



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

“ MANTENCION DE PUENTES DE HORMIGON ARMADO Y MIXTO ”

Tesis para optar al titulo de:

Ingeniero Constructor.

Profesor Guía:

Sr. Adolfo Montiel M.

Ingeniero Constructor.

RODRIGO ALONZO SANTANA OYARZO.

VALDIVIA – CHILE

2006

*Dedicada a mis Padres, Hermanos
y amigos que me han apoyado
durante esta travesía.*

RESUMEN

La presente memoria, está orientada para entregar parte de las herramientas necesarias para una correcta preservación de nuestras estructuras viales; específicamente de los puentes. Esto se efectuará enfocando los procesos de mantención y conservación que deben realizarse a los puentes.

En términos generales, se intenta otorgar los parámetros operacionales que se deben tomar para llevar a cabo una correcta ejecución de las obras desde sus inicios, como son: un control de calidad riguroso que nos brinde confianza en los materiales y en los medios utilizados en la construcción de un puente, esto como medida primaria. La segunda parte se enfocará en todos los procesos posteriores a la construcción de un puente; como lo constituye la mantención, y todo lo que lleva consigo esta labor, específicamente hablando, la inspección y la evaluación de las condiciones de la estructura, entregando los problemas y sus posibles soluciones. Además como medida tangible se realizó un estudio de las condiciones de mantención de los puentes: Calle Calle, Pedro de Valdivia y Río Cruces, describiendo su estado actual y verificando si cumplen con las condiciones de servicio necesarias para un correcto desempeño de los mismos.

En resumen se ha tratado de integrar en un solo texto los principales conceptos acerca de Mantención de Puentes, el cual servirá como material de apoyo o consulta a los futuros profesionales del ámbito de la construcción.

SUMMARY

This report will deliver some necessary tools for a right preservation of our roads structures, specifically of the bridges. This will be realised by focusing the preservation and maintenance process, which must be applied for the bridges.

In general terms, the measures will be established for a correct execution of the constructions from their beginning, for example: on the first place, a hard quality control of the materials and the bridge construction process. On the second place, a focus on every posterior bridges construction process, like the maintenance and all the work around it, specifically the condition's structure inspection and evaluation, giving the problems and possible solutions.

Finally, a principal bridges of Valdivia's study (Calle Calle, Pedro de Valdivia and Río Cruces), will be realised, describing their actual conditions and checking their right function.

INTRODUCCIÓN

Las características geográficas de nuestro país hacen necesaria la implementación de una gran cantidad de puentes especialmente en la décima región ya que cuenta con la mayor cantidad de estas estructuras que el resto del país. Es por este motivo que los viaductos son de vital importancia ya que permiten un intercambio económico, cultural, educacional, etc., lo que nos hace crecer como país integrándonos a los modelos internacionales.

Uno de los factores que inciden en el estado de nuestras estructuras viales es la inclemencia de los factores naturales que afectan a nuestro país ya que se ven sometido frecuentemente a la acción de sismos, grandes descargas de los ríos, cuyo origen proviene de la Cordillera de los Andes y de la Costa, todos estos efectos producen daños, erosiones y socavaciones en las estructuras, dejando como resultado severas deficiencias en estos. Todos estos factores se ven incrementados por las precarias condiciones de conservación en que se encuentran muchos de los puentes, lo que deja como resultado severas deficiencias en aspectos de funcionalidad, representando un gran obstáculo para el desarrollo de la red vial de nuestro país. Es por esta razón que el Ministerio de Obras Públicas tiene un rol fundamental en la mantención de los puentes, ya que mediante un apropiado sistema de mantención de las estructuras nos permita brindar la seguridad y fluidez del tránsito requeridas por los usuarios.

Sin embargo las labores de conservación de los puentes se ven notablemente disminuidas por factores de índole económico, ya que para contar con las condiciones de servicio necesarias es ineludible un nivel de inversión elevado.

En consecuencia, es indispensable implementar un apropiado sistema de planificación y administración de mantenimiento con el objeto de contribuir en el desarrollo y mejoramiento efectivo de la red vial, utilizando óptimamente los reducidos recursos financieros con que se cuentan.

Es por esta razón que en el presente informe se plantea entregar los medios necesarios para la realización de una labor de mantención adecuada, otorgando los conocimientos necesarios, acerca de los problemas que pueden afectar a la estructura como las posibles soluciones, además de ser un guía practica que facilite a detectar y prevenir posibles complicaciones que se puedan suscitar a futuro por causa de una acción negligente, que se podría haber evitado con una simple mantención periódica de la estructura.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Dar a conocer los criterios y parámetros existentes en la realización de una mantención de puentes .
- Realizar un análisis cualitativo de las condiciones funcionales en que se encuentran los puentes de Valdivia.

Objetivos Específicos.

- Vislumbrar los problemas que se pueden generar en un puente, debido a una falta de mantención.
- Instruir acerca de los procesos de ejecución de obras de conservación de puentes.
- Entregar las posibles soluciones a los problemas que sean generados por una falta de mantenimiento en las estructuras.
- Realizar auscultación de los puentes: Calle Calle, Pedro de Valdivia y Río Cruces. Detallando en que condiciones se encuentran y cuales son los problemas a los que se ven afectados.

ÍNDICE

PÁGINA

PRESENTACIÓN	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
SUMMARY	
INTRODUCCION	
OBJETIVOS	
INDICE	

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES DE UN PUENTE.

1.1.	Reseña histórica de los puentes.	1
1.1.1	Los primeros puentes.	1
1.1.2	La historia de los puentes chilenos.	1
1.2.	Definición de puente.	2
1.3.	Tipos de puentes.	3
1.4.	Calidad de los puentes Chilenos.	6
1.5.	Tipos de cargas exigidas.	7
1.5.1	Cargas permanentes.	8
1.5.2	Cargas Móviles.	9

CAPITULO II

CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE UN PUENTE.

2.1	Introducción.	10
2.1.1	Optimización de recursos.	11
2.2	Tipos de materiales utilizados en la construcción de un puente.	12
2.2.1	Generalidades.	12
2.2.2	Tipos de materiales utilizados.	13
2.3	Características de los materiales utilizados.	14
2.3.1	Acero.	14
2.3.1.1	Ventajas del acero como material estructural.	14

2.3.1.2	Desventajas del acero como material estructural.	15
2.3.2	Hormigón.	16
2.3.2.1	Hormigón presforzado.	16
2.3.2.2	Métodos de presforzado.	16
2.3.2.3	Tipos de acero utilizados para el hormigón presforzado.	19
2.3.2.4	Tipos de hormigones utilizados para el hormigón presforzado.	20
2.3.3	Neopreno	21
2.4	Juntas de dilatación.	23
2.4.1	Funciones principales de las juntas de dilatación.	23
2.4.2	Tipos de juntas.	24

CAPITULO III

INSPECCION PARA LA EVALUACION DE UN PUENTE.

3.1	Fundamentos generales.	33
3.1.1	Inspección de puentes.	35
3.2	Tipos de inspección.	36
3.3	Procedimiento de inspección.	37
3.3.1	Metodología de una inspección.	37
3.3.1.1	Inspección de cimientos.	37
3.3.1.2	Inspección de infraestructura.	38
3.3.1.3	Inspección de la superestructura.	39
3.3.1.4	Equipamiento.	40
3.3.2	Unidad de inspección de puentes.	41
3.3.2.1	Obligaciones de la unidad de inspección.	42
3.3.2.2	Programa de inspección.	43
3.4	Medios necesarios para una buena inspección.	44
3.4.1	Medios humanos.	44
3.4.2	Medios materiales.	45
3.4.3	Equipos de inspección.	46
3.5	Clasificación del estado de los puentes, entrega de reporte.	47
3.5.1	Puentes en buen estado.	47
3.5.2	Puentes en regular estado.	48
3.5.3	Puentes en mal estado	49

3.6	Evaluación de la inspección.	50
3.6.1	Factores que intervienen en la evaluación.	51
3.6.2	Criterios de evaluación del estado de los puentes.	51

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO DE UN PUENTE.

4.1	Generalidades.	53
4.2	Definición de mantenimiento.	54
4.3	Procedimientos básicos de mantención.	56
4.3.1	Procedimientos mas comunes que se realizan en obras de mantención.	57
4.4	Problemas de funciónabilidad y seguridad.	59
4.4.1	Ataque de agentes erosionadores.	59
4.4.1.1	Acción del agua.	59
4.4.1.2	Problemas de corrosión.	60
4.4.1.2.1	Tipos de corrosión.	61
4.5	Procedimientos para la solución de los problemas en los puentes.	64
4.5.1	Procedimientos mas usuales.	64
4.5.2	Reforzamientos.	66
4.5.2.1	Reforzamiento o jacketing.	67
4.5.2.2	Refuerzo con placas y perfiles metálicos.	68
4.5.3	Reparaciones.	69
4.5.3.1	Acciones mas comunes a realizar.	70
4.5.3.2	Inyección de grietas.	71
4.5.3.3	Reemplazo de juntas de expansión.	73
4.5.3.4	Reparación del hormigón degradado.	76
4.6	Conservación de accesorios.	78

CAPITULO V

CAMPO DE APLICACIÓN; MANTENCION DE PUENTES EN LA CUIDAD DE VALDIVIA.

5.1	Descripción general.	79
5.2	Características de los principales puentes de Valdivia.	81

5.3	Estado de los puentes de Valdivia.	83
5.3.1	Puente Calle Calle.	84
5.3.2	Puente Pedro de Valdivia.	87
5.3.3	Puente Río Cruces.	90
5.4	Evaluación sobre el estado de los puentes.	92
5.5	Mantenimiento de puentes en concesiones.	94

CAPITULO VI

	CONCLUSIONES.	97
	BIBLIOGRAFIA.	99
ANEXO A	PROCEDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE UN PUENTE.	101
ANEXO B	SISTEMAS DE INSPECCION DE PUENTES; PLATAFORMA AUTOPORTANTE PARA INSPECCION DE PUENTES.	104
ANEXO C	CONSIDERACIONES AMBIENTALES DE LA DIRECCIÓN DE VIALIDAD EN PROYECTOS VIALES.	106
ANEXO D	EVOLUCION DE LA INFRESTRUCTURA VIAL EN CHILE.	110
ANEXO E	CONCEPTOS Y DEFINICIONES EN PUENTES.	112

Capitulo I :

“CONCEPTOS GENERALES DE UN PUENTE. ”

1.1. Reseña histórica de los puentes.

1.1.1 Los primeros puentes.

La necesidad del hombre de comunicarse lo llevo a crear vías de interacción entre las diferentes culturas, lo que muchas veces resultaba dificultoso por las características geográficas de algunas zonas, ya que era necesario salvar ciertos obstáculos naturales, creando así el primer puente, un tronco derribado sobre un cause. A partir de ese momento comenzó una verdadera revolución tecnológica, siendo una parte importante de esto la ingeniería, la que fue evolucionando de una manera vertiginosa. Una clara muestra de ello esta en las construcciones romanas, en que la utilización de arcos de piedra ha logrado que las estructuras se mantengan hasta nuestros días.

