

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ EVALUACIÓN DE LAS FALLAS ESTRUCTURALES DEL PUENTE  
SOBRE EL RIO COLPAMAYO EN LA RED VIAL  
BAMBAMARCA - CHOTA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
GABY TERRONES JULCAMORO**

**ASESOR:**

**ING. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMIREZ**

**CAJAMARCA PERÚ  
2014**



## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado exclusivamente a Favi, la personita más dulce y maravillosa que existe en mi vida. Su presencia ha sido y es la fuente de amor, confianza y fortaleza más grande que me motiva día a día a ser mejor.*

Gaby.



## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, gracias a Dios; él es el único ser que todo lo sabe y que todo lo puede, y esto no hubiera sido posible sin que él lo permita.*

*Gracias a mis padres y hermanos, por su apoyo y comprensión en cada paso que he dado durante mi vida. Por estar a mi lado en todo momento y especialmente en esta etapa muy importante para mí. Gracias José, Lidia, Galo y Gary.*

*Gaby.*



## INDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS .....	2
INDICE .....	3
RESUMEN .....	5
ABSTRACT .....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
<b>CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	12
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	13
1.5 OBJETIVOS .....	14
1.5.1 Objetivo General.....	14
1.5.2 Objetivos Específicos.....	14
1.6 HIPÓTESIS .....	14
1.7 VARIABLES .....	15
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	17
2.1.1 Internacionales.....	17
2.1.2 Nacionales.....	22
2.1.3 Locales .....	28
2.2 BASES TEÓRICAS .....	31
2.2.1 DEFINICIÓN .....	31
2.2.2 ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA.....	32
2.2.3 PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN .....	38
2.2.4 PROBLEMAS EN PUENTES.....	45
2.2.5 PLANIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN.....	53



2.2.6	CARGAS Y FACTORES DE CARGA .....	76
2.2.7	ESTUDIO DE TRÁFICO .....	79
2.3	TÉRMINOS BÁSICOS.....	83
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>87</b>
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	88
3.2	LOCALIZACIÓN .....	90
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	92
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	92
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>		<b>99</b>
4.1	RESULTADO DE LA INSPECCIÓN .....	100
4.2	ANALISIS DE RESULTADOS - EVALUACIÓN DEL PUENTE .....	106
4.3	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	122
4.4	GUIA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS FALLADAS.....	124
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>143</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	144
5.2	RECOMENDACIONES .....	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		147
ANEXOS .....		150



## RESUMEN

Todas las estructuras civiles acumulan daño gradualmente durante su vida útil, particularmente los puentes vehiculares, siendo la fatiga y los efectos ambientales las principales causas de deterioro. Este trabajo se centra en el deterioro estructural en puentes y por ende se propone aplicar la metodología de la Guía de Inspección de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú, la cual permite analizar los puentes de concreto reforzado, con el objeto de optimizar y planear de mejor manera los programas de conservación para este tipo de estructuras.

En el presente trabajo se analiza un puente vehicular localizado en la Provincia de Chota, en la sierra norte de Perú, con el objeto de determinar y evaluar las fallas estructurales en la subestructura y superestructura y elaborar una guía de intervención en las estructuras falladas del Puente sobre el Río Colpamayo. La variabilidad de las condiciones iniciales de la construcción del puente, su antigüedad, la falta de inspección y de mantenimiento, incremento del IMD, variación de la carga del vehículo de diseño, contaminación del Río Colpamayo, entre otros; son los factores principales para determinar y evaluar las fallas estructurales y la probabilidad de falla de la estructura, y así prevenir que la estructura falle por fatiga o en el peor de los casos colapse.

Palabras Clave: puente, inspección, evaluación, reparación, mantenimiento.



## ABSTRACT

All civil structures accumulate damage gradually during its useful life, particularly, highway bridges, being fatigue one of the main causes of its damage. This work focuses on the structural deterioration of bridges and therefore intends to apply the methodology of Guide Bridge Inspection of the Ministry of Transport and Communications of Peru, which allow analysis of reinforced concrete bridges, for the purpose of optimize and to better plan the conservation programs for this kind of structures.

In this work, is analyzed a highway bridge located in the province of Chota, in the northern highlands of Peru , with the aim of identifying and evaluating the structural flaws in the substructure and superstructure and develop a guide to interventions in the failed structures of River Colpamayo Bridge . The variability of the initial conditions of the bridge, its age, the lack of inspection and maintenance, increase of IMD, load variation of vehicle design, Colpamayo River pollution, among others; are principal facts to identify and assess the structural flaws and the probability of failure of the structure, and thus prevent fatigue failure of the structure or the worst, the collapse.

Key words: bridge, inspection, evaluation, reparation, maintenance.



## INTRODUCCIÓN

La necesidad humana de cruzar pequeños arroyos y ríos fue el comienzo de la historia de los puentes. Hasta el día de hoy, la técnica ha pasado desde una simple losa hasta grandes puentes colgantes que miden varios kilómetros y que cruzan bahías. Los puentes se han convertido a lo largo de la historia no solo en un elemento muy básico para la sociedad y un símbolo de su capacidad tecnológica.

Los puentes vehiculares son obras de infraestructura muy importantes por la función de comunicar poblaciones y permitir el flujo de bienes de consumo y de producción que determinan el ritmo de desarrollo económico e industrial de una región. En particular se estudiará el caso del puente sobre el Río Colpamayo, que comunica a las provincias de Bambamarca y Chota, ubicado en el km 1420 de la ruta.

Todas las estructuras acumulan daño gradualmente durante su vida útil. En general, cualquier estructura es susceptible de presentar fallas, ya que las condiciones reales de servicio y/o características de los materiales, pueden discrepar de las que esperaba el diseñador. Una de las acciones a las que se atribuyen la falla en diversas estructuras es la fatiga. Ésta se define como el daño de un material resultante de la aplicación de esfuerzos repetitivos (carga cíclica) (Torres, 2007).

Según el departamento de transporte de EE.UU. (FHWA Report, 1989), se estima que en ese país existían cerca de 545 000 puentes carreteros, de los cuales el 41% está estructuralmente dañados o su funcionamiento era obsoleto. Este fenómeno se reproduce a nivel mundial, siendo la principal causa el hecho de que la mayoría de ellos tienen más de 20 años de servicio, aunado a que en los últimos años los flujos vehiculares se han incrementado considerablemente, al igual que la capacidad de carga de los vehículos.



En México, más del 60% de los 8000 puentes tienen más de 30 años de servicio según el Sistema de Puentes de México (SIPUMEX); programa más ambicioso implantado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) firmado en 1992 con el Directorio Danés de Carreteras. Este programa permite contar con un inventario de la totalidad de los puentes de la Red Federal de Carreteras, en el que se incluyen las características, ubicación y estado físico.

En Costa Rica, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes a través del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP), tiene como objetivo recopilar información aplicando los procedimientos y métodos para realizar inventario de puentes para compartir la información técnica, identificar el grado de deterioro y planificar el mantenimiento o la rehabilitación de puentes de forma eficiente.

En Perú, según el Ministerio de transportes y Comunicaciones, casi el 30 % de los puentes en carreteras no concesionadas tienen más de 30 años de servicio.

Son muchos los casos de Sistemas y/o Programas para la prevención de colapsos y fallas de puentes vehiculares a nivel mundial. Como nuestro país no se escapa a este panorama, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Viceministerio de Transportes y Provias Nacional, desarrollan el **Programa de Puentes y Obras de Arte**, que supone la mejora o reemplazo paulatino de estas infraestructuras, ya que éstas presentan un importante grado de obsolescencia; el componente también promoverá la conservación de estas infraestructuras, a través de la modernización y ampliación del programa de gestión de puentes y obras de arte, a ser financiado por el componente institucional.



# **CAPITULO I:**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**



## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los puentes en todo el mundo han ido evolucionando con el paso de los años, adquiriéndose nuevos diseños, nuevos materiales, un proceso constructivo diferente, así como mano de obra cada vez más calificada, el cumplimiento de estos nuevos retos ingenieriles, y el elevado costo de la construcción de los mismos hace de suma importancia realizar una evaluación y un mantenimiento continuo para evitar las fallas y su posterior deterioro y/o colapso.

En el Perú el Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional y el Banco Mundial, han implementado el Programa Sectorial de Transporte Vial Perú, dentro del cual está incluido el **Programa de Puentes y Obras de Arte** en el periodo 2012 – 2020, el que considera la atención de los puentes en diversas intervenciones tales como: emergencia de puentes, instalación, reinstalación, construcción y mantenimiento de puentes, el mismo que no ha llegado todavía a implementarse en nuestra zona. El resumen del programa mencionado es el siguiente:

- ☛ Primera etapa: 2012-2016 = 1000 puentes por atender.
- ☛ Segunda etapa: 2016-2020 = 400 puentes por atender.

Según la evaluación del estado situacional de los puentes en el Perú realizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), tan sólo el 10 % de los puentes en las carreteras no concesionadas (1700 aproximadamente), se encuentran en buen estado, el resto son estructuras artesanales o en regular estado (para ser rehabilitadas o cambiadas).

Una de las acciones a las que se atribuyen la falla en diversas estructuras es la fatiga. El deterioro por fatiga se inicia con defectos o micro-grietas que actúan como zonas de concentración de esfuerzos, generando la aparición y propagación de grietas.



Específicamente, una grieta de fatiga se puede iniciar en cualquier lugar de un componente donde el esfuerzo y la deformación sean lo suficientemente altos para causar un deslizamiento alterno continuo, luego sigue un periodo de propagación, también por deslizamiento alterno, hasta que la grieta alcanza un tamaño crítico. En consecuencia la vida de fatiga de un componente estructural por iniciación y propagación de una grieta es igual a la suma de la fase de iniciación y de propagación. Cuando un componente contiene una imperfección tipo grieta se reduce o elimina la vida de la fase de iniciación.

En el plano local, específicamente con el Puente sobre el Río Colpamayo, el cual es materia de la presente investigación, no hay una preocupación por el estado en el que se encuentra, la falta de evaluación y la ausencia de mantenimiento está causando muchas deficiencias, a su vez el Puente ha sufrido diversos cambios a lo largo del tiempo como incrementos en la carga de diseño, aumento del IMD, socavación por lluvias extraordinarias, etc., que silenciosamente y de manera casi imperceptible van deteriorando su estructura lo cual constituye un alto riesgo de producirse la falla por fatiga.



Figura N° 1.1. Vista del Puente sobre el Río Colpamayo.



## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La importancia del Puente sobre el Río Colpamayo se debe principalmente a que sirve de nexo entre las Provincias de Bambamarca y Chota. Esta estructura tiene más de 30 años de vida útil, no cuenta con registro alguno de su proceso constructivo, inspección o mantenimiento realizado ni programación de los mismos.

Debido a la antigüedad del puente en estudio y a la falta de información histórica y actual del mismo, se hace necesario realizar una inspección y evaluación de la situación actual de la estructura, con la finalidad de determinar:

- ¿Cuáles son las principales fallas estructurales en el Puente sobre el Río Colpamayo?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

El Puente sobre el Río Colpamayo es una estructura de gran importancia socio-económica principalmente para la Provincia de Chota y para la red nacional de integración vial, debido a que se encuentra ubicado estratégicamente en la entrada de la misma; además los vehículos que transitan diariamente por el puente, transportan productos y servicios a través de éste, por lo cual su falla no sólo se restringiría al aspecto estructural, sino también se reflejaría en la actividad socio-económica de la zona.

Desde la construcción del Puente sobre el Río Colpamayo, no se ha realizado ninguna inspección y mucho menos un mantenimiento del mismo ni por Provias Nacional ni por el Gobierno Regional. Dada la antigüedad del puente (más de 30 años) y los incrementos de carga y volumen del transporte, sumado a las inclemencias del clima, se hace de suma importancia realizar una estimación de las fallas estructurales, de la probabilidad de falla y del nivel de seguridad de la



estructura, con objeto de realizar recomendaciones estructurales y prevenir una situación de esta índole.

El presente trabajo servirá como referencia para que Provias Nacional, el Gobierno Regional y/o Local encargados de la reparación y mantenimiento de puentes pueda tomar las medidas correctivas y realizar estudios similares de riesgo en otros puentes de características similares, o posiblemente en otras estructuras de gran importancia.

Asimismo los resultados que se obtengan serán una guía para los estudiantes de Ingeniería Civil de las diferentes universidades que existen en la ciudad de Cajamarca.



Figura N° 1.2. Agrietamientos en el Puente sobre el Río Colpamayo.

## 1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

### ➤ Alcances

La presente investigación abarca solamente la parte de evaluación del Puente sobre el Río Colpamayo, y se permitirá proponer posibles soluciones de mantenimiento y reparación, sin intervenir en la ejecución de los mismos.



### ➤ Limitaciones

Estos resultados solo servirán para el puente evaluado, no pudiéndose generalizar los resultados para otros puentes.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo General

- Evaluar el Puente sobre el Río Colpamayo para determinar sus fallas estructurales.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las fallas en la Subestructura del Puente sobre el Río Colpamayo en la Red Vial Bambamarca - Chota.
- Evaluar las fallas en la Superestructura del Puente sobre el Río Colpamayo en la Red Vial Bambamarca - Chota.
- Elaborar una guía de intervención en las estructuras falladas, basada en el mantenimiento y reparación de la estructura del Puente sobre el Río Colpamayo.
- Determinar la importancia de la planificación de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes.

## 1.6 HIPÓTESIS

La falta de inspección y mantenimiento, la presencia de vehículos sobrecargados y el incremento del tráfico, han provocado fallas estructurales en el Puente sobre el Río Colpamayo.



## 1.7 VARIABLES

### a. Unidad de Análisis

La estructura a analizar en la presente investigación es el Puente sobre el Río Colpamayo, ubicado en la red vial Bambamarca - Chota.

### b. Variables

- Los tipos de fallas estructurales en la subestructura del Puente sobre el Río Colpamayo.
- Los tipos de fallas estructurales en la superestructura del puente sobre el Río Colpamayo.

### c. Indicadores

- Poco o nulo mantenimiento del puente.
- Asentamiento de la estructura
- Fisuras y agrietamientos en la estructura.
- Variación de la carga de Diseño.
- Variación del IMD.



# **CAPITULO II:**

## **MARCO TEÓRICO**



## 2.1 ANTECEDENTES

Sabemos que a nivel mundial se observan problemas de puentes que han perdido su capacidad resistente y disminuyeron su vida útil, debido a que no se les dio el mantenimiento adecuado y requerido para estos casos.

Por lo tanto, a nivel local, nacional e internacional se vienen realizando una serie de trabajos de inspección y evaluación de puentes con objetivos de reparación y mantenimiento, con el objeto de reflexión y análisis para evaluar las causas fundamentales de los diversos tipos de fallas y posible colapso de puentes y brindar las correspondientes soluciones. A continuación mencionaremos algunos trabajos:

### 2.1.1 Internacionales

- ✓ Edgar Muñoz (Colombia, 2001): Se requiere avances en la investigación y el desarrollo tecnológico, especialmente en los temas de inspección, auscultación profunda, instrumentación y capacidad de carga de puentes. Los efectos negativos desde el punto de vista económico, social y político que produce la caída de un puente son enormes y deben preocupar tanto a las entidades públicas y privadas (concesiones) responsables de la administración, como a los ingenieros que lo evalúan, diseñan y construyen.

El mayor daño en la infraestructura de los puentes de la Red Vial Nacional que cruzan los ríos ocurre durante las crecientes, producido por la socavación de la fundación de los estribos y/o pilas. Este daño puede variar desde erosiones en las bancas y los terraplenes de acceso hasta la falla completa de la estructura del puente o su terraplén de acceso.



En el artículo preparado por Muñoz sobre la evaluación de las causas de colapso de algunos puentes en Colombia, basada en el estudio de sesenta y tres (63) casos de fallas totales y parciales, se encontró que el 14% de los puentes de la Red Vial Nacional de Colombia fallaron por deficiencias estructurales, de acuerdo con la evaluación de una muestra estadística de sesenta y tres casos de colapsos y que la mayoría correspondían a puentes en acero. Se observó además que el 70% se producen por fenómenos hidráulicos, tales como socavación y avalanchas.

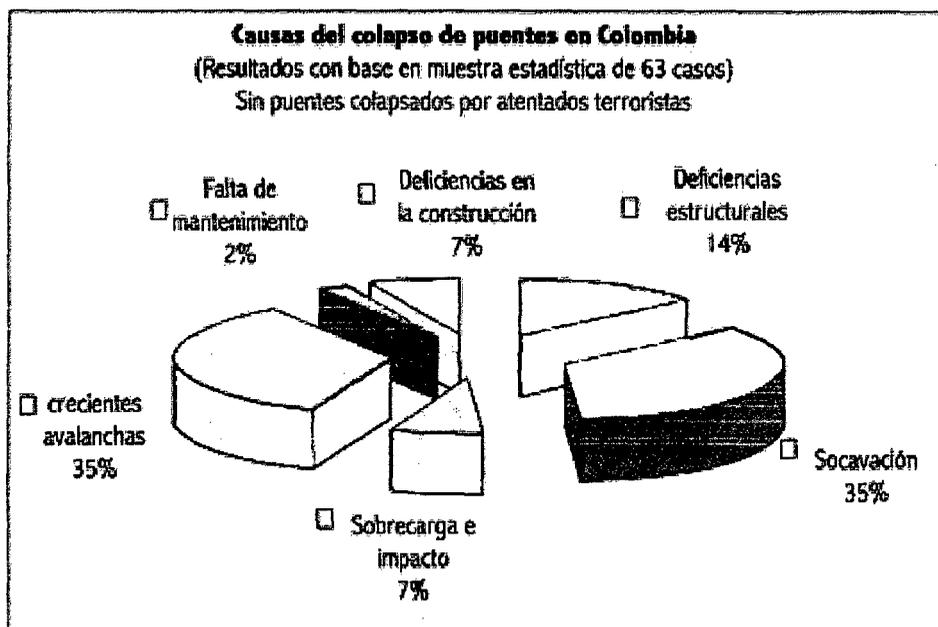


Figura N° 2.1. Estadística de la causa de colapso de algunos puentes en Colombia

- ✓ Wilson F. Mendoza Maldonado, Luz de María Navarro Meléndez y Felipe A. Portilla Molina (El Salvador, 2003): Un puente es la parte más costosa de una instalación de transporte. La falla de un puente es generalmente más perjudicial que cualquier otra porción. Si el agua se lleva el pavimento de una calle, generalmente ésta se puede abrir rápidamente llenando el hueco con roca y piedras. Si una parte de la carretera se hace impasable a causa de un derrumbe, se puede construir un desvío temporal en la mayoría de los casos.



La falla de un puente es inicialmente muy peligrosa; su efecto destructor; su reemplazo muy costoso y lento. Es necesario por lo tanto, discutir con más detalles el tratamiento de los puentes que las otras secciones del trabajo de carreteras. Es urgente inspeccionar a fondo los puentes, en forma regular, y que las correcciones necesarias se hagan con prontitud.

Es importante proporcionar e introducir técnicas aplicables a la Reparación y el Mantenimiento de puentes, además de proporcionar información y orientación, a los responsables del Mantenimiento y Mejoramiento de Puentes, que permitan el transporte de bienes y personas entre los centros de producción y sus mercados.

- ✓ Jesús Flores Sánchez (México, 2004): Numerosos puentes de la red nacional de carreteras presentan daños importantes, como consecuencia de la acción agresiva de los agentes naturales y del crecimiento desmesurado de las cargas. Por estas razones, las entidades responsables de la operación de redes carreteras deben considerar la conservación de los puentes como una parte obligada de su quehacer a fin de mantener los niveles adecuados de seguridad y servicio de las estructuras.

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible. Desafortunadamente, existe un considerable rezago en la conservación de los puentes que se traduce en un deterioro creciente de su estado físico.

- ✓ Edgar Muñoz y Edgar Valbuena en su Estudio “Daños Típicos de los Puentes de la Red Vial Nacional de Colombia” (Colombia, 2004): Son diversos los colapsos de puentes vehiculares y peatonales en Colombia; problema que debe ser objeto de reflexión y análisis por parte de la



ingeniería nacional para evaluar las causas fundamentales y las correspondientes soluciones. Para esto se requiere avances en la investigación y el desarrollo tecnológico, especialmente en los temas de inspección, auscultación profunda, instrumentación y capacidad de carga de puentes.

Los efectos negativos desde el punto de vista económico, social y político que produce la caída de un puente son enormes y deben preocupar tanto a las entidades públicas y privadas (concesiones) responsables de la administración, como a los ingenieros que lo evalúan, diseñan y construyen.

Basado en lo anterior, es indispensable estudiar en detalle el estado y los daños típicos de los puentes de la Red Vial Nacional; basados en la evaluación del inventario y las inspecciones realizadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) desde el año 1996 a través de Sistema de Puentes de Colombia (SIPUCOL). Este sistema de administración está conformado por los módulos de Inventario (INVIAS y DCD, 1996), inspección principal (INVIAS y DCD, 1996a), inspección especial (INVIAS y DCD, 1996b), inspección rutinaria y capacidad de carga.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Costa Rica, 2007): El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes es una herramienta informática que tiene como fin compartir la información técnica, identificar el grado de deterioro y planificar el mantenimiento o la rehabilitación de puentes de forma eficiente.

El objetivo principal del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes, es determinar los procedimientos y métodos para realizar un inventario de puentes y evaluar el deterioro de los mismos. Con el fin de que la información anterior sea la correcta, se debe contar con un grupo de



inspectores calificados que comprendan todos los conceptos, responsabilidad y deberes contenidos en este manual.

- ✓ Lorena Elizabeth Manjarrez Garduño, Maestro en Ciencias en Estructuras (México, 2009): La idealización de cargas y la estructura del puente, así como el análisis de la respuesta estructural ante las cargas de viento contribuyen a que exista una incertidumbre adicional de tipo epistémico, que deriva en que la confiabilidad del puente (o su probabilidad de falla) asuma características aleatorias.

Existe incertidumbre en la magnitud, tiempo de ocurrencia y efecto estructural de las acciones de viento. Más aún la variabilidad en las cargas producidas por los vehículos añade incertidumbre en las condiciones de carga. Sin embargo, en muchos casos los ingenieros a cargo deben tomar decisiones para generar soluciones a los problemas de diseño, inspección, operación y mantenimiento de los puentes vehiculares.

- ✓ Instituto Mexicano del Transporte y la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (México, 2013): Los puentes carreteros son estructuras que están expuestas al deterioro por efectos de fatiga debido a las condiciones de carga a la que están sometidos (cargas dinámicas cíclicas) y a efectos ambientales corrosivos, pudiendo ser estos factores responsables de fallas importantes debido a su efecto degradante en la rigidez de los mismos, llevándolos al colapso, incluso antes de haber alcanzado su resistencia.

En general, cualquier estructura es susceptible de presentar fallas, ya que las condiciones reales de servicio y/o las características de los materiales, pueden discrepar de las que esperaba el diseñador. Una de las acciones a las que se atribuyen la falla en diversas estructuras es la fatiga. Ésta se define como el daño de un material resultante de la aplicación de esfuerzos repetitivos. En consecuencia la vida de fatiga de un componente estructural por iniciación y propagación de una grieta es igual a la suma de la fase de



iniciación y de propagación. Cuando un componente contiene una imperfección tipo grieta se reduce o elimina la vida de la fase de iniciación.

El Sistema de Puentes de México (SIPUMEX) permite contar con un inventario de la totalidad de los puentes de la Red Federal de Carreteras, en el que se incluyen las características, ubicación y estado físico. Ello permite efectuar una priorización de las necesidades de mantenimiento y rehabilitación, con lo que se logra una optimización de los recursos aplicables, atendiendo al mismo tiempo a la seguridad de los usuarios.

### 2.1.2 Nacionales

- ✓ Manual de Diseño de Puentes (Lima, 2003): Esta versión considera nuevas filosofías de diseño alternativas a las Especificaciones Estándar y efectúa recomendaciones basadas en estas investigaciones. Este trabajo incorpora el Diseño por carga y Resistencia Factorada (LRFD), Diseño por Esfuerzos Permisibles (DEP o Working Stress Design, WSD) y Diseño por Factores de Carga (DFC o Load Factor Design, LFD) principalmente.

El esfuerzo incluye la incorporación del conocimiento del estado del arte y la cooperación y contribución de grupos de la industria. Esto representa un gran paso en mejorar el diseño de puentes y establecer métodos de análisis mejor elaborados, que conducen al **diseño de puentes con una serviciabilidad superior, mayores facilidades de mantenimiento a largo plazo, y niveles de seguridad más uniformes.**

Establece las condiciones generales para la preparación de un proyecto, así como las cargas a las que serán sometidas las estructuras, la resistencia de los materiales que la conforman, las deformaciones que se pueden producir y los métodos de análisis para evaluar su comportamiento con seguridad y estabilidad en su periodo de vida útil.



- ✓ Alisson Seaurz (Piura, 2006): Las estadísticas mundiales de fallas de puentes sobre cursos de aguas, demuestran que la mayoría de puentes fallan por razones hidráulicas, generalmente erosión en pilares o estribos. Las fallas de puentes por razones meramente estructurales son raras en comparación con las fallas por erosión hidráulica.

Como consecuencia de las intensas lluvias ocurridas durante El Niño de 1998 en el Perú, en sólo los primeros 3 meses de ese año 68 puentes fueron destruidos, 13 de los cuales no tenían más de 14 años de antigüedad, y ocho de ellos fueron construidos en los últimos cinco años previos a El Niño.

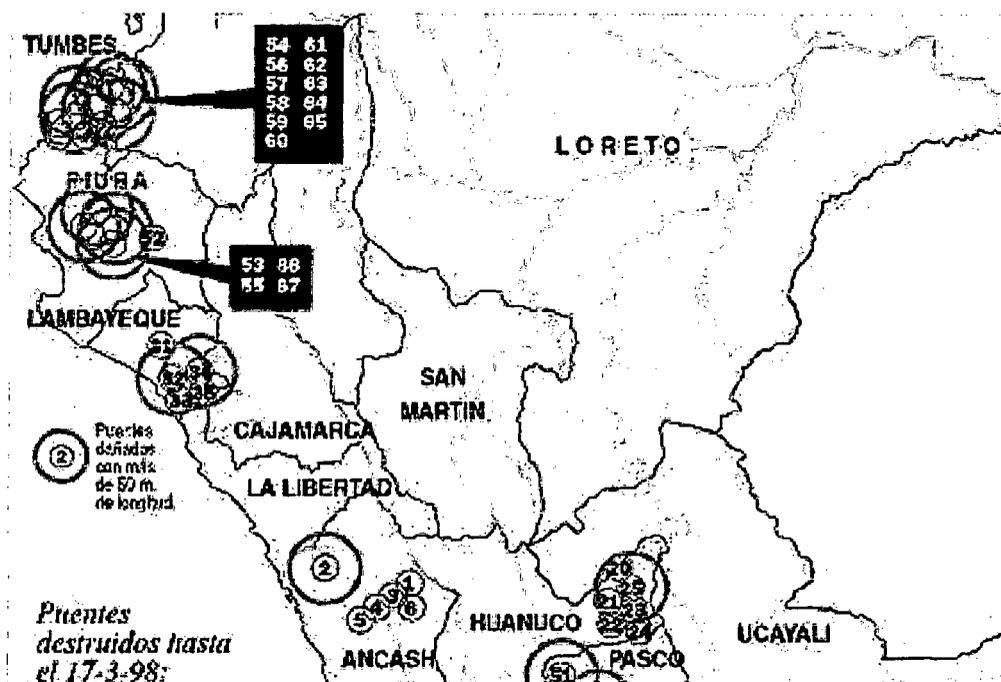


Figura N° 2.2. Puentes destruidos en El Niño “Peor que una Guerra”

Fuente: Caretas 1998.

- ✓ Guía Para Inspección de Puentes - MTC (Lima, 2006): Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo socio económico del país. En un contexto geográfico como el peruano, con una parte de su población ubicada en áreas rurales, las carreteras toman importancia para la



integración e interconexión del país. Por esta razón, entre otras, es muy importante que el sistema nacional de carreteras permanezca en buenas condiciones de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y seguro.

La condición de los puentes de la Red Vial del Perú varía considerablemente. **Muchas estructuras con más de cincuenta años de uso, generalmente sufren daños por falta de un mantenimiento adecuado, más que por su antigüedad.** Algunas de las estructuras presentan un estado crítico con respecto a su estabilidad estructural y capacidad de carga y, en esas condiciones, la seguridad del tránsito asume altos niveles de incertidumbre asociados a riesgos crecientes.

**Los puentes además, se ven afectados, entre otros aspectos, por las sobre cargas, influencia del ambiente, fenómenos naturales como terremotos e inundaciones, lo que origina su deterioro.**

- ✓ Especificaciones Técnicas generales para Conservación de Carreteras - MTC (Lima, 2007): Mantener significa reparar lo dañado y los programas de mantenimiento vial están orientados a la ejecución de obras puntuales de rehabilitación y a las actividades para recuperar la funcionalidad de ciertos elementos, como es el caso de la limpieza de las obras de drenaje colmatadas, el arreglo de alcantarillas y muros, la reparación de puentes y el bacheo, entre otras.

El mejor comportamiento de las vías se logra si en el diseño y en la construcción se conciben las obras atendiendo rigurosamente la interdependencia entre la calzada y los demás elementos, y si en la operación, los planes y programas de conservación atienden, de manera integral y estricta, todos los elementos de la carretera (calzada, bermas, sistemas de drenaje, taludes, obras de contención, puentes, terreno natural, vegetación, etc.)



