamente 350 Has.
- Las áreas afectadas por las lagunas fueron las que se ubican en la periferia de la ciudad; es decir, las zonas en expansión. Las áreas afectadas denominadas cuencas ciegas, alcanzaron aproximadamente 150 Has de área. La característica común de éstas lagunas, fue que tuvieron poca duración, siendo por tanto, su incidencia menos intensa.
- De la evaluación realizada se constató que. las viviendas **no afectadas** en la ciudad, cubrió un área de 2610 Has., representando el 74.57% del área urbana; las viviendas **levemente afectadas** cubrió un área de 440Has (12.86%); las **viviendas medianamente afectadas** cubrió un área de 440 Has (12.57%).
- En la ciudad de Piura el sistema de drenaje funcionó satisfactoriamente en un 90 %, el resto funcionó parcialmente, además se agrega zonas denominadas "Cuencas Ciegas" que no tenían sistema de drenaje. Las áreas con capacidad de evacuación pluvial, fue la zona central antigua la que mejor soportó las lluvias. Tuvo una extensión aproximada de 80 Has., las calles con pendiente hacia el río facilitaron una evacuación rápida y eficiente. En el distrito de Piura, al sur de la ciudad, a partir de la avenida Circunvalación se encuentran las mayores zonas inundables, localizadas en áreas adyacentes a la Laguna Azul (Coscomba) y a la Laguna Negra (Santa Julia), donde precisamente están los asentamientos humanos incipientes y no reconocidos en inminente riesgo de inundación.

En el distrito de Castilla, se emplaza en cauces antiguos de la quebrada "El Gallo" y zonas bajas (28 de Julio, Las Montero, El Indio, etc).

- La zonas afectadas por el efecto directo de las lluvias, comprende zonas de reciente ocupación formada por asentamientos humanos. El material predominante de las viviendas en éstas zonas, son renovables e inestables: madera, estera, caña, carrizo y en pequeña magnitud ladrillo.
- La ciudad también está expuesta a las inundaciones por desborde del río Piura, éstas zonas son: a la altura del puente Cáceres, el río tiende a desbordarse; a su paso por el Casco Central también existe el inminente peligro de desborde; aguas abajo del puente Bolognesi cuyas cotas de terreno son las más bajas, existe el peligro de inundación por desborde del río, ésta zona es ocupada por asentamientos humanos. La infraestructura vulnerable viene a ser los puentes, tal como ocurrió en marzo de 1998, donde colapsaron 2 puentes y otro afectado en sus estructuras.
- La solución a la vulnerabilidad de la población escapa del ámbito puramente técnico del diseño, la planificación y las normas. Se necesita llegar al nivel político y a un marco socio - económico más justo, dando a la población oportunidades de mejorar condiciones de vida y de seguridad
- La ciudad presenta extensas áreas de expansión urbana recomendables (Lámina 6.9). En Piura el crecimiento se debe dar hacia el Norte y Noroeste; en Castilla hacia el Noreste.
- Las zonas de expansión tienen una topografía suavemente onduladas con ligeras elevaciones y depresiones; además, éstas zonas, por lo general, son altas con respecto al Casco Central Antiguo, constituyendo áreas de menores riesgos ante un evento pluvial intenso.

6.9.2 RECOMENDACIONES

- El sistema de drenaje existente en la ciudad de Piura, fue construido con carácter preventivo y de defensa de las ciudades frente a la periodicidad de las precipitaciones pluviales intensas del norte peruano; por tanto, es imprescindible que dicha solución sea encarada con la mayor rigurosidad técnica. Las previsiones a tomarse en cuenta, en el futuro que son necesarias hacer, son:
 - ◆ Estudiar y Ejecutar con un Plan Integral de Evacuación Pluvial, tomando como base las precipitaciones máximas ocurridas, que contemplen fundamentalmente la evaluación del sistema existente, el drenaje de las cuencas ciegas, la expansión y desarrollo urbano a largo plazo.

- ◆ Culminar los tramos inconclusos de los drenes existentes.
 - ◆ Ejecutar los drenes proyectados.
 - ◆ Estudio y ejecución de los drenes propuestos.
-
- El comportamiento de las defensas ribereñas fue satisfactorio habiendo sido afectadas en menor cuantía. Sin embargo, es necesario plantear lo siguiente:
 - ◆ Rehabilitación de los sectores afectados
 - ◆ Ejecutar la defensa de la ribera del margen izquierdo entre el puente Cáceres y el puente Sánchez Cerro.
 - ◆ Ejecutar la defensa del tramo norte en ambas márgenes comprendido entre el puente Cáceres y Los Ejidos.
 - ◆ Ejecutar la defensa del tramo sur en ambas márgenes comprendido entre el puente Bolognesi y el puente Grau (carretera Panamericana Norte)
 - ◆ Ejecutar la construcción de los puentes colapsados – puente Bolognesi y "Viejo"
 - ◆ Evaluación en las estructuras del puente Sánchez Cerro y determinar la demolición o reforzamiento.

 - Debe haber un control para evitar que nuevos asentamientos humanos se asienten en zonas potencialmente en riesgo de inundaciones.

 - Las vías de las zonas inundables deberán de tener un tratamiento diferente con concreto por ejemplo, para su terminado, pues la acción de evacuación en ellas puede causar erosión en la vía si fuese afirmado o asfalto. Además se debe tener en cuenta un ensanche de estas vías.

 - Se recomienda que la ciudad de Piura crezca de la siguiente manera: En Piura el crecimiento se debe dar hacia el Norte y Noroeste. En Castilla el crecimiento se debe dar hacia el Noreste. (Lámina N° 6.9). donde la topografía es suave y ondulada con ligeras elevaciones y depresiones; además, éstas zonas, por lo general, son altas con respecto al Casco Central Antiguo, constituyendo áreas de menores riesgos ante un evento pluvial intenso. En cuanto al tipo de suelo, en las zonas mencionadas los suelos están cubiertos mayormente por arenas sueltas a semidensas de potencia variable que cubren a estratos de arenas densas y cementadas, o arenas arcillosas medianamente compactas, o arcillas compactas.