1.1.2 La historia de los puentes chilenos.

La historia vial de nuestro país tiene sus inicios a finales del siglo XIX, ya que a partir de esa época comenzó una reorganización de las entidades publicas creando así el ministerio de obras publicas el cual tenia la tarea de estudiar, ejecutar y vigilar todos los trabajos públicos que se realizasen.

Los primeros puentes que se construyeron estaban confeccionados principalmente de madera, esto debido a diferentes aspectos entre los cuales cabe mencionar: las técnicas constructivas, las ventajas de la madera y principalmente la facilidad de contar con la materia prima. Posterior a esto tuvo un gran auge el uso del ladrillo y la piedra como método constructivo la cual se refleja en obras como el puente Cal y Canto.

Debido a los importantes desarrollos tecnológicos ocurridos en el mundo, lo que impulso el uso del acero como elemento constructivo, principalmente en el campo ferroviario quedando esto demostrado en la construcción del viaducto Malleco que con su imponente altura vislumbra las ventajas comparativas del uso de este material en relación con sus predecesores, pero a comienzos del siglo XX llega el hormigón que revoluciona el ámbito de la construcción ofreciendo estructuras que brindan una mayor vida útil, lo que se ve ampliamente mejorado con el uso del acero, lo cual nos brinda el hormigón armado el cual es empleado hasta nuestros días

1.2. Definición de puente.

Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, o entradas de mar ; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos de viajeros, animales o para el propósito que se halla construido.

Las partes funcionales de un puente se dividen en tres:

- **La superestructura:** consiste en los elementos estructurales de uso directo, vale decir es la superficie de tránsito, ya sea esta vehicular o peatonal, la cual esta compuesta por la losa y las vigas principales.

- **La infraestructura:** esta compuesta por aquellos elementos que sostienen a toda la superestructura, es decir que deben sostener el peso del puente y las cargas que se le aplique, transmitiéndolas a las fundaciones, estando compuestas por los estribos y las cepas.
- **Los accesorios:** son aquellos elementos que no brindan características estructurales en el puente sino que dan protección a los usuarios como al puente mismo, tales como la señalética, barreras, etc.

1.3. Tipos de puentes.

Los puentes pueden clasificarse de diferentes formas, de acuerdo a diversos conceptos, siendo las principales clasificaciones; el tipo de material con que se construyo, el sistema estructural predominante, el uso del puente, etc. A continuación se detallara cada uno de los conceptos, o bien los más utilizados.

- Según el tipo de material.
 - Madera
 - Hormigón armado
 - Acero
 - Ladrillo

Por lo general un puente no esta constituido de un solo material, es el caso que explicaremos mas adelante del puente mixto el cual esta formado por vigas de acero y losa de hormigón, estas combinaciones se hacen por factores de índole estructural o bien por que las características geográficas así lo requieren.

- Según el tipo de obstáculo que salva.
 - Viaductos: los cuales están contruidos sobre terrenos secos o sobre un valle, y esta constituido por tramos cortos.
 - Acueductos: son aquellos que soportan un canal o conductos de agua.
 - Pasos elevados: cruzan las carreteras y vías férreas.
- Según su uso.
 - Peatonal: el cual su uso esta conformado únicamente por peatones.
 - Carretero: es él más predominante, su función es el paso de la carretera por sobre obstáculos tales como ríos, valles o bien sobre otras vías.
 - Ferroviarios: para el paso de ferrocarriles.
- Según el tipo de estructura.
 - Colgantes: aquel donde las vigas están sostenidas por cables de acero que cuelgan desde cables principales tendidos entre las columnas.



- Atirantados: puente donde las vigas están sostenidas mediante tirantes de acero desde las columnas.



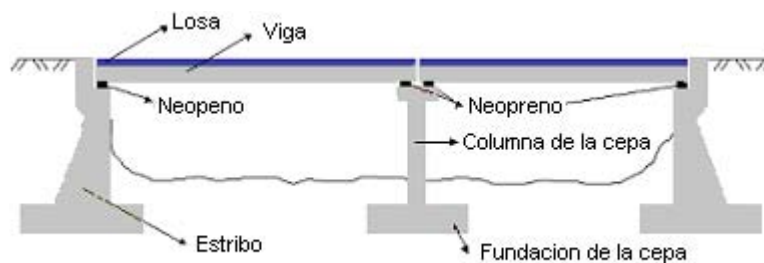
- Móviles: son aquellos en que la superestructura es levadiza o basculante, para que las embarcaciones tengan libre tránsito.



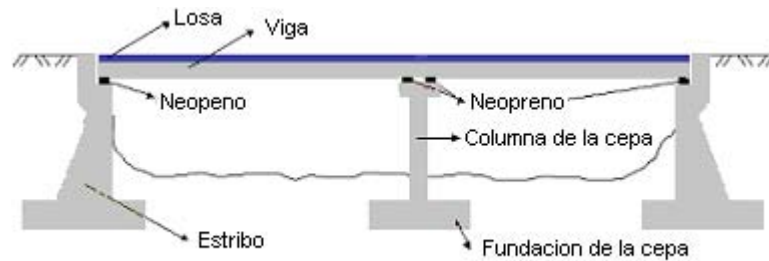
- Según su sistema estructural.
 - Isoestatico: es aquel en que los tableros son independientes el uno del otro, vale decir son estáticamente independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen.
 - Hiperestáticos: aquí los tableros son dependientes uno del otro estáticamente, pudiéndose o no establecer una dependencia entre los tableros y sus apoyos.

Debemos tener en cuenta que otra forma de clasificarlos tipos de puentes es por medio del tipo de viga que se utiliza.

- Simplemente apoyada: son aquellas en que el sistema de vigas está compuesto por vigas simples, no continuas de tramo a tramo, y que están simplemente apoyadas en la infraestructura.



- Vigas continuas: puente en el cual por o menos 2 tramos se comunican en forma continua con vigas apoyadas en un tercer punto de la infraestructura.



1.4. Calidad de los puentes chilenos.

Los puentes chilenos en su gran mayoría están contruidos de madera o utilizan madera en algunos de sus componentes, lo que hace que estos se encuentren en precarias condiciones, mostrando un alto grado de deterioro por las características propias del material.

Esto queda demostrado aquí en la Décima Región ya que muchos caminos rurales cuentan todavía con este tipo de estructura, lo que en los últimos años se ha tratado de ir modernizando mediante la construcción de puentes de hormigón, pero este es un proceso lento y paulatino ya que por la cantidad de puentes que existen no es posible poder renovar todas las estructuras en un corto plazo, esto fundamentalmente por factores de índole económico, ya que es necesario una gran inversión para lograr esto.

En el aspecto de la calidad de los puentes de nuestra red vial cabe destacar que un gran número de ellos presenta daños de consideración esto debido a causas naturales debido a la acción abrasiva de los agentes naturales y además el incremento de cargas a lo que se ven sometidos.

Desde un punto de vista de la ingeniería el deterioro causado por factores naturales es un proceso común en todas las obras y por ende esta dentro de los parámetros que son considerados para estimar su vida útil, pero a lo que se refiere a las cargas, las que muchas veces no concuerdan para lo que fue proyectado el puente ya que por diferentes factores como por ejemplo; el desarrollo tecnológico ha propiciado la aparición de vehículos cada vez mas pesados, ya que los transportistas por factores lucrativos desplazan cargas de gran peso, además el aumento del parque automotriz incrementa cada vez mas este hecho, lo que repercute directamente en daños en las estructuras de pavimentos y puentes. Es por este hecho es necesario contar con un sistema de mantención de puentes que debe ser controlado de una manera responsable por las entidades correspondientes.

1.5. Tipos de cargas exigidas.

Para la evaluación de las cargas que deberá soportar la estructura se deben emplear distintos criterios de evaluación, lo cual esta normado por el manual de carreteras, el que a su vez se rige por los estándares proporcionado por la norma AASHTO, en que las estructuras de deben diseñar según estos patrones de cargas.

- Cargas permanentes: peso propio de la estructura, peso propio del pavimento, pasillos, barandas, barreras, etc.
- Cargas vivas: cargas móviles de vehículos y peatones.
- Efecto dinámico o impacto de las cargas movibles.
- Cargas sísmicas.
- Cargas de viento.
- Presiones hidrodinámicas.
- Otras cargas cuando existiesen: fuerzas longitudinales, fuerzas centrífugas, esfuerzos térmicos, esfuerzos de montaje.

1.5.1. Cargas permanentes.

Son aquellas que se deben tener en cuenta al momento de diseñar el puente, las cuales son el peso propio de todos los elementos estructurales de la obra, además hay que tener en cuenta que en aquellas obras que se encuentren dentro del radio urbano existen cargas muertas anexas, como por ejemplo luminarias, telefonía, etc.

A continuación se presentan pesos específicos de algunos materiales de uso habitual en el diseño de puentes.

Pesos específicos de algunos materiales

Hormigón simple	2200 kgf/m ³
Hormigón armado	2500 kgf/m ³
Hormigón de pavimento	2400 kgf/m ³
Acero redondo	7850 kgf/m ³
Acero estructural	7850 kgf/m ³
Acero estructural en vigas	8000 kgf/m ³
Rocas	2500 kgf/m ³
Material de relleno (variable)	1800-2200 kgf/m ³
Capa asfáltica	2400 kgf/m ³

1.5.2. Cargas móviles.

Las cargas móviles o cargas vivas corresponden a la carga móvil aplicada, la que es generada por el peso de los camiones, vehículos y peatones. Estas cargas deben regirse por los patrones establecidos en la norma de la American Association of State Highway and Transportation Officials cuyas siglas son AASHTO, ya que es la que adopta la Dirección de Vialidad a nivel nacional para el cálculo y diseño de puentes.