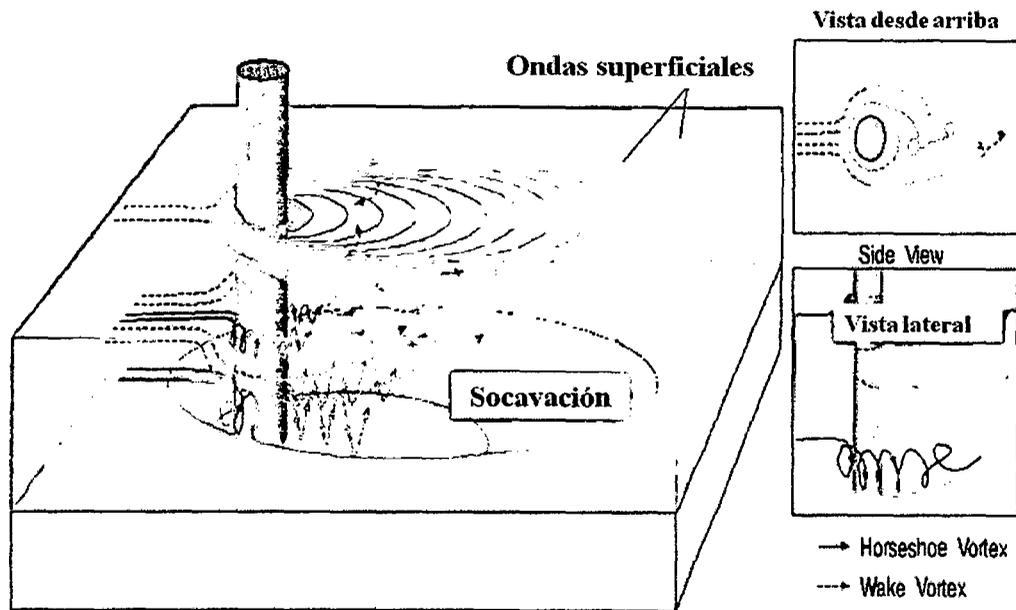


Figura N° 2.4. Vórtices alrededor de un Pilar Cilíndrico (USGS).

*Fuente: Erosión en Pilares y Estribos de Puentes*

- ✓ Roberto Mosqueira Ramírez, Tesis Magistral Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima, 2011): Luego de evaluar las obras de infraestructura vial dañadas por el Fenómeno del Niño, especialmente los puentes de la Red Vial Norte, concluye que la mayoría de los puentes colapsados con apoyos intermedios se debieron a la socavación debido a los efectos del incremento de caudal, que ocasionaron los mecanismos locales de vortis de Estela y vortis de Herradura, ocasionando erosión y socavamiento de la cimentación, produciendo en algunos casos el asentamiento del pilar y la inestabilidad ante la sobre presión del cauce de los ríos.

La Región Cajamarca fue duramente afectada por el Fenómeno del Niño, generándose lluvias extraordinarias, de gran duración e intensidad que incrementaban los caudales de riachuelos, quebradas y ríos, los mismos que han ocasionado inundaciones, deslizamientos y fallas en las estructuras de puentes y de defensas ribereñas, tanto por socavación por erosión general del cauce, por erosión por contracción y por erosión local en la cimentación.

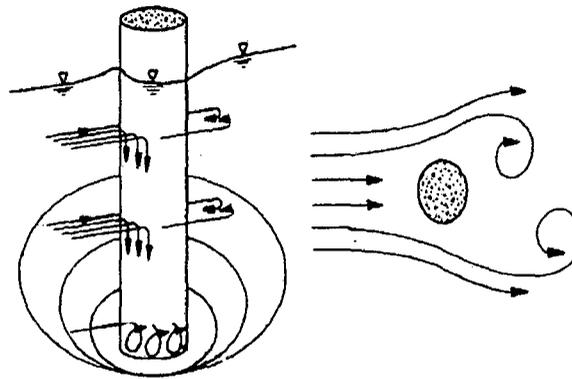


Figura 2.5. Mecanismo de Vortis de Estela.

Fuente: Tesis Magistral Pontificia Universidad Católica del Perú

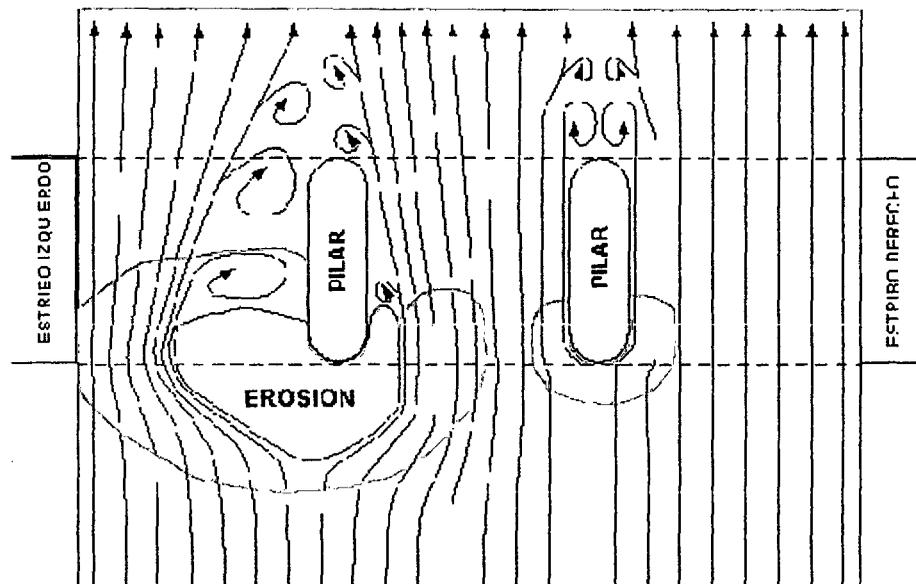


Figura 2.6. Mecanismo de Vortis de Herradura

Fuente: Tesis Magistral Pontificia Universidad Católica del Perú

- ✓ Programa de Puentes / Programa 2012-2020, Provias Nacional – MTC (Lima, 2012): Los puentes constituyen una infraestructura de conectividad estratégica, cuya intervención se debe programar para dar respuesta a las nuevas exigencias de crecimiento y desarrollo del País, incremento de cargas, tránsito seguro de vehículos y peatones (sobre todo en zonas aledañas a las urbes o centros poblados), distancias adecuadas de visibilidad en los accesos y la estructura, entre otros.



Los trabajos de la ex - Dirección de Puentes del MTC se orientaban a la construcción de puentes nuevos, a la atención de emergencias, y a rehabilitaciones de puentes de manera reactiva.

En base al Sistema Computarizado de Administración de Puentes (SCAP 1996), a la recuperación de información del área de mantenimiento de puentes de la GMR en el año 2004 y a la información procedente del inventario vial realizado por DGC y F en el año 2010, se tiene los siguientes resultados:

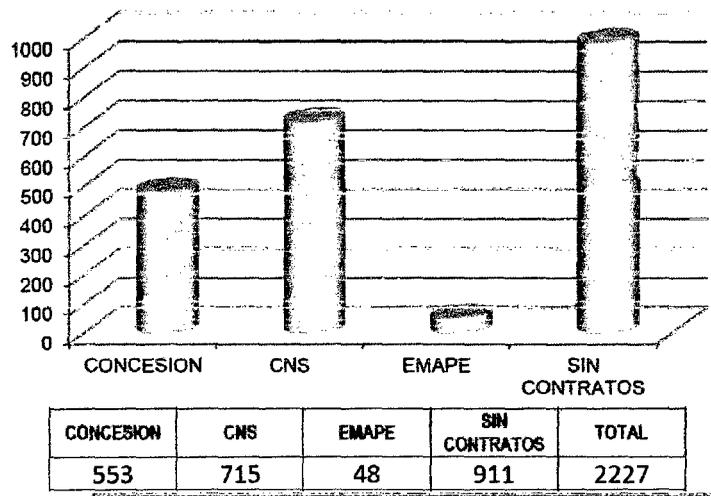


Figura N° 2.7. Estado Situacional de Puentes en las carreteras De la Red Vial Nacional

*Fuente: Programa de Puente 2012-2020*

### 2.1.3 Locales

- ✓ Hermes Roberto Mosqueira Ramírez y Jorge Edison Mosqueira Ramírez (2007), realizaron la evaluación de 40 puentes ubicados en la red vial Cajamarca – Jaén, elaborando así un informe sobre las fallas estructurales encontradas en cada uno de los puentes los cuales fueron analizados exhaustivamente para conocer su situación actual y determinar si su daño



es crítico o leve, y a la vez propone soluciones de mantenimiento de los mismos que sirven de nexo entre estas ciudades.

Se logró determinar que algunos puentes perdieron su capacidad resistente y disminuyeron su vida útil, debido a que no se les dio el mantenimiento adecuado y requerido para estos casos, tal es el caso de los puentes ubicados en las quebradas de Peña Blanca, El Silencio y Las Pavas, Provincia de Jaén, los cuales colapsaron debido a los huaycos y la falta de cuidados que necesitó recibir en su debido momento, dejando así a más de 25,000 pobladores incomunicados.

Su aporte a la región Cajamarca es primordial, ya que la evaluación permite a las autoridades pertinentes tener en cuenta el estado de los puentes y así priorizar su reparación según su deterioro y mitigar, aminorar o eliminar el riesgo que representa para las personas y transporte incluyendo la pérdida económica que involucraría de no tomarse en cuenta este proyecto.

- ✓ Wesley Iván Alarcón Rojas (2010): Realiza el estudio “Puente Viejo sobre el Río Chotano”, ubicado en la carretera Cochabamba – Sillangate; obra de gran importancia puesto que permite que la mencionada vía no se vea interrumpida por la crecida del río que en épocas de lluvia llega hasta la plataforma de madera existente.

Dicho estudio nace a solicitud de la población afectada con la interrupción de la carretera, quienes manifiestan necesaria la construcción de un nuevo puente por estar deteriorado el puente de madera existente.

El Costo total del Proyecto del nuevo puente asciende a S/. 422, 356.14 (Cuatrocientos Veintidós Mil Trescientos Cincuenta y Seis con 14/100 Nuevos Soles).



- ✓ Jairo Alexander Culqui Huamán (2013): El estudio realizado se enfoca en el diseño de un puente carrozable, el cual permitirá el tránsito pesado de manera adecuada y segura. En el lugar donde se emplazará el puente existe un puente de tipo colgante, el cual se encuentra en mal estado, poniendo en riesgo la integridad física de los beneficiarios que utilizan el Puente San Juan.

El puente colgante existente en la actualidad, se encuentra en mal estado, debido a la antigüedad de su construcción y el poco o nulo mantenimiento que esta estructura recibe por parte de las autoridades locales.

- ✓ Karina Liliana Polanco Roque (2013): A nivel mundial se pueden encontrar diversos tipos de puentes en los cuales se realiza al menos un mantenimiento anual (dependiendo del tipo de puente y de la exposición que este tenga) con costos muy elevados, ya que son estructuras que implican un presupuesto importante, en el ámbito nacional, el mantenimiento de los puentes de concreto armado que se encuentran en las rutas, no se da con la debida regularidad, para evitar su desgaste.

El puente sobre el Río Chonta presenta fallas estructurales en diferentes partes de su estructura; causadas por las inclemencias del clima, incrementos en la carga de diseño, aumento del IMD, cambio del vehículo de diseño, lo cual en conjunto han distorsionado completamente las acciones mecánicas del puente y podrían provocar el colapso del puente por efecto de fatiga.



## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 DEFINICIÓN

Un puente es una estructura que permite salvar obstáculos naturales como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales como vías férreas o carreteras, que se presentan en una determinada vía de comunicación.

Esto debe entenderse en un sentido amplio, de forma tal que la vía puede ser desde un camino peatonal hasta un oleoducto.

El objeto de cruzar una vía de comunicación con un puente, es el de evitar accidentes y facilitar el tránsito de viajeros, animales y mercancías.

Los puentes se pueden clasificar de diversas formas, a continuación describiremos los principales criterios de clasificación de puentes.

#### 2.2.1.1 Según su utilidad

La utilidad de los puentes puede ser muy distinta. Los más modernos son los viaductos para transporte rápido masivo de pasajeros (TRM). Entre los distintos puentes tenemos:

- Puentes peatonales.
- Puentes para carreteras.
- Puentes para vías férreas.
- Puentes para el paso de tubería.
- Viaductos para transporte rápido masivo de pasajeros (TRM).



### **2.2.1.2 Según el material**

En cuanto a los fines de clasificación se refiere, la identificación se hace en base al material utilizado en la estructura principal.

Los tipos más usados son:

- Puentes de madera.
- Puentes de concreto reforzado o preesforzado.
- Puentes metálicos.
- Puentes compuestos (metal con concreto).

### **2.2.1.3 Según el tipo sistema estructural**

Longitudinalmente se puede optar por diversos sistemas estructurales. A continuación, presentamos los principales esquemas estructurales:

- Puentes tipo losa o caja
- Puentes tipo viga
- Puentes de estructura aporticada
- Puentes tipo arco
- Puentes reticulados
- Puentes colgantes
- Puentes atirantados

## **2.2.2 ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA**

Antes de proceder con el diseño del proyecto de un puente, es indispensable realizar los estudios básicos que permitan tomar conocimiento pleno de la zona, que redunde en la generación de información básica necesaria y suficiente que concluya en el planteamiento de soluciones satisfactorias plasmadas primero en anteproyectos y luego en proyectos definitivos reales, y ejecutables.



El proyectista deberá informarse adecuadamente de las dificultades y bondades que le caracterizan a la zona antes de definir el emplazamiento del puente. Emplazamiento que deberá ser fruto de un estudio comparativo de varias alternativas, y que sea la mejor respuesta dentro las limitaciones (generación de información) y variaciones de comportamiento de los cambios naturales y provocados de la naturaleza.

Debe igualmente especificar el nivel de los estudios básicos y los datos específicos que deben ser obtenidos. Si bien es cierto que los datos naturales no se obtienen nunca de un modo perfecto, estos deben ser claros y útiles para la elaboración del proyecto.

Los estudios que pueden ser necesarios dependiendo de la magnitud y complejidad de la obra son:

- Estudios Topográficos
- Estudios Hidrológicos e Hidráulicos
- Estudios Geológicos y Geotécnicos
- Estudios de Riesgo Sísmico
- Estudios de Impacto Ambiental
- Estudios de Tráfico
- Estudios Complementarios
- Estudios de Trazos de la Vía

### **2.2.2.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

La instrumentación y el grado de precisión empleados para los trabajos de campo y el procesamiento de los datos deberán ser consistentes con la dimensión del puente y sus accesos y con la magnitud del área estudiada. En cualquier caso los instrumentos y los procedimientos empleados deberán corresponder a la mejor práctica de la ingeniería.



Debe contener como mínimo, un plano de ubicación, planimetría con curvas de nivel cada metro si la quebrada es profunda o más juntas si el terreno es llano ó las barrancas son poco definidas. Secciones transversales en el eje propuesto enlazado con el eje de la vía, otras aguas arriba y abajo, situadas cada 10 ó 20 metros según la necesidad, y condiciones topográficas, un perfil longitudinal del eje del lecho del río en 500 metros (ó más según la necesidad) aguas arriba y abajo

Los estudios topográficos tendrán como objetivos:

- ☞ Realizar los trabajos de campo que permitan elaborar los planos topográficos.
- ☞ Proporcionar información de base para los estudios de hidrología e hidráulica, geología, geotecnia, así como de ecología y sus efectos en el medio ambiente.
- ☞ Posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales.
- ☞ Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

### **2.2.2.2 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

Los objetivos de los estudios son establecer las características hidrológicas de los regímenes de avenidas máximas y extraordinarias y los factores hidráulicos que conllevan a una real apreciación del comportamiento hidráulico del río que permiten definir los requisitos mínimos del puente y su ubicación óptima en función de los niveles de seguridad o riesgos permitidos o aceptables para las características particulares de la estructura.

El estudio de hidrología debe contener por lo menos la media anual de las precipitaciones, las crecidas máximas y mínimas, la velocidad máxima de la corriente, el caudal, las variaciones climatéricas y materiales de arrastre (palizada,



témpanos de hielo, y otros). En los planos de puentes sobre ríos, se deben registrar siempre los niveles de agua.

Los estudios hidráulicos deben contener la estimación de remansos y cálculo de las velocidades medias en el sitio para diferentes longitudes tentativas del puente y evaluación de gastos. Estimación de la profundidad de socavación en los estribos de las estructuras propuestas.

### **2.2.2.3 ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

Los estudios geológicos deben establecer las características geológicas, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes.

Los estudios geotécnicos deben establecer las características geotécnicas, es decir, la estratigrafía, la identificación y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables.

El programa de estudios deberá considerar exploraciones de campo, cuya cantidad será determinada en base a la envergadura del proyecto.

### **2.2.2.4 ESTUDIOS DE RIESGO SÍSMICO**

Se llama riesgo sísmico a la probabilidad de ocurrencia dentro de un plazo dado, de que un sismo cause, en un lugar determinado, cierto efecto definido como pérdidas o daños determinados. En el riesgo influyen el peligro potencial sísmico, los posibles efectos locales de amplificación, la vulnerabilidad de las construcciones (e instituciones) y las pérdidas posibles (en vidas y bienes). El riesgo sísmico depende fuertemente de la cantidad y tipo de asentamientos humanos y de la cantidad e importancia de las obras que se encuentran localizados en el lugar.



Los estudios de riesgo sísmico tendrán como finalidad la determinación de espectros de diseño que definan las componentes horizontal y vertical del sismo a nivel de la cota de cimentación.

El alcance de los estudios de riesgo sísmico dependerá de:

- La zona sísmica donde se ubica el puente.
- El tipo de puente y su longitud.
- Las características del suelo.

#### **2.2.2.5 ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

La construcción de un puente modifica el medio y en consecuencia las condiciones socio – económicas, culturales y ecológicas del ámbito donde se ejecutan; y es allí cuando surge la necesidad de una evaluación bajo un enfoque global ambiental.

Muchas veces esta modificación es positiva para los objetivos sociales y económicos que se tratan de alcanzar, pero en muchas otras ocasiones la falta de un debido planeamiento en su ubicación, fase de construcción y etapa de operación puede conducir a serios desajustes debido a la alteración del medio.

La evaluación de Impacto Ambiental será establecida por la autoridad competente y es necesaria sobre todo en aquellos proyectos con mayor potencial para impactar negativamente en el ambiente como son las nuevas estructuras.

#### **2.2.2.6 ESTUDIOS DE TRÁFICO**

Cuando la magnitud o envergadura de la obra así lo requiera, será necesario efectuar los estudios de tráfico correspondiente al volumen y clasificación de tránsito en puntos establecidos, con el objetivo de determinar las características de la infraestructura vial y la superestructura del puente.



La metodología a seguir será la siguiente:

- **Conteo de tráfico:** Se definirán estaciones de conteo ubicadas en el área de influencia (indicando en un gráfico).
- **Clasificación y tabulación de la información:** Se deberán adjuntar cuadros indicando el volumen y clasificación vehicular por estación.
- **Análisis y consistencia de la información:** Esto se llevará a cabo controlando con estadísticas existentes, a fin de obtener los factores de corrección estacional por cada estación.
- **Tráfico actual:** Se deberá obtener el Índice Medio diario (IMD) de los conteos de volúmenes de tráfico y del factor de corrección determinado.

#### **2.2.2.7 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS**

También es necesario para el buen funcionamiento del puente el buen diseño de las obras complementarias tales como barandas, drenaje de la calzada y de los accesos, protección de las márgenes y si fueran necesarios el empedramiento de taludes, iluminación y rectificación del cauce.

Los estudios se refieren a aquellos trabajos que son complementarios a los estudios básicos, como son las Instalaciones Eléctricas, Instalaciones Sanitarias, Señalización, Coordinaciones con terceros y cualquier otro que sea necesario al proyecto.

Se deben realizar coordinaciones con Entidades Públicas, Entidades del Sector Privado y con terceros a fin de cumplir con todo lo estipulado en los términos de referencia.

#### **2.2.2.8 ESTUDIOS DE TRAZOS DE LA VÍA**

Definición de las características geométricas y técnicas del tramo de carretera que enlaza el puente en su nueva ubicación con la carretera existente.



Los estudios comprenden:

- Diseño Geométrico.
- Trabajos Topográficos.
- Diseño de Pavimentos.
- Diseño de Señalización.

Antes de proceder con el diseño del proyecto de un puente, es indispensable realizar los estudios básicos que permitan tomar conocimiento pleno de la zona, que redunde en la generación de información básica necesaria y suficiente que concluya en el planteamiento de soluciones satisfactorias plasmadas primero en anteproyectos y luego en proyectos definitivos reales, y ejecutables.

### **2.2.3 PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN**

La palabra patología, etimológicamente hablando, procede de las raíces griegas pathos y logos, y se podría definir, en términos generales como el estudio de las “enfermedades” o los “defectos y daños”. Usaremos exclusivamente la palabra “patología” para designar la ciencia que estudia los problemas constructivos, su proceso y sus soluciones.

Para afrontar un problema constructivo debemos ante todo conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado. Este conjunto de aspectos es el que conforma el proceso patológico en cuestión y se agrupa de un modo secuencial.

En esta secuencia temporal del proceso patológico podemos distinguir: el origen, la evolución y el resultado final. Para el estudio del proceso patológico conviene recorrer esta secuencia de modo inverso, es decir, empezar por observar el resultado de la lesión, luego el síntoma, para llegar a su origen: la causa. Este proceso nos permitirá establecer tanto la estrategia de reparación como la hipótesis de prevención.



Las lesiones son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo, es decir el síntoma final del proceso patológico. En muchas ocasiones las lesiones pueden ser origen de otras y no suelen aparecer aisladas sino confundidas entre sí.

En líneas generales, las lesiones pueden dividirse en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico: físicas, mecánicas y químicas.

### **2.2.3.1 LESIONES FÍSICAS**

Son todas en las que la problemática patológica se produce a causa de fenómenos físicos como heladas, condensaciones, etc., y normalmente su evolución dependerá también de estos procesos físicos. Las causas físicas más comunes son:

#### **A. HUMEDAD**

Se produce cuando hay una presencia de agua en un porcentaje mayor al considerado como normal en un material o elemento constructivo. La humedad puede llegar a producir variaciones de las características físicas de dicho material. En función de la causa podemos distinguir cinco tipos de humedades:

- **DE OBRA:** es la generada durante el proceso constructivo, cuando no se ha propiciado la evaporación mediante un elemento de barrera.
- **HUMEDAD CAPILAR:** es el agua que procede del suelo y asciende por los elementos verticales.
- **HUMEDAD DE FILTRACION:** es la procedente del exterior y que penetra en el interior de la estructura a través de fachadas o cubiertas.



- **HUMEDAD DE CONDENSACION:** es la producida por la condensación del vapor de agua desde los ambientes con mayor presión de vapor, como los interiores, hacia los de presión más baja, como los exteriores.
- **HUMEDAD ACCIDENTAL:** es la producida por roturas de conducciones y cañerías y suele provocar focos muy puntuales de humedad.

## **B. EROSION**

Es la pérdida o transformación superficial de un material, y puede ser total o parcial. Generalmente se trata de la “meteorización” de materiales pétreos provocada por la succión de agua de lluvia.

## **C. SUCIEDAD**

Es el depósito de partículas en suspensión sobre la superficie de la estructura. Se puede producir por la simple acción de la gravedad sobre las partículas en suspensión de la atmósfera o por partículas que penetran por la acción del agua de lluvia.

### **2.2.3.2 LESIONES MECANICAS**

Aunque las lesiones mecánicas se podrían englobar entre las lesiones físicas puesto que son consecuencia de acciones físicas, suelen considerarse un grupo aparte debido a su importancia. Definimos como lesión mecánica a aquella en la que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos.

Podemos dividir este tipo de lesiones en:



## A. DEFORMACIONES

Son cualquier variación en la forma del material, sufrido tanto en elementos estructurales como de cerramiento y que son consecuencia de esfuerzos mecánicos. Entre estas lesiones diferenciamos cuatro subgrupos que a su vez pueden ser origen de lesiones secundarias como fisuras, grietas y desprendimientos.

- **FLECHAS:** son consecuencia directa de la flexión de elementos horizontales debida a un exceso de cargas verticales o transmitidas desde otros elementos a los que los elementos horizontales se encuentran unidos por empotramiento.
- **PANDEOS:** son consecuencia de un esfuerzo de compresión que sobrepasa la capacidad de deformación de un elemento vertical.
- **DESPLOMES:** son consecuencia de empujes horizontales sobre la cabeza de elementos verticales.
- **ALABEOS:** son consecuencia de la rotación de elementos debida, generalmente, a esfuerzos horizontales.

## B. GRIETAS

Se trata de aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. Dentro de las grietas, y en función al tipo de esfuerzos mecánicos que las originan, distinguimos:

- **POR EXCESO DE CARGA:** afectan a elementos estructurales o de cerramiento al ser sometidos a cargas para las que no estaban diseñados. Este tipo de grietas requieren, generalmente, un refuerzo para mantener la seguridad de la unidad constructiva.



- **POR EXPANSIÓN TÉRMICA Y CONTRACCIONES DE FRAGUA:** afectan sobre todo a elementos de cerramiento, pero que también pueden afectar a las estructuras cuando no se prevén acciones.

### **C. FISURAS**

Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al cavado de un elemento constructivo. Aunque su sintomatología es similar a la de las grietas, su origen y evolución son distintos y en algunos casos se considera una etapa previa a la aparición de las grietas.

### **D. DESPRENDIMIENTO**

Es la separación entre un material de acabado y el soporte al que está aplicado por falta de adherencia entre ambos, y suele producirse como consecuencia de otras lesiones previas, como humedades, deformaciones o grietas.

### **E. EROSIONES MECÁNICAS**

Son las pérdidas de material superficial debidas a esfuerzos mecánicos, como golpes o rozaduras.

#### **2.2.3.3 LESIONES QUÍMICAS**

Son las lesiones que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico. El origen de estas lesiones suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad. Podemos subdividir las en:



## A. EFLORESCENCIAS

Se trata de un proceso patológico que suele tener como causa directa previa la aparición de humedad. Los materiales contienen sales solubles y éstas son arrastradas por el agua hacia el exterior durante su evaporación y cristalizan en la superficie del material.

Esta cristalización suele presentar formas geométricas que recuerdan a las flores y que varían dependiendo del tipo de cristal. Presentan dos variantes:

- Sales cristalizadas que no proceden del material
- Sales cristalizadas bajo la superficie del material (criptoflorescencia)

## B. OXIDACIONES Y CORROSIONES

Son un conjunto de transformaciones moleculares que tiene como consecuencia la pérdida de material en la superficie de metales como el hierro y el acero. Sus procesos patológicos son químicamente diferentes, pero se consideran un solo grupo porque son prácticamente simultáneos y tienen una sintomatología muy similar:

- **OXIDACIÓN:** es la transformación de los metales en óxido al entrar en contacto con el oxígeno. La superficie del metal puro o en aleación tiende a transformarse en óxido que es químicamente más estable, y de este modo protege al resto de metal de la acción del oxígeno.
- **CORROSIÓN:** es la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal. Este proceso se debe a la acción de una pila electroquímica en la cual el metal actuará como ánodo o polo negativo y perderá electrones a favor del cátodo o polo positivo. Según el tipo de pila que encontremos, podemos diferenciar distintos tipos de corrosión.



### C. ORGANISMOS

Tanto los organismos animales como vegetales pueden llegar a afectar a la superficie de los materiales. Su proceso patológico es fundamentalmente químico, puesto que segregan sustancias que alteran la estructura química del material donde se alojan, pero también afectan al material en su estructura física.

- **ANIMALES:** suelen afectar, y en muchas ocasiones deteriorar los materiales constructivos.
- **PLANTAS:** causan lesiones debido a su peso o a la acción de sus raíces, pero también las plantas microscópicas causan lesiones mediante ataques químicos.

### D. EROSIONES

Las del tipo químico son aquellas que a causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias, producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos.



## **2.2.4 PROBLEMAS EN PUENTES**

### **2.2.4.1 FALLAS**

El deterioro causado por los agentes naturales es común en todas las obras de la ingeniería civil, los fenómenos como lluvias torrenciales, huaycos, sismos, así como también las colisiones o impactos provocados, producen sin duda situaciones de emergencia, como asentamientos, erosiones, socavaciones, etc., que deben evaluarse inmediatamente.

Las fallas que ocurren con más frecuencia en puentes construidos con estructura de madera o de concreto se clasifican según dos aspectos básicos: funcionales y estructurales, tipificados de la siguiente manera:

#### **A. FALLAS FUNCIONALES**

Son aquellas que comprometen la finalidad principal de la obra, que es la de permitir el paso del caudal del curso de agua y proporcionar un paso seguro a los usuarios. Existen los siguientes tipos de problemas: materiales depositados en el cauce del río que ponen en riesgo la estabilidad de la estructura, desniveles ubicados junto a las superficies de las cabeceras de los puentes, barandas y guarda-ruedas dañados que ponen en riesgo la seguridad del usuario y por último, plataformas que presentan depresiones. Todos los antes mencionados se encuadran en esta categoría de fallas.

Por otro lado, problemas tales como: la obstrucción de los elementos del drenaje superficial del tablero, y la necesidad de reposición, reparación, o pintura de las piezas dañadas de las barandas, deben considerarse trabajos que hacen parte del mantenimiento rutinario.



Los equipos de mantenimiento pueden identificar fácilmente tales fallas rápidamente repararlos para evitar mayores daños a la estructura del puente, restableciendo las condiciones de seguridad tanto de la obra como para el usuario.

## B. FALLAS ESTRUCTURALES

Son aquellas que comprometen la estructura propiamente dicha del puente, por ejemplo las piezas agrietadas o podridas en el caso de los puentes de madera. Con respecto a los puentes constituidos por estructuras de concreto, existen fallas clasificadas como grietas en piezas estructurales importantes como pilares y vigas, armaduras expuestas, daños en los elementos de apoyo; todos estos se caracterizan como fallas estructurales.

Estas fallas pueden prevenirse haciendo observaciones periódicas de las piezas que componen la estructura en su conjunto. Cuando se detectan, deben solucionarse inmediatamente, ya que pueden comprometer la estabilidad del puente en el caso de que no sean reparados.

Las fallas atendiendo a su espesor, se pueden clasificar de la siguiente manera:

**Cuadro N° 2.1. Clasificación de Fallas**

NIVEL DE SEVERIDAD	ANCHO (mm)
Fisura	ancho < 0.4
Grieta	$0.4 \leq \text{ancho} < 1.0$
Fractura	$1.0 \leq \text{ancho} < 5.0$
Dislocamiento	ancho > 5.0



En **estribos** las fallas más probables son:

**a. Por volteo**

Un estribo se puede voltear por acción de las fuerzas horizontales, sobre la arista exterior de la zapata. Para que no se produzca este volteo, es necesario que el momento estabilizador sea mayor al momento del volteo. La relación del momento estabilizador al momento del volteo, es llamado “factor o coeficiente de seguridad al volteo”, el cual debe ser suficientemente grande para que garantice que el volteo no se produzca.