 - En construcciones de albañilería, dar las medidas de evacuación y protección a los techos aligerados para evitar empozamientos de aguas que originan filtraciones especialmente a través de las cajas de luz; asimismo, los pisos de parquet y vinílicos por ser más susceptibles a la humedad.

CUARTA PARTE

Conclusiones y Recomendaciones

CAPITULO VII

Conclusiones y Recomendaciones

El fenómeno de “El Niño” ocasionó efectos en la zona norte del país, tanto en la infraestructura vial y en las ciudades.

Respecto a la infraestructura vial, el tramo en estudio quedó inutilizada en varios tramos, ello debido a la falta de un buen sistema de drenaje; es decir, fallando las obras de cruce por ser insuficiente su capacidad hidráulica.

En cuanto a la ciudad de Piura, la afectación fue debido a: formación de lagunas en zonas topográficamente bajas; destrucción de muchas viviendas de adobe y quincha por efecto directo de las lluvias; colapso de los puentes Bolognesi y “Viejo”, que provocó el aislamiento temporal entre los distritos de Piura y Castilla; finalmente, por el parcial funcionamiento del sistema de drenaje.

7.1 CONCLUSIONES

Las principales conclusiones se mencionan a continuación:

- El fenómeno de “El Niño” es una alteración climática que abarca grandes extensiones del planeta, involucra gran parte del Océano Pacífico, especialmente la Región Tropical y Subtropical; pero compromete también al Índico y al Atlántico. En sus efectos abarcó áreas continentales de Asia, Oceanía, Europa y América. Especialmente América, la parte del Pacífico Oriental y particularmente Perú y Ecuador.
- El fenómeno de “El Niño” es un debilitamiento o inversión del Anticiclón del Pacífico Sur, que provoca que los vientos Alisios del Sur Este se debiliten e inclusive cambien de sentido en la zona del Pacífico Ecuatorial, presentándose los vientos del Oeste, todo ello es causado por el cambio en las presiones atmosféricas.
- Se han hecho grandes avances científicos especialmente oceanográficos y meteorológicos para lograr su comprensión. Subsisten muchas dificultades científicas como tratar de desarrollar modelos que ayuden a comprender el fenómeno. Los modelos desarrollados, estadísticos y numéricos, especialmente por agencias de los Estados Unidos de América representan un buen avance, pero todavía no pueden explicar una realidad regional como en el Pacífico Sudeste.
- Los principales indicadores oceanográficos, meteorológicos y atmosféricos con los cuales se puede caracterizar y tipificar técnicamente a un fenómeno de “El Niño” son:
 - ◆ Calentamiento en la Temperatura Superficial del Mar.
 - ◆ Índice de Oscilación Sur (IOS)
 - ◆ Influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)
 - ◆ La profundización de la Termoclina
 - ◆ Variaciones en el nivel del Mar
 - ◆ Precipitaciones mayores y diferentes a lo normal.
- Los cuatro últimos fenómenos de “El Niño” de excepcional intensidad que ocurrieron en Piura y Tumbes fueron los de 1891, 1925-26, 1982-83 y el último evento de 1997-98.
- Las precipitaciones de 1983 en el norte del país se caracterizó no solamente por fuertes lluvias y desbordes del río Piura, si no por la excepcional duración del período de lluvias (6 meses). En cambio el evento de 1997-98 se caracterizó por la mayor intensidad de las precipitaciones. Si comparamos los períodos de diciembre a abril de los años de 1982-83 y 1997-98, éste último supera en precipitación acumulada, ocurrido en la ciudad de Piura.

- El fenómeno de “El Niño” de 1997-98, considerado de fuerte magnitud, fue diferente al de 1983 en efectos, duración e intensidad. Los efectos en la Agricultura, pesquería e Infraestructura Civil fueron menores al de 1983, debido a que se tomaron medidas de prevención especialmente en la infraestructura civil de las ciudades del norte.
- El impacto del fenómeno de “El Niño” de 1998 abarcó mayor área al de 1983, anteriormente los efectos fueron en los departamentos de Tumbes, Piura y parte de Lambayeque; en cambio, esta vez, los impactos abarcaron los departamentos antes mencionados, La Libertad, Cajamarca, Ancash, Lima e Ica.
- Los efectos del fenómeno 1997-98 tuvo tres etapas: en la primera etapa entre diciembre de 1997 y fines de enero de 1998, las lluvias e inundaciones se concentraron exclusivamente en la Región Grau (Piura y Tumbes) y el norte de Lambayeque; en la segunda etapa, fines de enero hasta marzo, las lluvias y desbordes abarcaron un mayor área; y en la última etapa a partir de abril las precipitaciones e inundaciones empezaron a disminuir de sur a norte, sin embargo, en Piura y Tumbes aún continuaron lloviendo con intervalos de tiempo más amplios.
- La Carretera Panamericana en el tramo División Bayovar – Desvío Talara, tuvo como antecedente histórico:
 - ◆ El tramo División Bayovar – Piura, fue diseñado y construido hacia fines de la década de 1970.
 - ◆ El tramo Piura – Desvío Talara, fue diseñado y construido hacia fines de la década de 1930, posteriormente fue rediseñado y rehabilitado en algunos tramos para mejorar el nivel de serviciabilidad.
- En 1983 el tramo en estudio, fue afectado por las lluvias producidas entre diciembre de 1982 y junio de 1983. La intensidad, frecuencia y duración de estas lluvias, provocaron la destrucción de prácticamente todo el sistema de drenaje de la carretera.
- Como consecuencia del fenómeno de “El Niño” de 1982-83, el MTC, se empeñó en una labor de reconstrucción de la vía con carácter de emergencia, para ello inició los Estudios Definitivos de los tramos afectado.
- Los Estudios Definitivos realizados en 1984, tenían como característica principal la incidencia de los estudios, en el aspecto hidrológico y de drenaje.
- En 1994 el MTCVC por intermedio del PERT, ejecutó las obras de Rehabilitación del tramo en estudio, donde se recuperó las características técnicas de la vía.