Para estos efectos, la AASHTO especifica una serie de camiones estándares, clasificados según la cantidad de ejes, y la existencia o no de acoplado, y nivel de tonelaje capaz de soportar. Los 2 camiones estándar que suelen utilizarse con mayor frecuencia en el diseño de puentes poseen acoplado, estos son: el camión HS20-44 y el HS15-44. La sigla H indica que es un camión de 2 ejes y la sigla S indica que el camión posee un acoplado. El número después de las letras indica el peso del camión en [lbs].

Existen cuatro clases de camiones estándar para autopista, estos son: H15, H20, HS15 y HS20. Para el diseño de un puente interprovincial, generalmente se utilizará un HS20-44, que consiste en un camión tractor con semi trailer, cuya distancia entre ejes traseros es variable con el objetivo de producir los máximos esfuerzos al momento de diseñar el puente.

En Chile los puentes definitivos serán diseñados para un camión tipo HS20-44 incrementadas las cargas en un 20 %, el uso de camiones de diseños diferentes deberán contar con la autorización expresa de la Dirección de Vialidad.

Capitulo II:

“CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE UN PUENTE. ”

2.1. Introducción.

Para lograr una correcta preservación de nuestra estructura es necesario contar con un sistema de trabajo en que los controles de calidad sean parte fundamental en este proceso para así lograr un buen funcionamiento a futuro lo que repercute en una mínima mantención de nuestro puente durante su vida útil.

Al mencionar control de calidad no solo estamos hablando de llevar un buen control de los materiales que son utilizados en la construcción de un puente sino que también debemos aplicar este criterio en otros ámbitos que son intrínsecos en la construcción de una obra y los cuales debemos dar un estricto cumplimiento, como son los parámetros de tiempo-costo-calidad para así lograr un desempeño eficiente, aprovechando al máximo los recursos disponibles.

Lo anteriormente mencionado no debe limitarse solo a cumplir lo que estipulan las normas y especificaciones, sino que también debemos dar cumplimiento a lo que estipula el contrato, ya que de otra forma podemos quedar expuestos a multas por parte del mandante.

2.1.1. Optimización de recursos.

Para lograr una buena optimización de los recursos debemos tener en claro lo que significa el factor tiempo-costo-calidad, lo que detallara a continuación

- Tiempo: Suministro total de recursos oportunamente, dar cumplimiento a los plazos, uso de programas de avances, verificación de rendimientos, etc.

- Costos: contar con análisis del mercado local, el entorno económico, verificar que los procedimientos de construcción sean los adecuados, inspeccionando los rendimientos y costos generales de la obra, aplicar los precios unitarios calculados en el proyecto.

- Calidad: cumplir con todas las especificaciones del proyecto, además de cumplir con la normativa vigente, para esto aplicar todas las pruebas establecidas.

Cabe destacar que los dos primeros ítems pueden estar sujetos a modificaciones, si es que fuese necesario, pero en lo posible se debe tratar de no modificar lo que esta establecido en el proyecto, pero es de vital importancia es no alterar las condiciones de calidad, lo que iría en directo impacto de la obra.

2.2. Tipos de materiales utilizados en la construcción de un puente.

2.2.1. Generalidades

Los materiales utilizados en la construcción de un puente se dividen en dos claros grupos: los que son de escala industrial; tales como vigas, el acero para el hormigón, los cuales la empresa constructora adquiere y transporta para incluirlos en la obra. Nuestro segundo grupo consiste en aquellos materiales que son producidos en la obra; tales como agregados pétreos, mezclas bituminosas, las cuales son utilizadas en el hormigón y pavimento respectivamente.

Para asegurarnos que contamos con materiales de primer nivel debemos llevar un control de calidad adecuado a las exigencias del mercado, es por esta razón que es necesario realizar pruebas a los materiales adquiridos, ya sea esto mediante ensayos de laboratorios, en el caso de que los materiales sean producidos en el pie de la obra, que serán ejecutados por el personal del proyecto pero también se realizarán ensayos por entes fiscalizadores, tomando muestras en terreno para analizarlas y certificar la calidad requerida.

Cabe destacar que los ensayos y muestreos están normalizados y deben cumplir ciertos criterios, por lo que no cabe ahondar el tema ya que todos estos datos se encuentran ya sea en el Manual de carreteras o bien en la Norma Chilena de construcción, pero nos vamos a referir principalmente a aquellos materiales que son de primer nivel de importancia tales como los áridos, hormigón y el acero.

2.2.2. Tipos de materiales utilizados.

Para la construcción de un puente, sin duda alguna es necesario contar con un gran número de materiales, por lo que si quisiéramos detallar cada uno de ellos, resultaría demasiado engorroso y poco eficiente, es por esta razón que solo vamos a detallar lo que se considera de mayor importancia, como:

- Los áridos: todos los agregados pétreos que fueren utilizados para la elaboración de hormigón deben cumplir con ciertos estándares que certifiquen la calidad de los áridos, es decir que deben cumplir con ciertos ensayos tales como: granulometría, peso específico, índice de absorción, contenido de impurezas orgánicas, etc.
- Hormigón: el hormigón como material constructivo cuenta con aspectos funcionales y económicos especiales, ya que otorga ciertas propiedades mecánicas y físicas que son importantes con respecto a la aplicación y el comportamiento de este material.
- El acero: las barras de acero que se utilizaran en la elaboración de la armadura para el hormigón, deben contar con la certificación de calidad realizada por un laboratorio oficial, y el tipo de acero que se utiliza son: barras lisas y con resaltes, además de mallas prefabricadas.

Cabe destacar que hoy en día la elaboración de hormigón en faena esta cada vez siendo menos utilizada, a no ser que se encuentre en una ubicación lejana o de difícil acceso, ya que se cuenta con plantas de elaboración de hormigón las cuales nos brindan un hormigón de calidad, cumpliendo con las especificaciones técnicas que se estipulan en el proyecto.

2.3. Características de los materiales utilizados.

2.3.1. Acero.

El acero como elemento constructivos nos brinda una serie de ventajas, ya que posee características de elasticidad lo que nos otorga una mayor resistencia a la tracción, lo que es de vital importancia ya que como es sabido el hormigón por su estado rígido no es capaz de soportar estados de cargas a tracción. Pero también el acero cuenta con una serie de desventajas las cuales serán detalladas posteriormente.

2.3.1.1. Ventajas del acero como material estructural.

- Alta resistencia: la alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras, esto es de gran importancia en puentes que presenten grandes luces.
- Uniformidad: las propiedades de los aceros no cambian apreciablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de hormigón reforzado.
- Durabilidad: si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado pueden durar por muchos años.
- Ductilidad: la ductilidad es a propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo grandes esfuerzos de tensión. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente, evitando así fallos prematuras.
- Tenacidad: los aceros estructurales son tenaces, es decir poseen resistencia y ductilidad, pueden absorber energía en grandes cantidades.

- **Facilidad de ensamble:** el acero cuenta con gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conectadores tales como: la soldadura, los tornillos y los remaches.
- **Otras características:** es posible prefabricar los miembros de una estructura, rapidez de montaje, cuenta con gran capacidad de laminarse y en gran cantidad de tamaños y formas, es resistente a la fatiga, y además es posible de ser vendido como chatarra después de cumplida su vida útil.

2.3.1.2. desventajas del acero como material estructural.

- **Costo de mantenimiento:** la mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al agua y al aire y es por esta razón que deben ser pintados periódicamente.
- **Costos de la protección contra el fuego:** a pesar de su naturaleza incombustible, sus resistencias se educen considerablemente durante los incendios.
- **Susceptibilidad al pandeo:** entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo. Como fue indicado anteriormente, el acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al utilizarse como columnas no resulta muy económico ya que debe usarse bastante material, solo para hacer más rígidas las columnas contra el posible pandeo.

2.3.2. Hormigón.

Como es sabido el hormigón es resistente a esfuerzos de compresión, pero es débil a los de tracción. Se denomina como hormigón armado a aquel hormigón que a fin de absorber los esfuerzos de tracción, introduce barras de acero como esfuerzo de las partes de sección solicitadas por estos esfuerzos. Pero el hormigón armado fue la primera etapa en los procesos de construcción ya que con el avance de la tecnología se descubrió que se generan esfuerzos internos dentro de las estructuras de hormigón armado, y por esta razón se desarrollan nuevas técnicas que ayudan a reducir dichos esfuerzos, estas técnicas son el hormigón pretensado y postensado, los que nos brindan estructuras mucho mas eficientes.

2.3.2.1. Hormigón presforzado.

El presfuerzo puede definirse en términos generales como el precargado de una estructura, antes de la aplicación de las cargas de diseño requeridas, hecho en forma tal que mejore su comportamiento general. Una definición de tipo mas técnica es “es el concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado”.

2.3.2.2. Métodos de presforzado.

En el hormigón presforzado existen dos categorías: pretensado o postensado. Los miembros del hormigón pretensado se producen restirando o tensando los tendones entre anclajes externos antes de vaciar el hormigón y al fraguar el hormigón fresco, se adhiere al acero. Cuando el hormigón alcanza la resistencia requerida, se retira la fuerza presforzante aplicada por gatos, y esa misma fuerza es transmitida por adherencia, del acero al concreto.

En caso de los miembros de hormigón postensado, se esfuerzan los tendones después de que ha endurecido el hormigón y de que se haya alcanzado suficiente resistencia, aplicando la acción de los gatos contra el miembro de concreto mismo.

➤ Hormigón pretensado.

Los tendones, generalmente son de cable torcido que cuentan con varios alambres cada uno, se restiran o se tensan entre apoyos, se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de tensión aplicada con los gatos. Luego se procede a vaciar el hormigón entorno al cable tensado, debe destacar que generalmente se utiliza hormigón de alta resistencia debido a que va a ser sometido a grandes esfuerzos de tensión. Después de haber logrado la resistencia requerida, se libera la presión de los gatos, y el acero adherido ya al hormigón genera tensiones internas, formándose así el presfuerzo el cual se encuentra concentrado principalmente cerca de los extremos de la viga.

Cuándo las condiciones de diseño lo requieran se pueden utilizar dispositivos de sujeción intermedios, con el fin de obtener el perfil deseado.

➤ Hormigón postensado.

Cuando se realiza el postensado generalmente se colocan en los moldes de las vigas ductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el hormigón, dichos tendones pueden ser alambres paralelos atados en haces, cables torcidos o varillas de acero. El ducto se amarra con alambres al refuerzo auxiliar de la viga para prevenir su desplazamiento accidental y luego se vacía el hormigón. Cuando este ha adquirido la resistencia requerida se usa la viga misma para proporcionar la reacción para el gato que realiza el esfuerzo.