**b. Por deslizamiento**

Un estribo puede deslizarse sobre su base, en el mismo sentido que la acción de la resultante de las fuerzas horizontales. Para evitar esto es necesario que el producto de las fuerzas verticales por el coeficiente de rozamiento ( $f$ ), más el empuje pasivo, sea superior a la suma de las fuerzas horizontales, esta relación se llama “factor o coeficiente de seguridad al deslizamiento”

**c. Por falla del terreno**

Al producirse una compresión mayor a la que la capacidad portante del terreno, se produce un hundimiento de la estructura. Esta falla también puede presentarse por socavamiento del material adyacente a los estribos por acción de la corriente del agua. Para prevenir esta falla se debe garantizar que las presiones transmitidas por el estribo sean inferiores a las admisibles del terreno, así como la profundidad de cimentación sea mayor que la profundidad de socavación del río.

#### **2.2.4.2 SOCAVACIÓN**

La socavación puede definirse como la erosión “local” del lecho de un cauce natural. En general, la erosión en un río consta de tres componentes: la erosión



general, erosión en estrechamientos o transversal y erosión local o socavación; esta última es la que se debe a la interacción fluido-estructura en presencia de un material superficial erosionable, es la más importante.

### **Tipos de socavación:**

#### ✓ **Socavación normal o general**

Se entiende por socavación general el descenso del fondo de un río que se produce al presentarse una creciente y es debida al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido que en ese momento adquiere la corriente, en virtud de su mayor velocidad.

La erosión del fondo de un cauce definido por el cual discurre una corriente es una cuestión de equilibrio entre el aporte sólido que pueda traer el agua a una cierta sección y el material que sea removido por el agua de esa sección y al aumentar la velocidad del agua, aumenta también la capacidad de arrastre.

#### ✓ **Socavación en estrechamientos**

Se entiende por socavación en estrechamientos la que se produce por el aumento en la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de una reducción de área hidráulica en su cauce.

El efecto es muy importante en puentes, donde por lo común y por razones de economía suelen ocurrir las mencionadas reducciones, si bien puede presentarse en otros lugares del curso del río, en que un estrechamiento más o menos brusco tenga lugar. Los cambios que la presencia de un puente impone a la corriente son principalmente los siguientes:



- Cambio de la velocidad del flujo del agua en el cauce principal.
- Cambio en la pendiente de la superficie libre del agua, hacia arriba y hacia abajo del puente. Esto origina un mayor arrastre del material del fondo en la sección del cauce y, cuando ello es posible, un ensanchamiento del cauce.

#### ✓ **Socavación en curvas**

Cuando un río describe una curva existe una tendencia en los filetes líquidos situados más lejos del centro de curvatura a caminar más aprisa que los situados más hacia el interior; como consecuencia, la capacidad de arrastre de sólidos de los primeros es mayor que la de los segundos y la profundidad de erosión es mayor en la parte del cauce exterior a la curva que en la interior.

El efecto es importante y ha de ser tenido en cuenta en la construcción de puentes en curvas de río o en el diseño de enrocamientos de protección en los mismos lugares pues al disminuir la velocidad la curva aumenta el depósito en esta zona y, por ello, disminuye la zona útil para el flujo del agua y al aumentar la profundidad y el área hidráulica, aumenta el gasto.

#### ✓ **Socavación local en estribos**

Desde el punto de vista de definición, la socavación local en estribos es análoga a la que se presenta en las pilas de los puentes, sin embargo, se le distingue por existir algunas diferencias en los métodos teóricos y aun experimentales para su evaluación.

#### ✓ **Socavación local en pilas**

Cuando se coloca una pila de puente en la corriente de un río se produce un cambio en las condiciones hidráulicas de ésta, y, por lo tanto, en su



capacidad para producir arrastre sólido. Si la capacidad de arrastre supera localmente el aporte del gasto sólido del río, ocurrirá en la pila una socavación local.

Es evidente que el conocimiento de la profundidad a que puede llegar este efecto erosivo es de fundamental importancia en el diseño de cimentaciones poco profundas para puentes, pues una falla seria de juicio en esta cuestión conlleva la destrucción total de la estructura o la adopción de profundidades antieconómicas y excesivas, que complican seriamente los procedimientos de construcción.

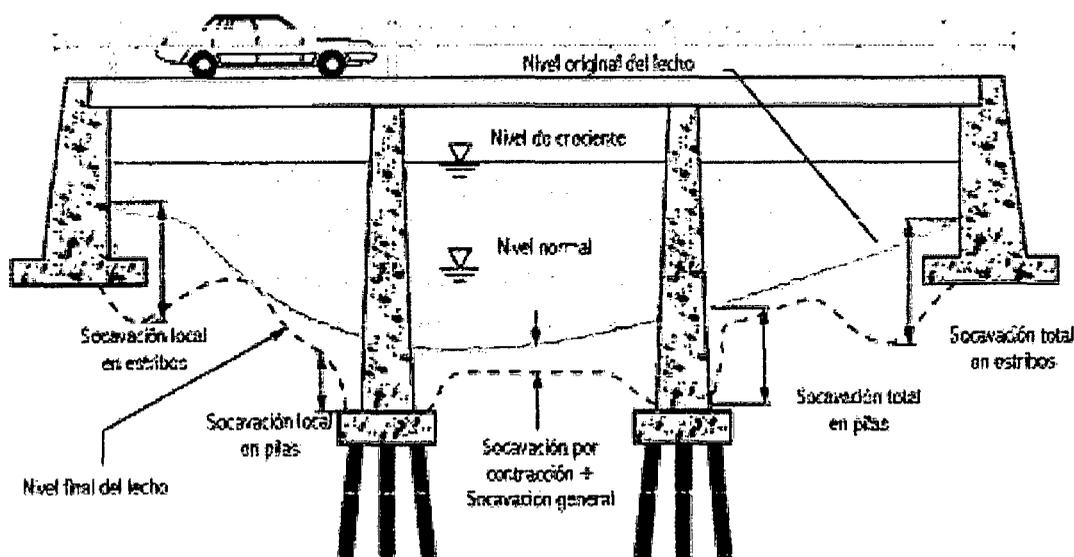


Figura N° 2.8. Tipos de socavación que pueden ocurrir en un puente.

### 2.2.4.3 ALTERACIÓN DEL CONCRETO

La alteración del concreto ocurre cuando el mismo está sometido a medios agresivos como sales y sulfatos. El uso de cementos con resistencia a la acción de dichos agentes debe ser objeto de análisis cuando se prevea la aparición de este tipo de problema.



Causas principales: presencia de aguas sulfatadas e infiltraciones a través de vacíos o hendiduras en las estructuras del concreto.

Alternativas de solución: inyección de lechada de cemento o resina en las hendiduras existentes, e impermeabilización de las piezas de concreto que estén en contacto con el agua.

#### **2.2.4.4 CORROSION DE LAS ARMADURAS**

En regiones próximas al mar la acción de la intemperie en las armaduras expuestas ocurre rápidamente, lo que puede comprometer gravemente toda la estructura del puente.

Causas principales: falta de recubrimiento de las armaduras, presencia de hendiduras en el concreto, retracción excesiva del concreto por problemas de cura insuficiente, variación excesiva de la temperatura ambiente y armaduras mal distribuidas o con problemas de adherencia.

Alternativas de solución: Uso de lechada con aditivos como la resina epóxica o solamente lechada de cemento para el recubrimiento de las armaduras expuestas al aire; relleno de las hendiduras con resina epóxica.

Se consideran normales pequeñas hendiduras en las piezas de concreto armado siempre y cuando no haya exposición visible de las armaduras. Sin embargo, las mismas deben ser objeto de controles de rutina para verificar si son ocasionadas por las fallas de la retracción del concreto o si pueden estar indicando algún problema de orden estructural. Las hendiduras de mayor magnitud que son más visibles y con un espesor y profundidad mayor, se denominan grietas. Estas indican la existencia de probables problemas estructurales.



#### **2.2.4.5 ACCION DE FUEGO**

Las altas temperaturas generadas por el fuego afectan las estructuras de concreto ocasionado graves hendiduras. Las armaduras a su vez, también pueden afectarse dependiendo de la magnitud del siniestro.

Causas principales: temperatura excesivamente alta.

Alternativas de solución: reparación de las hendiduras con lechada de cemento o resina epóxica en el caso de que las armaduras no hayan sido afectadas y evaluación estructural de los daños en su totalidad para verificar las posibilidades de recuperación de la estructura, en el caso de que las armaduras hayan sido afectadas por el fuego.

#### **2.2.4.6 DEFECTOS EN EL CONCRETO**

Los problemas causados por el vertido incorrecto del concreto o errores al realizar los movimientos y/o las vibraciones en el encofrado durante la etapa de construcción, pueden dar origen a defectos en el concreto con o sin exposición de las armaduras.

Causas principales: segregación del concreto durante su vertido en el encofrado, armaduras con falta de espacio para la penetración del concreto, encofrado con aberturas y vibración deficiente del concreto.

Alternativas de solución: Cubrir los defectos con la aplicación de una mezcla de cemento y arena o su relleno con resina epóxica.



## 2.2.5 PLANIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN

### 2.2.5.1 GENERALIDADES

Se entiende por inspección al conjunto de acciones de gabinete y campo, desde recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post construcción, inspecciones previas, etc.), hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado.

La inspección de un puente tiene dos objetivos, asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura, y detectar las deficiencias existentes, recomendando las acciones para corregirlas. Una es inspección de seguridad y la otra para mantenimiento del puente.

Los tipos de inspección son:

- a. Inspección inicial (de inventario)
- b. Inspección rutinaria (periódica)
- c. Inspección de daños
- d. Inspección especial

El rol del Ingeniero Inspector es el de proveer información amplia y detallada sobre el estado del puente, como resultado de la inspección, documentando sus condiciones y deficiencias, alertando sobre los riesgos que sus hallazgos tengan en la seguridad del usuario y la integridad de las estructuras, debiendo estar constantemente alerta para que los pequeños problemas no se conviertan en costosas reparaciones.

Debido a las fuerzas destructivas de la naturaleza, el incremento del tráfico y la presencia de vehículos sobrecargados, las estructuras de los puentes presentan



deficiencias o defectos. Los inspectores deben examinar e informar acerca de esos cambios de condición.

Para conocer la condición real existente y evaluar cada uno de los elementos del puente, es necesario un programa de inspecciones, el cual debe realizarse en forma organizada.

Los antecedentes del puente estarán en un archivo, conteniendo su historial, información estructural, datos estructurales, descripción de la infraestructura y superestructura, información de tránsito, evaluación de cargas e inspecciones anteriores, entre otros aspectos.

#### **2.2.5.2 FRECUENCIA**

Los puentes en servicio deben ser evaluados, por lo menos, una vez al año, por parte de personal adiestrado específicamente para la identificación y evaluación de daños.

Los componentes sumergidos del puente deben ser inspeccionados cada tres (3) años con personal especializado.

La época más recomendable para realizar esta inspección es al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilite el acceso bajo las obras y se observa los indicios de socavación, que es causa principal del colapso del puente.

En casos extraordinarios se deberá disponer de Inspecciones Especiales. La Inspección será visual y física, existiendo otras técnicas avanzadas (destruktivas y no destruktivas), para inspecciones específicas de concreto, acero y madera.



### 2.2.5.3 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN

Generalmente es ventajoso emplear un procedimiento sistemático, es decir seguir una rutina de inspección en todos los puentes.

El personal de mantenimiento y el cuerpo de inspectores de puentes deben trabajar en coordinación. Los inspectores son la fuente principal para identificar las necesidades de mantenimiento.

Una inspección bien documentada es esencial para determinar los requerimientos de mantenimiento y dar recomendaciones prácticas, sugiriendo acciones para corregir las deficiencias o impedir el incremento de estos defectos. Inspecciones regulares deben considerarse como una responsabilidad primordial en el mantenimiento.

Además de los defectos que pueda haber, las inspecciones deben buscar las condiciones que puedan indicar posibles problemas futuros. Para la recopilación de la información se utilizará los formatos que se adjuntan como Anexo N° 03; que servirán para la toma de datos en la inspección, así como en los procedimientos de calificación de componentes del puente.

Cuando se lleve a cabo una inspección en el campo se debe seguir los siguientes pasos:

#### **A. Acciones previas a los trabajos de campo:**

Se debe revisar el inventario y los informes de inspección anteriores, a fin de tomar conocimiento si existen circunstancias especiales, como daños observados anteriormente, o elementos estructurales que necesiten una inspección más detallada.



## **B. Acciones en el campo propiamente dichas:**

- a. Se debe verificar la ubicación y nombre del puente programado para su inspección.
- b. Se debe tomar las medidas de seguridad necesarias.
- c. Se debe iniciar la inspección tomando una foto de identificación del puente.
- d. Se debe tomar una fotografía del acceso al Puente.
- e. Se debe inspeccionar y calificar la condición de cada uno de los componentes del puente (estribos, pilares, alas, tablero, losas, vigas, diafragma, elementos de arco, reticulados, elementos de puente colgante, aparatos de apoyo, junta de expansión, superficie de rodadura, aceras, barandas, señalización, accesos, taludes, defensas, cauce, etc).
- f. Se debe inspeccionar y calificar taludes y obras de protección en los extremos del puente.
- g. Se debe tomar fotografías en los diferentes tipos de estribos y pilares.
- h. Se debe revisar y calificar los pilares, apoyos, el cauce, y la parte de la superestructura.
- i. Se debe tomar una foto de la elevación del puente, en la que se pueda apreciar la subestructura y la superestructura
- j. Al final se debe calificar la condición del puente en general.

Finalmente debe asegurarse que todas las partes visibles del puente fueron inspeccionadas y que la documentación del levantamiento de información se encuentra completa y correctamente formulada.

## **C. Acciones para detectar daños más comunes.**

Se debe inspeccionar:



## C.1 Componentes de Concreto

Daños comunes en los componentes de concreto incluyen agrietamiento, escamas, delaminación, spalling (descascaramiento), afloramientos, desgaste o abrasión, daños de colisión, pulido, y sobrecarga.

Los agrietamientos en concreto son usualmente finos para ser detectado a simple vista. Se califican como grietas finas, medias o anchas. Las primeras son usualmente insignificantes para la capacidad de la estructura, pero deben ser reportadas como una advertencia. Las grietas medias y anchas son significativas para la capacidad estructural y deben ser registradas y monitoreadas en los reportes de inspección.

Las grietas pueden ser estructurales y no estructurales:

- Las grietas estructurales requieren de atención inmediata, toda vez que ellas afectan la capacidad del puente.
- Las grietas no estructurales son causadas por expansión térmica y contracción de fragua; en losas debe tenerse especial cuidado, puesto que el agua de infiltración de lluvia puede conllevar a la corrosión de la armadura.

El desgaste de la superficie de rodadura es la pérdida gradual y continua de superficie de mortero y agregado sobre un área. La peladura es clasificada en cuatro categorías: ligera, media, dura y severa.

La delaminación ocurre cuando capas de concreto se desprenden cerca del nivel superior o exterior del refuerzo de acero. La mayor del acero debido a la intrusión de cloruros o sales.

Estos pueden ser inspeccionados por exámenes visuales y físicos:



- La inspección visual permite observar los deterioros primarios, como son las grietas y las manchas de óxido. Un inspector debe reconocer el hecho que no todas las grietas son de igual importancia. Manchas de óxido son una de las señales de corrosión de refuerzo de acero en miembros de concreto. La longitud, dirección, localización y extensión de las grietas y manchas de óxido deben ser medidas y reportadas en las notas de inspección.
- Los exámenes físicos más comunes son el sondeo con martillo (martilleo) y la cadena arrastrada. El primero es usado para detectar áreas de concreto hueco y usualmente para detectar delaminación. Para áreas de superficie grandes, el arrastre de cadenas puede ser usado para evaluar la integridad del concreto con razonable seguridad, aunque en losas no son métodos totalmente seguros; pero son rápidos y baratos.

## C.2 Componentes de Acero

Daños comunes en los componentes de acero incluyen la corrosión, el agrietamiento, daños por colisión y sobreesfuerzos.

Los agrietamientos usualmente se inician en la conexión, el extremo final de la soldadura o sobre un punto corroído de un miembro y, luego, se propaga a través de su sección transversal hasta la fractura del miembro.

Los inspectores deben observar cuidadosamente en cada una de las potenciales ubicaciones de fisuras. La forma más reconocida de deterioro del acero es la corrosión.

En componentes de acero, uno de los tipos de daños más comunes es el agrietamiento por fatiga; estos se desarrollan en estructuras de puentes debido a la repetición de cargas.



El inspector identificará detalles constructivos susceptibles a la fatiga y llevará una inspección completa de dichos detalles. Para estructuras pintadas, una rotura en la pintura acompañada por manchas de oxidación indica la posible existencia de una grieta de fatiga.

Si se sospecha de una grieta, el área será limpiada y se dispondrá una inspección visual de primer plano. Adicionalmente, se pueden prever más pruebas, tales como tintes penetrantes, para identificar la grieta y determinar su extensión. Si existieran o se descubren grietas de fatiga, se deberá efectuar inspecciones más profundas.

Los daños debido a colisión vehicular, incluidas pérdidas de sección, agrietamiento y distorsión de formas serán cuidadosamente documentados, debiendo iniciarse inmediatamente las reparaciones.

Hasta que las reparaciones hayan culminado, se recomienda restricción vehicular de tráfico basados en resultados de análisis de evaluación.

### **C.3 Componentes Sumergidos**

Corresponde a componentes de la subestructura.

Se necesitan equipos especiales para inspeccionar los componentes sumergidos; asimismo para la visibilidad debe utilizarse equipos adecuados de iluminación.

Los componentes de las estructuras de acero son susceptibles a corrosión, especialmente en las zonas afectadas por la humedad.

### **C.4 Tableros**

Los defectos más comunes en tableros de acero son fisuras en soldaduras, seguros rotos, corrosión y conexiones sueltas o rotas.



En un sistema de piso de acero corrugado, la pérdida de sección debido a la corrosión puede afectar la capacidad de carga de la cubierta.

Los defectos comunes en tableros de madera son el aplastamiento de la cubierta en los apoyos de los sistemas de piso, daños por flexión tales como fracturas, pandeo y grietas en áreas en tensión y pudrición de la cubierta por organismos biológicos, especialmente en aquellas áreas expuestas al drenaje.

Los defectos comunes en tableros de concreto son desgaste, escama, delaminación, spalling (descascamiento), grietas de flexión longitudinal, grietas de flexión transversal en las regiones de momento negativo, corrosión de la armadura de refuerzo, grietas debido a agregados reactivos y daño debido a contaminación química.

### **C.5 Juntas**

Los daños en las juntas son causados por impacto vehicular, temperaturas extremas y acumulación de tierra y escombros. Los daños por escombros y tránsito de vehículos pueden causar que la junta sea rasgada, que los anclajes sean arrancados, o sean removidos totalmente.

Las temperaturas extremas pueden romper la adherencia entre la junta y el tablero y, consecuentemente, repercutir en la remoción total de la junta.

La función primaria de la junta es acomodar la expansión y contracción de la superestructura del puente.

### **C.6 Apoyos**

Pueden ser categorizados en dos grupos: metálicos y elastoméricos.



Los apoyos metálicos pueden volverse inoperativos debido a corrosión, acumulación de escombros, u otras interferencias. Apoyos congelados pueden generar flexiones, ondulamientos y alineamiento inapropiado de miembros. Otros tipos de daños son pérdidas de seguros, rotura de soldadura, corrosión en la superficie deslizante.

Los daños en placas de apoyos elastoméricos son: excesivo abultamiento, rompimiento o desgarramiento, corte y falla por corrimiento.

#### **2.2.5.4 EJECUCION DE LA INSPECCION**

La inspección visual nos permite determinar el agrietamiento, corrosión, las deformaciones y las flechas en la estructura del puente. La cual debe complementarse con una auscultación mediante métodos topográficos, magnéticos, eléctricos y químicos para determinar corrimientos, posiciones de armadura y acercarse a la determinación del grado de corrosión de las armaduras.

Los diferentes elementos a ser inspeccionados serán agrupados en tres grandes divisiones:

- a) Cimentaciones.
- b) Superestructura.
- c) Dispositivos básicos de protección.

##### **a) Cimentaciones**

Normalmente la inaccesibilidad a la cimentación hace que las posibles fallas tengan que ser detectadas indirectamente, a través de signos en la superestructura o en forma de movimientos excesivos, fisuración, etc.



Por su interés con relación a posibles fallas en la cimentación cabe señalar la utilidad de dos actividades: la nivelación del tablero y las inspecciones subacuáticas.

En los estribos, pilares y sistemas de apoyo generalmente se encuentra una amplia variedad de defectos y deterioros observables, los cuales puedan ser indicios de otros problemas relacionados con la cimentación, estabilidad, infiltración y el mal funcionamiento de apoyos, etc.

### **b) Superestructura**

La inspección de los elementos de la superestructura y los daños que estos presentan varían notablemente en función al tipo de puente.

### **c) Dispositivos básicos de protección**

Los dispositivos básicos de protección también necesitan una constante inspección, que comprenden a los siguientes: barreras de concreto, barandas, dispositivos básicos de transición y contención, losas de transición, estribos, cortinas, alas, juntas de dilatación, drenaje, pavimentación, aparatos de apoyo y señalización.

En general se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones básicas para la inspección de un puente:

#### **2.2.5.4.1 Inspección del cauce**

Con la anticipación a los problemas y tomando adecuadas medidas de protección, se pueden minimizar serias dificultades posteriores.

Con ese motivo, es conveniente investigar las siguientes condiciones:



- Si existe adecuado espacio bajo el puente para permitir el paso de las aguas. Los depósitos de arena y/o grava, pueden reducir este espacio.
- Si hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.
- Posible obstrucción del cauce con maleza, palizadas o crecimiento de plantas que puedan contribuir a la socavación o riesgo posible de incendio.

Un registro del perfil del cauce da información valiosa sobre la tendencia del río a erosionar, cambiar de curso, de gradiente, etc.

El registro debe mantenerse actualizado, particularmente cuando existan variaciones de importancia. Estas indicaciones ayudan a proyectar protecciones a los pilares o estribos, sobre todo a sus cimentaciones.

#### **2.2.5.4.2 Estribos y pilares**

Cuando se inspeccionan estribos o pilares de concreto, debe observarse defectos de cualquier tipo. Los más frecuentes son los siguientes:

- Deterioro del concreto en la línea de agua.
- Deterioro del concreto en la zona de los apoyos.
- Grietas en los estribos, especialmente en el encuentro entre el cuerpo y las alas. Estas grietas deben observarse a través del tiempo para ver si aumentan. Cuando estas grietas se pronuncian, indican que hay movimiento estructural que puede ser causado por problemas de cimentación.

#### **2.2.5.4.3 Aparatos de apoyo**

Los aparatos de apoyo, sean fijos o móviles, deben ser examinados para asegurar que funcionen debidamente. El mal comportamiento de los apoyos puede ser causa de movimiento de pilares o estribos.

Si existe este tipo de problema debe efectuarse la siguiente inspección:



- Observar si los pernos de anclaje están dañados o si las tuercas necesitan ajuste.
- Verificar si los elementos de expansión permiten el movimiento de acuerdo a su diseño.
- Verificar si hay suciedad o escombros alrededor de los aparatos de apoyo.
- Observar si hay exceso de deformación o rotura en las placas de neopreno.
- Observar los rodillos y su condición de apoyo móvil.
- Los aparatos de apoyo pueden sufrir daños por causa del tráfico pesado, por suciedad acumulada. Si se advierte un mal funcionamiento, debe notificarse de inmediato.

#### 2.2.5.4.4 Tableros

Los tableros deben examinarse para determinar si hay riesgo de deslizamiento de los vehículos sobre su superficie debido a falta de rugosidad en el piso. Debe observarse que no haya empozamiento de agua por la obstrucción de los drenes. Verificar que estos funcionen sin afectar partes estructurales o al tráfico que pasa en un nivel inferior.

- Tablero de madera. - Deben ser examinados para detectar si hay deterioro en la zona de contacto con los largueros o entre capas de madera laminada. Hay necesidad de mantenimiento cuando hay clavos sueltos, piezas rotas o deterioradas, aberturas que dejan pasar suciedad hacia los pilares o estribos.
- Tableros de acero.- Deben examinarse para ver si hay corrosión o soldaduras en malas condiciones, si hay suciedad acumulada en los pisos de parrilla en las zonas de apoyo sobre largueros o si hay planchas sueltas o si la pintura está deteriorada.
- Tableros de concreto.- Deben examinarse para detectar grietas, descascamientos u otros signos de deterioro Debe observarse con



cuidado el acero de refuerzo para determinar su estado. Las grietas en el concreto permiten que la humedad afecte al acero de refuerzo el cual al oxidarse se expande y causa desprendimiento del concreto.

#### **2.2.5.4.5 Superficie de rodadura**

El deterioro en la losa del puente, puede ser causado tanto por agentes naturales como por el incremento de cargas rodantes, así como también por daños producidos por impactos de vehículos y por el tiempo de servicio o período de diseño de vida útil. Cualquier tipo de superficie de rodadura puede ocultar los defectos del tablero. Esta superficie debe observarse con mucho cuidado para buscar evidencia del deterioro del tablero. En algunos casos se debe remover pequeñas secciones para facilitar una mejor investigación.

Las acciones del tráfico vehicular inciden directamente en la superficie de rodadura, lo que produce el agotamiento por fatiga o el desgaste de sus componentes. El deterioro por desgaste o abrasión son causados generalmente por el exceso de cargas, descarrilamiento de autos, colisiones del tráfico con las estructuras, etc.

Cuando se producen estos daños, aunque no constituyan un peligro inmediato para el buen funcionamiento de la estructura, el Inspector debe registrar en el formato de evaluación, el grado de desgaste que presenta, describiendo los daños, complementando la información con fotografías, de tal manera que se pueda monitorear en caso no hayan sido reparados oportunamente los daños.

#### **2.2.5.4.6 Acceso al puente**

Son importantes por su conexión al puente y deben estar a nivel con el tablero. Si la transición no es suave, los efectos del impacto pueden aumentar la energía de las cargas que ingresan al puente, causando daño estructural. El pavimento de



los accesos debe observarse para detectar la presencia de baches, asentamientos o excesiva rugosidad.

La junta entre las losas de aproximación y los estribos, diseñada para el movimiento causado por las variaciones de temperatura, debe ser examinada para comprobar su debida abertura y sello apropiado. En la evaluación de los accesos al puente se considerará también el estado de los guardavías, las bermas, taludes y drenaje.

#### **2.2.5.5 PRUEBAS EN LOS COMPONENTES DE UN PUENTE**

Para planificar una reparación o mantenimiento de un puente, en algunos casos es necesario obtener más información de la condición del material existente que la que se puede obtener con la inspección visual.

Normalmente el Supervisor no ejecuta estas pruebas, pero si debe saber cuándo son necesarias y conocer lo que se determina con ellas. Por esta razón, es importante que el Inspector revise los conceptos técnicos sobre pruebas en los Componentes de un Puente, para facilitar su trabajo de inspección en campo y la preparación de su Informe de Inspección.

#### **A. CORROSIÓN DEL ACERO EN EL CONCRETO ARMADO**

Hay varias pruebas para investigar el deterioro de un elemento debido a la corrosión del acero de refuerzo.

El reconocimiento de la delaminación se hace golpeando el tablero de concreto para que aparezcan las fisuras internas causadas por la corrosión del acero de refuerzo, quedando las marcas en la superficie; la superficie usualmente se sondea mediante una cadena de arrastre, mostrando la delaminación.



Las áreas que presentan este tipo de deterioro, quedan marcadas en la superficie y el mapa se usa como un informe de reconocimiento. La cantidad de delaminación es medida como porcentaje del área de la superficie tratada. No se incluyen las cavidades que se han producido por otros motivos.



Figura N° 2.9. Corrosión del acero en el concreto armado

## B. COBERTURA DEL ACERO DE REFUERZO USANDO UN MEDIDOR DE ESPESOR

Hay instrumentos comercialmente disponibles que, usando un campo magnético, detectan la presencia, dentro del concreto, de las barras de acero de refuerzo. Si se conoce el diámetro de la barra, el instrumento puede determinar el espesor de concreto sobre la barra.

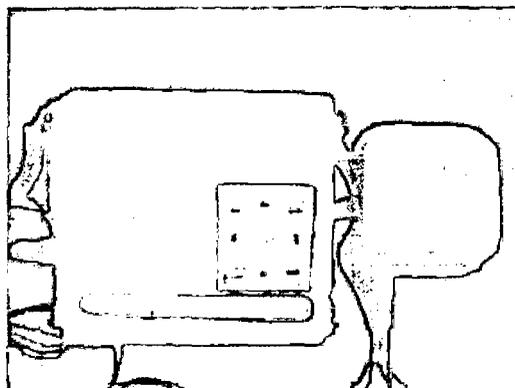


Figura N° 2.10. Medidor de espesor de cobertura de acero



La estimación de la profundidad a la que se encuentran las barras de refuerzo es útil cuando hay que remover parte de la superficie para trabajos de mantenimiento.

Para ayudar a comprobar la precisión y calibrar el instrumento, se expone una barra de refuerzo y se compara la lectura con la profundidad hallada. Esta práctica es útil puesto que el concreto puede contener partículas magnéticas que afectan las medidas dadas por el instrumento.

### **C. CONTENIDO DE CLORUROS**

Es una Inspección Especial que se efectúa recogiendo muestras del polvo de concreto por efecto de taladrar la superficie y analizando las muestras obtenidas a varias profundidades.

El contenido de sales de cloro se puede medir en  $\text{kg}/\text{m}^3$ . El umbral de contaminación empieza con  $16 \text{ kg}/\text{m}^3$  (una libra por pie cúbico).

### **D. RECONOCIMIENTO DEL POTENCIAL DE CORROSIÓN**

El procedimiento para medir el potencial de corrosión del acero de refuerzo es midiendo el potencial eléctrico de este acero. Estas medidas se hacen conectando una sonda a un detector de corrosión.

La superficie es usualmente mojada para un mejor contacto eléctrico. Esta prueba no es recomendable cuando el tablero está armado con acero galvanizado o cubierto con material epóxico.

### **E. MAPA DE CONTORNO DE CORROSIÓN**

Los test de corrosión están típicamente circunscritos a un cuadrado de 1.3 m de lado (cuatro pies) establecido en el tablero del puente. Los resultados de



la prueba se registran en la misma ubicación mostrada en un esquema del tablero y los contornos muestran las áreas que tienen delaminación, contaminación por cloruros y corrosión activa.

## **F. NUEVAS PRUEBAS DE CORROSIÓN**

Los tableros de concreto, deteriorados por contaminación con sales de cloro, continúan aumentando el costo del mantenimiento en puentes. La investigación y los esfuerzos que se desarrollan para hallar métodos de detección y cuantificación de daños por corrosión, en forma más confiable y rápida, hacen más efectiva la administración para el mantenimiento de puentes.