- En 1997 el MTCVC por intermedio del SINMAC, realizó obras de prevención para mitigar efectos del fenómeno de “El Niño” de 1997-98, los cuales consistieron en la construcción de alcantarillas, drenes y badenes; asimismo, la descolmatación de alcantarillas y puentes; además, se ejecutaron en los cauces de los ríos: encauzamiento, protección y reforzamiento con muros secos y gaviones.
- Hacia fines de 1997 y comienzo de 1998 el tramo nuevamente fue afectado por los efectos del fenómeno de “El Niño”, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por intermedio del SINMAC en una rápida respuesta a este fenómeno, durante la fase de emergencia, trabajo arduamente para darle transitabilidad a la carretera en los puntos críticos. Después del fenómeno el SINMAC encargó los trabajos de Reconstrucción a diferentes Empresas Contratistas para realizar trabajos que dieran transitabilidad a la Panamericana Norte.
- El área de estudio se ubica en el departamento de Piura, perteneciente a la Región Grau, entre los paralelos 4.5° y 6° de Latitud Sur y entre 80° y 81.5° de Longitud Oeste, con altitudes que van desde los 0 a 1600 m.s.n.m.
- El tramo en estudio se inicia en el Km. 886 + 636 en la bifurcación de la Carretera Panamericana Norte, hacia Bayovar (División Bayovar) y termina en el Km. 1093 + 342.15 próximo a la ciudad de Talara (Desvío Talara). La Longitud del tramo es de 206.700 Km. y en su recorrido pasa por ciudades importantes tales como Piura y Sullana.
- El tramo en estudio tiene características planimétricas y rasantes que corresponden a una vía de alta velocidad. Esta condición se debe a que es parte integrante de la Carretera Panamericana Norte y porque se desarrolla en una topografía plana y desértica, con ausencia de accidentes topográficos.
- Los aspectos geomorfológicos del área en estudio son el reflejo de los rasgos estructurales y litológicos dominantes fuertemente modelados por una densa red fisiográfica de quebradas y torrentes que mediante la erosión diferencial originaron el modelaje actual.
- En la zona en estudio ubicada en el Nor Oeste de la costa peruana afloran rocas sedimentarias y metamórficas, que en edad van desde el paleozoico al reciente. En dicha zona existió una gran cuenca de deposición de origen en parte marino y en parte continental, cuyos sedimentos afloran en el continente al elevarse la Cordillera Andina.

- En la zona en estudio, las quebradas y cursos de aguas son de régimen estacional permaneciendo secos en la mayoría del tiempo. El sistema de drenaje es paralelo a sub - paralelo y de características medianamente erráticas sus cursos principalmente en la zona llana; influenciando o facilitando por la escasa pendiente y la naturaleza deleznable o friable de los materiales constituyentes de las márgenes y/o lechos fenómeno que acondiciona o permite la divagación y/o ensanchamiento de sus cursos
- Los suelos que cubren el área de influencia del tramo presentan características morfológicas y físico químicas poco variadas, debido principalmente a una cierta homogeneidad de los materiales parentales o litológicas, predominando los de textura gruesa a moderadamente gruesa.
- En zonas agrícolas de los valles del río Piura y Chira, predominan los suelos arcillosos de mediana y alta plasticidad, se encuentran en estado parcialmente saturado, clasificándose como CL o CH. Los suelos arenosos se clasifican como SM o SP - SM y se encuentra también en estado parcialmente saturado y densificaciones que van de sueltos a medianamente sueltos
- El tramo División Bayovar - Piura, se desarrolla en zona descrita con relieve plano y escasa presencia de cuencas colectoras, por encontrarse muy distante la cadena de picos donde nacen las cuencas que descargan en las llanuras sin llegar a cruzar la carretera. Esta zona corresponde al desierto de Sechura y los únicos ríos importantes están muy distantes, el río Piura al norte y el Motupe al sur.
- Entra Sullana - Piura existen 5 cuencas, tres de ellas son subcuencas de la quebrada Las Monjas que cruza a la Panamericana en el Km. 6+140 (a 6 Km. de la ciudad de Piura).
- Entre Sullana y Desvío Talara, el elemento hidrográfico predominante está constituido por los ríos o quebradas, cuyas cuencas en su mayoría son de forma alargada. Los cauces son rectos en sus nacientes y primeros tramos de recorrido, debido a la mayor pendiente de la superficie. Al llegar a la zona intermedia y baja de la cuenca los cauces son sinuosos y divagantes.
- El clima de la zona de estudio, se caracteriza por ser seco y cálido con precipitaciones temporales y temperaturas elevadas. Las precipitaciones más intensas se producen entre los meses de diciembre a abril, período en que también las temperaturas alcanzan sus valores más altos.

- El tramo en estudio, fue afectado considerablemente por los últimos eventos extraordinarios, ocurrido en la zona, estos son: los fenómenos de “El Niño” de 1983 y 1998.
- Los efectos que produjo el fenómeno fueron: alcantarillas y pontones colmatadas; destrucción total y parcial del pavimento; desprendimientos de taludes en cerros; alcantarillas, pontones y puentes colapsados; fallas en las protecciones de los taludes del terraplén, etc.
- El tramo en estudio, se encuentra expuesto a fenómenos de geodinámica externa, causantes del colapso de los elementos de la vía. Estos agentes se encuentran relacionados directamente a las fuertes precipitaciones, ocurridas como consecuencia del fenómeno de “El Niño”.
- Los agentes externos, causantes del colapso de las estructuras y elementos de la vía, fueron:
 - ◆ Efecto de las quebradas
 - ◆ Efecto de los ríos
 - ◆ Efecto en la vía por la formación de lagunas
 - ◆ Efectos en la vía por la inestabilidad de taludes
 - ◆ Efecto directo de las precipitaciones pluviales en la vía
- Los efectos que produjo los agentes externos, en los elementos de la carretera fueron:
 - ◆ Erosión local
 - ◆ Erosión transversal
 - ◆ Erosión regresiva
 - ◆ Erosión lateral
 - ◆ Erosión general
 - ◆ Infiltración en el pavimento
 - ◆ Inestabilidad de taludes en corte y relleno
 - ◆ Erosión laminar
- La erosión local producida en las obras de cruce fue producto del flujo de quebrada provenientes del drenaje de cuencas pequeñas. El grado de afectación en la vía fue leve debido a que el efecto fue en los aleros y cabezales de las estructuras.
- La socavación transversal se produce cuando la sección natural de un cauce se reduce parcialmente ante la construcción de una obra de cruce. El grado de afectación fue en los terraplenes de acceso.