La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero, los tendones se tensan normalmente todos a la vez, generalmente se rellenan con mortero los ductos de los tendones después de que estos han sido esforzados, se forza el mortero al interior del ducto en uno de los extremos a alta presión y se continua el bombeo hasta que la pasta aparece en el otro extremo del tubo, cuando se endurece la pasta une al tendón con la pared interior del ducto.

El uso de acero de alta resistencia para el presfuerzo es necesario por razones físicas básicas, las propiedades mecánicas de este acero tal como lo revelan las curvas de esfuerzo deformación son algo diferentes de aquellas del acero convencional usado para el esfuerzo del hormigón. Las varillas de refuerzo comunes usadas en estructuras no presforzadas también desempeñan un papel importante dentro de la construcción del presforzado, se usan como refuerzo en el alma, refuerzo longitudinal suplementario y para otros fines.

El hormigón utilizado en miembros de presforzado es normalmente de resistencia y calidad más alta que el de las estructuras no presforzadas, las diferencias en el modulo de elasticidad, capacidad de deformación y resistencia deberán tomarse en cuenta en el diseño y las características de deterioro asumen una importancia crucial en el diseño.

2.3.2.3. Tipos de acero utilizados para el hormigón presforzado.

➤ Alambres redondos

Son aquellos que se usan en la construcción de hormigón postensado y ocasionalmente en obras pretensadas, se fabrican en forma tal que cumplan con los requisitos estipulados por ASTM.

Los alambres individuales se fabrican laminando en caliente lingotes de acero hasta obtener varillas redondas, después del enfriamiento las varillas pasan a través de secciones que disminuyen su sección o diámetro, asta obtener el tamaño requerido, en el proceso de esta operación de estirado se ejecuta trabajo en frío sobre el acero lo cual modifica enormemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia.

Los tendones están formados normalmente por grupos de alambres, dependiendo el numero de alambres de cada grupo del sistema usado y de la magnitud de la tensión pretensora requerida, estando generalmente compuesto entre 8 y 52 alambres individuales.

➤ Cable trenzado.

Se usa casi siempre en hormigones pretensados y a menudo se usa también en la construcción postensada, este cable esta formado por siete alambres firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor, el paso de la espiral del torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable, se fabrica en dos grados, el 250 y 270 los cuales tienen una resistencia ultima mínima de 1720 y 1860 N/mm² respectivamente, estas basadas en el área nominal del cable.

2.3.2.4. Tipos de hormigones utilizados para el hormigón presforado.

Principalmente el hormigón que se utiliza es un hormigón de alta resistencia, esto por el hecho de que debe soportar las tensiones proporcionadas por el acero esforzado. El uso actual de los hormigones en la construcción de puentes requiere que se cuente con una resistencia de las probetas a los 28 días, que oscile entre 280 y 350 Kg/cm² para el hormigón presforado, mientras que para el hormigón reforzado esta resistencia disminuye a 170 Kg/cm² aproximadamente. Un factor por el que es determinante la necesidad de hormigones más resistentes, es que el hormigón de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen más frecuentemente en otros hormigones de menor resistencia.

Resulta de vital importancia cumplir con todas las recomendaciones y especificaciones de cada proyecto a fin de respetar las solicitaciones requeridas, por lo general para obtener una resistencia de 350 Kg/cm², es necesario usar una relación de agua-cemento no superior a 0.45 con el objeto de facilitar el colado, además de esto hay que controlar que se realice un vibrado cuidadoso para así eliminar las burbujas de aire y evitar que se formen nidos de piedras.

Hay que tener en cuenta de igual forma que cuando se trabaje en condiciones de tiempo desfavorables para el uso del hormigón, podemos alargar el tiempo de plasticidad del hormigón mediante el uso de aditivos apropiados que aumenten la maniobrabilidad de dicho material.

2.3.3. Neopreno.

El neopreno es un material elástico que se ubica en el apoyo que existe entre la superestructura y la infraestructura, tiene como fin brindar una superficie lisa libre de imperfecciones para así otorgar un traspaso de cargas mas uniforme.

Estas placas de hule nos otorgan tres ventajas claras: son económicos, efectivos y requieren un mínimo mantenimiento.

➤ **Economía.**

Debido a la sencillez del material, la facilidad de fabricación y el bajo coste de los materiales, los apoyos de neopreno no tienen partes móviles, constan simplemente de una placa, o varias placas de neopreno de 2.5 cm aproximadamente de espesor, la cual se ubica entre la superestructura y el estribo o cepa.

➤ **Efectividad.**

Una ventaja importante del apoyo de neopreno es su efectividad como medio para la transferencia de carga, cuando soporta cargas de compresión la placa de hule absorbe las irregularidades de la superficie y de esta manera las imperfecciones salientes como las hundidas que tiene la superficie de hormigón, soportan la carga aplicada.

Además no existe la posibilidad de que el apoyo sea afectado por la corrosión y que transmita así un empuje excesivo sobre los apoyos.

➤ Mantenimiento.

La tercera ventaja importante de un apoyo de neopreno es que necesita menos conservación que cualquier otro elemento del puente.

Este material se usa actualmente por dos razones importantes: cuenta con las propiedades físicas que se requieren y es altamente resistente al deterioro por causas naturales, a continuación las características de mayor importancia:

- Cuenta con una resistencia a la compresión que es mas que suficiente para soportar las cargas del puente, ya que puede soportar hasta 70 Kg/cm² de fuerza de compresión, además la mayor parte de la deformación plástica tiene lugar en los primeros diez días de carga.
- Su resistencia al deterioro es marcadamente superior al hule natural y a cualquier otro hule sintético y que pudiera satisfacer los requisitos físicos de las placas de apoyo para un puente, la vida útil del neopreno es de aproximadamente 40 años sin brindarle ningún tipo de mantención en 35 años.

Cuando un apoyo de neopreno se somete a la acción de una carga se deforma verticalmente, la deformación vertical no debe ser superior al 15 % del espesor antes de ser comprimido, cuando la deformación en compresión es mayor que un 15 % se producen esfuerzos internos en el neopreno que aceleran la rapidez de la deformación plástica y pueden llegar a producirse grietas.

2.4. Juntas de dilatación.

Las juntas de puentes están desarrolladas para brindar una serie de beneficios a la infraestructura, ya sea este de características estructurales o bien por aspectos funcionales.

Dentro de los beneficios que otorgan las juntas podemos destacar que facilita el libre tránsito a través de los espacios abiertos para permitir los movimientos relativos que se producen a causa de diferentes factores tal como por oscilaciones térmicas, efectos de retracción, acortamientos por pretensado, cargas de tráfico, etc, los cuales se producen en los distintos tramos del puente.

Además se debe considerar que los tipos de juntas o las interrupciones superficiales del pavimento deben tener un carácter funcional en pro beneficio del confort del usuario, ya sea este vehicular, pedestre, ciclistas y motos.

Hay que nombrar de igual forma que existen puentes que no cuentan con juntas de dilatación, son aquellos llamados puentes integrales en que la longitud total el tablero permite que los movimientos en su plano puedan ser absorbidos directamente por el terreno alrededor de la estructura.

2.4.1. Funciones principales de las juntas de expansión.

- Asegura que los movimientos totales del puente sean proyectados sobre las juntas, ocurriendo esto sin golpear o deteriorar los elementos estructurales.
- Asegura la continuidad de la carpeta de rodado del puente, para dar mayor confort a los usuarios de este.

- Son impermeables brindando así protección a la estructura de posibles filtraciones, además evacua las aguas sobre el tablero en forma rápida y segura.
- Brinda protección acústica, ya que no es fuente de ruido, impacto o vibraciones al soportar las cargas de tráfico.

Las juntas son mecanismos que dependen de los movimientos de la estructura y sus funciones se pueden cumplir solo cuando las longitudes de apoyo de las vigas o losas sean suficientes para suplir los movimientos que sucedan por eventos sísmicos, es por esta razón que al momento de diseñar la estructura se deben contar con secciones reforzadas en los extremos de la losa, lo que comúnmente es llamado guardacanto.

2.4.2. tipos de juntas.

Existen una gran variedad de juntas de expansión muchas de ellas han sido utilizadas en puentes por largos años, pero debido al creciente avance de la tecnología y del mercado han aparecido nuevas técnicas y materiales que dejan en evidencia la necesidad de utilizar esta tecnología, ya sea en puentes nuevos o también en obras de reparación y conservación. Es por esta razón que nombrare algunos tipos de juntas que son los mas conocidos.

- Junta sellada con material elástico.
Consiste en un cordón de un producto o masilla elástica sellante que tiene una gran adherencia a los bordes de la junta, su instalación es relativamente sencilla ya que solo necesita un material de relleno como base, que generalmente es espuma de poliuretano, el sellado se realiza directamente

sobre el pavimento. Se utiliza en puentes con tráfico ligero y con luces de no más de 12 metros generalmente.

Sus principales características son:

- Bajo coste de instalación y mantenimiento
- Fácilmente reparable y sustituible
- Tiempo de colocación reducido
- Son silenciosas y proporcionan una buena continuidad, cuando son bien realizadas

Sus desventajas

- Requiere una inspección periódica
- Vida útil no superior a los 5 años



➤ Perfil de caucho comprimido.

Este perfil puede ser de caucho natural o sintético hueco, fácilmente compresible que se instala de forma que se mantenga siempre en compresión durante todo el ciclo de movimiento de la junta y de manera que nunca sobresalga de la superficie incluso en la posición mas cerrada de la junta, el ancho de este perfil una vez instalado puede variar entre 30 y 100 mm y su altura desde la superficie es entre 90 y 150 mm.

Se aplica en puentes cuyas luces suelen ser de 60 metros o menores en puentes de hormigón, pero pueden incrementarse a 100 metros en estructuras mixtas y 125 metros en estructuras metálicas, siempre que se respeten las características resistentes del material.