Uno de tales esfuerzos es el desarrollo de un índice de la medida de corrosión basada en la determinación de la polarización potencial del acero de refuerzo. Otro método de prueba, es de acuerdo a la permeabilidad del concreto, indicado por la carga eléctrica que pasa a través de este material.

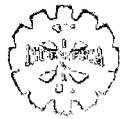
## **G. PRUEBAS EN CONCRETO SIN RELACIÓN A LA CORROSIÓN**

En un tablero de concreto armado, se puede determinar las características del material que son más útiles en la planificación de su mantenimiento, mediante:

### **G.1 TESTIGOS**

Que pueden ser extraídos mediante taladros del material endurecido que forma el tablero. Estos testigos pueden luego ser probados a la compresión.

Sin embargo, como la mayoría de los problemas tiene más relación con la durabilidad que con la resistencia, raramente estos testigos se ensayan la compresión simple y, más bien, son usados para análisis petrográficos de



aire incorporado y para pruebas de contaminación química. Como esta prueba es costosa y destructiva, los testigos se extraen solo cuando es necesario efectuar investigación adicional.



Figura N° 2.11. Extracción de testigos de concreto.

### G.3 PRUEBA DE ESCLERÓMETRO

Para la realización de este ensayo se emplea un martillo de rebote — Esclerómetro, dispositivo que permite estimar la dureza y resistencia del concreto.

Su modo de operación consiste en la aplicación de energía a una masa impulsada que choca contra el concreto y la distancia de rebote medida en el instrumento se asume como índice esclerométrico. A cada índice corresponde un valor de resistencia, lo que depende del fabricante del equipo (se deberán tomar un mínimo de siete (7) datos para realizar los análisis estadísticos).

Es de suma importancia la aplicación de criterio a la hora de valorar los resultados puesto que al ser una prueba superficial no es posible estimar si el sitio de análisis escogido es un agregado o un vacío; por ende es susceptible a obtener resultados que no valoren realmente la resistencia del concreto. Mediante esta prueba se establece el índice esclerométrico, el cual



permite correlacionar resultados de núcleos a la compresión con nuevos ensayos sin afectar la estructura.

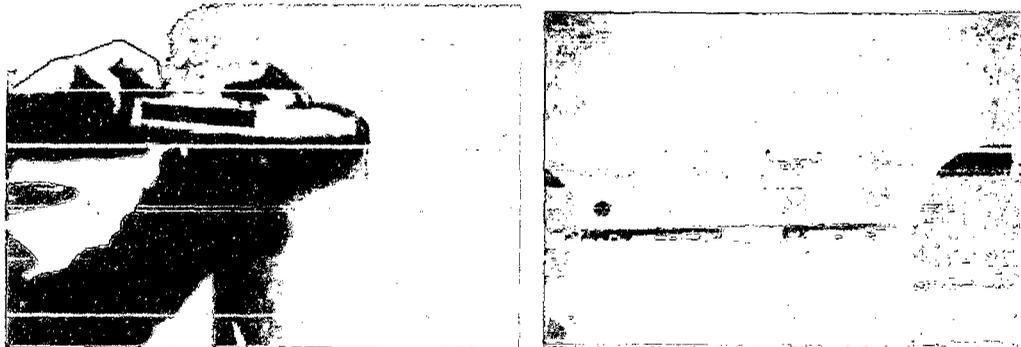


Figura N° 2.12. Ensayo de índice esclerométrico.

## G.2 REACTIVIDAD ALCALINA DE LOS AGREGADOS

Algunos agregados reaccionan con el cemento creando un gel en el concreto endurecido; con el tiempo, este gel se expande causando fisuras y desintegración de la adherencia entre los ingredientes del concreto. Una prueba con luz ultravioleta y acetato de uranio permite determinar la presencia del gel.

Poco puede hacerse para prevenir este problema en los puentes existentes, excepto hacer lo posible para impedir el uso de agregados reactivos en las futuras reparaciones.

## G.3 PRUEBAS PARA PROBLEMAS ESPECIALES

Hay pruebas consideradas muy costosas para ser usadas en forma rutinaria. Sin embargo algunas pueden ser usadas en situaciones especiales, tales como:

- ☛ **Velocidad de pulso ultrasónico:** Con esta medición se obtiene el tiempo de transmisión de energía de un pulso ultrasónico a través de



una cierta distancia de concreto. Esta velocidad es proporcional al módulo dinámico de elasticidad o endurecimiento, el cual a su vez es un indicador de la resistencia del concreto.

La prueba evalúa la homogeneidad y determina la ubicación de las fisuras. El resultado puede ser afectado por muchos factores, incluyendo la variación de los agregados y la ubicación del acero de refuerzo. Se obtiene resultados cuantitativos, pero ellos son de naturaleza relativa, por lo que es necesario correlacionarlos con testigos, para conseguir valores absolutos.

- ☛ **Inspección radiográfica:** Puede usarse para ubicar fisuras, acero de refuerzo y vacíos internos en el concreto. Se puede penetrar hasta 200 mm dentro del concreto. Es un método no destructivo pero requiere acceso a la parte posterior del elemento. Es muy costoso y debe ser usado con cuidado por el potencial de riesgo a la salud de los rayos X.
- ☛ **Tomografía asistida por computadora:** Esta prueba emplea una fuente nuclear para obtener una sección transversal del elemento. Entrega información sobre la ubicación de los agregados, fisuras, vacíos, densidad y extensión de la corrosión. Es un método no destructivo y puede ser usado para observar elementos de hasta un metro de espesor. Es muy costoso, no da medidas directas de resistencia y tiene un alto riesgo para el usuario.

## H. PRUEBAS EN ELEMENTOS DE ACERO

Existen varios métodos de prueba para evaluar los problemas que tienen los elementos de acero. Es importante conocer la resistencia del acero, sus ingredientes y la presencia de fallas o fisuras que no se pueden observar a simple vista.



## **H.1 PLACAS DE MUESTRA**

Se pueden extraer muestra del área de un elemento donde no cause problema a la estructura (determinada por un especialista estructural calificado). La muestra puede ser probada a esfuerzos de tracción y análisis de sus ingredientes (para capacidad de carga y soldabilidad). La prueba es destructiva por lo que su uso es restringido.

## **H.2 TINTES DE PENETRACIÓN**

Esta prueba es usada para identificar y aumentar las fisuras en la superficie de elementos de acero. La prueba es simple y no es costosa. Fotografiando las fisuras se obtiene un registro duradero.

## **H.3 PRUEBAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

Con esta prueba se ubican fisuras en la superficie de elementos de acero, introduciendo un campo magnético. Las partículas magnéticas son fluorescentes y están suspendidas en un líquido espeso. El campo magnético atrae las partículas hacia las discontinuidades de la superficie de acero. El método es rápido y de bajo costo, aunque sólo es aplicable a defectos superficiales.

## **H.4 PRUEBAS ULTRASÓNICAS**

Este método emplea ondas de sonido para ubicar fisuras o fallas dentro de miembros de acero. Es comúnmente usado en uniones soldadas terminales de platabandas, partes de péndolas con pines. Es más efectiva en la identificación de fisuras que son perpendiculares, más que paralelas, a la dirección de la onda de sonido. Es una prueba no destructiva y puede ser usada para medir espesores de elementos.



## **H.5 INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA**

Se localizan fisuras con empleo de películas y una fuente de rayos X o rayos gamma, colocada en el lado opuesto del elemento, obteniendo un registro permanente. Se puede penetrar hasta 350 mm en el acero.

El método es costoso, difícil de usar, con riesgo de salud para el operador, a menos que se tomen cuidados extremos durante su aplicación.

## **H.6 HOLOGRAFIA ACÚSTICA**

Con este método se ubican fisuras empleando transductores ultrasónicos que producen una figura multidimensional y un registro permanente. La prueba es costosa y algo experimental.

## **I. PRUEBAS EN ELEMENTOS DE MADERA**

La madera es uno de los materiales antiguos más usados en los puentes. A pesar de su larga historia, aún están en desarrollo métodos de prueba para añadir a esos actualmente en uso:

### **I.1 PUNZÓN DE PRUEBA**

Un punzón (Picahielos) puede ser usado para que, en forma subjetiva, se mida la calidad de la madera.

### **I.2 PERFORACIONES**

Se emplean para obtener muestras del interior de una pieza de madera ya que el deterioro empieza en el interior de un elemento tratado. Con esta prueba se define si el elemento debe ser cambiado como parte de una operación de reparación.



### I.3 PRUEBAS AVANZADAS PARA MADERA

- ☞ **Prueba de velocidad de pulso sónico:** Con este método se tiene la resistencia relativa de la madera y la pérdida de sección como un solo valor, basándose en la velocidad del pulso, que es proporcional a la densidad y al módulo de elasticidad. Para obtener valores absolutos es necesario correlacionar los resultados con muestras de conocida resistencia.
- ☞ **Medidores manuales de humedad:** Con estos medidores se obtiene la humedad contenida en una pieza sólida, incluyendo madera laminada. Estos aparatos pueden ser de medición dieléctrica o de conducción. Con ello se obtiene una medida rápida del contenido de humedad y también proporcionan información sobre resistencia, basándose en parámetros eléctricos, aunque esa información no es confiable.

### J. PRUEBAS DE CARGAS

La mayoría de los métodos de medición de capacidad de carga de un elemento de un puente, predicen el esfuerzo que puede producirse en ese elemento por el peso de un vehículo.

La predicción se basa en una simple aplicación de la teoría estructural, combinada con factores experimentales. Las lecturas de los medidores de deformación, aplicados en ciertos puntos de la estructura, son convertidas a esfuerzos, registrando los producidos por diferentes cargas.

Este método es aplicable en caso que exista duda del estado de un puente y debe realizarse con un proceso específico y aprobado.



## **2.2.6 CARGAS Y FACTORES DE CARGA**

### **2.2.6.1 CARGAS PERMANENTES**

Son aquellas que actúan durante toda la vida útil de la estructura sin variar significativamente, o que varían en un solo sentido hasta alcanzar un valor límite.

Corresponden a este grupo el peso propio de los elementos estructurales y las cargas muertas adicionales tales como las debidas al peso de la superficie de rodadura o al balasto, los rieles y durmientes de ferrocarriles. También se consideran cargas permanentes al empuje de tierra, los efectos debidos a la contracción de fragua y el flujo plástico, las deformaciones permanentes originadas por los procedimientos de construcción y los efectos de asentamientos de apoyo.

#### **a. Peso propio y cargas muertas**

El peso propio se determinará considerando todos los elementos que sean indispensables para que la estructura funcione como tal. Las cargas muertas incluirán el peso de todos los elementos no estructurales, tales como veredas, superficies de rodadura, balasto, rieles, durmientes, barandas, postes, tuberías, ductos y cables.

El peso propio y las cargas muertas serán estimados sobre la base de las dimensiones indicadas en planos y en cada caso considerando los valores medios de los correspondientes pesos específicos.

#### **b. Empuje de tierra**

Los estribos y otras partes de la estructura que retienen tierra deberán diseñarse para resistir las correspondientes presiones, las mismas que serán



calculadas de acuerdo con los principios de la mecánica de suelos y utilizando los valores medios de las propiedades del material de relleno.

El empuje no será en ningún caso menor que el equivalente a la presión de un fluido con un peso específico de 5 KN/m<sup>3</sup> (510 kgf/m<sup>3</sup>)

### **c. Deformaciones impuestas**

Las deformaciones y esfuerzos originados por contracción de fragua o por flujo plástico en elementos de concreto o de madera, los esfuerzos residuales originados por el proceso de laminado o por la soldadura de elementos de acero, los posibles defectos de fabricación o de construcción, los desplazamientos de apoyo de diverso origen y otras fuentes de deformación serán considerados como cargas permanentes.

## **2.2.6.2 CARGAS VARIABLES**

Son aquellas para las que se observan variaciones frecuentes y significativas en términos relativos a su valor medio. Las cargas variables incluyen los pesos de los vehículos y personas, así como los correspondientes efectos dinámicos, las fuerzas de frenado y de aceleración, las fuerzas centrífugas, las fuerzas laterales sobre rieles.

También corresponden a este grupo las fuerzas aplicadas durante la construcción, las fuerzas debidas a empuje de agua y subpresiones, los efectos de variaciones de temperatura, las acciones de sismo y las acciones de viento.

### **a. Cargas durante la construcción**

Son todas las cargas debidas a pesos de materiales y equipos requeridos durante la construcción, así como las cargas de peso propio u otras de carácter permanente que se apliquen en cada etapa del proceso constructivo.



## b. Cargas vivas de Vehículos

La carga viva correspondiente a cada vía será la suma de:

- Camión de diseño ó tándem de diseño, tomándose aquello que produzca en cada caso los efectos más desfavorables.
- Sobrecarga distribuida.

### Camión de Diseño

Las cargas por eje y los espaciamientos entre ejes serán los indicados en la Figura 2.9, la distancia entre los dos ejes de 145 kn (14.78 t) será tomada como aquella que, estando entre los límites de 4.30 m y 9.00 m, resulta en los mayores efectos. Las cargas del camión de diseño deberán incrementarse por efectos dinámicos.

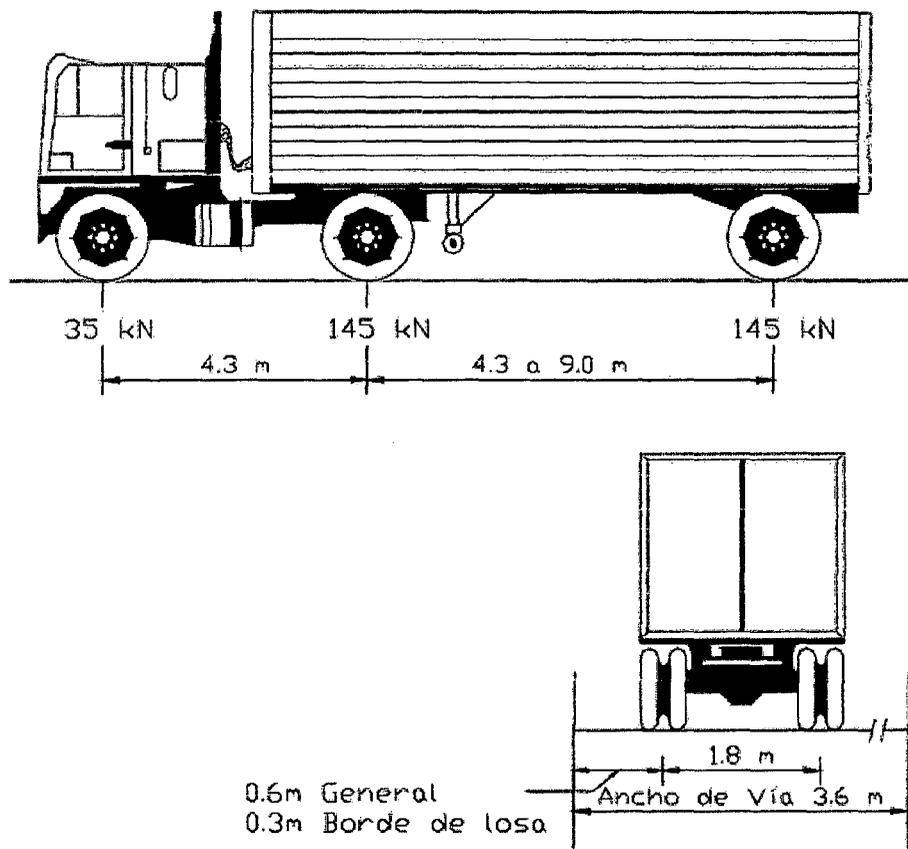


Figura N° 2.12. Características del Camión de Diseño.



### **Tándem de Diseño**

El tándem de diseño consistirá en un conjunto de dos ejes, cada uno con una carga de 110 KN (11.2 t), espaciados a 1.20 m. La distancia entre las ruedas de cada eje, en dirección transversal será de 1.80 m. Estas cargas deberán incrementarse por efectos dinámicos.

### **Sobrecarga Distribuida**

Se considerará una sobrecarga de 9.3 KN/m (970kgf/m), uniformemente distribuida en dirección longitudinal sobre aquellas porciones del puente en las que se produzca un efecto desfavorable. Se supondrá que esta sobrecarga se distribuye uniformemente sobre un ancho de 3.00 m en dirección transversal. Esta sobrecarga se aplicará también sobre aquellas zonas donde se ubique el camión o el tándem de diseño. No se considerarán efectos dinámicos para esta sobrecarga.

### **2.2.6.3 CARGAS EXCEPCIONALES**

Son aquellas acciones cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, pero que en determinadas condiciones deben ser consideradas por el proyectista, como por ejemplo las debidas a colisiones, explosiones o incendio.

### **2.2.7 ESTUDIO DE TRÁFICO**

Revisadas las estadísticas del MTC, se ha podido comprobar que no existe información histórica de tráfico para la red vial en estudio, por lo que se ha descartado la posibilidad de tomar la tasa de crecimiento del tráfico basada en series históricas.



El estudio de tráfico nos proporciona una estadística de tránsito existente en determinado sector de carretera con la cual se podrá efectuar la decisión prioritaria para la evaluación del puente en estudio.

El volumen de tránsito promedio ocurrió en un período de 24 horas generalmente se computa dividiendo el número de vehículo que pasa por un punto determinado, en un período establecido entre el número de días de ese periodo.

### 2.2.7.1 CONTEO DE TRÁFICO

El conteo de tráfico para tener una estadística real del volumen de tránsito vehicular diario que pasan por un punto predeterminado de acuerdo a la clasificación según su capacidad de carga.

#### ➤ **Vehículos ligeros**

Son vehículos libres con propulsión destinados al transporte, tienen 10 asientos como máximo, este tipo de vehículos comprende: automóviles, jeeps, camionetas rurales y microbuses.

#### ➤ **Vehículos pesados**

Son vehículos destinados para transporte de personas y de carga que sobrepasan los 4000 Kg. Entre ellos tenemos omnibuses, camiones, semitrailers y trailers.

Se colocará personal clasificado y calificado, provisto de formatos de campo, donde anotarán la información acumulada por cada rango horario. Se deberán adjuntar cuadros indicando el volumen y clasificación vehicular por estación.



### **2.2.7.2 INFORMACIÓN MÍNIMA NECESARIA**

Para los casos en que no se dispone de la información existente de la variación diaria y estacional (mensual) de la demanda que en general es información que debe proveer la autoridad competente, referencialmente para los tramos viales, se requerirá realizar estudios que permitan localmente establecer los volúmenes y características del tránsito diario en, por lo menos, siete (7) días típicos, es decir, normales, de la actividad local.

Para este efecto, debe evitarse contar el tránsito en días feriados, nacionales o patronales, o en días en que la carretera estuviera dañada y, en consecuencia, cortada. Es conocido que los conteos volumétricos realizados de forma consecutiva mejoran sustancialmente la calidad de los datos, los indicadores estadísticos, factores de expansión, etc, son más representativos y confiables.

De conformidad a la experiencia anual de las personas de la localidad, los conteos e inventarios de tránsito en general pueden realizarse prescindiéndose de las horas en que se tiene nulo o poco tránsito. El estudio debe tomar días que en opinión general reflejen razonablemente el volumen de la demanda diaria y la composición o clasificación del tránsito.

### **2.2.7.3 CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO**

El Índice Medio Diario (IMD) es el volumen de tránsito que circula durante las 24 horas del día. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Un puente se diseña para un volumen de tránsito que se determina como demanda diaria promedio a servir al final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se



incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país.

El IMD se obtiene de la razón existente entre el volumen de tráfico, obtenido del conteo, y el número de días durante los que se realizó éste.

$$IMD = V/n$$

Dónde:

V = volumen de tráfico total.

n = número de días de conteo.

#### ➤ **Proyección del tráfico**

La proyección de tráfico de vehículos se calcula a partir de la tasa de crecimiento de tráfico, basada a su vez, en la tasa de crecimiento de la población, de la actividad económica y turística según la siguiente fórmula:

$$TP = TA (1 + r)^t$$

Dónde:

TP = tráfico proyectado

TA = tráfico actual

r = 5% asumido de acuerdo a la funcionabilidad que va a tener la vía.

t = 5 años de vida útil del pavimento proyectado.



## 2.3 TÉRMINOS BÁSICOS

Es importante que el inspector de puentes conozca los conceptos básicos relacionados con la ingeniería de puentes, entre ellos:

➤ **Cargas excepcionales:**

Son aquellas acciones cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, pero que en determinadas condiciones deben ser consideradas por el proyectista, como por ejemplo las debidas a colisiones, explosiones o incendio.

➤ **Cargas permanentes:**

Son aquellas que actúan durante toda la vida útil de la estructura sin variar significativamente, o que varían en un solo sentido hasta alcanzar un valor límite. Corresponden a este grupo el peso propio de los elementos estructurales, cargas muertas adicionales, el empuje de tierra, los efectos debidos a la contracción de fragua, deformaciones originadas por los procedimientos de construcción y los efectos de asentamientos de apoyo.

➤ **Cargas variables:**

Son aquellas para las que se observan variaciones frecuentes y significativas en términos relativos a su valor medio. Incluyen los pesos de los vehículos y personas, así como los efectos dinámicos, fuerzas de frenado y aceleración, fuerzas centrífugas, acciones de sismo y viento, entre otras.

➤ **Colapso:**

Disminución de la resistencia de una estructura o elemento estructural, generada por cualquier condición externa o interna que produce un cambio significativo de su geometría, provocando la incapacidad de cumplir con la función para la que ha sido diseñada, pérdida de estabilidad y destrucción.



- **Drenaje o Desagüe:**  
Sistema de elementos que permiten evacuar apropiadamente el agua de las lluvias o agua pluvial de la calzada y aceras del puente.
- **Eflorescencia:**  
Se le denomina eflorescencia a la salida a la superficie de sales que están presentes en el interior de morteros, mamposterías, baldosas, etc., pero que al evaporarse el agua en que están diluidos su presencia es más obvia o visible.
- **Evaluación:**  
Determinación de la capacidad de carga de un puente existente. Generalmente cuando se producen daños, se debe determinar el grado de desgaste que presenta el puente para que éste no constituya un peligro inmediato.
- **Fisuras:**  
Son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de la aparición de esfuerzos que superan la capacidad resistente del material. Las fisuras se caracterizan por tener un ancho menor de 0.4 mm.
- **Fracturas:**  
Son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de la aparición de esfuerzos que superan la capacidad resistente del material. Las fracturas se caracterizan por tener un ancho entre 1.0 y 5.0 mm.
- **Grietas:**  
Son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de la aparición de esfuerzos que superan la capacidad resistente del material. Las grietas se caracterizan por tener un ancho entre 0.4 y 1.0 mm.



➤ **Inspección:**

Conjunto de acciones de gabinete y campo, que consisten en determinar el estado del puente en un instante dado basándose especialmente en el criterio humano. La inspección de un puente tiene dos objetivos, asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura, y detectar las deficiencias existentes, recomendando las acciones para corregirlas. Una es inspección de seguridad y la otra para mantenimiento del puente.

➤ **Mantenimiento:**

Conjunto de acciones que se realizan con el fin de prevenir o corregir defectos y problemas observados durante la vida útil de una estructura. Comprende el estudio, diseño y construcción de las obras de mantenimiento estructural de puentes vehiculares, incluyendo el reemplazo de barandas, construcción de bordillos y drenajes, reparación de juntas de dilatación, terraplenes de acceso y elementos estructurales.

➤ **Puente:**

Estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos de viajeros, animales y mercancías.

➤ **Puente losa:**

La estructura de un puente tipo losa, consiste en una plancha de concreto reforzado o preesforzado, madera o metal, y sirve de tablero al mismo tiempo. Sólo alcanzan a salvar luces pequeñas, generalmente hasta 10m, esto se debe a que el costo se incrementa para luces mayores y por el peso propio de la misma estructura.

➤ **Rehabilitación:**

Ejecución de las obras necesarias, para devolver a la infraestructura vial sus características geométricas y portantes originales. De acuerdo con el nivel de daño; consistirá en la reparación de las grietas, la sustitución de



materiales, el refuerzo de las pilas, y en algunos casos, el reemplazo del elemento.

➤ **Reparación:**

Son trabajos selectivos en zonas específicas o puntuales, tanto en la calzada como en los demás elementos de la vía. Para cumplir con este objetivo se limita el ancho de grietas a valores entre 1 y 2 mm, antes de que se inicie la pérdida del recubrimiento.

➤ **Resina Epóxica**

Las resinas epóxicas son un tipo de adhesivos llamados estructurales o de ingeniería; el grupo incluye el poliuretano, acrílico y cianoacrilato. Estos adhesivos se utilizan en la construcción de aviones, automóviles, bicicletas, esquís. Sirven para pegar gran cantidad de materiales, incluidos algunos plásticos, y se puede conseguir que sean rígidos o flexibles, transparentes o de color, de secado rápido o lento.

➤ **Sellador epóxico:**

Se utiliza como sellador para juntas, fisuras y grietas de dos componentes de materiales iguales o diferentes como aluminio y concreto, instalaciones de muebles sanitarios, concreto, mampostería, mármol, piedra, etc; a base de resinas epóxicas. Tiene gran adherencia, elasticidad y resistencia a la tensión.

➤ **Socavación:**

La socavación puede definirse como la erosión “local” del lecho de un cauce natural. En general, la erosión en un río consta de tres componentes: la erosión general, erosión en estrechamientos o transversal y erosión local o socavación; esta última es la que se debe a la interacción fluido-estructura en presencia de un material superficial erosionable, es la más importante.



# **CAPITULO III:**

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**



### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación aplicada en el presente trabajo es simultáneamente descriptiva y transversal. Considerando otras clasificaciones, la investigación para el trabajo realizado también sería de campo.

#### 3.1.1 Descriptiva

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer una situación predominante a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

Este tipo de investigación comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos correspondientes a la evaluación de las fallas estructurales del puente en estudio. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta y actual.

Para el presente trabajo se recopilaron los datos correspondientes sobre la base de la hipótesis (falta de inspección y mantenimiento, presencia de vehículos sobrecargados y el incremento de tráfico), luego se procedió a exponer y resumir la información de manera cuidadosa para luego analizar minuciosamente los resultados de la inspección y evaluación de las estructuras falladas del Puente sobre el Río Colpamayo y determinar su condición actual. Además de presentar los resultados obtenidos de la investigación, se presentan las posibles alternativas de solución para los problemas encontrados.



### **3.1.2 Transversal**

La investigación según el período de tiempo puede ser longitudinal o transversal cuando apunta a un momento y tiempo definido.

El estudio sobre la Evaluación de las Fallas Estructurales del Puente sobre el Río Colpamayo, se realizó durante un momento y tiempo definido en el mes de Noviembre del año 2013.

### **3.1.3 De campo**

La investigación se ha desarrollado de manera presencial en la estructura del Puente sobre el Río Colpamayo, tomando datos del estado actual del puente principalmente de las fallas generadas en él, e información del nivel de tráfico y tipo de vehículo que circulan por el mismo.

Por tal motivo se mantuvo una relación directa con la misma fuente de información, obteniendo de manera propia los datos a través de la observación.

### **3.1.4 Tipo de Análisis**

Es del tipo cualitativo y cuantitativo, porque permite evaluar y determinar las diferentes características del puente en mención y las fallas que se han ido produciendo con el paso de los años.

También nos permitirá plantear o formular soluciones para la intervención en las estructuras falladas, planteando un mantenimiento y/o reparación necesarios.



## 3.2 LOCALIZACIÓN

### 3.2.1 UBICACIÓN POLITICA

La provincia de Chota es una de las trece provincias que conforman el Departamento de Cajamarca, ubicado en la parte norte central del Perú. Limita al Norte con la provincia de Cutervo, al Este con las provincias de Utcubamba y de Luya, al Sur con las provincias de Hualgayoc y Santa Cruz y al Oeste con las provincias de Chiclayo y Ferreñafe.

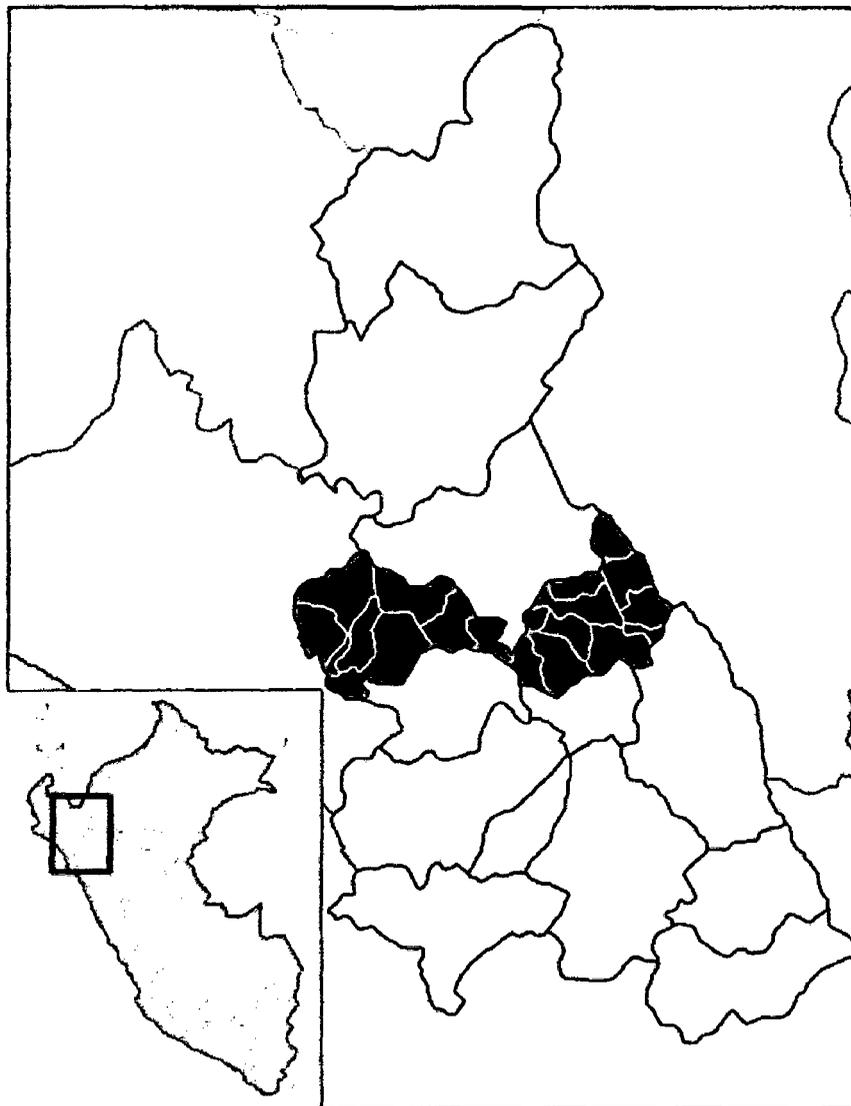


Figura N° 3.1. Ubicación de la Provincia de Chota



### 3.2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El puente materia de estudio, se encuentra ubicado en el Distrito de Chota, en la parte central de la Provincia de Chota, en la región andina norte del Perú, en la meseta de Acunta a 150 Km al norte de Cajamarca o a 219 Km al este de Chiclayo, Lambayeque.