- La erosión regresiva se dio en: lecho de las quebradas; al pie de los terraplenes; en la losa del fondo a la salida de las obras de cruce; y en los terraplenes adyacentes a las obras de cruce.
- La erosión lateral o longitudinal se dio en aquellas zonas donde las quebradas discurrió en forma paralela a la vía, el cuál afectó el talud del terraplén; la berna; y la carpeta asfáltica.
- La erosión general se dio en aquellas zonas donde se redujeron el área útil de drenaje y se caracterizó por ser violento y provocó el corte de la carretera en muchos tramos.
- La infiltración de agua en el pavimento por la formación de lagunas, se caracterizó por ser no violento y comprometer en poco porcentaje la longitud de la vía, la cuál provocó asentamientos, deformaciones y deterioro de la estructura del pavimento.
- La erosión laminar, por efecto directo de las lluvias se presentó, a lo largo del tramo de estudio, en forma intermitente y con efectos de leve magnitud. Los daños fueron en las bermas y el talud del terraplén, por la predominante naturaleza arenosa del material con que se construyeron los terraplenes.
- Desde el punto de vista geotécnico relativos a la estabilidad de taludes, no se han presentado desprendimientos y deslizamientos que hayan producido destrucción de la carretera, ni existe potencialmente posibilidad que puedan producirse.
Debido a que los taludes de corte, se desprendieron por saturación, cualquiera que sea el talud, en el próximo ciclo de lluvias, se tendrán los mismos efectos, que son la colmatación de cunetas y la invasión de material erosionado en la carretera.
- Los efectos producidos por los fenómenos de 1983 y 1998 fueron similares en los puntos críticos, los cuales afectaron gran parte del sistema de drenaje y en menor escala la estructura del pavimento.
- De la evaluación de campo se pudo comprobar, la colmatación del sistema de drenaje en la mayoría de las obras de cruce.
- La repetición de efectos en los tramos críticos a futuros eventos, es latente. A continuación se mencionan los puntos críticos, que colapsaron en 1983, y se repitieron en 1998, los cuales interrumpieron el tránsito vehicular.
 - ◆ Km. 887.- Erosión general del terraplén en 200 m.
 - ◆ Km. 900.- Erosión general de la vía en 100 m.
 - ◆ Km. 999.150.- Erosión general de la obra de cruce en 60 m; colapsaron las dos estructuras de paso, del puente Las Monjas.

- ◆ Km. 1042.600.- La quebrada Ignacio Escudero erosionó en 250 m. la carretera, afectando los 2 pontones y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1047.096.- Quebrada Corral de León, arrasó 250 m. de la carretera, afectando las alcantarillas y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1048.500.- Quebrada Pichichaca, erosionó en forma lateral a la vía en 1000 m.
 - ◆ Km. 1052.300.- Quebrada Huaytaco, erosionó en 500 m. la vía e hizo colapsar el sistema de drenaje (6 alcantarillas) y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1059.140.- Quebrada Charanal, 100 m. de la carretera fue afectado por la erosión general, donde colapsó uno de los puentes y el terraplén de acceso.
 - ◆ Km. 1063.350, quebrada arrasó 40 m. de la carretera.
 - ◆ Km. 1082.600, quebrada arrasó 30 m. de la carretera.
 - ◆ Km. 1083.681.- quebrada “Pan de Azúcar” colapsó al pontón y el terraplén de acceso en 20 m.
 - ◆ Km. 1084.980,- Quebrada Dévora 1 y 2 produjo la erosión general en 90m. y 40 m. de la vía, respectivamente. El nivel de afectación abarcó la obra de cruce y los terraplenes de acceso.
 - ◆ Km. 1092.262, quebrada produjo erosión general en 40 m. de la vía.
- Del tramo en estudio, el sector más afectado fue el tramo Sullana – Desvío Talara. En dicho tramo se realizó una evaluación más detallada del sistema de drenaje y se obtuvo:
 - ◆ El 41.5% de la totalidad del sistema de alcantarillado, funcionó satisfactoriamente. los cuales representan obras de cruce, que drenan pequeñas cuencas.
 - ◆ El 22% del sistema de drenaje, fueron afectados levemente por erosión local, transversal y regresiva, dichos daños causaron efectos leves en la infraestructura vial.
 - ◆ El 22.5% de las alcantarillas fueron afectados por la erosión transversal y regresiva, los cuales socavaron los terraplenes de acceso, las bermas y en otros casos la carpeta asfáltica, que pusieron en peligro la estabilidad de la vía.
 - ◆ El 14% restante representó, obras de cruce que drenan el flujo superficial y de escombros de cuencas medianas. Los efectos en las estructuras fueron desastrosos, las que en su mayoría interrumpieron el tránsito vehicular, obtándose en muchos casos el uso de badenes.
 - Las causas más importantes de los efectos producidos en la zona de estudio, fueron:
 - ◆ Aumento del caudal, producto de las fuertes precipitaciones. El aumento de caudal es causa frecuente de erosión
 - ◆ Interrupción del transporte sólido. La interrupción se da en una obra de cruce, la quebrada al querer conservar su capacidad de transporte y estado de equilibrio, produce la erosión generalizada y la consiguiente profundización del cauce.