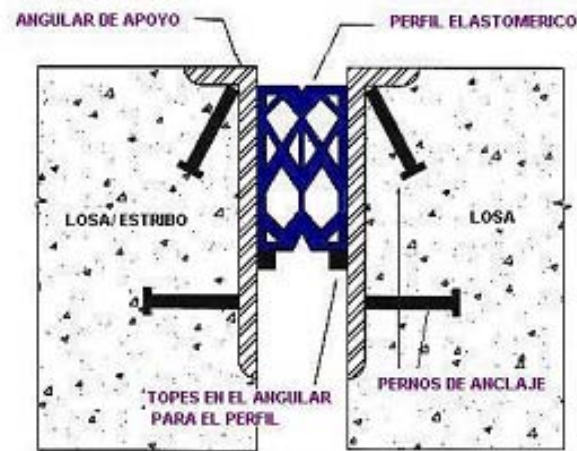
Sus principales características

- Junta de bajo costo de instalación y mantenimiento.
- Facilidad de reposición
- Cualidades elásticas que permiten una deformación de tres veces la profundidad de su sección

Sus desventajas

- Puede sufrir posibles fisuramientos, si la calidad del pavimento no es la adecuada

- Se necesita un sistema de evacuación adicional para así garantizar la impermeabilidad del sistema
- Se debe instalar en forma continua sin realizar cambios radicales de dirección.



➤ Juntas de betún modificado.

Están constituidas principalmente por una mezcla en caliente de betún con elastómeros y árido silicio o basaltito, su anchura es normalmente entre 350 y 550 mm. En su instalación debe colocarse un cordón flexible entre los dos tableros para evitar que se cuele el aglomerado elástico que durante la ejecución de la junta se encuentra en estado líquido, posterior a esto se posiciona una chapa metálica en el fondo que permite una mejor distribución de las tensiones y deformaciones en la masa elástica, una vez que se ha enfriado, se compacta y se procederá al sellado superficial para así protegerla de la acción de los agentes climáticos.

El espesor de esta junta varía entre 6 y 10 cm, lo que es aproximadamente igual a 1/5 del ancho del canjeado.

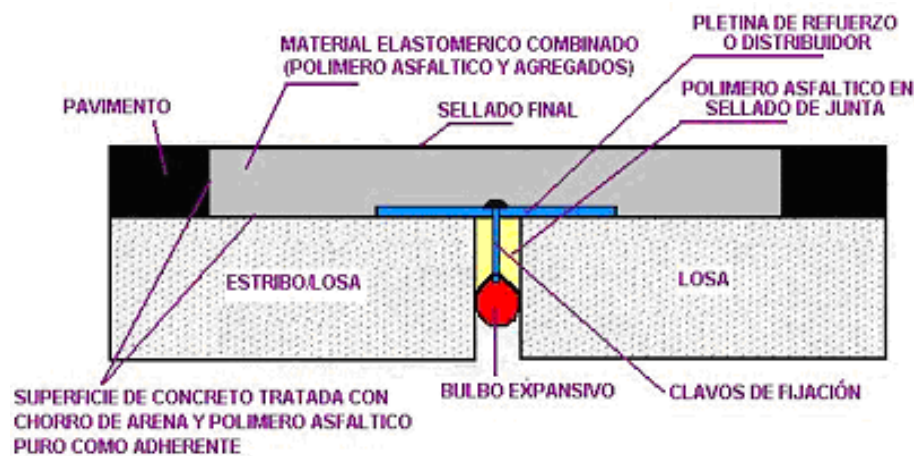
Su aplicación no esta restringida al trafico y la distancia entre juntas será menor a 60 metros en caso de estructuras de hormigón, 100 metros en estructuras mixtas y en el caso de estructuras metálicas estas luces pueden incrementarse a 125 metros.

Sus características

- Coste de instalación y mantenimiento bajo
- Necesita un nivel de inspección bajo
- Vida útil no menor a 5 años
- Son fácilmente reparables, pudiéndose reponerse exclusivamente la zona dañada, aunque sea muy pequeña y localizada
- Son impermeables si están en buen estado de conservación
- Son silenciosas y proporcionan un excelente trafico

Sus desventajas

- Para garantizar la durabilidad se requiere un control exhaustivo de la calidad de los productos componentes y del proceso de aplicación, de lo contrario se puede producir una degradación prematura.
- Pueden ser susceptibles a ataques por aceites y grasas



➤ Juntas con placas deslizantes.

Están compuestas por varios bloques de caucho armado unidos entre sí mediante fuelles, que permiten amplios desplazamientos horizontales entre los bordes de la junta, deslizándose el bloque rígido sobre la superficie preparada del tablero a ambos lados del borde de la junta, los bloques extremos se fijan a la estructura mediante pernos atornillados.

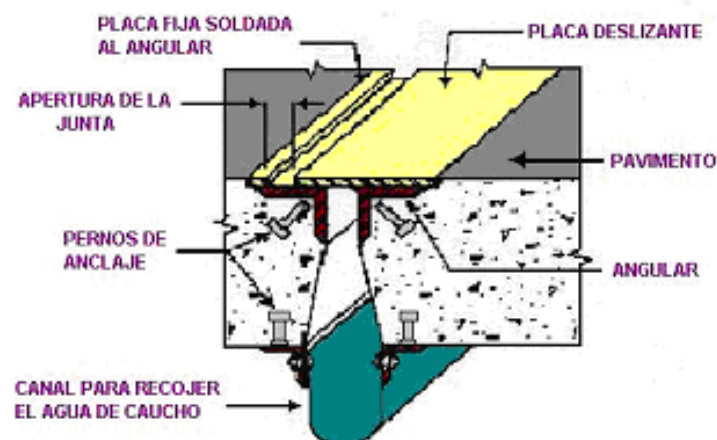
Este tipo de juntas son utilizadas en puentes cuyo tráfico puede ser ligero o pesado, con luces de gran magnitud lo que permite una mayor distancia entre juntas.

Sus características

- Permite grandes movimientos horizontales, sin gran rigidez frente a esfuerzos de tracción o compresión.
- Gran durabilidad, vida útil de 10 años aproximadamente
- Costo de mantenimiento medio

Sus desventajas

- Costo de instalación alto
- Costo de sustitución alto
- Pueden presentar una emisión de ruido que se considere alta



➤ Perfiles de elastómero armado.

Consisten en bloques prismáticos de caucho, armado con capas de acero embutidas, con una morfología adecuada para permitir deformaciones en su plano. Se disponen anclados a ambos lados de la junta mediante anclajes fijados químicamente, se debe contar con una zona de transición entre la junta y el pavimento, la cual puede ser de mortero lo que brinda protección a la junta. El ancho de la junta varía entre 230 a 1200 mm.

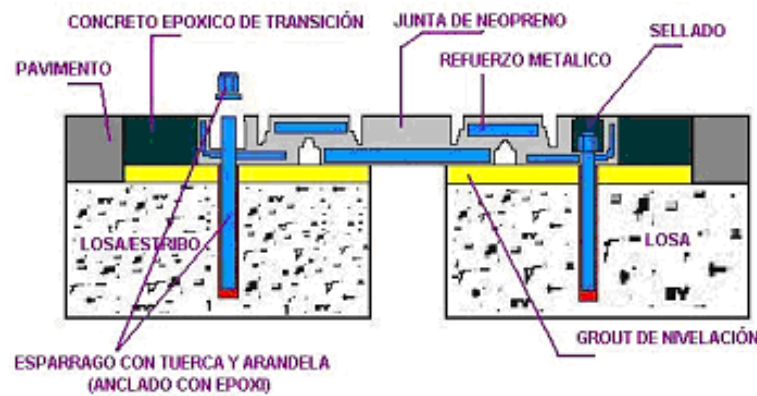
Se pueden aplicar en puentes con cualquier tipo de tráfico, y con luces medias o grandes, permitiendo distancias considerables entre las juntas, las que van desde 400 metros en puentes de hormigón, 650 metros en puentes mixtos y 825 metros en el caso de estructuras metálicas, siempre y cuando no sobrepase los máximos movimientos verticales admisibles.

Sus características

- Admiten grandes movimientos
- Vida útil de unos 10 años aproximadamente
- Tipo de junta mas utilizada actualmente ya que proporciona buenas prestaciones

Sus desventajas

- Presenta rigidez apreciable, lo que genera esfuerzos de compresión o tracción, que hay que tomar en cuenta en el diseño
- Costo de instalación medio-alto
- Sustitución costosa



➤ Juntas de peine.

Esta conformada por dos peines metálicos que encajan uno en otro y están anclados cada uno en un lado de la junta, los dientes en planta pueden ser rectangulares o con forma triangular para adaptarse mejor a los posibles movimientos transversales, algunos modelos constan de doble peine, ubicados superior e inferior respectivamente, los que a su vez cuentan con un perfil de elastómero comprimido entre ambos para así evitar el paso de piedras u otros objetos a través de los peines.

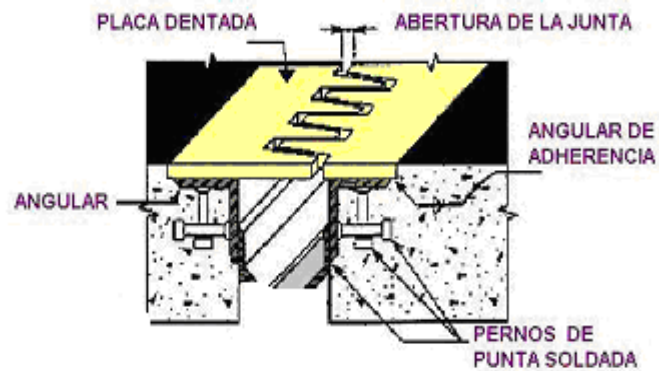
Este tipo de solución es usada en puentes muy largos con separaciones grandes entre juntas, mayores a 300 metros y que cuentan con un tráfico vehicular pesado.

Sus características

- Gran separación entre juntas.
- Sustitución simple, pero requiere precisión para garantizar el buen funcionamiento de los peines.

Sus desventajas

- Costo elevado
- Requiere mantenimiento frecuente para evitar la introducción de cuerpos extraños entre las púas de los peines, que la puedan deformar e incluso romper
- No cuenta con un sistema de evacuación de agua y desechos



CUADRO RESUMEN

Tipo de junta	Costo de la junta instalada	Costo de mantenimiento	Costo de sustitución	Impermeabilidad	Emisión de ruido	Vida útil en años	Tipo de trafico	Ancho de la junta mm.
Junta sellada con material elástico	Bajo	Bajo	Bajo	Baja	Baja	5	Ligero	20-40
Perfil de caucho comprimido	Bajo	Bajo	Bajo	Requiere de sistema de evacuación	Baja / Medida	5	Pesado	40 - 100
Junta de betún modificado	Bajo	Bajo	Bajo	Media /Alta	Muy baja	5	Pesado	350 - 550
Junta con placa deslizante	Alto	Medio	Alto	Requiere de sistema de evacuación	Alta	10	Pesado	Sin rango
Perfiles de elastómero armado	Medio / Alto	Medio	Medio / Alto	Requiere de sistema de evacuación	Media /Alta	10	Pesado	230 - 1200
Juntas de peine	Muy alto	Medio /Alto	Alto	Requiere de sistema de evacuación	Alta	>10	Pesado	Sin rango

Capítulo III:

“INSPECCION PARA LA EVALUACION DE UN PUENTE.”