- ✓ País : Perú
- ✓ Departamento: Cajamarca
- ✓ Provincia: Chota
- ✓ Distrito: Chota
- ✓ Latitud: 07° 12'
- ✓ Longitud: 78° 30'
- ✓ Altitud: 2, 388 msnm
- ✓ Distancia: 989 km de Lima

### 3.2.3 CLIMA

La ciudad presenta por lo general un clima templado. Las precipitaciones de dan debido al Fenómeno del Niño de forma cíclica. Por la cercanía a la Línea Ecuatorial y por ser una ciudad ubicada en piso térmico bajo, tiene un invierno suave y un verano caluroso y lluvioso de noviembre a abril. La temperatura promedio es de 17.8°C.

### 3.2.4 POBLACION

Chota es la tercera ciudad más poblada e importante de la región. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el último censo Chota tenía una población de 168 000 habitantes aproximadamente, con una densidad de 51,8 hab/km<sup>2</sup>.



### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### ➤ Población

Se considerará como población o universo a ser evaluados a todos los principales puentes existentes en la Red Vial Bambamarca - Chota.

#### ➤ Muestra

La muestra fue seleccionada del Universo que son los principales puentes que existen en la Red Vial Bambamarca - Chota, tomando en cuenta los criterios de significancia, relevancia y representatividad para investigaciones cualitativas que no usan métodos probabilísticos, siendo nuestro principal método de muestreo el de juicio y conveniencia. La muestra elegida fue el Puente sobre el Río Colpamayo

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Generalmente las estructuras de los puentes están a la vista, pero en muchos casos será imposible la observación detallada sin los medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma. Dentro de los medios auxiliares que facilitan la aproximación y seguridad del personal de la inspección a las distintas partes de la estructura se incluyen desde los medios básicos (casco, cinturones de seguridad, escaleras, etc.) hasta los sistemas muy complejos como las pasarelas y canastillas desarrolladas para la inspección de puentes, entre otros.

#### 3.4.1 Técnica

La técnica utilizada para la recolección de datos del estado actual del Puente sobre el Río Colpamayo fue la **Observación Directa**, basada en una fuente primaria; obteniendo la información in situ para así determinar las fallas estructurales del puente en estudio.



Las características de la técnica utilizada son las siguientes:

- **Estructurada:** La toma de datos se realizó de acuerdo al cronograma de actividades del Plan de Tesis, y considerando principalmente los parámetros establecidos en la Guía para Inspección de Puentes del MTC.
- **Participante:** Se realizó una participación activa, ya que los datos fueron tomados de forma personal y directa en la zona de emplazamiento del puente.
- **Individual:** La recolección de datos fue tomada sin la colaboración de terceros.
- **Objetiva:** Los datos son obtenidos al ser observados de la misma manera en que se presentan, sin preparación, es decir sin crear una situación especial. Una inspección bien documentada es esencial para determinar los requerimientos de mantenimiento y dar recomendaciones prácticas.
- **Preventiva:** Se tuvieron en cuenta las mínimas condiciones de seguridad para realizar la inspección y evaluación del puente en estudio.

### 3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos o medios materiales a utilizar para la recoger y almacenar la información son:

- ✓ Formatos y Fichas de Puentes del MTC.
- ✓ Cuadro de Condición Global del Puente tomando como referencia el Manual de Diseño de Puentes de MTC
- ✓ Criterio de Evaluación según Norma Mexicana
- ✓ Registros fotográficos
- ✓ Medición in situ del IMD
- ✓ Herramientas básicas para inspección



Cuadro N° 3.1. Cuadro de Condición Global del Puente – MTC

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO
0	<b>Muy Bueno:</b> No se observan problemas.
1	<b>Bueno:</b> Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioro sin importancia.
2	<b>Regular:</b> Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento o socavación pérdida de sección avanzada.
3	<b>Malo:</b> La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
4	<b>Muy Malo:</b> Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios. - Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto. - La socavación compromete el apoyo que debe dar la infraestructura. - Conviene cerrar el puente a menos que este monitoreado el puente.
5	<b>Pésimo:</b> gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos. - Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura - El puente se cierra al tráfico pero con acciones correctivas se puede restablecer el tránsito de unidades ligeras.



**Cuadro N° 3.2. Criterios de evaluación - Norma Mexicana**

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ESTADO</b>
<b>A</b>	Puentes que presentan una o más deficiencias graves que impliquen un peligro inminente para la seguridad pública o que puedan ocasionar la interrupción prolongada del tránsito sobre el puente. Estos puentes requieren de atención inmediata.
<b>B</b>	Aquellos que presenten una o varias deficiencias importantes, que de no atenderse pueden evolucionar hacia deficiencias graves. Estos puentes requieren atención a mediano plazo
<b>C</b>	Los que solo presenten deficiencias menores con evolución lenta y únicamente requieren de trabajos rutinarios de conservación.



### ***Herramientas básicas para inspección***



Figura N° 3.2. Herramientas básicas para realizar una inspección.

Para llevar a cabo una inspección precisa y eficiente, se deben utilizar las herramientas adecuadas. Las herramientas utilizadas para efectuar la inspección del Puente sobre el Río Colpamayo, fueron:

- Cepillo de alambre: Herramienta para limpieza.
- Pala plana: Herramienta para limpieza.
- Chalecos reflectantes: Herramienta para limpieza.
- Casco: Herramienta para limpieza.
- Zapatos de seguridad: Herramienta de seguridad.
- Gafas: Herramienta de seguridad.
- Cámaras fotográficas: Herramienta para documentación.
- Libreta de campo: Herramienta para documentación.
- Conos de plástico: Equipo de señalamiento para inspección de la calzada.
- GPS: Equipo para ubicación.
- Nivel: Equipo para la verificación de los niveles del puente.
- Mira: Equipo para la verificación de los niveles del puente.



**Cuadro N° 3.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Evaluación del Puente Colpamayo en la red vial Bambamarca – Chota**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODO
<p><b>Problema Principal:</b> ¿Cuáles son las principales fallas estructurales en el Puente sobre el Río Colpamayo?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar el Puente sobre el Río Colpamayo para determinar sus fallas estructurales.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluar las fallas en la Subestructura del Puente sobre el Río Colpamayo en la Red Vial Bambamarca – Chota.</li> <li>2. Evaluar fallas en la</li> </ol>	<p><b>Hipótesis Principal:</b> La falta de inspección y mantenimiento, la presencia de vehículos sobrecargados y el incremento de tráfico; han provocado fallas estructurales en el Puente sobre</p>	<p><b>Variables:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los tipos de fallas estructurales en la subestructura del Puente sobre el Río Colpamayo.</li> <li>2. Los tipos de fallas estructurales en la</li> </ol>	<p><b>Indicadores:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poco o nulo mantenimiento del puente.</li> <li>2. Asentamiento de la estructura.</li> <li>3. Fisuras y agrietamientos en la estructura.</li> <li>4. Variación de la carga de</li> </ol>	<p><b>Universo:</b> Puentes existentes en la Red Vial Bambamarca – Chota.</p> <p><b>Muestra:</b> Puente sobre el Río Colpamayo</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b> Descriptiva, transversal y de campo.</p> <p><b>Tipo de Análisis:</b> Cualitativo y Cuantitativo.</p>



	<p>Superestructura del Puente sobre el Río Colpamayo en la Red Vial Bambamarca – Chota.</p> <p>3. Elaborar una guía de intervención en las estructuras falladas, basada en el mantenimiento y reparación de la estructura del Puente sobre el Río Colpamayo.</p> <p>4. Determinar la importancia de la planificación de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes.</p>	<p>el Río Colpamayo.</p>	<p>superestructura del Puente sobre el Río Colpamayo.</p>	<p>diseño.</p> <p>5. Variación del IMD.</p>	<p><b>Técnica de recolección de datos:</b></p> <p>Observación directa</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Formatos de inspección de puentes.</li><li>✓ Cuadro de Condición Global del Puente (según MTC)</li><li>✓ Criterio de Evaluación (Norma Mexicana)</li><li>✓ Registros fotográficos.</li><li>✓ Medición del IMD.</li></ul>
--	--	--------------------------	---	---	--

Fuente: Elaboración propia.



# **CAPITULO IV:**

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**



## 4.1 RESULTADO DE LA INSPECCIÓN

Luego de realizar la inspección visual del Puente sobre el Río Colpamayo de acuerdo a la Guía para Inspección de Puentes del MTC - Perú, logramos determinar agrietamientos, corrosiones, acumulaciones de tierra y vegetación, entre otros deterioros; los cuales detallaremos a continuación.

### 4.1.1 INSPECCIÓN DEL CAUCE

Tomando adecuadas medidas de protección, se inspeccionó el cauce del río, encontrando las siguientes condiciones:

- No existe un adecuado espacio bajo el puente para permitir el paso de las aguas, Existe un depósito de tierra en el talud izquierdo aguas arriba que reduce este espacio. Además la cimentación de los estribos está colmatado con basura y con depósitos de tierra, los cuales han llegado a formar parte de los mismos; esto hace imposible realizar la observación de la posible socavación de la cimentación del puente en estudio.
- El depósito de tierra mencionado en el ítem anterior, nos advierte de la inestabilidad e inadecuado comportamiento de los bordes y protección de las orillas.
- El cauce del río sobre el cual está ubicado el puente en estudio, se encuentra obstruido con abundante vegetación aguas arriba y aguas abajo del puente, lo cual genera la cimentación de elementos por encima de las profundidades estimadas de socavación.
- Además de la vegetación, se observó que sedimentos y piedras ubicados bajo el mismo puente se han adherido a la cimentación, obstruyendo el cauce y evitando la observación directa.



#### 4.1.2 ESTRIBOS

El material de los estribos del puente en estudios es piedra asentada con concreto, y es exactamente en esta parte en la cual se observan los mayores defectos del puente, tales como:

- Grietas en ambos estribos del puente, a lo largo de cada estribo; esto quiere decir que las grietas tiene una dimensión de 6.50 m de largo x 0.8 mm de ancho. En el estribo derecho la grieta está ubicada a 0.80 m por debajo de la losa, mientras que en el estribo izquierdo la grieta se ubica a 1.20 m por debajo de la misma.
- Debido a las grietas longitudinales ubicadas en los estribos, se observa también filtraciones de agua a través de ellas. La presencia de estas filtraciones de agua, nos indican que la profundidad de las grietas es de la misma dimensión que la profundidad del estribo.
- No se observaron grietas en el encuentro entre el cuerpo de los estribos y las alas; pero se observó una fractura de 0.85 m de largo x 0.08 m de ancho en el ala izquierda aguas abajo del puente.
- En las otras alas no se pudo constatar la presencia de grietas debido a que se encuentran colmatadas por depósitos de tierra y/o abundante vegetación.

#### 4.1.3 APARATOS DE APOYO

Es necesario examinar los aparatos de apoyo, sean fijos o móviles para asegurar su buen funcionamiento, ya que el mal comportamiento de ellos puede ser causa de movimiento de los estribos.

En el presente estudio los apoyos se encontraban obstruidos totalmente con acumulación de tierra, la cual se ha compactado y prácticamente llegar a formar un



solo elemento con el tablero del puente. No se logró observar la condición de pernos de anclaje, tuercas, rodillos entre otros.

#### 4.1.4 TABLERO

El tablero del Puente sobre el Río Colpamayo es de concreto armado, al examinar los posibles riesgos sobre este elemento se pudo determinar que:

- No hay riesgo de deslizamiento de los vehículos sobre la superficie del tablero.
- Se observó empozamiento de agua debido a la pendiente de los accesos, las pendientes de ambos accesos tienen caída hacia el puente. Este inconveniente ha generado que se hagan perforaciones en las barandas de concreto de 0.18 m de diámetro, las cuales han ido funcionando adecuadamente como drenes.
- Debido a que no existe tráfico en el nivel inferior del puente, los drenes habilitados artesanalmente no afectan ni estructuralmente ni algún posible tráfico bajo el puente.
- No se observa acero expuesto, lo cual implica que no existe corrosión en el refuerzo del tablero.
- No se lograron detectar grietas, descascaramiento u otros signos de deterioro en el tablero del puente porque se encuentra colmatado con tierra. Esta tierra se encuentra compactada sobre la superficie de la rodadura, debido a que durante todo el tiempo de servicio del puente no se ha realizado ningún mantenimiento o limpieza.
- Se observaron exceso de cargas, descarrilamiento de autos, colisiones del tráfico con las estructuras; producidos anteriormente, que aunque no constituyeron un peligro inmediato para el buen funcionamiento de la



estructura, quedan registrados en el formato de evaluación, de tal manera que se pueda monitorear en un futuro.

#### **4.1.5 ACCESO AL PUENTE**

En la evaluación de los accesos al puente se observó lo siguiente:

- La sección del puente no mantiene la misma sección de la carretera que la contiene. En el acceso derecho la vía mide 12.60 m y el acceso izquierdo la vía mide 11.00 m, mientras que en ancho de calzada del puente mide 5.00 m.
- El puente no cuenta con área de aproximación entre la carretera y este. Por lo que la transición entre ambos accesos y el tablero no es suave, estos efectos del impacto pueden aumentar la energía de las cargas que ingresan al puente, causando daño estructural al mismo.
- De acuerdo a la verificación de niveles del puente, el acceso derecho se encuentra a 0.17 m por encima del tablero al ingreso del mismo, debido a la acumulación de tierra. Se tiene conocimiento que el puente en estudio no ha recibido mantenimiento alguno durante toda su vida útil.
- En estos accesos no se cuenta con guardavías, bermas ó taludes.

#### **4.1.6 ÍNDICE MEDIO DIARIO**

Para calcular el Índice Medio Diario que circula por el Puente sobre el Río Colpamayo ubicado sobre la Red Vial Bambamarca - Chota; se realizó la recopilación de información respectiva utilizando la Ficha N° 01 “Conteo de Tráfico” del MTC.

El vehículo público más usado en la ciudad es la mototaxi o motocarro. Es un medio de transporte económico y muchas unidades dan servicio a toda la ciudad e



incluso hasta algunas localidades cercanas. Por tal motivo, se ha incluido este tipo de movilidad dentro del formato del MTC para el conteo de tráfico.

Con el propósito de contar con información básica para la elaboración del estudio, nos ubicamos sobre el KM 1420 del Tramo Bambamarca – Chota durante una semana continua del 16 al 22 de noviembre del 2013, y realizamos el conteo de tráfico.

Presentamos a continuación el Cuadro N° 4.1, en el que se resume la cantidad de vehículos promedio por hora que transitan por el puente, en ambos sentidos. Los resultados están expresados en cifras absolutas y relativas (%) respectivamente.

**Cuadro N° 4.1. Flujo vehicular horario**

TIPOS DE VEHÍCULOS	CANTIDAD PROMEDIO POR HORA	PORCENTAJE (%)
<b>TRANSPORTE LIGERO</b>		
Mototaxis y Motos	46	63.01
Autos	2	2.74
Camionetas Pick Up	10	13.70
<b>TRANSPORTE URBANO</b>		
Combis o Vans	6	8.22
Couster o Micros	1	1.37
Buses	1	1.37
<b>TRANSPORTE DE CARGA</b>		
Camiones Ligeros	5	6.85
Camiones y Volquetes	2	2.74
<b>TOTAL DE VEHÍCULOS</b>	<b>73</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia (*Datos tomados del 16 al 22 de noviembre del 2013*).

En el Cuadro 4.2, mostramos el resumen del conteo vehicular diario, en ambos sentidos. Los resultados están expresados en cifras absolutas.



**Cuadro N° 4.2. Índice Medio diario**

<b>FECHA</b>	<b>IMD</b>
16/11/2013	1155
17/11/2013	1179
18/11/2013	1044.5
19/11/2013	1056.5
20/11/2013	1024.5
21/11/2013	1001.5
22/11/2013	1054
<b>IMD promedio</b>	<b>1074</b>

Fuente: Elaboración propia (*Datos tomados del 16 al 22 de noviembre del 2013*).

De acuerdo a la tabulación de la recolección de datos, el IMD actual calculado para al mes de noviembre del 2013 es:

$$\text{IMD} = 1074 \text{ veh/día}$$

Cabe resaltar que el 63.01% del IMD calculado corresponde al tránsito de mototaxis y motos lineales, como se indica en el Cuadro 4.1.



## 4.2 ANALISIS DE RESULTADOS - EVALUACIÓN DEL PUENTE

### 4.2.1 REFERENCIA HISTÓRICA

Se tiene muy poca información acerca del Puente sobre el Río Colpamayo; se asume que su construcción fue hace aproximadamente unos 50 años (según testimonio de los pobladores de la zona) ya que no se cuenta ni con Expediente Técnico ni con planos ni con registro alguno.

El único registro con el que se cuenta es el Expediente Técnico denominado “Puente Colpamayo” realizado en Abril del 2000, para la construcción de un nuevo puente con mayores metrados ubicado a 2.00 m por encima del puente existente, el cual no ha tenido mayor validez ya que el tema social representa un mayor problema aún.

De acuerdo a este Expediente Técnico, obtenemos algunos datos importantes considerados en esa fecha, como:

- La capacidad portante del suelo es de **1.10 kg/cm<sup>2</sup>**
- El IMD oscila en un volumen de **30-50 vehículos diarios.**
- Vehículo de diseño: **H20-S16**
- Costo total del proyecto: **S/. 196,034.30**

De estos datos considerados, resaltamos los valores asignados a la capacidad portante del suelo y del IMD, ya que en el Expediente en mención no se adjunta documento alguno que justifique dichos valores.

El puente en estudio, además de no contar con algún registro de su construcción tampoco cuenta con algún registro o programación de mantenimiento y/o limpieza.



Este ha sido el principal factor para la acumulación de sedimentos, vegetación, desechos y otros que hacen suponer su “mala” condición estructural.

#### **4.2.2 EVALUACIÓN DE LAS FALLAS EN LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE:**

##### **➤ Cimentación**

La cimentación no se encuentra expuesta, por el contrario está cubierta de acumulación de elementos por encima de las profundidades estimadas de socavación, los cuales prácticamente forman parte de la misma ya que no se ha realizado mantenimiento alguno desde su construcción. Estos elementos adheridos a la cimentación de la estructura, acumulan una capa de 30 cm de espesor como mínimo en las zonas más notorias.

Esta acumulación de tierra y vegetación en el cauce del río nos advierte de la inestabilidad e inadecuado comportamiento de los bordes y protección de las orillas.

Los elementos acumulados no permiten verificar si existe socavación en la cimentación de la estructura del puente; por lo que es necesario realizar una limpieza del cauce.

##### **➤ Estribos**

Los estribos presentan grietas a lo largo de su dimensión, esto nos indica la existencia de asentamiento de la estructura y por lo tanto la mala condición estructural de este elemento.

El longitud excesivo de las grietas han provocado también la infiltración de aguas a través de ellas, esto a la vez genera el crecimiento de hongos y deterioro progresivo de los estribos.



En cuanto a las alas de los estribos; el ala del estribo izquierdo aguas abajo que es la única visible, presenta una fractura oblicua de grandes dimensiones. Este tipo de fallas son producidas por socavación o por asentamientos diferenciales

Los estribos y el ala izquierda aguas abajo, son los elementos del puente en los que se observan grietas; por lo que se recomienda realizar una limpieza y sellado en las zonas afectadas, precisa limpieza del puente.

#### **4.2.3 EVALUACIÓN DE LAS FALLAS EN LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE:**

##### **➤ Losa**

La losa del Puente sobre el Río Colpamayo es de concreto armado; se encuentra en un estado regular. Pero es probable que ésta presente grietas, descascaramiento o algún signo de deterioro, ya que el incremento del volumen de tráfico provoca el desgaste de la losa, y de acuerdo al cálculo realizado del IMD, este sigue yendo en aumento.

La losa del tablero se encuentra colmatada con tierra, por lo se requiere realizar una limpieza superficial del puente y así observar a mayor detalle este elemento del puente.

En la inspección realizada se registraron exceso de cargas e incremento del IMD, esto a la vez provoca un desgaste superficial del concreto, por lo cabe indicar que una vez realizada la limpieza superficial del puente también se debe observar la condición de la superficie de la losa del tablero.

Si el concreto de la losa presenta descascaramiento, se procederá a realizar una reparación superficial del concreto.



### ➤ **Aparatos de apoyo**

Es importante examinar los apoyos, sean fijos o móviles. Para el caso específico del estudio realizado, estos se encuentran colmatados de tierra. Es posible que estos elementos se encuentren dañados por causa del tráfico pesado que circula sobre ellos y por la suciedad acumulada desde su construcción.

Una vez realizada la limpieza general del puente, es necesario realizar una observación con mayor detenimiento en el área de los apoyos del puente para determinar su condición exacta.

### ➤ **Barandas**

Las barandas son de concreto armado, se encuentran en regular estado. En el puente en estudio; las barandas son del tipo vehicular, ubicadas a ambos costados del puente, su función es la de canalizar el tránsito y eventualmente evitan el desvío o caída de vehículos.

En una la esquina derecha a la entrada del acceso izquierdo se observan signos de alguna colisión vehicular, lo que ha dejado al acero sin recubrimiento. Además de presentar eflorescencia, se encuentran cubiertas de hongos en un 60%. Debido a este problema encontrado se sugiere realizar la reparación de baranda en la zona indicada.

También se observó descascaramiento de concreto en las barandas del puente, lo que hace necesario realizar una reparación superficial del concreto en la zona afectada.

### ➤ **Drenes**

No se tiene inconvenientes en cuanto a las dimensiones y ubicaciones de los drenes del puente en estudio.



➤ **Accesos al puente**

Son importantes por su conexión al puente y deben estar a nivel con el tablero. El acceso izquierdo se encuentra a nivel con el puente en estudio. El acceso derecho fue pavimentado tiempo después de la construcción del puente y a desnivel del mismo, esto genera que haya depósitos de tierra acumulados en esta parte y en épocas de lluvia se observa el empozamiento de agua.

Una vez realizada la limpieza general del puente, se podría evaluar la posibilidad de pavimentar los accesos al puente, y así evitar a futuro los inconvenientes actuales como acumulación de tierra y/o empozamiento de aguas.

➤ **Aceras**

Las aceras son aquellos elementos que forman parte del puente con la finalidad de dar paso a los peatones con seguridad. En el puente en estudio, la acera está ubicada a un solo lado de él.

La acera del puente se ha construido adherida a la losa, por lo también necesita de una limpieza superficial, tal como se indica en la Guía de Intervención propuesta en el presente trabajo.

A continuación se muestra algunas fotografías del estado actual del Puente sobre el Río Colpamayo:

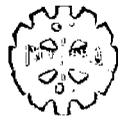


Figura N° 4.1. Acumulación de sedimentos, tierra y escombros en la cimentación del puente.

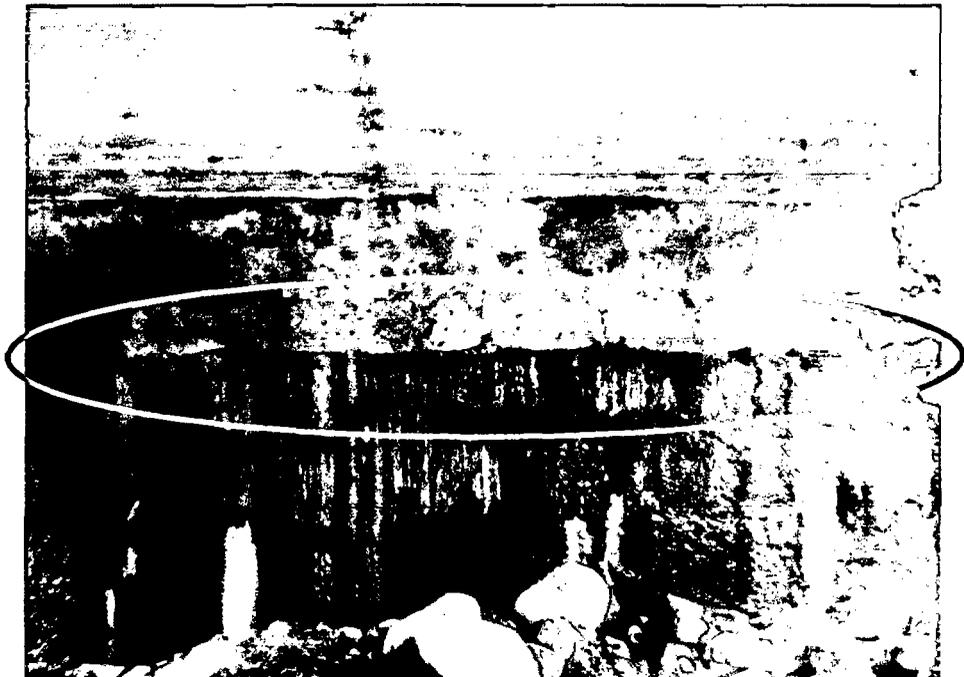


Figura N° 4.2. Grietas longitudinales en el estribo izquierdo del puente.



Figura N° 4.3. Grieta en el ala del estribo izquierdo aguas abajo del puente.

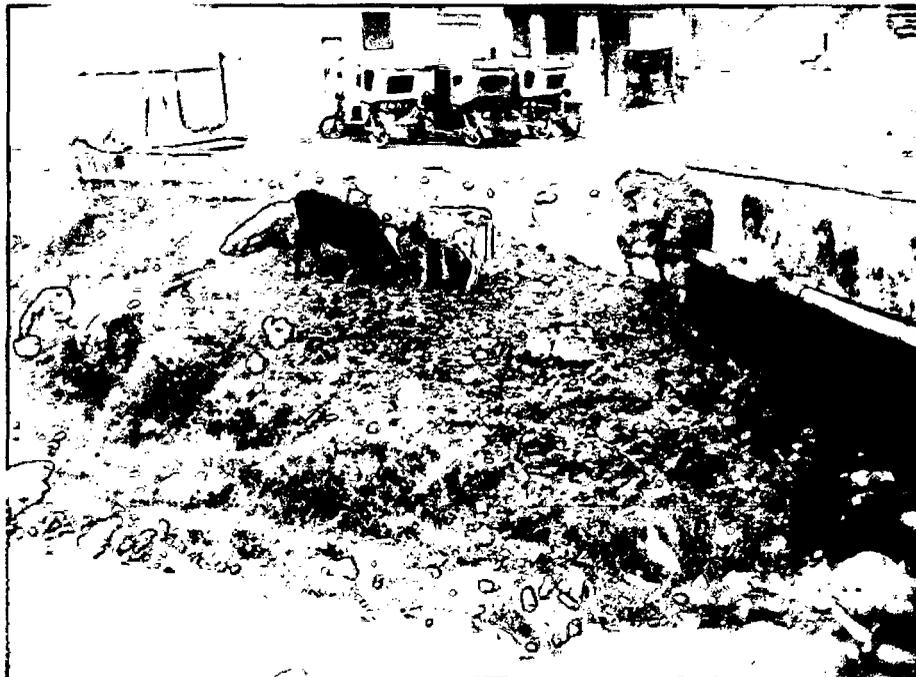


Figura N° 4.4. Depósito de tierra en el ala izquierda aguas arriba del puente.



Figura N° 4.5. Depósito de tierra y vegetación en el ala derecha aguas arriba del puente.



Figura N° 4.6. Acumulación de piedras y vegetación en el ala derecha aguas abajo del puente.

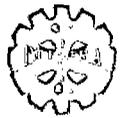


Figura N° 4.7. Acceso derecho del puente, se encuentra a desnivel con el tablero.



Figura N° 4.8. Drenaje del puente en buenas condiciones.

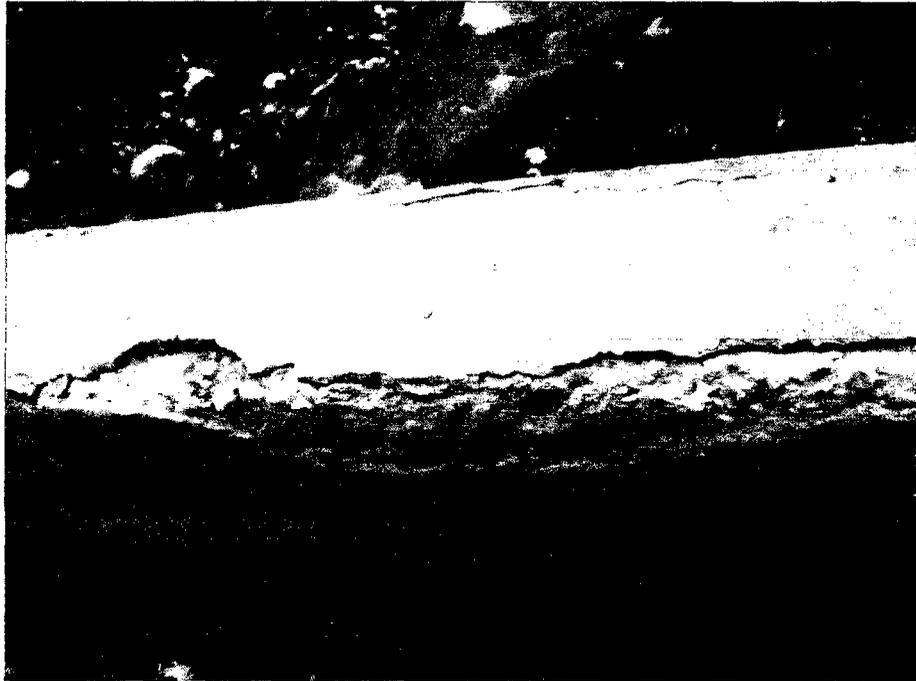
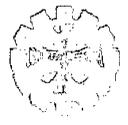


Figura N° 4.9. Descacaramiento de concreto en barandas.