- ◆ Estrechamiento del cauce, ocurre en aquellas zonas, donde se tiene la reducción del área útil de drenaje natural, como sucede en muchas ocasiones en los cruces de los puentes, donde se construyen pilas, estribos y terraplenes de acceso.
 - ◆ Pilares y estribos, Cuando en una pequeña quebrada existen elementos extraños, tales como pilas, estribos, aleros, etc., aparece la tendencia a la erosión local por formación de vórtices.
 - ◆ Falta de protección en los taludes de los terraplenes.
 - ◆ Ineficiencia en el diseño hidráulico de las obras de cruce.
- Los estudios específicos corresponden al tramo crítico entre Sullana y Desvío Talara entre los puntos kilométricos 1018.700 al 1093.342 de la carretera Panamericana Norte y en dicho tramo se realizó un estudio hidrológico de las principales cuencas, utilizándose el método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS). Los valores obtenidos servirían de referencia para predimensionar las obras de cruce.
 - En el estudio hidrológico realizado, se obtuvo valores de caudales de diseño para las principales quebradas (que colapsaron en el evento de 1998) con tiempos de retorno de 50 a 100 años. La información de precipitación máxima diaria se tomó de las estaciones Mallares y Pananga.
 - Los cauces de las quebradas en su mayoría son secos, las cuales se han definido y ampliado significativamente durante las lluvias de 1998; asimismo, la longitud de los cauces principales son relativamente cortos con pendientes suaves, por lo cual los tiempos de concentración también son pequeños entre 50 a 400 minutos, por la cual se esperaban hidrográmas de cresta aguda.
 - La carretera después del evento de 1983, quedó realmente como para realizar la reconstrucción de las estructuras. Aquí es donde hacemos una observación, porque se volvieron a construir estructuras como alcantarillas o puentes que se sabía que no iban a soportar otras avenidas similares al de 1983. Todo lo dicho se evidenció en el año de 1998, con la ocurrencia del fenómeno de "El Niño".
 - La evaluación detallada de los tramos críticos se realizó en las siguientes quebradas representativas:
 - ◆ Quebrada Ignacio Escudero, erosión general.
 - ◆ Quebrada Corral de León y Pichichaca, erosión general y lateral respectivamente.
 - ◆ Quebrada Huaytaco, erosión general
 - ◆ Quebrada Pasamayito, erosión general.
 - ◆ Quebrada Devora 1, erosión general.

- Algo muy importante que se debe resaltar, es el comportamiento que tuvo el Puente Samán. Después del evento de 1983 se construyó un puente de 120 m de 3 luces (anteriormente fue de 67 m.) y en el evento de 1998 soportó las fuertes crecientes, debido a que la longitud del puente es aproximadamente el ancho de la quebrada. Debemos aprender de ésta experiencia y aplicar este criterio para los demás puntos críticos.
- La ciudad de Piura, capital del departamento del mismo nombre, se encuentra ubicada geográficamente a 5°12' de latitud sur y a 80°38' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Su altitud corresponde a las cotas 26m. y 42m. sobre el nivel del mar
- Según el IX Censo de Población del 11 de julio de 1993, la población de Piura, incluyendo el distrito urbano de Castilla con el cual conforman una unidad, llegaba a 277,964 habitantes, lo que representó el 60% de la población urbana de la provincia del mismo nombre. Con respecto al censo de 1983, la tasa anual de crecimiento fue de 4.4%, estimándose que en 1998 la población alcanzó aproximadamente 303,746 habitantes, proyectándose al año 2000 una población de 323,420 habitantes.
- Los distritos de Piura y Castilla están físicamente divididos por el río Piura, el cual cruza la ciudad de noroeste a sudoeste pasando por urbanizaciones, casco antiguo y asentamientos humanos asentados en ambas márgenes del río.
- La topografía de ambos distritos es generalmente casi llana, con escasas diferencias de nivel, pues las cotas fluctúan entre los 25 y 40 m.s.n.m., presentando zonas deprimidas con cotas inferiores a 29 m.s.n.m. donde se encuentran gran parte de las urbanizaciones: Angamos, Santa Isabel, Barrio Pachitea, Grau, 4 de Enero, Titanes, A.H. 18 de Mayo y A.H. Quinta Julia. Esta franja es casi paralela al lecho del río Piura y según antecedentes históricos constituyó un antiguo lecho de dicho río.
- Los suelos de las ciudades de Piura y Castilla, están conformados por potentes depósitos de materiales finos de origen eólico y aluvial, predominantemente arenoso y areno-limoso
- La ciudad de Piura y Castilla cuentan con un sistema de evacuación de aguas pluviales consistentes en vías, canales, drenes a tajo abierto, que permiten desaguar las zonas bajas, en caso de presentarse un período lluvioso
- Las Obras existentes en la ciudad de Piura, en su mayoría, fueron ejecutados como consecuencia del fenómeno de "El Niño" de 1983. La ciudad fue dividida en cuencas de embalse, a las que se les proyectó drenes o evacuaciones pluviales, unos fueron

entubados, otros a tajo abierto y vías canales, los cuales funcionan por gravedad y sistema de bombeo, desembocando al río Piura y Dren Sechura.