3.1. Fundamentos generales.

Como ya es sabido el mantenimiento de un puente es fundamental para lograr la correcta preservación de la estructura, sin embargo para llegar hasta esta instancia debemos cumplir con un conjunto de operaciones anteriores, como lo son la inspección y la evaluación de la estructura.

La primera de estas fases queda definida como el conjunto de acciones técnicas realizadas de acuerdo con un plan previo, que facilitan los datos necesarios para conocer en un instante dado el estado de la estructura, ya que por las características de las obras civiles, no existe una interacción directa hombre-estructura como en el caso de edificaciones, en que las fallas son anticipadas debido a la convivencia humana, en cambio al referirnos a obras civiles es necesario el establecimiento de una inspección sistemática de las mismas como única fuente para suministrar datos sobre la detección de los daños y la evaluación de su estado.

El concepto de inspección y seguridad va de la mano con los puentes ya que no se puede admitir el mínimo riesgo de colapso en las estructuras, ya que va en directo riesgo de los usuarios, aunque contar con una inspección 100 % segura es prácticamente imposible ya sea esto por factores técnicos o económicos.

Se pueden distinguir dos tipos de fallas en una estructura: las que se denominan catastróficas, caracterizadas por ser completas y repentinas y por lo tanto no anticipables por una inspección. Y el otro tipo de falla es por degradación cuya característica principal es la de ser graduales y parciales y por lo tanto evitables mediante una inspección sistemática.

De la misma manera que inspección y seguridad va de la mano, tenemos que la seguridad también debe brindarnos funcionalidad o mantenimiento de las condiciones de servicio, es decir el puente debe ser capaz de cumplir con las funciones para las que fue diseñado sin hacer gastos innecesarios. Si el deterioro de las estructuras comienza desde el mismo momento que son construidas, es necesario tener una vigilancia que asegure que se tomen a tiempo las medidas adecuadas para el mantenimiento del puente y así se logre la máxima economía, en este sentido hay que considerar no solo los costos directos de reparación de la obra, sino los indirectos que pueden originarse como consecuencia del retraso en reparar el daño, ya que la obra puede llegar a incumplir parcial o totalmente la función para la que fue creada.

Un programa e inspecciones sistemáticas tendrá que proporcionar los datos necesarios para la toma de decisiones sobre el mantenimiento, reparación, refuerzo o sustitución de las estructuras, y el ente encargado de esta organización es el gobierno en el caso de obras públicas, y en el caso de obras privadas son las concesionarias, fiscalizadas por el gobierno.

3.1.1. Inspección de puentes.

La única forma de conocer la condición exacta y evaluar cada uno de los elementos de un puente, es mediante un programa de inspecciones, la inspección es una actividad compleja que debe realizarse en forma organizada y sistemática, ya que de ella dependen las recomendaciones para corregir los defectos, señalar las restricciones de carga y velocidad y para minimizar la posibilidad de pasar por alto algunas deficiencias que pueden convertirse en daños severos si no son reparados a tiempo.

Las inspecciones pueden estar enfocadas a diferentes ámbitos tales como:

- Para trabajos de mantenimiento normal o rutinarios; los cuales son efectuados generalmente una vez al año.
- Para evaluación estructural: son realizadas con menos frecuencia, pero este tipo de inspección es de carácter minucioso y requieren de herramientas y equipos apropiados.
- Por emergencias: estas inspecciones son realizadas debido a fenómenos meteorológicos tales como: lluvias torrenciales, sismos, etc. Pero también son realizadas cuando ocurren colisiones o impactos provocados principalmente por accidentes.

Para poder llevar a cabo una inspección es necesario contar con fichas de registro donde se recoja toda la información de una forma ordenada y que pueda ser entendida fácilmente.

3.2. Tipos de inspección.

Debido al costo que demandaría, esta claro que las inspecciones no se pueden realizar muy seguidas, además no se justifica muchas veces ya que algunos tipos de daños no evolucionan tan rápido en el tiempo, es por esta razón que se establecen distintos tipos de inspección que se agrupan en:

- Inspección rutinaria: la cual tiene por objeto detectar los daños lo antes posible para evitar así incurrir en gastos mayores en reparación o reposición de elementos, las inspecciones son realizadas continuamente, entro de plazos establecidos y son realizadas por personal capacitado para dicha labor, con esta inspección se puede tener una hoja de vida del puente, es decir la historia guante el periodo de servicio.
- Inspección periódica: este tipo de inspección es de forma mas exhaustiva y con mayor detalle, examinando todos los elementos que constituyen el puente, se debe contar con equipos que permitan el acceso a todas las partes del puente para observar detalladamente todos sus elementos, y que permita la medición cuantitativa de las respuestas de la estructura con suficiente precisión.
- Inspección especial: este tipo de inspección es realizada cuando se observan daños tales como: asentamiento en fundaciones, fallas estructurales, deterioro de materiales, fisuras o deformaciones importantes, etc. Debe ser realizada por un profesional competente, generalmente un ingeniero estructural especialista en la materia, para que pueda interpretar los daños encontrados y tome las medidas necesarias para reparar el daño o reforzar la estructura.

3.3. Procedimiento de inspección.

3.3.1. Metodología de una inspección.

La principal herramienta utilizada en una inspección es la vista, ya que nos permite reconocer y determinar si existen agrietamientos, deformaciones, corrosiones o piezas que deban ser removidas. Una inspección visual debe ser completada con una auscultación con métodos tecnológicos, que nos permitan determinar defectos que son obviados por el campo visual, por ejemplo; corrimientos en la posición de las armaduras, grado de corrosión de las mismas, etc.

Dentro de los elementos de un puente que deben ser inspeccionados nos encontramos con cuatro divisiones:

- Cimientos
- Infraestructura
- Superestructura
- Equipamientos

3.3.1.1. Inspección de cimientos.

Normalmente la inaccesibilidad de la cimentación hace que las posibles fallas tengan que ser detectadas indirectamente en forma de movimientos excesivos, fisuración, etc, o a través de otros signos en la superestructura. Es por esta razón que podemos señalar dos tipos de inspecciones: mediante la verificación de la nivelación del tablero y mediante una inspección subacuática.

Algunas de las consideraciones que deben observarse para poder determinar las condiciones de la cimentación son las siguientes:

- Los accesos: detectar la presencia de declives, asentamientos o rugosidades que motivan que los vehículos que se acercan al puente causen esfuerzos de impacto indeseables.
- Causes: verificar que él cause fluya sin obstrucciones, cerciorándose de que el afluente no este obstruido por depósitos o materiales de arrastre, como bancos de arena y crecimiento de vegetación que pueden modificar la orientación de la corriente, causando socavación de las cepas o estribos.

3.3.1.2. Inspección de infraestructura.

Dentro del termino infraestructura se incluyen estribos, cepas y sistemas de apoyo, dentro de la amplia variedad de defectos y deterioros observables en este tipo de elementos, deben incluirse en un informe las fisuras y grietas que puedan observarse y sean indicios de otros problemas relacionados con la cimentación, el mal funcionamiento de apoyos, etc.

- Cepas y estribos: revisar su cimentación, principalmente, cuando es directa para detectar cualquier inicio de erosión o socavación, la presencia y severidad de grietas, así como mencionar cualquier cambio en la posición o verticalidad.
- Apoyos: asegurar su adecuado funcionamiento, cuidando que no existan daños en los pernos de anclaje y que estos se encuentren correctamente ajustados, libres de materiales extraños para que haya libertad de movimientos.

- Una correcta inspección de la infraestructura asegura que no existan grietas por compresión o por sobrecarga, además de comprobar que no exista sedimentación.

Generalmente los apoyos de los extremos que se encuentran afectados mayormente a la acción del medio ambiente, necesitan una limpieza continua para así asegurar su funcionalidad.

3.3.1.3. Inspección de la superestructura.

La inspección de los elementos de la superestructura y los daños típicos que estos presentan varían dependiendo de que tipo de puentes se trate, ya sea estos puentes de hormigón armado o de hormigón pretensado o bien de obras prefabricadas.

- Armaduras metálicas: vigilar las uniones del armazón los cuales son puntos críticos, ya que aquí se acumulan residuos que provocan la corrosión y pérdida de sección en elementos de la armadura.
- Vigas: en el caso de vigas de acero se debe vigilar la existencia de grietas y de corrosión, principalmente en las alas superiores, alrededor de los remaches, pernos y en las áreas de soldadura, ya que estas áreas se encuentran afectas a una mayor tensión debido a la compresión ejercida por las cargas del puente. Se debe asegurar que estén adecuadamente sostenidas, que no haya torceduras o desplazamientos, ni tengan daños debido a colisiones o pérdida de sección por corrosión.

En el caso de vigas de hormigón armado, en el caso de que existan grietas deben observarse un tiempo para determinar si son activas y con la ayuda de instrumentos medir la profundidad de estas, de igual manera debemos chequear aquellas áreas que sufren desintegración del hormigón y la existencia de vibraciones o deflexiones excesivas.

3.3.1.4. Equipamiento.

Dentro de los equipamientos se incluyen la inspección de calzada y aceras, juntas de dilatación, sistemas de drenaje, barreras de contención, barandales, señalización, etc.

- Juntas de dilatación: observar que tengan el espacio adecuado para los desplazamientos por efectos térmicos y que se encuentren libres de basura o material orgánico.
- Tableros: buscar agrietamientos o fisuramientos superficiales, baches o otras evidencia de deterioro.
- Señalizaciones: se debe revisar la presencia, la legibilidad, la visibilidad y la necesidad de las señales existentes.
- Barreras de contención. Buscar golpes causados por colisiones de vehículos.

3.3.2. Unidad de inspección de puentes.

Como el presente informe está enfocado solo en el sector público y no en el privado, el organismo responsable de las obras es el gobierno, a través del Ministerio de Obras Públicas que debe fiscalizar la calidad de los puentes en Chile realizando esto mediante la Dirección de Vialidad, la cual cuenta en cada región con un departamento de puentes, en la cual existe una unidad de inspección de puentes que cuenta con un equipo profesional y técnico especializado en este tipo de obras.