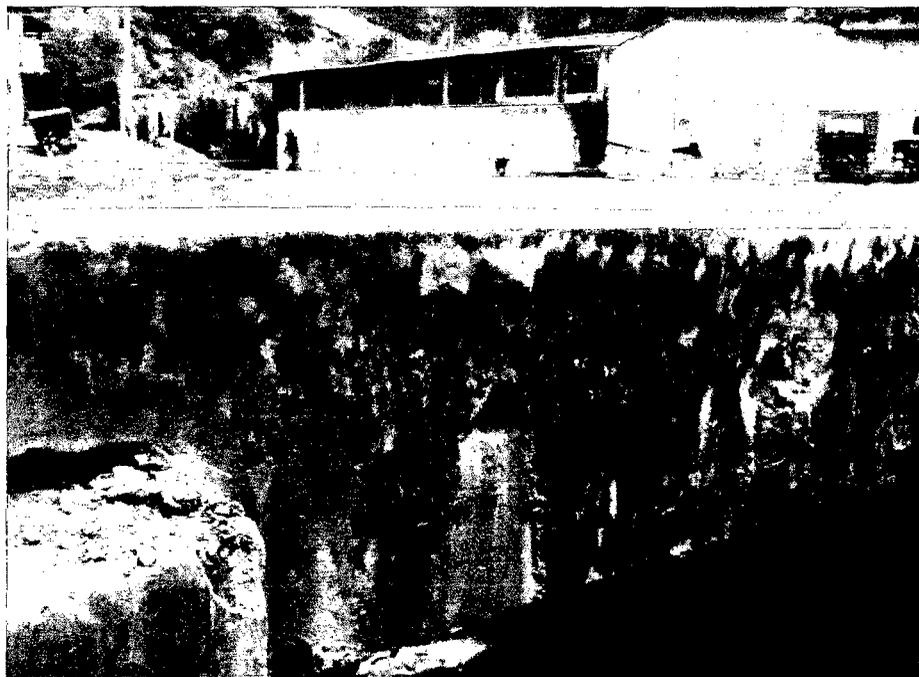


Figura N° 4.10. Eflorescencia y crecimiento de hongos en la baranda.



Figura N° 4.11. Acero de refuerzo expuesto (baranda de concreto).

#### 4.2.4 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE

En la inspección realizada a la estructura del Puente sobre el Río Colpamayo, se analizaron cada elemento de la subestructura y de la superestructura del puente. Para la evaluación del puente en estudio, utilizaremos los criterios considerados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Norma Mexicana.

Aplicando la metodología de la Guía de Inspección del Puente, los datos obtenidos del trabajo realizado se resumen en los siguientes formatos:



“Evaluación de las Fallas Estructurales del Puente Sobre el Río Colpamayo en la Red Vial Bambamarca – Chota”



**TOMA DE DATOS DE LA INSPECCIÓN**

**ANEXO 03 - 01**

<b>1) IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN</b>			
Nombre Puente:	PUENTE COLPAMAYO	Tramo:	BAMBAMARCA - CHOTA
Tipo Puente:	PUENTE LOSA	Dpto. Político:	CAJAMARCA
Sobre (*):	RIO COLPAMAYO	Dpto. Vial:	CAJAMARCA
Altitud (msnm):	2306	Provincia:	CHOTA
Latitud (grad, min):	07°12'	Distrito:	CHOTA
Longitud (grad, min):	78°30'	Poblado más cercano:	CHOTA
Ruta:	3NC	Kilometraje:	1420
<b>2) DATOS GENERALES</b>			
Puente Sobre:	RIO COLPAMAYO	Nombre:	PUENTE COLPAMAYO
Longitud Total (m):	11.40	Número Vías Tránsito:	01
Ancho Calzada (m):	5.00	Sobrecarga Diseño:	---
Ancho Vereda (m):	0.55	Número Proyecto:	---
Altura Libre Superior (m):	---	Año construcción:	---
Altura Libre Inferior (m):	---	Última Inspección:	---
Tipo Servicio:	CARROZABLE	Último trabajo:	---
Tráfico (veh/día):	1074	% Camiones y Buses:	20.55
Año:	2013	Alineamiento:	---
Condiciones Ambientales:		Contaminado por Camal Municipal del Distrito	
<b>3) TRAMOS</b>			
Número Tramos:	01	Longitud Total:	11.40
Tramos	01	Longitud Segundo Tramo (m):	---
Luz Principal (m):	10.20	Longitud Tercer Tramo (m):	---
<b>TRAMO 1 (Principal)</b>		<b>TRAMO 2</b>	
Categoría/Tipo: Puente tipo losa		Categoría/Tipo: ---	
Características Secundarias: Sin pilares intermedios		Características Secundarias: ---	
Condición de Borde: ---		Condición de Borde: ---	
Material Predominante: Concreto Armado		Material Predominante: ---	
<b>4) TABLERO DE RODADURA</b>			
<b>LOSA</b>		<b>VIGAS</b>	
Material:	CONCRETO ARMADO	Tipo:	---
Espesor (m):	0.35	N° Vigas:	---
Superficie de desgaste:	CONCRETO	Material:	---
		Forma:	---
		Peralte(m):	---
		Separación entre ejes:	---
<b>5) SUBESTRUCTURA</b>			
<b>ESTRIBO IZQUIERDO</b>		<b>ESTRIBO DERECHO</b>	
Elevación/Tipo: GRAVEDAD		Elevación/Tipo: GRAVEDAD	
Elevación/ Material: MAMPOSTERÍA DE PIEDRA		Elevación/ Material: MAMPOSTERÍA DE PIEDRA	
Cimentación/Tipo: ZAPATA		Cimentación/Tipo: ZAPATA	
Cimentación/Material: CONCRETO SIMPLE		Cimentación/Material: CONCRETO SIMPLE	
<b>6) PILARES</b>			
<b>PILAR 1</b>	<b>PILAR 2</b>	<b>PILAR 3</b>	
Elevación/Tipo: ---	Elevación/Tipo: ---	Elevación/Tipo: ---	
Elevación/ Material: ---	Elevación/ Material: ---	Elevación/ Material: ---	
Cimentación/Tipo: ---	Cimentación/Tipo: ---	Cimentación/Tipo: ---	
Cimentación/Material: ---	Cimentación/Material: ---	Cimentación/Material: ---	
<b>7) MACIZOS/ CÁMARAS DE ANCLAJE</b>			
<b>IZQUIERDO</b>		<b>DERECHO</b>	
Elevación/Tipo: ---		Elevación/Tipo: ---	
Elevación/ Material: ---		Elevación/ Material: ---	
Cimentación/Tipo: ---		Cimentación/Tipo: ---	
Cimentación/Material: ---		Cimentación/Material: ---	

(\* Sobre río, quebrada, carretera, línea férrea, etc.



"Evaluación de las Fallas Estructurales del Puente Sobre el Río Colpamayo en la Red Vial Bambamarca – Chota"



<b>8) DETALLES</b>					
<b>BARANDAS</b>			<b>VEREDAS Y SARDINELES</b>		
Tipo: VEHICULAR			Ancho vereda (m): 0.55		
Material: CONCRETO ARMADO			Ancho sardinel (m): ---		
Material: CONCRETO					
<b>APOYO 1</b>		<b>APOYO 2</b>		<b>APOYO 3</b>	
Tipo: ---		Tipo: ---		Tipo: ---	
Material: ---		Material: ---		Material: ---	
Ubicación: ---		Ubicación: ---		Ubicación: ---	
Número: ---		Número: ---		Número: ---	
<b>JUNTAS DE EXPANSIÓN</b>			<b>DRENAJE DE CALZADA</b>		
Tipo: Están obstruidas			Tipo: TRANSVERSAL		
Material: ---			Material: CONCRETO		
<b>9) ACCESOS</b>					
<b>ACCESO IZQUIERDO</b>			<b>ACCESO DERECHO</b>		
Longitud transición (m): ---			Longitud transición (m): ---		
Alineamiento: ---			Alineamiento: ---		
Ancho de calzada (m): 11.00			Ancho de calzada (m): 12.60		
Ancho total bermas (m): ---			Ancho total bermas (m): ---		
Pendiente alta: SI			Pendiente alta: NO		
Visibilidad: ---			Visibilidad: ---		
<b>10) SEGURIDAD VIAL</b>					
<b>ACCESO IZQUIERDO</b>			<b>ACCESO DERECHO</b>		
Señal informativa: ---			Señal informativa: ---		
Señal preventiva: ---			Señal preventiva: ---		
Señal reglamentaria: ---			Señal reglamentaria: ---		
Señal horizontal: ---			Señal horizontal: ---		
<b>11) SOBRECARGA</b>					
Carga de diseño: ---			Carga máxima actual: 40-50 TON		
Sobreesfuerzo: ---			Señalización de carga: ---		
<b>12) RUTA ALTERNA</b>					
Tipo otras rutas: VIAS AFIRMADAS					
<b>VADO</b>			<b>PUENTE PARALELO</b>		
Distancia de puente (km): ---			Posibilidad de construir: NO		
Periodo de funcionamiento (meses): ---			Longitud total (m): ---		
Profundidad de aguas mínimas (m): ---			Subestructura: ---		
Naturaleza del suelo: ---			Tipo: ---		
Variante existe: ---					
Necesidad de construirlo: ---					
<b>13) CONDICIÓN DEL SECTOR DE LA CARRETERA</b>					
Condición de la carretera: ESTADO REGULAR					
<b>14) SUELO DE CIMENTACIÓN</b>					
	<b>ESTRIBO IZQ</b>	<b>ESTRIBO DER</b>	<b>PILAR 1</b>	<b>PILAR 2</b>	<b>PILAR 3</b>
Material:	ORGANICO	ORGANICO	---	---	---
Comentarios:	Deslizable	Deslizable	---	---	---
FECHA INSPECCION: 25/11/2013					
INSPECTOR: GABY TERRONES JULCAMORO					



**“Evaluación de las Fallas Estructurales del Puente Sobre el Río Colpamayo en la Red Vial Bambamarca – Chota”**



**TOMA DE DATOS DE LA INSPECCIÓN**

**ANEXO 03 - 02**

**CONDICIÓN GLOBAL DEL PUENTE**

NOMBRE PUENTE:	PUENTE COLPAMAYO	PROGRESIVA:	KM 1420
TIPO PUENTE:	PUENTE LOSA	AÑO CONSTRUCCIÓN:	---
PROVINCIA:	CHOTA	SOBRECARGA:	---
DISTRITO:	CHOTA	LONGITUD TOTAL:	11.40
TRAMO:	BAMBAMARCA - CHOTA	ANCHO DE CALZADA:	5.00

**CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS**

NRO	DESCRIPCIÓN	METRADO	UND	CALIFICACIÓN					OBSERVACIONES
				1	2	3	4	5	
101	Losa de concreto armado (refuerzo longitudinal)	11.40	m		x				No se observa acero expuesto en la losa del puente.
207	Elevación cuerpo del estribo de mampostería de piedra	2.60	m		x				Se observaron fisuras en ambos estribos.
208	Elevación alas del estribo de mampostería de piedra	2.30	m			x			La fractura en este elemento es de grandes dimensiones.
215	Zapata de concreto simple	---							Ambas colmatadas
311	Vereda de concreto			x					
321	Apoyo fijo	---							Ambos colmatadas
322	Apoyo deslizante	---							Ambos colmatadas
352	Barandas de concreto	0.55	m		x				Una muestra signos de colisión vehicular
355	Guardavías	---							No tiene
402	Lecho del río	---							Obstruido
501	Señalización	---							No tiene

<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>Se observaron grietas producto de asentamiento diferencial en estribos y alas del puente. En el tablero, superficie de rodadura y elementos complementarios se observaron daños superficiales que muestran sólo daños funcionales en la estructura del puente.</p> <p>Considerando los hallazgos encontrando, se determina que el Puente Colpamayo calificaría como <b>PUENTE EN ESTADO REGULAR.</b></p>	<p><b>CALIFICACIÓN:</b>  MUY BUENO: 0  BUENO: 1  REGULAR: 2  MALO: 3  MUY MALO: 4  PESIMO: 5</p>
--	--

FECHA INSPECCIÓN: 25/11/2013

INSPECTOR: GABY TERRONES JULCAMORO



Según el Cuadro 3.1. Cuadro de condición global del puente – MTC, a pesar del tiempo de vida útil y de la falta de interés por la conservación de la estructura mencionada, el puente se puede calificar como:

**Cuadro de Condición Global del Puente – MTC**

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO
0	<b>Muy Bueno:</b> No se observan problemas.
1	<b>Bueno:</b> Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioro sin importancia.
2	<b>Regular:</b> Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento o socavación pérdida de sección avanzada.
3	<b>Malo:</b> La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
4	<b>Muy Malo:</b> Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios. - Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto. - La socavación compromete el apoyo que debe dar la infraestructura. - Conviene cerrar el puente a menos que este monitoreado el puente.
5	<b>Pésimo:</b> gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos. - Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura - El puente se cierra al tráfico pero con acciones correctivas se puede restablecer el tránsito de unidades ligeras.

☞ **CALIFICACIÓN N° 3: PUENTE EN ESTADO MALO.** La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.



Según el Cuadro 3.2. Cuadro de evaluación según Norma Mexicana, la condición del estado actual del puente se puede calificar como:

### Criterios de evaluación - Norma Mexicana

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO
<b>A</b>	Puentes que presentan una o más deficiencias graves que impliquen un peligro inminente para la seguridad pública o que puedan ocasionar la interrupción prolongada del tránsito sobre el puente. Estos puentes requieren de atención inmediata.
<b>B</b>	Aquellos que presenten una o varias deficiencias importantes, que de no atenderse pueden evolucionar hacia deficiencias graves. Estos puentes requieren atención a mediano plazo
<b>C</b>	Los que solo presenten deficiencias menores con evolución lenta y únicamente requieren de trabajos rutinarios de conservación.

☞ **CALIFICACIÓN “B”:** Aquellos que presenten una o varias deficiencias importantes, que de no atenderse pueden evolucionar hacia deficiencias graves. Estos puentes requieren atención a mediano plazo.



### 4.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para el caso específico del Puente sobre el Río Colpamayo; se consideraron principalmente como agentes influyentes de las fallas estructurales y como consecuencia el mal estado del puente a:

- La falta de inspección y mantenimiento
- La presencia de vehículos sobrecargados
- El incremento del tráfico

No se tiene registro de alguna inspección realizada al Puente sobre el río Colpamayo. Según testimonio de los vecinos y pobladores de la zona, este puente tiene aproximadamente 50 años de vida útil. La falta de mantenimiento y limpieza son notorios.

Además el Programa Nacional de Puentes 2012-2020 considera solo la atención de veinte puentes en cuanto a mantenimiento.

Según la Guía para Inspección de Puentes del MTC, los puentes en servicio deben ser evaluados, por lo menos, una vez al año, por parte de personal adiestrado específicamente para la identificación y evaluación de daños. Esto nos da la idea de la influencia que tiene la falta de inspección y mantenimiento en la generación de fallas en la estructura de un puente.

Para la construcción del puente no se consideraron muchos factores; entre ellos el vehículo de diseño y actualmente circulan vehículos del tipo H20S16, distorsionando completamente las acciones mecánicas y pudiendo colapsar el puente por el efecto de fatiga.



Los materiales de construcción de los estribos y el diseño utilizado en su construcción, distan mucho con la actualidad del uso que se le da al puente; esto sumado a la presencia de los vehículos sobrecargados también influye en la presencia de fallas.

De acuerdo al Expediente Técnico “Puente Colpamayo”, para el periodo de abril del año 2000 se considera un IMD = 30-50 veh/día. Este dato histórico dista por mucho de la recolección de datos realizada en noviembre del año 2013, en la cual se obtiene un IMD promedio de 1074 veh/día.

Si bien el aumento del IMD es exagerado, recordaremos que el 63.01% de este valor corresponde al tránsito de mototaxis y motos lineales, que son los vehículos de mayor uso en el Distrito de Chota. Haciendo el cálculo respectivo, tenemos que de 1074 veh/día que circulan en el puente:

- 677 son mototaxis y motos lineales
- 377 son vehículos livianos y pesados

De igual manera es importante considerar que el incremento de tráfico provoca mayor desgaste de la calzada, el incremento de la carga viva y mayor esfuerzo a soportar por los estribos.

Por lo tanto, luego de realizar la inspección al Puente sobre el Río Colpamayo, se verifica que las fallas estructurales observadas son generadas por la falta de inspección y mantenimiento, la presencia de vehículos sobrecargados y el incremento de tráfico (reflejado en el aumento del IMD).



#### 4.4 GUIA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS FALLADAS

El sistema de información de las Inspecciones debe proporcionar datos que puedan ser usados para la posterior evaluación y estimación de los recursos necesarios para mantener o rehabilitar el puente.

La exactitud de la información permitirá una mejor estimación de los metrados y, por ende, de los recursos requeridos, que puede usarse preliminarmente para su posterior análisis en la oficina.

Trabajando juntos, el Ingeniero Inspector y el Supervisor de Mantenimiento, pueden anticipar procedimientos para mejorar la exactitud de la estimación. La correcta y oportuna evaluación de cada puente, permitirá a la organización central definir la acción que debe tomarse, pudiendo ser de los siguientes tipos:

- **Acciones normativas.**- Colocación de señales. Limitación de uso (imposición de peso máximo, reducción de velocidad, restricción de un solo carril, etc.)
- **Acciones preventivas.**- Monitoreo de grietas, deformaciones y asentamientos, colocación de apuntalamientos, así como también la realización de inspecciones más frecuentes.
- **Acciones ejecutivas.**- Se refiere a la realización de obras en el puente, considerándose los siguientes niveles de atención: mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento.

Los procedimientos más indicados para aplicarse en las estructuras falladas del Puente sobre el Río Colpamayo, las mostramos a continuación:



#### 4.4.1 Limpieza del puente

Consiste en limpiar todos los elementos visibles del puente, en especial el tablero, barandas, elementos de apoyo y cauce del río.

El objetivo es que el puente de concreto, esté libre de basuras, vegetación y materiales extraños. Se pretende que la obra esté libre de cualquier obstáculo que pueda afectar la estructura, seguridad y comodidad de los usuarios. Asimismo, se busca que estén limpios de letreros o de avisos distintos a la señalización formal de la vía.

Mantener permanentemente libre de obstrucciones y limpios los tableros, los drenes, las barandas, las juntas y demás elementos de los puentes en general.

##### ➤ **Materiales**

No se requiere de ningún tipo de material para la ejecución de esta actividad.

##### ➤ **Equipos y Herramientas**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad son: cepillos, escobillas metálicas, escobas, escalera, lampas, machetes, carretillas, sogas, arneses y una cámara fotográfica, etc.

##### ➤ **Procedimiento de Ejecución**

El procedimiento a seguir para la ejecución de los trabajos es el siguiente:

1. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
2. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas.



3. Tomar algunas fotografías de la situación inicial y en actividades de avance.
4. Barrer la calzada del puente.
5. Barrer, cepillar y lavar las barandas de los puentes.
6. Limpiar los drenes y las juntas.
7. Limpiar y extraer basuras y escombros que se encuentre en los apoyos, en las estructuras y demás elementos del puente.
8. Eliminar la vegetación que se encuentre en las estructuras.
9. Retirar o ahuyentar insectos, roedores y aves que con sus excrementos puedan afectar la estructura o que su presencia pueda afectar la seguridad y la comodidad de los usuarios.
10. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
11. Tomar algunas fotografías de la situación final.

➤ **Aceptación de los trabajos**

Se aceptarán los trabajos cuando se compruebe que se han realizado a satisfacción, cumpliendo con los requerimientos del procedimiento detallado y que como resultado el puente esté debida y completamente limpio.

#### **4.4.2 Limpieza de Cauces**

Consiste en retirar mediante equipo, piedras, vegetación, basuras y materiales que se hayan depositado por efecto de la sedimentación en la zona adyacente a los estribos del puente disminuyendo la capacidad hidráulica y que en caso de crecientes inesperadas pueden ocasionar daños graves a estas obras de arte mayores.

El objetivo es posibilitar el escurrimiento libre y adecuado del flujo de agua en una longitud mínima de tres veces la distancia medida entre los estribos del puente



hacia aguas arriba y de una y media veces en el lado de aguas abajo del puente o pontón.

Es obligatorio que se realice la limpieza antes del periodo de lluvias y se efectúe observación permanente del estado de los cauces

➤ **Materiales**

No se requiere de ningún tipo de material para la ejecución de esta actividad.

➤ **Equipos y Herramientas**

Los equipos necesarios para el caso son retroexcavadoras y camiones volquete. Las herramientas necesarias son igualmente picos, lampas, machete, carretilla, soga y una cámara fotográfica, etc.

➤ **Procedimiento de Ejecución**

El procedimiento a seguir para la ejecución de los trabajos es el siguiente:

1. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
2. El personal debe contar con los uniformes apropiados, cascos, botas y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas.
3. Inspeccionar en detalle el cauce aguas arriba y aguas abajo, con el fin de observar e identificar los obstáculos al flujo natural de la corriente de agua.
4. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación inicial y en actividades de avance.
5. Efectuar la limpieza del cauce utilizando el equipo, herramientas y el personal, de acuerdo con las necesidades. Se deben retirar los troncos, ramas, basuras, piedras, material de sedimentos y demás obstáculos que obstruyen



el libre flujo de agua y que puedan ocasionar socavación en las pilas o en los estribos de la estructura.

6. Los elementos y materiales reunidos se deben extraer y transportar a sitios autorizados y donde no constituyan peligro para el cauce limpiado ni ocasionen problemas socio-ambientales.
7. Al terminar los trabajos, retirar las señales y los dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
8. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación final.

#### ➤ **Aceptación de los trabajos**

Se aceptarán los trabajos cuando se compruebe que los cauces hayan sido limpiados en la longitud requerida y que las obras de arte mayores conservan la capacidad hidráulica.

#### **4.4.3 Reparación Parcial de Barandas de Concreto**

Consiste en la reparación parcial de aquellas secciones, de las barandas de concreto, que hayan sido dañadas por efecto de golpes o impacto de vehículos u otras circunstancias.

El objetivo es la reparación o recuperación de las barandas para brindar seguridad a los usuarios y conservar la funcionalidad del puente. Se debe realizar durante la época seca, a menos que se trate de acometer una solución de emergencia.

#### ➤ **Materiales**

Los materiales requeridos para la ejecución de esta actividad son: arena, grava, cemento Pórtland, agua, acero de refuerzo, clavos, madera, pintura, thinner y resinas epóxicas para puentes de adherencia.



Para la ejecución de esta actividad el Concreto Clase D ( $210 \text{ kg/cm}^2$ , sin refuerzo), de la Sección 610 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras.

➤ **Equipos y Herramientas**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad son: mezcladora de concreto, lampas, picos, carretillas, lijas, escobillas metálica, brocha y una cámara fotográfica, etc.

➤ **Procedimiento de Ejecución**

El procedimiento a seguir para la ejecución de los trabajos es el siguiente:

1. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
2. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial en concordancia con las normas establecidas.
3. Delimitar las secciones de baranda a reparar o recuperar.
4. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación inicial y en actividades de avance.
5. Demoler todos los elementos de las secciones a reparar o a recuperar. En esta actividad de demolición se debe conservar la longitud suficiente de acero para hacer el traslape necesario con las secciones adyacentes, con el fin de asegurar la efectiva unión entre ambas. Los materiales resultantes de la demolición se deberán remover y trasladar a los sitios autorizados.
6. Ejecutar las reparaciones o la rehabilitación de los barandales de acuerdo con el estudio y la programación. Los nuevos elementos deben conservar las características estructurales y arquitectónicas del diseño original. La ejecución de esta actividad incluirá el encofrado de los elementos, el armado del acero de refuerzo, la aplicación de resinas epóxicas para puentes de adherencia



- epóxico; la fabricación, colocación y curado del concreto; el desencofrado, el pulido, pintado de los elementos y/o toda la baranda en caso necesario.
7. Hacer limpieza general en el sitio de trabajo.
  8. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
  9. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación final.
- **Aceptación de los trabajos**

Se aceptarán los trabajos cuando se compruebe que las barandas de concreto del puente, sean reparadas o recuperadas a satisfacción, cumpliendo con lo establecido en esta especificación.

#### **4.4.4 Limpieza de Superficies de Puentes**

Consiste en la limpieza de la superficie visible de puentes de concreto con agua a presión menor de 5 000 psi, hasta obtener una superficie sana y limpia, incluyendo las operaciones de secado.

El objetivo es preservar las condiciones superficiales del puente efectuando la conservación de sus elementos en condiciones similares a las originales. Asimismo, este tipo de limpieza es útil para una inspección detallada de fisuras, grietas y otros defectos similares en los puentes de concreto.

Esta actividad se ejecutará como parte de la programación de la conservación periódica de la carretera y específicamente de puentes.

La limpieza de la superficie visible, con agua a presión (para todas las superficies), se realizara conforme las especificaciones SSPC-SP 13/NACE N° 5, (Preparación de Superficies de Concreto).



➤ **Materiales**

Los materiales requeridos para la ejecución de esta actividad son:

- Agua natural de la fuente más cercana y que cumpla con las mismas características que las requeridas para la elaboración de concreto hidráulico.
- Detergente industrial.

➤ **Equipos y Herramientas**

Los equipos y las herramientas necesarias para la ejecución de esta actividad dependerán de las condiciones en que se encuentre la estructura y serán propuestos para evaluación y aprobación. En general pueden ser los siguientes equipos de limpieza:

- Cisternas, compresora y motobombas con pistolas y boquillas reductoras,
- Motobombas con pistolas y boquillas reductoras,
- Cisternas, grupo electrógeno, tolvas o cilindros, equipos neumáticos con pistolas y boquillas reductoras,
- Cisternas, hidrolavadora que incluye generador eléctrico, pistolas y boquillas reductoras, etc.

En todos los casos es opcional el uso de cisternas, si es factible usar el agua de río o de otra fuente natural.

El uso de hidrolavadoras o equipos de aplicación de chorro de agua a presión, se ajustara a la presión acorde al tipo de limpieza que desea lograrse.

- Equipo de aire a presión para secado.
- Cámara fotográfica.
- Etc.



### ➤ **Procedimiento de Ejecución**

El procedimiento a seguir para la ejecución de los trabajos es el siguiente:

1. Colocar señales preventivas, dispositivos de seguridad y adoptar todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores y el ordenamiento del tránsito sin riesgo de accidentes.
2. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial en concordancia con las normas establecidas.
3. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación inicial y en actividades de avance.
4. Elaborar la programación de esta actividad y distribuir los trabajadores para realizarla.
5. Proceder a la limpieza de la superficie del puente con agua limpia, a presión variable menor a 5 000 psi.
6. Proceder al secado de la superficie con equipo de aire a presión.
7. Hacer limpieza general del sitio de trabajo y cuidar que no queden materiales producto de la limpieza en las áreas adyacentes. Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a los depósitos de excedentes autorizados
8. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
9. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación final.

### ➤ **Aceptación de los trabajos**

Se aceptarán los trabajos cuando se compruebe que se ha realizado satisfactoriamente la Limpieza de la Superficie de Puentes de Concreto con Agua a



Presión, cumpliendo los requerimientos de la presente especificación y que como resultado las superficies de concreto se encuentren limpias.

#### **4.4.5 Limpieza y Sellado de Grietas en el Concreto**

Consiste en ejecutar la limpieza con agua a presión y la reparación de las grietas en el concreto.

El objetivo es la Limpieza y Sellado de Grietas en Concreto mediante la aplicación de resinas epóxicas por inyección a presión o sólo por gravedad para preservar el comportamiento estructural del puente evitando que se produzcan daños mayores.

##### **➤ Materiales**

Para la ejecución de esta actividad, se requieren los siguientes materiales:

- Mezcla inyectable con base en resinas epóxicas proveniente de un fabricante que garantice plenamente la calidad del producto y que demuestre por sus antecedentes su aptitud para la función que se requiere. El producto deberá llegar al sitio de trabajo en su envase original cerrado, con las correspondientes etiquetas que señalen su procedencia, características e identificación del lote de fabricación. Debe dar resistencias mínimas de 90 MPa a la compresión cúbica y de 70 MPa a la flexotracción, ambas medidas a los 10 días, a 20° C de temperatura y 65% de humedad relativa.
- Agente adhesivo con base en resinas sintéticas, que asegure la adherencia y sellado de la inyección y que obtenga resistencias mínimas de 80 MPa a la compresión cúbica y de 35 MPa a la flexotracción, ambas medidas a los 10 días, a 20° C de temperatura y 65% de humedad relativa.



- Masilla sellante plasto-elástica, elaborada con base en una emulsión acrílica a utilizar en la reparación de grietas en lo que el sellante se incorpora sólo por efectos de la gravedad.
- Agua con las características de la utilizada en concreto para ser aplicada a presión menor de 5 000 psi.

#### ➤ **Equipos y Herramientas**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad dependerán del procedimiento de aplicación mediante inyección o por gravedad. En general son: hidrolavadora, grupo electrógeno, boquillas, mangueras, equipo mecánico de chorro de aire a alta presión, taladro de paleta de bajas revoluciones (400 r.p.m. a 600 r.p.m.), un recipiente de mezclado limpio y seco, un equipo de inyección (pistola manual o sistema de aire comprimido) que aplique una presión de 100 lb/pulg<sup>2</sup> - 200 lb/pulg<sup>2</sup>, y boquillas para inyectar resina epóxica y una cámara fotográfica, etc.

#### ➤ **Procedimiento de Ejecución**

El procedimiento a seguir para la ejecución de los trabajos es el siguiente:

1. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
2. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial en concordancia con las normas establecidas. Adoptar las medidas de seguridad necesarias cuando los trabajos se realicen con el puente en servicio, antes de iniciar los trabajos.
3. Distribuir los trabajadores con base en la programación de esta actividad
4. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación inicial y en actividades de avance.
5. Realizar la preparación de la grieta. El concreto donde se encuentra la grieta por reparar debe tener como mínimo 28 días de edad. La grieta, así como



unos 10 cm a cada lado de ella en la superficie, se debe limpiar perfectamente mediante chorro de agua, pulido, chorro de arena u otro procedimiento similar, que elimine la suciedad, el polvo y cualquier material que se encuentre suelto; se terminará con una limpieza con aire a presión, asegurándose que éste no contenga aceites u otros contaminantes que pudieran impedir o limitar la adherencia del producto sellador. Asimismo, se deberán retirar los recubrimientos sueltos hasta 50 mm a cada lado de la grieta por reparar.