- En el marco de la emergencia ante la ocurrencia del fenómeno “El Niño” 1997-98, en los primeros meses del año 1997, tanto la CTAR - Región Grau e instituciones locales juntaron esfuerzos y programaron una serie de acciones de emergencia, tales como drenes a tajo abierto, revestimiento de drenes, mejoramiento de las pistas de las calles, sistemas de bombeo, finalmente construcción de defensas ribereñas, encauzamiento y limpieza del río Piura. Con tales obras se esperaba mitigar en gran medida los efectos que pudieran producir el fenómeno.
- Las precipitaciones ocurridas entre diciembre de 1997 al mes de abril de 1998, produjo la acción de la Geodinámica Externa y estuvo representada por la inundación de considerables áreas urbanas, debido principalmente a la existencia de zonas deprimidas topográficamente sin posibilidades de drenaje (caso de la Urbanización El Chical e Ignacio Merino);
- La vulnerabilidad de las ciudades de Piura y Castilla fue originada fundamentalmente por tres agentes Hidrodinámicos:
 - ◆ Las precipitaciones pluviales
 - ◆ Las aguas fluviales
 - ◆ La napa freática
- Las fuertes precipitaciones ocurridas en la ciudad de Piura, ocasionaron inundaciones en zonas bajas topográficamente como: la Urb. El Chilcal, Jubilados, Talara, Cabo Blanco, El Alto, Bancarios, Santa Ana, Ignacio Merino, etc., éstos se manifestaron rápidamente por estar situados sobre cotas iguales o menores a 29 m.s.n.m., que permitió la inundación de las viviendas en altura hasta de 1.0m.
- Los sistemas de drenaje en su mayoría cumplieron con los objetivos propuestos en un inicio, que era, mitigar los efectos del fenómeno. Por tanto las zonas que en 1983 sufrieron de inundaciones por varios días; en éste fenómeno, soportaron inundaciones menores y por poco tiempo (horas).
- De la evaluación realizada se constató que. las viviendas **no afectadas** en la ciudad, cubrió un área de 2610 Has., representando el 74.57% del área urbana; las viviendas **levemente afectadas** cubrió un área de 440Has (12.86%); las **viviendas medianamente afectadas** cubrió un área de 440 Has (12.57%).

- En la ciudad de Piura el sistema de drenaje funcionó satisfactoriamente en un 90 %, el resto funcionó parcialmente, además se agrega zonas denominadas “Cuencas Ciegas” que no tenían sistema de drenaje. Las áreas con capacidad de evacuación pluvial, fue la zona central antigua la que mejor soportó las lluvias. Tuvo una extensión aproximada de 80 Has., las calles con pendiente hacia el río facilitaron una evacuación rápida y eficiente. En el distrito de Piura, al sur de la ciudad, a partir de la avenida Circunvalación se encuentran las mayores zonas inundables, localizadas en áreas adyacentes a la Laguna Azul (Coscomba) y a la Laguna Negra (Santa Julia), donde precisamente están los asentamientos humanos incipientes y no reconocidos en inminente riesgo de inundación.
- La vulnerabilidad de la ciudad a los efectos de las lluvias, comprende zonas de reciente ocupación formada por asentamientos humanos. El material predominante de las viviendas en estas zonas, son renovables e inestables: madera, esteras, caña, carrizo y en pequeña magnitud ladrillo.
- La ciudad también está expuesta a las inundaciones por desborde del río Piura, estas zonas son: a la altura del puente Cáceres, el río tiende a desbordarse; a su paso por el Casco Central también existe el inminente peligro de desborde; aguas abajo del puente Bolognesi cuyas cotas de terreno son las más bajas, existe el peligro de inundación por desborde del río, ésta zona es ocupada por asentamientos humanos. La infraestructura más vulnerable viene a ser los Puentes, tal como ocurrió en marzo de 1998, donde colapsaron 2 puentes y otro afectado en sus estructuras.
- La solución a la vulnerabilidad de la población escapa del ámbito puramente técnico del diseño, la planificación y las normas. Se necesita llegar al nivel político y a un marco socio - económico más justo, dando a la población oportunidades de mejorar condiciones de vida y de seguridad
- La ciudad presenta extensas áreas de expansión urbana recomendables. En Piura el crecimiento se debe dar hacia el Norte y Noroeste. En Castilla el crecimiento se debe dar hacia el Noreste.
- Las zonas de expansión, tiene una topografía suavemente ondulada con ligeras elevaciones y depresiones; además, estas zonas por lo general son altas con respecto al Casco Central Antiguo, constituyendo áreas de menores riesgos ante un evento pluvial intenso.

7.2 RECOMENDACIONES

- La amenaza de fenómenos naturales y la experiencia del fenómeno de “El Niño” de 1983 y 1998, hace que sea imprescindible, la consideración del fenómeno en los planes de desarrollo económico y social para mitigar sus efectos y lograr un crecimiento armónico.
- En el tramo División Bayovar – Desvío Talara, tomando en cuenta los problemas de erosión, ocasionados por la crecida de las quebradas, debería implementarse un eficiente sistema de control y prevención, mediante un nuevo y eficiente diseño de alcantarillado, especialmente en las áreas críticas; asimismo, un sistema adecuado de encauzamiento y canalización, considerando una eficiente reforestación de las mismas.
- Teniendo en cuenta la ineficiencia en el diseño del sistema de drenaje, en las estructuras que drenan quebradas medianas, se plantea realizar estudios hidrológicos actualizados. Para el diseño de las nuevas estructuras de cruce, deberían considerarse el paso de flujo superficial de agua limpia y el flujo de escombros, además se debe considerar el ancho natural de las quebrada, para determinar la longitud de las obras de cruce.
- Para mitigar la erosión transversal en las obras de cruce, se recomienda la protección de taludes en los terraplenes con enrocado.
- Para mitigar la erosión local en los aleros de las alcantarillas, éstas deberían tener cabezales con alas prolongadas, que defiendan la plataforma contra la erosión.
- Para mitigar la erosión regresiva se recomienda la construcción de obras que disipen la energía cinética, originada por las caídas aguas abajo de las obras de cruce (alcantarillas, pontones y terraplenes).
- Para el caso de las quebradas que discurren paralelo a la vía, se recomienda la protección del terraplén contra la erosión.
- En aquellos puntos que donde ocurrieron erosión general, se recomienda para el diseño de las obras de cruce considerar, el flujo superficial de agua limpia y el flujo de escombros.
- En zonas potenciales de enlagueamiento, proteger el terraplén contra la infiltración y evitar daños en la estructura del pavimento. Se plantea estudiar el uso de materiales impermeables, como geomembranas, para la protección de los terraplenes contra la infiltración.