La Dirección de Vialidad es la encargada de indicar cuáles son los puentes que deben ser inspeccionados, que recursos deben utilizarse y que forma de inspección se debe aplicar, comunicando esto al equipo de trabajo encargado de realizar la inspección.

De cada inspección se obtendrán una serie de antecedentes los que se deberán remitir a los especialistas de la Dirección de Vialidad, entidad que los incorpora al registro Nacional de puentes.

Los datos recabados durante la inspección deben ser incluidos dentro de una ficha de registro, en la cual se puede destacar:

- Ficha de registro: esta destinada a registrar la información básica para identificar la obra, como por ejemplo: nombre del puente, ubicación, tipo de puente, longitud total, ancho total, tipo de carpeta, número de cepas, número de vigas, capacidad del puente, etc.

- Plano de registro: cuando no se cuente con planos de recepción, se deberá realizar un plano de registro que debe contar con: cotas de rasante, aguas máximas, fondo del lecho, socavación y fundación, kilómetro de inicio y de termino, ancho de la calzada, tipo de vigas, etc. El plano debe contar con un corte longitudinal, una sección transversal y una vista en planta.
- Informe de diagnóstico: en este informe debe incluir el estado estructural del puente, haciendo referencia a cada uno de los elementos estructurales principales y secundarios. De igual manera debe hacer referencia al estado del cause.
- Cubicaciones y presupuesto: cuando la importancia de los trabajos así lo requiera se solicitara un presupuesto inicial, en el cual deberán detallarse las partidas, además se debe incorporar las estimaciones de la cantidad de obra y precios unitarios que permitan estimar un presupuesto aproximado.

3.3.2.1. Obligaciones de la unidad de inspección.

Como en todo equipo de trabajo, la unidad de inspección cuenta con un líder o jefe, al que le recae la responsabilidad de dar cumplimiento a la inspección de puentes, confeccionando los reportes elaborados por medio de los datos recabados del análisis hecho por el equipo de inspección, también es tarea del jefe aportar con recomendaciones para la corrección de los defectos, limitar la carga del puente, colocación de señalética o cualquier otro tipo de recomendaciones que sea necesario.

Por el hecho de ser el líder del equipo, debe estar completamente actualizado con las características del puente a analizar, ya sean estas estructurales o mas bien de diseño, para poder así interpretar lo que es observado. Esto significa que el jefe de unidad debe ser capaz de determinar la capacidad de carga segura de la estructura y de reconocer cualquier deficiencia estructural y estimar su seriedad para mantener el puente en una condición segura, pudiendo anticipar los posibles problemas, los cuales se pueden evitar con un mantenimiento preventivo.

3.3.2.2. Programa de inspección.

Esto implica contar con un sistema organizado de control, aplicando una metodología de trabajo diseñada con anterioridad, para así ser mas eficientes a la hora de analizar en terreno la estructura, esto implica de otra forma que debemos contar con un sistema adaptable, es decir que de acuerdo a las necesidades que se presenten en el terreno, logremos dilucidar una estrategia de trabajo, y así determinar que tipo de inspección debemos realizar.

Un correcto programa de trabajo debe contar con una serie de puntos que estén claramente definidos, como:

- Verificación de ubicación del puente, su tipo, su geometría, accesibilidad , tipo de transito ,etc.
- Destacar los lugares que se encuentren mas propensos a daños
- Zona geográfica en que se encuentra, ya que existen zonas más abrasivas que otras.
- Antecedentes previos acerca de la estructura, esto significa que si ha recibido mantenimiento o reparaciones anteriores.
- Se debe contar con un buen reconocimiento de la estructura, saber cuales son las áreas más susceptibles a daños.

3.4. Medios necesarios para una buena inspección.

Como ya es sabido el sistema mas sencillo para aportar datos para el conocimiento del estado de una estructura es la simple observación visual de la misma.

Para que de esta observación se puedan obtener datos útiles deben darse tres condiciones básicas:

- Poder ver; lo que significa poder acceder a todas las partes que se desean inspeccionar, y en su caso ayudar con medios complementarios a la visión.
- Saber ver; para lo cual se necesita un equipo de inspección calificado y con suficiente experiencia.
- Tener conocimiento previo de lo que se va a ver; es decir haber analizado teóricamente la estructura, estudiando el proyecto.

3.4.1. Medios humanos.

Según la Dirección de Vialidad, la cual detalla claramente el perfil que debe cumplir el equipo que este a cargo de la inspección y sobre todo la persona que se encuentre como líder, la que debe tener como mínimo 5 años de experiencia si se trata de un profesional graduado de la universidad y de 10 años de experiencia si se trata de un profesional graduado de un instituto técnico.

Estos requerimientos son solicitados para así garantizar de alguna forma, que la persona encargada de ocupar este puesto será responsable de la exactitud de la inspección, el análisis de todo lo que se descubra y entregue las respectivas recomendaciones para corregir los defectos.

3.4.2. Medios materiales.

En los puentes la mayoría de las veces, la estructura se encuentra a la vista, pero en muchos casos es casi imposible la observación detallada sin unos medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma. Dentro de los medios auxiliares que facilitan la aproximación del personal de la inspección a las distintas partes de la estructura, se incluyen desde los medios mas rudimentarios y básicos, como lo son; cuerdas, cinturones de seguridad, escaleras, etc. A los sistemas más complejos como los son las pasarelas y canastillas desarrolladas para la inspección de puentes.

Otro tipo de sistema mas desarrollado, es el que se encuentra integrado a la estructura como lo son: agujeros de accesos a las vigas, escaleras de acceso y vigas de cajón, los cuales se encuentran mayormente en puentes de grandes dimensiones que hacen mas viables este tipo de solución.

En las pasarelas para la inspección de puentes, existe una serie de factores que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar, como son:

- Alturas de las pilas
- Accesibilidad de la zona situada bajo el tablero
- Dimensiones del tablero
- Exigencias de seguridad, consideraciones económicas, versatilidad del sistema
- Capacidad portante del sistema y peso del mismo.

Los distintos sistemas nombrados cuentan con una serie de aspectos que a la hora de ser examinados es necesario comparar las posibilidades y los rendimientos de los sistemas y hay que tener en cuenta aspectos como: peso total, peso máximo que puede soportar el elemento, tiempos de maniobra, zona del puente, accesibilidad, superficie ocupada por el elemento , etc.

Como sistema auxiliar de inspección las canastillas son equipos de menor costo, pero cuyo mayor inconveniente reside en la necesidad de que exista un acceso a la zona situada bajo el tablero del puente.

3.4.3. Equipos de inspección.

Para hacer la lista del equipo de una inspección es importante tener en consideración, si realmente va a ser de utilidad en relación al costo del equipo, de igual forma debe tenerse en cuenta si tenemos el transporte para el equipo o si es muy difícil de transportarlo, o se cuenta con la seguridad necesaria para el equipo.

Para determinar el equipo que se utilizará en una inspección es muy importante tener en cuenta el equipo existente y su utilidad. Existen muchos y muy variados pero los mas útiles e imprescindibles son:

- Artículos de seguridad del tránsito, como lo son: barandas, conos, balizas, etc.
- Cámara fotográfica
- Binoculares, para la inspección a distancia
- Linterna
- Tiza para marcar
- Martillo cincelador
- Plomada e hilo

- Cintas de medición y otras herramientas u instrumentos
- Vehículo adecuado o un bote en caso de ser necesario.

3.5. Clasificación del estado de los puentes, entrega de reporte.

Una vez realizada la inspección, en que son analizados todos aquellos elementos que están sometidos a desgaste, cabe definir en que estado se encuentra la estructura, en la cual nos encontramos con las siguientes clasificaciones:

Puentes en buen estado	Buenos, nuevos o como nuevos Por el momento no necesitan trabajos Funcionan como originalmente diseñados Necesitan mantenimiento
Puentes en regular estado	Funcionan como originalmente diseñados Necesitan reparaciones
Puentes en mal estado	Potencialmente peligrosos Necesitan ser reforzados Peligrosos Necesitan ser reconstruidos

3.5.1. Puentes en buen estado.

Para establecer un parámetro de aceptación de la calidad en que se encuentra un puente es necesario crear un sistema objetivo de inspección, es decir analizar los puentes con un criterio uniforme, sin importar la ubicación geográfica, ni las condiciones climática al que este afecto la estructura.

En el caso de la superestructura lo que se encuentra mas afecto a posibles desgaste son las vigas y la carpeta de rodado, y en la infraestructura son las cepas y los estribos.

- Vigas: se encuentran en buen estado cuando las vigas no presentan fisuramientos, agrietamientos o corrosión en caso de las vigas metálicas, de igual forma si no presentan ningún tipo de desplazamiento entre las vigas y la mesa de apoyo, ni si se encuentran deformadas a por causa de la sobrecarga.

- Carpeta de rodado: es el elemento que cuenta con mas probabilidades de estar afecto a desgaste ya que se encuentra en directo contacto con los agentes externos, como es: el flujo vehicular, las aguas lluvias, las variaciones de temperatura, etc. Por ser la carpeta de rodado el elemento mas superficial es de relativa facilidad analizar en que estado se encuentra,

- Cepas y estribos: debe cerciorarse de que no existan grietas ni fisuras, además de comprobar que no presentan indicios de socavación alrededor ni erosión de los elementos nombrados.

3.5.2. Puentes en regular estado.

Los puentes en regular estado son aquellos que funcionalmente se encuentran habilitados para el uso circular, pero que si no se emplean políticas de reparación, la estructura en un corto plazo puede sufrir el colapso de sus elementos. Es decir que en este tipo de estructuras existe un deterioramiento de sus elementos, pero en menor grado que aun no pone en riesgo la seguridad de los usuarios.

3.5.3. Puentes en mal estado.

Para determinar si un puente esta en mal estado, el parámetro comparativo que usamos es el de la seguridad estructural de los elementos que componen el puente, es decir que cuando un puente deja de ser seguro para el tránsito normal, poniendo en peligro vidas humanas, ya no cumple con el objetivo para que fue diseñado y ya es hora de una reparación exhaustiva o de ser reemplazado, en caso de que el costo de reparación no sea factible económicamente.

Generalmente la causa principal de que un puente se encuentre en muy malas condiciones es que ha sido sometido reiterativamente a desgaste, sin contar con una mantención adecuada a las exigencias que ha sido sometido.

Otra causa de que un puente se encuentre en malas condiciones es que exista una situación de emergencia, como: terremotos, crecidas de cause, accidentes, etc.