6. Revisar y conocer todos los procedimientos, limitaciones y precauciones de acuerdo con los instructivos y las recomendaciones técnicas del fabricante del sellante. Evitar el contacto con ojos y piel. Para programar adecuadamente las cantidades por preparar cada vez, es indispensable conocer perfectamente el tiempo de curado del producto sellador.
7. Verificar las condiciones ambientales para la aplicación de las resinas de inyección y los sellos epóxicos, teniendo en cuenta que la temperatura ideal está comprendida entre 10 y 20° C y que no se deben aplicar en presencia de lluvia o nieve, o con una temperatura del sustrato o del ambiente inferior a 5° C o superior a 30° C. Con temperaturas bajas aumenta la viscosidad del producto. Debido a las características de la resina, la grieta o fisura puede estar seca o húmeda, pero sin agua libre antes de ejecutar la aplicación. Deberá tenerse presente, además, cualquier otra limitante o precaución que recomiende el fabricante del producto para sellar.
8. Proceder al sellado de las grietas identificadas ya sea mediante inyección a presión o por gravedad.
  - 8.1 Para la reparación mediante inyección se debe aplicar el siguiente procedimiento:
    - 8.1.1 Verificar que las aristas o bordes de la grieta se encuentren firmes; de no ser así, se debe picar o formar mediante una herramienta adecuada una ranura en forma de “V” a lo largo de la grieta con una



profundidad mínima de 10 mm o hasta encontrar concreto firme y sano.

- 8.1.2 Colocar las boquillas de inyección (puntos de entrada) en la superficie a lo largo de la grieta. La distancia entre esos puntos no debe exceder el espesor del elemento o la profundidad de la grieta. Si la grieta traspasa de un lado a otro, en el caso de muros se colocarán boquillas por ambas caras en alturas escalonadas, y en el caso de losas se sellará previamente la grieta en la superficie inferior con el agente adhesivo epóxico.
- 8.1.3 Preparar el agente adhesivo epóxico y de confinamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Mezclar totalmente los contenidos de los envases del producto en el recipiente de mezclado, conforme lo prescrito en su hoja técnica o solamente la cantidad de material que se puede aplicar dentro del período antes que endurezca. En caso que el volumen a inyectar sea inferior al que entregan los envases, se podrán subdividir los componentes del sellador respetando rigurosamente la proporción de mezcla indicada en los datos técnicos del fabricante del producto.
- 8.1.4 Sellar la grieta superficialmente en toda su longitud y alrededor de las boquillas mediante el agente adhesivo epóxico, incluso en la ranura en “V”, si corresponde. Una vez endurecido el material sellante, para lo que generalmente se dejan transcurrir 24 horas, verificar que existe un sistema abierto aplicando aire comprimido por todos los puntos (pruebas neumáticas entre boquillas, para determinar conexiones entre ellas y la extensión de la fisura). Se efectuará el marcado de boquillas con conexión entre sí y la rectificación de boquillas sin conexión. Este procedimiento sirve, además, para expulsar restos de polvo, agua u otro contaminante de la grieta, y para verificar el total confinamiento de ésta.
- 8.1.5 Aplicar la inyección de resina para sellar teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:



- 8.1.5.1 Preparar el producto para sellar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Mezclar totalmente los contenidos de los envases del producto en el recipiente de mezclado, conforme lo prescrito en su hoja técnica o solamente la cantidad de material que se puede aplicar dentro del período antes de que endurezca. En caso que el volumen a inyectar sea inferior al que entregan los envases, se podrán subdividir los componentes del aditivo, respetando rigurosamente la proporción de mezcla indicada en los datos técnicos del fabricante.
- 8.1.6 Efectuar la inyección a presión constante (40 psi a 100 psi), con el fin de lograr un completo llenado y penetración de la grieta sin incorporar aire o vacíos en la resina epóxica. Se debe comenzar inyectando por el punto de entrada más bajo de la grieta y continuar hasta que el adhesivo comience a salir por la boquilla adyacente. Para continuar la inyección se debe asegurar que la resina ha llenado completamente la grieta entre ambos puntos; luego, obturar el primer punto e iniciar la inyección en el siguiente hasta que la resina vuelva a aflorar en el punto próximo; en el caso que la grieta atravesase el total del elemento se debe verificar, además, que el adhesivo comience a salir por el punto opuesto más próximo en la otra cara del elemento. Obturar el punto opuesto y seguir inyectando según el procedimiento descrito. Si el adhesivo no fluye por el lado opuesto, se deberá inyectar el elemento por ambas caras; en el caso que hubiera puntos en los cuales no penetró, o en que no aflora la resina, se debe dejar un registro de lo ocurrido para una evaluación posterior; continuar la secuencia hasta inyectar la totalidad de la grieta.
- 8.1.7 Efectuar la terminación del sellado de la grieta: Una vez que ha curado o endurecido la resina de inyección, se deben remover los excesos mediante disco abrasivo u otro método mecánico, hasta lograr una superficie lisa, suave y en el mismo plano que el concreto adyacente. No deberán quedar salientes ni protuberancias en los puntos de entrada.



- 8.2 Para el sellado de las grietas mediante relleno por gravedad se debe aplicar el siguiente procedimiento:
- 8.2.1 Verificar que las aristas o bordes de la grieta se encuentren firmes; de no ser así, se debe picar o formar mediante una herramienta adecuada una ranura en “V” a lo largo de la grieta con una profundidad mínima de 10 mm, o hasta encontrar concreto firme y sano. Cuando no haya sido necesario crear la ranura en forma de “V” alrededor de la grieta, se deberá formar un cordón continuo, que se debe ir cerrando cada cierto trecho de manera de crear varios diques.
  - 8.2.2 Preparar el agente adhesivo para confinamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En ningún caso, preparar más cantidad de la que se pueda utilizar antes que se endurezca. Sellar superficialmente la cara inferior de toda la grieta si corresponde, utilizando el agente adhesivo epóxico.
  - 8.2.3 Preparar el producto para sellar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En ningún caso preparar más cantidad que la que se pueda utilizar antes que se endurezca. Vaciarlo en forma uniforme y continua a lo largo de los diques o canales en “V” de manera de lograr un llenado completo de la grieta, sin incorporar vacíos o aire al producto de sellado.
  - 8.2.4 Realizar una verificación del resultado y dejar constancia por escrito, cuando se presenten situaciones en que el sellante no penetró bien en la grieta o sólo lo hizo parcialmente.
  - 8.2.5 Efectuar el terminado final de la superficie una vez que la mezcla haya endurecido en la zona de la grieta reparada, para lo cual el sello superficial que sobresalga de la superficie del elemento se deberá remover mediante discos abrasivos u otras herramientas adecuadas, hasta lograr una superficie lisa, suave y en el mismo plano que el concreto que rodea la grieta.



9. Hacer limpieza general del sitio de trabajo y cuidar que quede sin manchas notorias en las áreas adyacentes.
10. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
11. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación final.

➤ **Aceptación de los trabajos**

Se aceptarán los trabajos cuando se compruebe que se ha efectuado a satisfacción la Limpieza y Sellado de Grietas en Concreto, en cada una de las grietas identificadas.

#### **4.4.6 Reparación Superficial de Concreto**

Consiste en los trabajos necesarios para reparar el concreto que se ha deteriorado superficialmente (desintegración, desgaste, fisuración, escamaduras, descascaramiento o desconchamiento, pulido y daños superficiales similares). La definición y las características de los trabajos de reparación por realizar deben ser el resultado de análisis y estudios realizados por profesionales experimentados en el mantenimiento de estructuras viales, dado que este tipo de daños es, muchas veces, potencialmente generador de problemas más graves.

Las técnicas para reparar este tipo de daños mantienen algunos aspectos básicos comunes, los cuales son los que se especifican en esta sección, sin perjuicio que los estudios especializados puedan recomendar condiciones diferentes para distintas situaciones.

El objetivo es realizar todos los trabajos necesarios para reparar el concreto dañado, removiendo todo el concreto en malas condiciones y reemplazándolo por un mortero apropiado para reparaciones.



Inspeccionar periódicamente el estado y la condición superficial del concreto para identificar los daños y proceder a su reparación oportuna.

#### ➤ **Materiales**

Para la ejecución de esta actividad, se requieren los siguientes materiales:

- Mortero elaborado con base en resinas sintéticas, predosificado especialmente para este tipo de reparaciones, y que se debe colocar ajustándose estrictamente a las instrucciones del fabricante. Con el producto por utilizar se debe obtener en obra resistencias de 40 MPa a la compresión cúbica y de 12 MPa a la flexotracción, ambas medidas a los 28 días.
- Resina sintética para puente de adherencia.

#### ➤ **Equipos y Herramientas**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad, son martillos, cinceles, llana metálica y otras herramientas similares, brochas, rodillos, compresor de aire y una cámara fotográfica, etc.

#### ➤ **Procedimiento de Ejecución**

El procedimiento a seguir para la ejecución de los trabajos es el siguiente:

1. Colocar señales preventivas, dispositivos de seguridad y adoptar todas las medidas de seguridad necesarias que garanticen la seguridad de los trabajadores y el ordenamiento del tránsito vehicular sin riesgo de accidentes.
2. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial en concordancia con las normas establecidas.
3. Distribuir los trabajadores con base en la programación de esta actividad



4. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación inicial y en actividades de avance.
5. Remover completamente toda el área que presenta deterioro, y hasta la profundidad necesaria para encontrar concreto firme y sano, mediante el uso de martillos, cinceles y otras herramientas similares. La condición del concreto se puede determinar en la práctica golpeando la superficie con un martillo; las áreas de concreto sano producirán un sonido metálico agudo y vibrante, en tanto que en las de concreto dañado el sonido será sordo y hueco.
6. Conformar la zona por remover en un perímetro de forma regular hasta lograr la superficie de las características señaladas, la que se deberá limpiar con aire a presión, asegurándose que éste se encuentre libre de aceite u otros contaminantes. Se deberán remover los contaminantes y el óxido de las barras de acero que hubieren quedado a la vista, para lo cual se empleará un chorro de arena u otro procedimiento apropiado que deje la superficie perfectamente limpia y sin ningún resto de óxidos.
7. Preparar la superficie por reparar, colocando sobre ella un puente de adherencia con base a resinas sintéticas, aplicado con brocha, rodillo u otros elementos similares o que recomiende el fabricante.
8. Preparar el mortero de reparación de manera que se obtenga una mezcla perfectamente homogénea y que se ajuste a la dosificación prescrita; se debe colocar dentro del tiempo recomendado por el fabricante. El puente de adherencia debe encontrarse fresco al colocar la mezcla. La aplicación puede hacerse con una llana metálica u otra herramienta similar.
9. Colocar el mortero de reparación. En general, salvo que las instrucciones del fabricante señalen otra cosa, no se deberá vaciar mortero de reparación cuando está lloviendo o nevando y cuando la temperatura de la superficie por reparar sea inferior a 5°C o superior a 30°C. Se debe dar una textura superficial tan parecida como sea posible a la de la superficie no intervenida.



10. Curar el mortero, salvo indicación diferente del fabricante, mediante humedad, de preferencia con arpilleras húmedas, y mantenerlo protegido del sol y del viento por lo menos durante 3 días.
11. Limpiar completamente la zona de trabajo, especialmente las superficies colindantes a la intervenida.
12. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar, en forma alguna, otros elementos de la estructura o de la vía; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta actividad.
13. Trasladar los materiales extraídos o sobrantes a depósitos de excedentes, dejando el área de los trabajos completamente limpia.
14. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
15. Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación final.

➤ **Aceptación de los trabajos**

Se aceptarán los trabajos cuando se compruebe la ejecución de los trabajos necesarios para la reparación superficial del concreto y, en general, todo lo necesario para ejecutar la actividad conforme a estas especificaciones.



# **CAPITULO V:**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## 5.1 CONCLUSIONES

El concepto de red vial debe incluir no solo los aspectos relacionados con las vías en buen estado; los puentes, así como otros elementos, necesitan ser tomados en cuenta en los procesos de gestión vial en los gobiernos locales, regionales y a nivel nacional. Las políticas institucionales deben tener claro que los puentes requieren un mantenimiento y atención diferente al resto de los componentes de la Red Vial Nacional; ya que son generalmente los puntos débiles y la consecuencia de su falla tiene repercusiones más graves sobre la población.

De la inspección realizada al Puente sobre el Río Colpamayo y la evaluación a cada elemento del mismo, podemos concluir que:

- Al evaluar la subestructura del puente, encontramos fallas estructurales en la cimentación y estribos.
  - ☞ En la cimentación del puente la principal falla es el asentamiento diferencial, el cual ha causado la generación y propagación de grietas en los estribos, además de presentar una excesiva acumulación de desechos y sedimentos, que prácticamente se han cimentado sobre la cimentación misma.
  - ☞ En los estribos se observa la presencia de grietas longitudinales, las cuales nos advierten de falla por socavación y/o asentamiento diferencial. Estas grietas generan a la vez filtraciones de agua.
  - ☞ En el ala del estribo izquierdo se encontró una grieta diagonal, producto de falla por asentamiento diferencial.



- Al evaluar la subestructura del puente, encontramos fallas estructurales en la losa del tablero, barandas y acera.
  - ☞ En la losa del tablero observamos leves fisuras en algunas zonas, este tipo de fallas son del tipo funcional no estructural, por lo que la solución consiste básicamente en una reparación superficial del concreto, previa limpieza general del puente.
  - ☞ El tablero no presenta deformaciones, pero la acumulación de tierra en el acceso derecho, hace que este falle funcionalmente, debido a que la transición entre la vía y el puente no es suave.
  - ☞ Las barandas del puente, muestran signos de colisión vehicular por lo que en una esquina el acero está sin recubrimiento.
  - ☞ La acera al igual que la losa del tablero, presenta leves fisuras, lo que implica una falla del tipo funcional, fácil de reparar sólo superficialmente.
  - ☞ Para determinar la condición actual de los apoyos, es necesario realizar previamente una limpieza más detallada del puente en esta zona, y programar una nueva inspección.
- Considerando todas las fallas encontradas en la inspección y evaluación del puente, se elaboró una “Guía de Intervención” en las estructuras falladas, basada en el mantenimiento y reparación de la estructura del Puente sobre el Río Colpamayo.
- De acuerdo a las observaciones encontradas, se determinó la importancia de la planificación de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes.



## 5.2 RECOMENDACIONES

Finalmente, podemos sugerir las siguientes recomendaciones:

- La disponibilidad de contar con datos históricos es vital para cualquier tema de investigación, por lo que debemos dar la iniciativa y empezar a registrar cualquier tipo de información.
- Aplicar las indicaciones, sugerencias y procedimientos que se detallan en normas, guías y demás documentos emitidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Estos documentos cuentan con información de calidad, la cual utilizada adecuadamente podría minimizar costos de reparación o rehabilitación y riesgos.
- La Guía de Intervención propuesta en el trabajo realizado, está basada en la inspección realizada; por lo que se recomienda seguir los procedimientos indicados en la guía, para posteriormente realizar una nueva inspección y evaluación del Puente sobre el Río Colpamayo. Debemos tener en cuenta que este puente no cuenta con inspección ni limpieza ni mantenimiento desde su construcción, hace 50 años aproximadamente.
- Se recomienda también que una vez realizada la limpieza general del puente y las reparaciones propuestas; considerar en la próxima evaluación las fallas causadas por factores hidráulicos, principalmente la determinación de fallas por efectos de socavación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ALARCON ROJAS, Wesley Iván. **“Puente Viejo Sobre el Río Chotano”**. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería. Cajamarca – Perú, 2010.
- ✓ CULQUI HUAMAN Jairo Alexander. **“Estudio del Puente San Juan”**. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería. Cajamarca – Perú, 2013.
- ✓ FLOREZ SANCHEZ Jesús, **Conservación de Puentes Carreteros**. México, 2004.
- ✓ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – SISTEMA DE PUENTES DE COLOMBIA (SIPUCOL). **Manual de Inspección**. Colombia, 1999.03.09.
- ✓ INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE - SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. **Análisis del deterioro estructural por fatiga y pronóstico de un puente típico de concreto utilizando simulación Monte Carlo**. México, Sanfandila, Qro, 2013.
- ✓ INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE - SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. **La Evaluación no Destructiva de Materiales Estructurales y Puentes**. México, Sanfandila, Qro, 2003.
- ✓ MANJARREZ GARDUÑO Lorena Elizabeth. **Análisis de Confiabilidad y Costos del Puente Tampico**. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. México, D.F., Febrero de 2009.
- ✓ MENDOZA MALDONADO Wilson Francisco, NAVARRO MELENDEZ Luz de María y PORTILLA MOLINA Felipe Antonio. **Manual para el Mantenimiento**



**Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador. Universidad de El Salvador. El Salvador, Agosto, 2003.**

- ✓ **MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES. Manual de Inspección de Puentes. Costa Rica, Enero, 2007.**
- ✓ **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Especificaciones Técnicas Generales Para la Conservación de Carreteras. Resolución Directoral N° 051-2007-MTC/14, 27 de Agosto 2007.**
- ✓ **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Guía para Inspección de Puentes. Directiva N° 01-2006-MTC/14. Resolución Directoral N° 012-2006-MTC/14, 14 de Marzo 2006.**
- ✓ **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Diseño de Puentes. Lima, Julio, 2003.**
- ✓ **MOSQUEIRA RAMÍREZ Hermes Roberto y MOSQUEIRA RAMÍREZ Jorge Edison. Informe de la Evaluación de Puentes de la Red Vial Cajamarca – Jaén. Cajamarca, Perú, 2007.**
- ✓ **MUÑOZ Edgar. Estudio de las causas de colapso de algunos puentes de Colombia. Bogotá, Colombia, 2001.**
- ✓ **MUÑOZ Edgar y VALBUENA Edgar. “Estado y daños típicos de los puentes de la red vial nacional de Colombia, basados en inspecciones visuales”. España, Septiembre- Octubre, 2004.**
- ✓ **POLANCO ROQUE Karina Liliana. “Evaluación de las Fallas del Puente Chonta de la Red Vial Cajamarca – Baños del Inca”. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería. Cajamarca – Perú, 2010.**

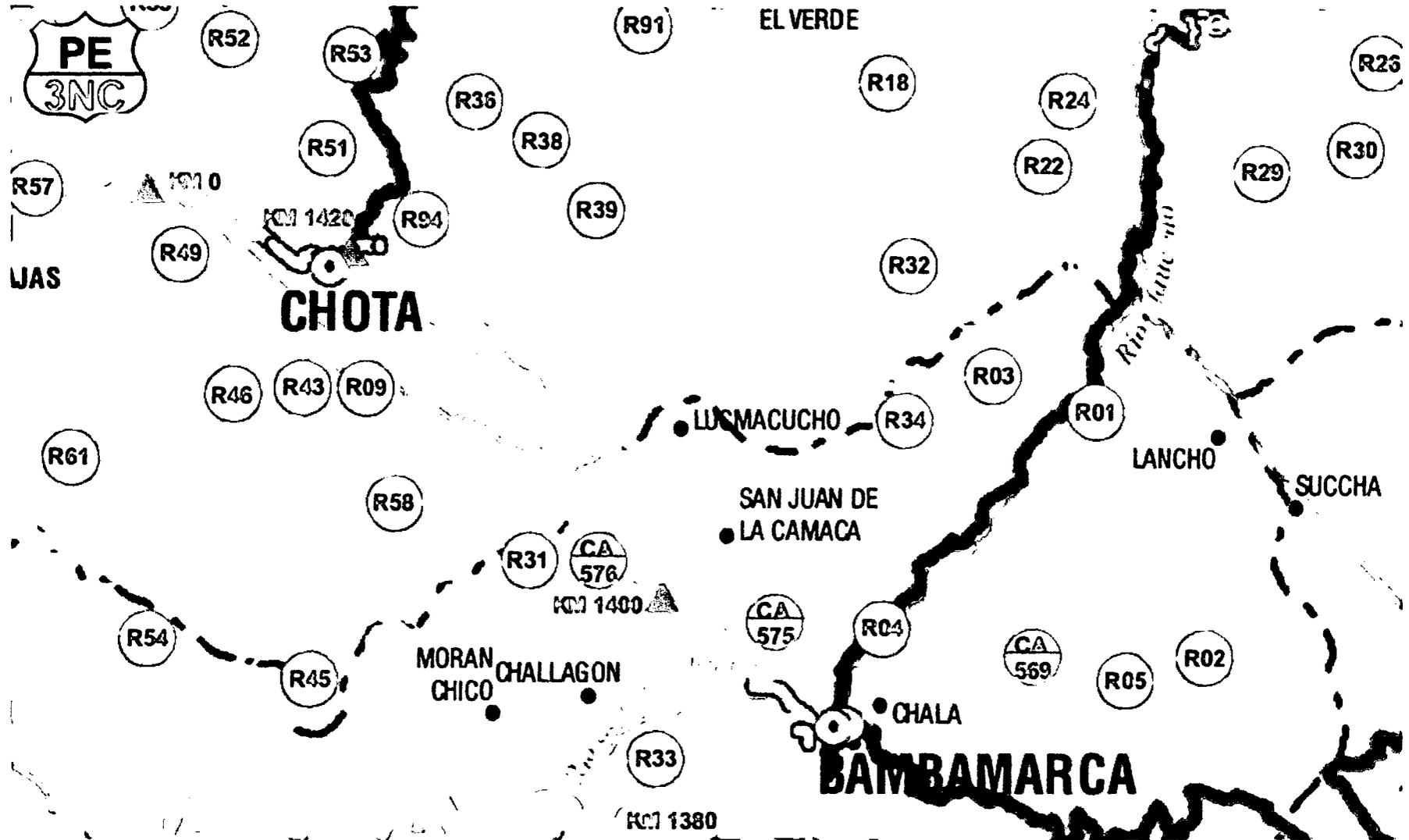


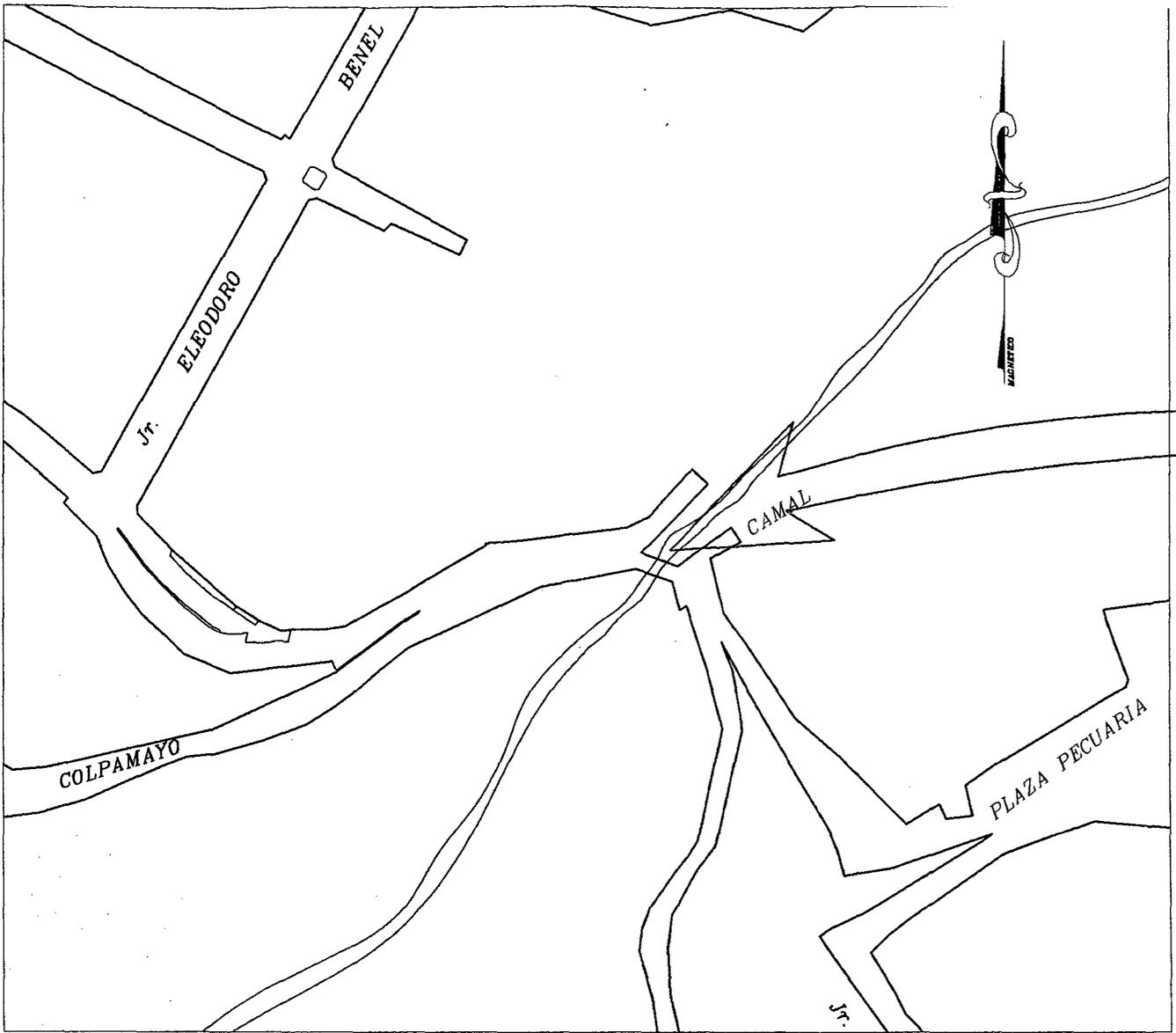
- ✓ PONTÍFICA UNIVERSIDAD JAVIERANA. **Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado)**. Bogotá. Colombia.
- ✓ PROVIAS NACIONAL. **Balance de la Gestión y Administración de Puentes en la Red Vial Nacional**. 2012
- ✓ ROCHA FELICES Arturo. **Erosión en Pilares y Estribos de Puentes**. IV Congreso Internacional de la Construcción. ICG. Lima. Diciembre 2008.
- ✓ SEURZ Alisson. **Tesis Dimensionamiento Hidráulico Optimizado de Puentes con Terraplenes**. Universidad de Piura. Piura, 2006.
- ✓ SEMINARIO MANRIQUE Ernesto. **Guía para el Diseño de Puentes con vigas y Losa**. Universidad de Piura. Piura, Febrero, 2004.