- El tramo no presentó desprendimientos y deslizamientos de gran magnitud; pero si desprendimientos que cubrieron la vía y colmataron las cunetas; para este efectos se recomienda la estabilización con el uso de geotextiles los taludes en corte y relleno; asimismo, se recomienda tender los taludes en la proporción 3:1, como medida de protección.
- Se recomienda para el dimensionamiento de las nuevas obras de cruce, tomar en cuenta los caudales obtenidos en 5.2.4 para Tr de 50 años, como referencia para el predimensionamiento de las nuevas obras de cruce.
- Otro criterio recomendable para el diseño de las obras de cruce, es alterar en lo mínimo el cauce natural de las quebradas; por tanto en lo posible debe respetarse el ancho natural de la quebrada, lo que implica la no reducción de su área de drenaje en la zona de contacto.
- Para la quebrada Ignacio Escudero se recomienda, en base al caudal de diseño de 976 m³/s, obras de cruce: 40.00x3.00 y 30.00x3.00, ubicadas estratégicamente.
- Para la quebrada Corral de León se recomienda dos puentes de 20.00 x2.50 y 20.00x2.50, con la menor cantidad de luces para el paso normal de flujo de escombros; además la ubicación de las obras de cruce tendrían que ser estratégicas, ya que el ancho de la quebrada en la zona de contacto es amplio.
- Para la quebrada "Pichichaca" se recomienda: en el talud derecho la protección del terraplén con enrocado en una longitud de 1000m.; y en el talud izquierdo ubicar una alcantarilla que permita drenar las aguas provenientes del lado izquierdo de la vía.
- Para la quebrada Huaytaco se recomienda la colocación de varios puentes, y que se ubiquen estratégicamente (20.00x3.00, 20.00x3.00 y 10.00x2.50 de una sola luz cada uno); asimismo, se recomienda realizar un estudio minucioso respecto al comportamiento de la quebrada y su influencia sobre los accesos, para que la obra de cruce pueda funcionar adecuadamente durante las próximas avenidas.
- Para la quebrada Pasamayito, se plantea en base al caudal de diseño de 189 m³/s. la construcción de un puente de 40 m. y 4.00 m de altura, con la menor cantidad de luces, siendo recomendable de una sola luz.

- Para la quebrada Devora 1 y Devora 2, recomienda la construcción de dos puentes de: 60m. de luz con 4.00m. de altura; y 30.00 de luz con 3.00 m. de altura respectivamente; asimismo se debe considerar que los puentes tengan la menor cantidad de luces. Las consideraciones para el dimensionamiento se basó en respetar en lo posible el ancho de la quebrada y el paso de flujo de escombros, lodo y palizada.
- Para las obras de cruce se recomienda aumentar el nivel de la rasante de la vía, para que exista suficiente borde libre, que permita el paso libre de los caudales líquidos como de los materiales de arrastre y los flotantes (árboles, arbustos y eventualmente animales).
- Para garantizar el buen comportamiento de las obras de cruce, se recomienda realizar obras de defensas, entre las cuales se debe considerar: protección con enrocado los pilares y estribos de las obras de cruce; y la construcción de diques de encauzamiento.
- Se plantea la protección de los taludes en los terraplenes de acceso a las obras de cruce (aguas arriba y abajo), con enrocado y/o muro de gaviones, para protegerlos de la erosión transversal y regresiva.
- El sistema de drenaje existente en la ciudad de Piura, fue construido con carácter preventivo y de defensa de las ciudades frente a la periodicidad de las precipitaciones pluviales intensas del norte peruano; por tanto, es imprescindible que dicha solución sea encarada con la mayor rigurosidad técnica. Las previsiones a tomarse en cuenta, en el futuro que son necesarias hacer, son:
 - ◆ Estudiar y Ejecutar con un Plan Integral de Evacuación Pluvial, tomando como base las precipitaciones máximas ocurridas, que contemplen fundamentalmente la evaluación del sistema existente, el drenaje de las cuencas ciegas, la expansión y desarrollo urbano a largo plazo.
 - ◆ Culminar los tramos inconclusos de los drenes existentes.
 - ◆ Ejecutar los drenes proyectados.
 - ◆ Estudio y ejecución de los drenes propuestos.
- El comportamiento de las defensas ribereñas fue satisfactoria habiendo sido afectada en menor cuantía. Por lo que es necesario plantear lo siguiente:
 - ◆ Rehabilitación de los sectores afectados
 - ◆ Ejecutar la defensa de la ribera del margen izquierdo entre el Puente Cáceres y el puente Sánchez Cerro.
 - ◆ Ejecutar la defensa del tramo norte en ambas márgenes comprendido entre le puente Cáceres y Los Ejidos.

- ◆ Ejecutar la defensa del tramo sur en ambas márgenes comprendido entre el puente Bolognesi y el puente Graú (carretera Panamericana Norte)
 - ◆ Ejecutar la construcción de los puentes colapsados – Puente Bolognesi y “Viejo”
 - ◆ Evaluación en las estructuras del puente Sánchez Cerro y determinar la demolición o reforzamiento.
-
- Debe haber un control para evitar que nuevos asentamientos humanos se asienten en zonas inundables.
 - Las vías de las zonas inundables deberán de tener un tratamiento diferente con concreto, por ejemplo, para su terminado, pues la acción de evacuación en ellas puede causar erosión en la vía si fuese afirmado o asfalto. Además se debe tener en cuenta un ensanche de estas vías.
 - En construcciones de albañilería dar las medidas de evacuación y protección a los techos aligerados, para evitar empozamientos de aguas que origina filtraciones especialmente a través de las cajas de luz; asimismo los pisos de parquet y vinílicos por ser más susceptibles a la humedad.