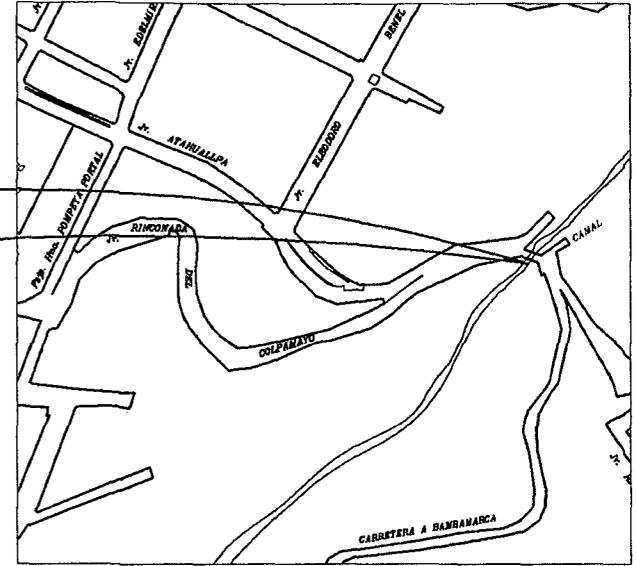
# ANEXOS

ANEXO N° 01. Tramo CHOTA – BAMBAMARCA





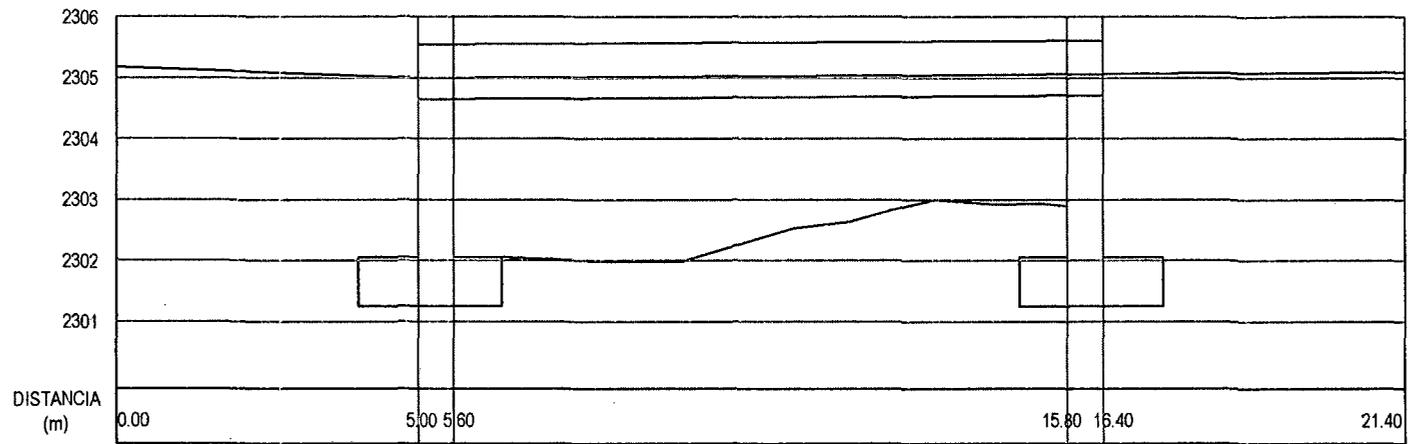
ESCALA: 1/500



ESCALA: 1/5000

<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO COLPAMAYO		
<b>PROVINCIA:</b> CHOTA	<b>AUTOCAD</b> GTJ.DWG	
<b>DISTRITO:</b> CHOTA	<b>ESC.</b> IND.	<b>Plano Nº</b> U-1
<b>PLANO:</b> UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	<b>FECHA:</b> NOV.13	

## PERFIL LONGITUDINAL DEL PUENTE SOBRE EL RIO COLPAMAYO



ESCALA: 1/20

<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO COLPAMAYO		
<b>PROVINCIA:</b> CHOTA	<b>AUTOCAD</b> GTJ.DWG	
<b>DISTRITO:</b> CHOTA	<b>ESC.</b> IND.	<b>Plano Nº</b> P-1
<b>PLANO:</b> PERFIL LONGITUNAL	<b>FECHA:</b> NOV. 13	



**FICHA N° 1**  
**CONTEO DE TRÁFICO CAMINOS RURALES**

Este conteo se tiene que realizar de forma mensual durante 1 semana (lunes a domingo)

**RUTA:** 3NC  
**TRAMO:** Bambamarca - Chota  
**SECTOR DE MANTENIMIENTO:** Bambamarca - Chota  
**UBICACIÓN:** Departamento: Cajamarca Provincia: Chota Distrito: Chota  
**ESTACIÓN:** KM 1420  
**SENTIDO:** Ida y vuelta

HORA	Transporte Ligero			Transporte Urbano			Transporte de Carga	
	MOTOTAXI	AUTOS	PICK UP	COMBIS	MICROS	BUSES	CAMIONES 2 Ejes	CAMIONES 3 Ejes
00 - 01								
01 - 02								
02 - 03								
03 - 04								
04 - 05								
05 - 06								
06 - 07	45	2	8	4	0	1	4	1
07 - 08	48	1	10	6	1	0	3	1
08 - 09	50	0	6	5	0	2	6	2
09 - 10	54	1	10	6	2	0	5	1
10 - 11	56	3	14	4	1	1	5	2
11 - 12								
12 - 13	48	2	10	10	1	2	6	1
13 - 14	50	3	12	6	2	1	8	3
14 - 15	47	3	11	8	2	0	3	2
15 - 16	50	2	12	6	1	0	5	1
16 - 17	51	3	15	5	0	1	6	2
17 - 18								
18 - 19	48	1	8	8	1	1	5	2
19 - 20	53	3	10	7	2	1	5	1
20 - 21	45	2	9	6	1	2	4	2
21 - 22								
22 - 23								
23 - 24								
<b>TOTAL</b>		806		142.5		24	130	52.5

**IMD =** **(TOT1\*1 + TOT2\*1.5 + TOT3\*2 + TOT4\*2 + TOT5\*2.5)** **1155**

El IMD de todos los formatos se suman y se divide entre 7 (IMDp= ΣIMD/7), Volumen de Tráfico = Índice Medio Diario IMD

Fecha de conteo: 16/11/2013



Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

### FICHA N° 1

### CONTEO DE TRÁFICO CAMINOS RURALES

Este conteo se tiene que realizar de forma mensual durante 1 semana (lunes a domingo)

RUTA: 3NC

TRAMO: Bambamarca - Chota

SECTOR DE MANTENIMIENTO: Bambamarca - Chota

UBICACIÓN: Departamento: Cajamarca Provincia: Chota Distrito Chota

ESTACIÓN: KM 1420

SENTIDO: Ida y vuelta

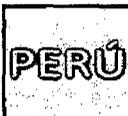
HORA	Transporte Ligero			Transporte Urbano			Transporte de Carga	
	MOTOTAXI	AUTOS	PICK UP	COMBIS	MICROS	BUSES	CAMIONES 2 Ejes	CAMIONES 3 Ejes
00 - 01								
01 - 02								
02 - 03								
03 - 04								
04 - 05								
05 - 06								
06 - 07	44	1	10	5	1	2	5	1
07 - 08	58	3	6	4	2	0	5	2
08 - 09	49	2	8	6	1	0	6	2
09 - 10	49	2	9	6	0	1	4	1
10 - 11	53	2	12	5	2	0	6	1
11 - 12								
12 - 13	49	2	9	8	2	1	7	1
13 - 14	55	6	10	7	1	1	6	1
14 - 15	46	4	12	8	1	1	4	3
15 - 16	51	3	14	5	0	1	6	2
16 - 17	52	2	13	6	1	2	6	1
17 - 18								
18 - 19	54	2	9	7	1	2	6	1
19 - 20	52	4	9	7	1	1	4	2
20 - 21	48	2	8	5	1	1	6	1
21 - 22								
22 - 23								
23 - 24								
TOTAL		824		139.5		26	142	47.5

IMD = (TOT1\*1 + TOT2\*1.5 + TOT3\*2 + TOT4\*2 + TOT5\*2.5)

1179

El IMD de todos los formatos se suman y se divide entre 7 (IMDp=  $\sum$ IMD/7), Volumen de Tráfico = Índice Medio Diario IMD

Fecha de conteo: 17/11/2013



Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

FICHA N° 1

CONTEO DE TRÁFICO CAMINOS RURALES

Este conteo se tiene que realizar de forma mensual durante 1 semana (lunes a domingo)

RUTA: 3NC

TRAMO: Bambamarca - Chota

SECTOR DE MANTENIMIENTO: Bambamarca - Chota

UBICACIÓN: Departamento: Cajamarca Provincia: Chota Distrito: Chota

ESTACIÓN: KM 1420

SENTIDO: Ida y vuelta

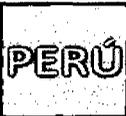
HORA	Transporte Ligero			Transporte Urbano			Transporte de Carga	
	MOTOTAXI	AUTOS	PICK UP	COMBIS	MICROS	BUSES	CAMIONES 2 Ejes	CAMIONES 3 Ejes
00 - 01								
01 - 02								
02 - 03								
03 - 04								
04 - 05								
05 - 06								
06 - 07	53	1	8	3	1	0	3	1
07 - 08	51	2	7	5	0	1	5	2
08 - 09	35	0	6	4	1	0	4	1
09 - 10	46	1	10	5	0	1	4	2
10 - 11	45	2	12	3	0	1	3	1
11 - 12								
12 - 13	48	1	9	8	2	1	7	3
13 - 14	50	2	12	7	1	2	8	1
14 - 15	45	3	11	6	1	0	6	2
15 - 16	50	1	13	7	0	2	5	1
16 - 17	51	2	11	5	2	1	6	1
17 - 18								
18 - 19	40	1	9	6	0	0	3	1
19 - 20	38	2	8	5	1	1	4	2
20 - 21	41	1	7	7	0	0	3	1
21 - 22								
22 - 23								
23 - 24								
TOTAL		735		120		20	122	47.5

IMD = (TOT1\*1 + TOT2\*1.5 + TOT3\*2 + TOT4\*2 + TOT5\*2.5)

1044.5

El IMD de todos los formatos se suman y se divide entre 7 (IMDp=  $\sum \text{IMD}/7$ ), Volumen de Tráfico = Índice Medio Diario IMD

Fecha de conteo: 18/11/2013



Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

FICHA N° 1

CONTEO DE TRÁFICO CAMINOS RURALES

Este conteo se tiene que realizar de forma mensual durante 1 semana (lunes a domingo)

RUTA: 3NC

TRAMO: Bambamarca - Chota

SECTOR DE MANTENIMIENTO: Bambamarca - Chota

UBICACIÓN: Departamento: Cajamarca Provincia: Chota Distric Chota

ESTACIÓN: KM 1420

SENTIDO: Ida y vuelta

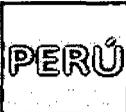
HORA	Transporte Ligero			Transporte Urbano			Transporte de Carga	
	MOTOTAXI	AUTOS	PICK UP	COMBIS	MICROS	BUSES	CAMIONES 2 Ejes	CAMIONES 3 Ejes
00 - 01								
01 - 02								
02 - 03								
03 - 04								
04 - 05								
05 - 06								
06 - 07	45	1	7	4	0	0	4	1
07 - 08	56	0	8	6	0	1	5	2
08 - 09	38	1	6	5	1	0	4	2
09 - 10	42	1	7	6	1	0	3	3
10 - 11	44	1	9	4	2	1	5	1
11 - 12								
12 - 13	45	1	13	10	2	1	7	1
13 - 14	48	2	11	6	0	0	6	3
14 - 15	47	3	14	8	1	0	5	1
15 - 16	46	1	12	6	0	1	6	2
16 - 17	47	3	11	5	2	2	6	2
17 - 18								
18 - 19	39	2	7	7	1	0	3	3
19 - 20	38	1	8	7	1	2	4	2
20 - 21	35	1	9	9	1	2	4	1
21 - 22								
22 - 23								
23 - 24								
TOTAL		710		142.5		20	124	60

IMD = (TOT1\*1 + TOT2\*1.5 + TOT3\*2 + TOT4\*2 + TOT5\*2.5)

1056.5

El IMD de todos los formatos se suman y se divide entre 7 (IMDp=  $\sum$ IMD/7), Volumen de Tráfico = Índice Medio Diario IMD

Fecha de conteo: 19/11/2013



Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

FICHA N° 1

CONTEO DE TRÁFICO CAMINOS RURALES

Este conteo se tiene que realizar de forma mensual durante 1 semana (lunes a domingo)

RUTA: 3NC

TRAMO: Bambamarca - Chota

SECTOR DE MANTENIMIENTO: Bambamarca - Chota

UBICACIÓN: Departamento: Cajamarca Provincia: Chota Distrito: Chota

ESTACIÓN: KM 1420

SENTIDO: Ida y vuelta

HORA	Transporte Ligero			Transporte Urbano			Transporte de Carga	
	MOTOTAXI	AUTOS	PICK UP	COMBIS	MICROS	BUSES	CAMIONES 2 Ejes	CAMIONES 3 Ejes
00 - 01								
01 - 02								
02 - 03								
03 - 04								
04 - 05								
05 - 06								
06 - 07	46	1	8	6	0	0	4	1
07 - 08	48	0	7	4	1	0	5	1
08 - 09	40	1	9	3	1	2	5	1
09 - 10	42	2	11	5	0	1	3	2
10 - 11	36	1	10	4	1	1	3	1
11 - 12								
12 - 13	46	3	11	7	1	2	8	2
13 - 14	49	1	13	9	1	1	6	4
14 - 15	44	2	12	8	2	0	7	1
15 - 16	47	2	9	6	0	1	6	3
16 - 17	40	1	10	5	2	1	7	4
17 - 18								
18 - 19	37	1	8	4	1	0	2	3
19 - 20	35	0	7	6	1	1	3	2
20 - 21	39	1	9	5	0	1	3	1
21 - 22								
22 - 23								
23 - 24								
TOTAL		689			124.5	22	124	65

IMD = (TOT1\*1 + TOT2\*1.5 + TOT3\*2 + TOT4\*2 + TOT5\*2.5)

1024.5

El IMD de todos los formatos se suman y se divide entre 7 (IMDp=  $\sum$ IMD/7), Volumen de Tráfico = Índice Medio Diario IMD

Fecha de conteo: 20/11/2013



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

FICHA N° 1

CONTEO DE TRÁFICO CAMINOS RURALES

Este conteo se tiene que realizar de forma mensual durante 1 semana (lunes a domingo)

RUTA: 3NC

TRAMO: Bambamarca - Chota

SECTOR DE MANTENIMIENTO: Bambamarca - Chota

UBICACIÓN: Departamento: Cajamarca Provincia: Chota Distrito Chota

ESTACIÓN: KM 1420

SENTIDO: Ida y vuelta

HORA	Transporte Ligero			Transporte Urbano			Transporte de Carga	
	MOTOTAXI	AUTOS	PICK UP	COMBIS	MICROS	BUSES	CAMIONES 2 Ejes	CAMIONES 3 Ejes
00 - 01								
01 - 02								
02 - 03								
03 - 04								
04 - 05								
05 - 06								
06 - 07	38	0	7	4	0	0	2	1
07 - 08	46	1	9	5	0	1	3	1
08 - 09	42	1	8	6	1	1	5	1
09 - 10	39	2	8	3	1	0	3	2
10 - 11	37	0	7	4	0	1	3	1
11 - 12								
12 - 13	51	3	13	9	0	1	8	2
13 - 14	50	1	11	6	1	0	6	3
14 - 15	47	1	9	5	0	1	7	1
15 - 16	52	3	14	8	0	0	5	2
16 - 17	49	2	10	5	1	1	5	3
17 - 18								
18 - 19	42	1	8	4	0	0	2	1
19 - 20	44	1	9	7	1	0	3	3
20 - 21	36	1	7	5	0	0	2	2
21 - 22								
22 - 23								
23 - 24								
TOTAL		710		114		12	108	57.5

IMD = (TOT1\*1 + TOT2\*1.5 + TOT3\*2 + TOT4\*2 + TOT5\*2.5)

1001.5

El IMD de todos los formatos se suman y se divide entre 7 (IMDp= ΣIMD/7), Volumen de Tráfico = Índice Medio Diario IMD

Fecha de conteo: 21/11/2013



**FICHA N° 1  
CONTEO DE TRÁFICO CAMINOS RURALES**

Este conteo se tiene que realizar de forma mensual durante 1 semana (lunes a domingo)

**RUTA:** 3NC

**TRAMO:** Bambamarca - Chota

**SECTOR DE MANTENIMIENTO:** Bambamarca - Chota

**UBICACIÓN:** Departamento: Cajamarca Provincia: Chota Distrito: Chota

**ESTACIÓN:** KM 1420

**SENTIDO:** Ida y vuelta

HORA	Transporte Ligero			Transporte Urbano			Transporte de Carga	
	MOTOTAXI	AUTOS	PICK UP	COMBIS	MICROS	BUSES	CAMIONES 2 Ejes	CAMIONES 3 Ejes
00 - 01								
01 - 02								
02 - 03								
03 - 04								
04 - 05								
05 - 06								
06 - 07	41	1	7	4	0	1	5	1
07 - 08	44	0	9	3	1	1	6	2
08 - 09	36	0	8	5	0	0	3	1
09 - 10	43	2	8	3	1	1	3	2
10 - 11	45	1	10	4	0	0	4	1
11 - 12								
12 - 13	44	2	11	9	1	2	8	4
13 - 14	45	1	10	8	2	1	6	1
14 - 15	47	2	12	7	1	2	9	5
15 - 16	48	2	14	6	1	0	4	1
16 - 17	49	2	13	8	1	1	5	2
17 - 18								
18 - 19	43	1	8	5	1	1	4	1
19 - 20	41	3	9	8	0	2	5	1
20 - 21	42	1	8	6	1	0	2	2
21 - 22								
22 - 23								
23 - 24								
<b>TOTAL</b>		713		129		24	128	60

**IMD = (TOT1\*1 + TOT2\*1.5 + TOT3\*2 + TOT4\*2 + TOT5\*2.5)**

**1054**

El IMD de todos los formatos se suman y se divide entre 7 (IMDp=  $\sum \text{IMD}/7$ ), Volumen de Tráfico = Índice Medio Diario IMD

Fecha de conteo: 22/11/2013

# EXPEDIENTE TÉCNICO

## I. NOMBRE DEL PROYECTO:

PUENTE COLPAMAYO.

## II. UBICACIÓN:

Departamento : Cajamarca  
Provincia : Chota  
Distrito : Chota  
Comunidad : Chota

## III. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 3.1. INFORMACIÓN BÁSICA

#### 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

El proyecto del Puente Colpamayo se ubica a una altura promedio de 2300.00 m.s.n.m. sobre la quebrada Colpamayo, carretera Chota - Bambamarca..

#### 2. CLIMA:

El clima de la zona es frío seco y húmedo, la presencia de las precipitaciones fluviales son del mes de octubre al mes de Abril y verano del mes de mayo al mes de setiembre, la temperatura oscila entre los 15° a 22°C aproximadamente.

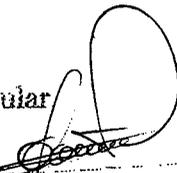
#### 3. TOPOGRAFÍA Y TIPO DE SUELO

La topografía del terreno donde se ubica el puente es accidentado, el tipo del suelo es variable hay presencia de roca fija y roca suelta del tipo cantos rodados, por lo que aproximadamente su capacidad portante de diseño es de 1.10 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4. VIAS DE ACCESO:

##### CAJAMARCA - CHOTA

Distancia : 152 Km.  
Tiempo : 7.00 horas  
Tipo de Via: Carretera afirmada. Estado Regular

  
**OSCAR ACUÑA GELITAS**  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.P. 41329

## CHOTA - CHICLAYO

Distancia : 214 Km.  
Tiempo : 11.00 horas  
Tipo de Via: Carretera afirmada. Estado Malo.

### 5. ACTITUD DE LOS POBLADORES:

La población beneficiaria tiene el interés de hacer realidad la ejecución de este proyecto por ser de mucha necesidad urgente para dar acceso al tránsito diario de las unidades móviles que se dirigen a Bambamarca - Cajamarca. En un volumen de 30 - 50 vehículos diarios.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO "PUENTE COLPAMAYO"

#### A. SUPER-ESTRUCTURA

El tipo del Puente carrozable, será de un tramo de 15.00 m de luz libre, al que estará compuesto por un tablero y/o losa, representado por cinco vigas principales, cuatro diafragmas, dos veredas, dos barandas y dispositivos de apoyo móvil.

##### a. Vigas Principales:

Serán construidas monolíticamente; la sección de estas vigas serán de 1.25 x 0.40 m.; siendo la separación de ejes de 2.40 m., según su armadura de refuerzo son doblemente armados, adicionando acero lateral, las vigas presentará una contra flecha de 5 cm., en el centro de la luz libre del puente que será dado al construir el encofrado.

##### b. Diafragmas:

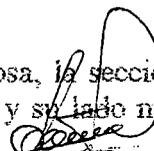
Los diafragmas serán de sección 1.05 x 0.20 m., por el esfuerzo a torsión será doblemente armado, adicionado de acero de acero lateral, la longitud de estos diafragmas será de 10.00 m., incluido el espesor de las cinco vigas principales.

##### c. Losa:

La losa tendrá un espesor de 0.20 m., y será construida monolíticamente entre vigas principales y diafragmas, la superficie de la losa tendrá un bombeo del 2% para drenar el agua de la lluvia hacia la tubería instalada en ambos lados del puente.

##### d. Veredas:

Las veredas se construirá monolíticamente con la losa, la sección de la vereda será variable con su lado mayor de 0.35 m. y su lado menor de

  
**OSCAR ACUÑA GELITAS**  
INGENIERO CIVIL  
R.D.G. C.I.P. 41529

0.15 m. con un paseo de ancho igual a 1.00 m., con una longitud de 16.00 m.

**e. Barandas:**

Las barandas será construido de tubo de F°G° de Ø2", las barandas tendrá una altura de 1.00 m., y 16.00 m., su construcción será a manera de carpintería metálica.

**f. Dispositivos de Apoyo:**

**a. Apoyo Fijo:**

Estará construido de cinco apoyos fijos siendo necesario el uso de 4 Ø ½" por el apoyo como bastones anclados en el estribo y viga, formando un nudo fijo y monolítico.

**b. Apoyo Móvil**

Estará construido por cinco apoyos móviles ubicados entre viga y estribo en el otro extremo del puente, se hará uso de planchas metálicas cuyas medidas se muestra en los planos de estructuras; entre plancha y plancha se colocará neoprano con la finalidad de disminuir la fricción.

**g. Junta de Dilatación:**

El espacio entre vigas + losa y cajuela del estribo será relleno con asfalto, cuya junta será de 2.00 cm., para dar acceso a la dilatación en temperaturas muy altas.

**B. SUB ESTRUCTURA:**

**a. Estribos:**

Los estribos estará sustentado sobre zapatas con dimensiones de:

Zapata de	:	4.00 x 10.50 x 0.80 m.
Altura del estribo	:	2.95 m. Sin inclusión de zapata y cajuela.
Altura de Cajuela	:	1.25 m.
Ancho de Cajuela	:	0.50 m.
Longitud de Cajuela	:	10.00 m.
Espesor de Corona	:	0.25 m.

La elevación de las alas del estribo estará sustentando sobre zapatas para alas de sección: 1.35x0.50 m. x longitud variable, de igual manera en el lado mayor de su altura es de 4.50 m., y su lado menor es de 4.00 m., esto en cuanto se refiere a la elevación del ala.

Uno de los estribos llevará una viga solera con refuerzo para sustentar los apoyos móviles del puente.

Todos los elementos estructurales descritos en los que intervienen en el puente serán de concreto armado.

### 3.3. ESTADO ACTUAL DEL SERVICIO:

En la actualidad el servicio es deficiente ya que el puente existente es sólo de una vía y su altura no está acorde con la razante de la vía, es decir que el puente conserva una depresión en 1.50 m., con respecto a la cota de la razante aproximadamente teniendo en cuenta al estudio del Plan Director de la ciudad de Chota, la cual se estará mejorando tanto vías como puntos de acceso que son los puentes.

### 4. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO:

#### OBJETIVOS GENERALES:

- Solucionar el tránsito en óptimas condiciones.
- Mejorar la comunicación, comercio y otros.
- Contar con una infraestructura adecuada del transporte.

### 5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

Para el diseño del puente se ha considerado como sobrecarga H2O-S16 y con una plataforma para dos vías de acceso, cuya estructura será de concreto armado con acceso de refuerzo  $F=4,200 \text{ kg/cm}^2$  del grado 60 siendo una estructura rígida expuesta a las tempestades de la naturaleza.

### 6. PRESUPUESTO:

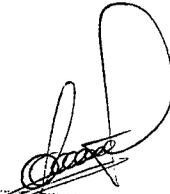
El presupuesto de la obra asciende de acuerdo a los rubros siguientes:

Mano de Obra	S/. 19,482.01
Materiales	S/. 114,014.69
Equipo y herramientas	S/. 17,531.27
<b>Costo Total</b>	<b>S/. 151,027.97</b>

Sin incluir gastos generales y utilidad más IGV. Esta obra será financiada con dinero de la Promoción Municipal del Concejo Provincial de Chota.

### 7. PLAZO:

La obra se ejecutará en un plazo de 3.50 meses.

  
OSCAR ACUÑA BELITAS  
INGENIERO CIVIL  
REG. O.P. 41329

## EXPECIFICACIONES TÉCNICAS

Nos regimos básicamente al reglamento nacional de construcciones y a las normas ACI, ASTM Y AASHO

### 1.0. OBRAS PRELIMINARES:

Consiste:

- Limpieza y desforestación manual.
- Trazo nivelación replanteo.

**Limpieza y desforestación**, será ejecutado en forma manual, realizando corte o tala de árboles; arbustos pequeños, dejando libre el área para dar paso al trazo nivelación y replanteo.

**Trazo, nivelación y replanteo**, esta operación se realizará tomando como punto de referencia dejado con marca. En el levantamiento topográfico realizado anteriormente será marcado todas las dimensiones de los elementos con las medidas tales como lo describe los planos de las cimentaciones, conservación de los niveles oportunamente..

### 2.0. MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Consiste:

- Excavación en suelo gravoso, bajo agua.
- Acarreo de material para relleno y compactado.
- Relleno y compactación de fundaciones..

**Excavación en suelo gravoso bajo agua**, se realizará utilizando la fuerza del hombre teniendo en cuenta el tazo, cuya excavación se realizará con la profundidad útil, para la presencia de agua, se utilizará la motobomba de 4" teniendo cuidado que la canastilla no impulse los finos del suelo.

Capacidad de diseño es igual a una resistencia del suelo  $f_t = 1.95 \text{ kg/cm}^2$ .

**Acarreo de material al lugar del relleno y compactado**, se realizará con maquinaria utilizando cargador frontal, volquetes. Luego será compactado por capas de espesor de 0.30 m., con compactador tipo rodillo.

**Relleno y compactación de fundaciones**, se realizará a mano utilizando el material propio de la excavación, será compactado todos los espacios de la cimentación de zapata del estribo y alas.

### 3.0. OBRAS DE CONCRETO ARMADO:

Comprende:

Sub Estructura:

- Zapata.

  
OSCAR ACUÑA OBLITAS  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.P. 41329

- Estribos.
- Alas de estribos.
- Cajuelas.

Estos elementos serán de concreto armado de resistencia  $F_c=175 \text{ kg/cm}^2$  con acero de refuerzo  $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$  con recubrimiento de 5 - 7 cm elevaciones y zapatas respectivamente.

Super Estructura:

- Vigas principales
- Diafragmas.
- Losa
- Vereda.

Estos elementos serán de concreto armado de resistencia  $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con acero de refuerzo  $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  con recubrimiento de 5 - 7 cm., elevaciones y zapatas respectivamente

Todos estos elementos serán vaciados en forma continua para obtener una estructura conjunta y monolítica.

- Sobrecarga de diseño H2O - S16
- Contra flecha 5.00 cm., en centro de la luz libre del puente.
- Curado de los elementos estructurales minimos 10 dias.
- Desencofrado del puente se realizará después de 30 dias de vaciado.
- Los materiales cemento, fierro serán ubicados en almacén donde no hay presencia de agua ni fuerte humedad, será colocado sobre madera, de tal manera que estos materiales como cemento no pierda su resistencia al tiempo de fabricación, así como el fierro evitar la corrosión.
- Los encofrados se utilizará para amoldar el concreto y será de madera eucalipto, acerrado cuidadosamente para dar un acabado geométrico y pulido a las caras visible del concreto.

#### 4.0. DISPOSITIVOS DE APOYO:

Comprende:

- Apoyo Fijo.
- Apoyo Móvil.

**Apoyo fijo**, consiste en formar nudos monolíticos, viga y cajuela. En este será cinco apoyos fijos anclados con bastones de acero de  $\varnothing \frac{1}{2}$ ".

**Apoyo Móvil**, consiste en utilizar planchas de metal y/o placas que estará anclada a la viga y estribo en este caso será cinco apoyos móviles, cada apoyo móvil llevará entre

  
**OSCAR AGUÑA OBLITAS**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 43329

placa y placa neopreno con la finalidad de reducir la fricción. Las dimensiones de las placas serán de 0.48 x 42x 3/8".

#### 5.0. BARANDAS Y OTROS:

Comprende:

- Pasamanos.

**Pasamanos**, consiste en utilizar tubería de F<sup>º</sup>G<sup>º</sup> Ø2" construido con soldadura sello CORD Ø1/8". Las dimensiones será de 1.00 de alto por 16.00 m de longitud. El puente tendrá barandas ambos lados. El pasamanos será pintado con pintura anticorrosivo como base, luego se aplicará pintura esmalte.

- **Juntas de dilatación.** - Será de 2.00 cm., el que será relleno con asfalto.
- **Falso puente.** - Se utilizará, para facilitar el encofrado, donde se apoyará los puntales y/o pies derechos en vigas rollizas de Ø 10" - 12" colocados adecuadamente y sobre ellos tablas aseguradas como para sustentar todo el peso de la super estructura más las cargas de los que trabajan durante la construcción del puente.

  
OSCAR ACUÑA GELITAS  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.P. 41329

## PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

OBRA : PUENTE COLPAMAYO

UBICACIÓN : LOCALIDAD : CHOTA, DISTRITO : CHOTA, PROVINCIA: CHOTA

FECHA : 08 - 03 - 2000

PART. N°	DESCRIPCION	METRADO		P. UNIT.	COSTOS		
		UN	CANT.		C. PARC.	SUB TO	
1.00	OBRAS PRELIMINARES						
1.01	Limpieza del terreno	M2	240.00	0.04		9.60	
1.02	Trazo, nivelación y replanteo	M2	240.00	2.02		484.80	
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS						13,4
2.01	Excavación para cimentación de zapatas de estribos	M3	304.16	7.30		2,220.37	
2.02	Elimin. desmonte con 20% espontamiento, distancia 30.00 mts.	M3	199.72	4.20		838.82	
2.03	Relleno y compactación de fundaciones con material propio	M3	165.27	5.55		917.25	
2.04	Acarreo de material de afirmado y compactado sub rasante	M3	542.25	17.49		9,483.95	
4.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO						124,91
4.01	Zapatas de estribos					<u>22,053.80</u>	
	Concreto fc=175 Kg/cm2	M3	67.20	267.93		18,004.90	
	Encofrado y desencofrado	M2	21.20	15.34		325.21	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	1,677.34	2.22		3,723.69	
4.02	Pantalla de estribos incluye v. Solera + cajuela					<u>25,590.65</u>	
	Concreto fc=175 Kg/cm2	M3	61.39	267.19		16,402.79	
	Encofrado y desencofrado	M2	181.40	17.91		3,248.87	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	2,582.17	2.30		5,938.99	
4.03	Espatas para alas					<u>3,652.55</u>	
	Concreto fc=175 Kg/cm2	M3	10.65	267.93		2,853.45	
	Encofrado y desencofrado	M2	4.95	18.65		92.32	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	318.37	2.22		706.78	
4.04	Elevación de las alas					<u>9,272.67</u>	
	Concreto fc=175 Kg/cm2	M3	18.93	267.19		5,057.91	
	Encofrado y desencofrado	M2	113.62	17.91		2,034.93	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	947.75	2.30		2,179.83	
4.05	Vigas principales incluye apoyo fijo					<u>33,783.78</u>	
	Concreto fc=210 Kg/cm2	M3	33.60	306.28		10,291.01	
	Encofrado y desencofrado	M2	200.00	19.86		3,972.00	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	8,487.29	2.30		19,520.77	
4.06	Diabagnas					<u>3,870.48</u>	
	Concreto fc=210 Kg/cm2	M3	1.36	306.28		416.54	
	Encofrado y desencofrado	M2	60.80	17.86		1,085.89	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	681.76	2.30		1,568.05	
4.07	Losa del puente					<u>21,857.75</u>	
	Concreto fc=210 Kg/cm2	M3	32.00	288.49		9,231.68	
	Encofrado y desencofrado	M2	115.20	17.21		1,982.59	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	4,794.36	2.22		10,643.48	
4.08	Veredas					<u>5,641.48</u>	
	Concreto fc=175 Kg/cm2	M3	6.40	261.83		1,675.71	
	Encofrado y desencofrado	M2	38.50	13.54		521.29	
	Acero FY=4200 Kg/cm2	KG	1,457.60	2.30		3,444.48	
5.00	DISPOSITIVOS DE APOYO						1,521.6
5.01	Apoyos Móviles	UN	5.00	304.33		1,521.65	

  
**OSCAR ACUÑA OSLITAS**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 41329

**PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO**

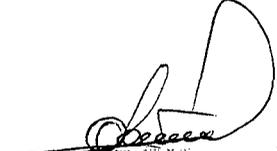
OBRA : PUENTE COLPAMAYO

UBICACIÓN : LOCALIDAD : CHOTA, DISTRITO : CHOTA, PROVINCIA: CHOTA

FECHA : 08 - 03 - 2006

PART. N°	DESCRIPCION	METRADO		P. UNID.	COSTOS	
		UN	CANT.		C. PARC.	SUB TOTAL
6.00	BARANDAS Y OTROS					10,628.3
6.01	Baranda de FºCº 2º	ML	32.00	59.53	1,904.96	
6.02	Junta de dilatación	ML	10.00	9.58	95.80	
6.03	Tubería PVC SAP 3" para drenaje	ML	4.00	8.00	32.00	
6.04	Falso puente de madera	M2	195.00	44.08	8,595.60	
<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>						<b>S/. 151,027.97</b>

GASTO GENERAL Y UTILIDAD 10%	:	15,102.8
SUB-TOTAL	:	166,130.8
IGV 18%	:	29,903.5
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	:	<b>S/. 196,034.3</b>

  
**CESAR ACUÑA OBLITAS**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 41828