Referencia Bibliográfica

- 1 *Mujica, Ramón, "Fenómeno de El Niño", Piura, 1983.*
- 2 *Informes Mensuales – 1998, Comité Multisectorial Encargado del Estudio del Fenómeno de "El Niño".*
- 3 *Woodman, Ronald , Recurrencia del fenómeno de "El Niño" con intensidad comparable a la de 1982-83, IGP – 1998.*
- 4 *CIPCA – Piura, Boletines sobre el fenómeno de "El Niño", 1998*
- 5 *Factibilidad y Priorización de la Carretera Panamericana Norte, sector: Chimbote – Aguas Verdes; realizada por las firmas Consultoras Asesores Técnicos y Barriga – Dall'orto Ingenieros Consultores S.C.R.L., (1975).*
- 6 *Estudio Definitivo Carretera Lambayeque – Sechura – Piura sector: Cruce Piura (Km. 900 – Km. 984.105); realizado por la división de Estudios Viales de la dirección de Ingeniería de la Dirección General de Caminos del MTC, (1977).*
- 7 *Evaluación de la Carretera Panamericana Lambayeque – Piura, realizada por la Dirección General de Caminos, (1983).*
- 8 *Estudio Definitivo de Ingeniería para la Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte: Piura - Sullana, realizado por EICA Consultores S.A., (1984).*
- 9 *Estudio Definitivo para la Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte, sector: Sullana – Talara; tramo Km. 35+900 – Km. 66.00. Estudio realizado en sus inicios por el Ing. Teodoro López Galarza, después concluido por la Dirección General de Caminos del MTC, (1986).*

- 10 *Estudio Definitivo de Ingeniería para la Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte; sector Sullana – La Brea; tramo Km. 66 – Km. 78 y Km. 1106 – Km. 1115.382; realizado por el Ing. Guillermo Quispe, (1984).*
- 11 *Estudio Definitivo de Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte; sector Talara – Cancas, realizado por LAGESA Ingenieros Consultores, (1984).*
- 12 *Estudio definitivo para el Mantenimiento Periódico de la Carretera Panamericana Norte; tramo Sullana – Aguas Verdes, (tramo I Sullana – Desvío Talara), realizado por Técnicos y Proyectos S.A. – P y V Ingenieros S.A., (1993).*
- 13 *Estudio definitivo para el Mantenimiento Periódico de la Carretera Panamericana Norte; tramo División Bayóvar – Puente Mácara, (tramo I y II División Bayovar – Piura y Piura – Las Lomas), realizado por Asociación Geotecnica – Alpha Consult, (1993).*
- 14 *Expediente Post Construcción de la Carretera Panamericana Norte, tramo División Bayovar – Piura (1995)*
Contratista VEGSA
Supervisor : CESEL S.A. Louis Berger International, Ing Asociados
- 15 *Expediente Post Construcción de la Carretera Panamericana Norte, tramo Piura – Las Lomas: (1995)*
Contratista : C. TIZON P.S.A
Supervisor : CESEL S.A. Louis Berger International, Ing. Asociados
- 16 *Expediente Post Construcción de la Carretera Panamericana Norte, tramo División Bayovar – Piura (1995)*
Contratista : ARAMSA JOHESA - BRUCE
Supervisor : ALPHA CONSULT S.A.
- 17 *Información proporcionada por el Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras – SINMAC.*
- *Trabajos de prevención realizados por el SINMAC en 1997*
 - *Expediente de Evaluación de daños del tramo Lambayeque – División Bayovar – Piura (1998).*

- *Expediente de Evaluación de daños del tramo Piura - Desvío Talara (1998)*
- *Expediente de Evaluación de daños en puentes de la Panamericana Norte (1998)*

18 *INADE – PECHP Estudio Definitivo de la Remodelación y Ampliación del Canal Miguel Checa Km. 0+000 – Km. 31+640, Cosapi Ingenieros Consultores, Marzo 1989.*

19 *INADE – PECHP Estudio Definitivo de la Remodelación y Ampliación del Canal Miguel Checa Km. 31+640 – Km. 47+360, S&Z Consultores Asociados, Marzo 1989.*

20 *Lama More, Rafael (1984) “Efectos de las lluvias torrenciales de 1983 en las obras de Ingeniería en Piura, Sullana y Areas Agrícolas aledañas”, FIC - UNI.*

21 *Minaya Espinoza, Elsa (1996) “Planteamiento y desarrollo de un esquema de drenaje vial en el ámbito del fenómeno “El Niño”, carretera Panamericana Norte: Sullana - Aguas Verdes. FIC - UNI.*

22 *Madrid Chumacero, Bertha.(1992), “Microzonificación de la ciudad de Piura y lineamientos de desarrollo urbano, para la mitigación de desastres”. FIC – UNI.*

23 *Arancibia Samaniego, Ada. (1998), “Análisis y alternativas de manejos de quebradas en obras viales”. FIC – UNI.*

24 *Serie de Trabajos de tierra en Carreteras. Manual de protección de Taludes”. Asociación de carreteras del Japón. Traducido por el CISMID - UNI. Mayo de 1984.*

25 *Teméz José, R. Cálculo Hidrometeorológico de caudales Máximos en pequeñas cuencas naturales. Ministerio de obras Públicas y Urbanismo - MOPU. Dirección General de Carreteras. Madrid, 1978.*

26 *Petronila Ibañez Diseño de Obras Hidráulicas – American Concrete Institute – UNI/FIC, 1996.*

- 27 *Julián Aguirre, Hidraulica de Sedimentos, Universidad de Los Andes – Venezuela, 1989)*
- 28 *J. A. Maza A., Socavación en Cauces Naturales, Secretaría de Obras Públicas , Junio de 1968*
- 29 *Chereque Morán, Wender (1990). “Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil”*
- 30 *Geosinteticos (1996). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.*
- 31 *Ven Te Chow, hidrología Aplicada – 1994.*
- 32 *Rocha Felices, Arturo. (1998). “Introducción a la Hidráulica Fluvial”*
- 33 *INEI, X Censo de población y IV de vivienda, 1993.*
- 34 *INADUR, Informe de evaluación sobre el fenómeno de “El Niño” 1997-98 en la ciudad de Piura – 1998.*