Los daños que usualmente afectan a la superestructura y la infraestructura son:

- Vigas: en las vigas de hormigón armado se presentan grietas con armaduras a la vista y en estado de corrosión y en las vigas de acero que presenten una separación con respecto a la losa, desplazamientos entre la mesa de apoyo, alta corrosión y deformaciones excesivas.
- Losa: que presenten gran cantidad de grietas y fisuras, además que sean visibles las armaduras encontrándose en estado de corrosión.
- Cepas y estribos: que presenten agrietamientos y armaduras a la vista, presenten socavación, que existan desplazamientos fuera de su eje, pérdida de verticalidad, etc.

3.6. Evaluación de la inspección.

Una vez que han sido recabado todos los datos en la entrega de reporte se puede proceder a una evaluación global del puente. La evaluación debe incluir el aspecto estructural y el aspecto funcional. En el primero, se determina la capacidad remanente de carga, o bien, se define el margen de seguridad entre las acciones aplicadas y las resistencias de los elementos estructurales. En el aspecto funcional, se determinan las capacidad vial del puente y se comparan con las solicitaciones respectivas. Dentro de la evaluación, debe, finalmente, incluirse una estimación de la vida útil sobrante del puente, en función de su capacidad actual y de la evolución prevista de la demanda.

La evaluación de cada caso permite definir la acción que debe tomarse, los tipos de acciones que se consideran:

- No hacer nada puede resultar una acción técnicamente valida en algunas circunstancias.
- Acciones normativas: Colocación de señales. Limitación de uso (imposición de peso máximo, reducción de velocidad, restricción de un solo carril, etc.)
- Acciones preventivas: Inspecciones mas frecuentes, monitoreo de grietas, deformaciones y asentamientos, colocación de apuntalamientos.
- Acciones a ejecutar: Se refiere a la realización de obras en el puente. Para estas obras, pueden considerarse cinco niveles de atención:
 - Mantenimiento.
 - Rehabilitación.
 - Reparación.
 - Modernización.
 - Reemplazo.

3.6.1. Factores que intervienen en la evaluación.

En primer lugar, para que el reporte que se da sobre el estado del puente sea confiable, es importante seguir los procedimientos recomendados de inspección, utilizar el equipo adecuado, que la brigada de inspección sea responsable y con experiencia y sobre todo que el ingeniero responsable de la inspección tenga conocimientos sobre inspecciones.

El nivel de deterioro de un puente, es el que marca, principalmente, la conclusión de la persona encargada del informe; aunque existen otros elementos como la estética, la seguridad, funcionalidad, etc.

La exactitud del informe de la inspección depende en gran medida del análisis de los daños y defectos a corregir que haga la persona responsable de emitir el fallo o la calificación del deterioro actual del puente.

El factor estético no es muy sobresaliente, es importante solo en puentes de zonas urbanas; uno de los factores más importantes es el de la seguridad sobre todo si el daño es estructural o puede poner en peligro la seguridad de los usuarios.

3.6.2. Criterios de evaluación del estado de los puentes.

Si utilizamos en primer lugar a la economía como sistema de referencia entendemos que los criterios de evaluación del estado de los puentes están inscritos en el marco más general del costo y su vida útil. El costo depende de dos factores principales: el costo en sí del puente y el relacionado con el usuario, y todo ello dentro de un marco de referencia que es la vida útil, que se cifra en unos 50 años, siempre y cuando tenga un adecuado mantenimiento y hacia los 30 años se le realice una reparación importante.

De todo puente en servicio se puede realizar una doble lectura. Por un lado determinar que capacidad de carga tiene, lo que nos proporciona sus características resistentes actuales y previsibles en un futuro próximo y, por otro lado, cuales son sus características funcionales. Estas dos propiedades resistentes y funcionales deben compararse con las exigencias mínimas, o aceptables que debe tener un puente para que cumpla su función. De esta comparación saldrá una política a seguir que permita establecer las prioridades, sobre que puentes se deben mantener, cuales reparar o rehabilitar y cuales sustituir y en que plazo.

Capítulo IV:

“MANTENIMIENTO DE UN PUENTE. ”

4.1. Generalidades.

Debido a que nuestro país posee características geográficas singulares, causadas por forma física, es decir que contamos con un espacio territorial largo y estrecho que abarca aproximadamente 4000 km de extensión, por lo que existen una variedad de formas geográficas, siendo principalmente la zona sur la que cuenta con condiciones mas adversas.

La existencia de múltiples factores de dificultan la conectividad del país, hace imperativo que contemos con puentes en buenas condiciones para los usuarios, ya que muchas veces no existe otra alternativa viable o caminos alternativos, por lo que estos puentes se transforman en puntos críticos, siendo de vital importancia que se mantengan en buen estado.

Cabe destacar de igual forma que la distribución de los puentes en nuestro país no es homogénea (por lo nombrado anteriormente), siendo desde la IV a la XII región la que cuenta con mayor números de puentes, siendo la X región una de los sectores que tiene un mayor numero de puentes, esto muchas veces se ve acrecentado por la numerosa red vial transversal que cuenta nuestra región.

Debido a la importancia que tienen los puentes en nuestro país y como afectan estos al desarrollo del mismo, es de vital importancia el contar con procedimientos de gestión de mantenimiento de puentes, los que nos entreguen la información necesaria para poder elaborar un catastro de las condiciones en que se encuentran los puentes, siendo esta una información actualizada, para así elaborar un programa de trabajo que realice inspecciones metodológicas periódicas, para aplicar las medidas de conservación necesarias para cada estructura.

Además gracias al avance tecnológico es posible introducir toda esta información a una base de datos, haciendo todo el proceso mas eficiente ya que contamos con datos reales previos , por lo que al programar una inspección de rutina ya podemos dilucidar con que condiciones nos vamos a encontrar en terreno. De igual forma con el material de la base de datos es posible realizar estimaciones de en que condiciones se encuentra la estructura o realizar una proyección futura.

4.2. Definición de mantenimiento.

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.

Para llevar a cabo un buen programa de conservación de puentes es necesario contar con una buena mantención de las estructuras. La finalidad de este proceso, es la de brindar todas las condiciones de servicio necesarias para así poder mantener el puente en el mejor nivel posible. Ya que la falta de mantención de los puentes puede generar una serie de inconvenientes como son los de funcionalidad y seguridad que pueden llegar a ser graves; tales como restricciones de paso, limitaciones de carga, problemas de interrupciones de la red vial, riesgos de accidentes, etc. Lo que a su vez genera un importante problema económico por el acortamiento de la vida útil de las obras.

Todos los problemas mencionados anteriormente tienen causas que generalmente son comunes por lo que se hace necesario el mantenimiento de un puente, y estas son:

- Errores a la hora de realizar el proyecto, así como también a la hora de ejecutarlo.
- Problemas de vigilancia u inspección, mantenimiento o reparaciones inadecuadas o inexistentes.
- Acciones por el efecto de la naturaleza, de tipo mecánico o físico.
- Utilización de materiales inadecuados a los requerimientos necesarios.
- Deterioro y degradación de materiales.
- Acciones por el efecto de la naturaleza: terremotos, inundaciones, aludes, etc.
- Acciones de tipo accidental: impacto de vehículos contra la estructura.

Según en las condiciones que se encuentre el puente podemos agrupar las acciones de mantenimiento en tres grupos:

- Mantenimiento rutinario
- Reparaciones
- Reforzamientos

Debido a la cantidad de puentes que existen en nuestro país, en los cuales aun existen puentes de madera, sobre todo en aquellos lugares que se encuentran apartados de los centros neurálgicos del país, lo que hace necesario políticas de renovación en cuanto a este tipo de estructuras, ya que muchas de ellas se encuentran en deplorables condiciones o bien en condiciones medianamente aceptables por lo que es posible que aun sigan abiertas al tránsito liviano, pero siempre teniendo presente que es necesario construir una estructura de mayor calidad, para así brindar seguridad a los usuarios contando con un puente de una mayor vida útil.

El mantenimiento rutinario es una labor que debiera estar mas arraigada en las instituciones encargadas de fiscalizar el estado de los puentes, ya que esta labor es una proyección a futuro, ya que impide que se presenten daños en el puente o bien que aumente cuantitativamente dichos daños.

Los trabajos de reparación y reforzamiento, se pretende que los puentes cuenten con un nivel de servicio que se acerque lo mas posible a su condición inicial, es decir que cuente con las condiciones estructurales y de confort necesarias para un buen y seguro uso por parte de los usuarios. Sin embargo esto es parte de una utopía ya que bien sabemos que existen diferentes factores que afectan a nuestra estructura limitando progresivamente su estado, pero esto se puede revertir con una buena gestión de calidad enfocada en la conservación de la estructura.

4.3. Procedimientos básicos de mantención.

Dentro de lo denominado como procedimientos básicos de mantención, tenemos la mantención rutinaria, este proceso de conservación de las estructuras se pueden clasificar en: ordinarias y extraordinarias, en función de que sean labores que se deban llevar a cabo en un tiempo determinado, que se ha establecido o se deban efectuar solo cuando la evolución del estado del puente lo demande.

- Ordinarias: se refiere básicamente a la inspección, limpieza y pintura.
- Extraordinarias: abarcan un amplio campo que va desde la rehabilitación del hormigón degradado hasta la renovación de elementos de equipamiento, tales como juntas, impermeabilización de la estructura, etc.

El mantenimiento rutinario comprende aquellas actividades de mantenimiento en los puentes que deben ser realizadas por personal capacitado, que brinden responsabilidad en el proceso de mantención, generalmente esta un profesional a cargo, en el caso de nuestro país este proceso es ejecutado por el personal de Ministerios de Obras Publicas, o bien por medio de subcontratos los cuales son concesionados en licitaciones publicas.

Las actividades de mantención son:

- Señalización, pintura alumbrado, etc.
- Limpieza de demarcaciones.
- Limpieza de drenes, estribos, cepas, etc.
- Limpieza y rehabilitación del cause.
- Reemplazo de carpeta de rodado de accesos del puente.
- Limpieza y rehabilitación de juntas de dilatación.
- Protecciones contra la socavación.
- Limpieza y protección de apoyos.

4.3.1. Procedimientos mas comunes que se realizan en obras de mantención.

Las acciones de mantenimiento periódico que se realizan mas comúnmente son las siguientes:

- Limpieza de juntas de dilatación, las que generalmente se encuentran saturadas de desechos, por acción del transito vehicular el cual arrastra todas estas partículas al interior de las juntas, mas la acción del viento, el cual incrementa la presencia de este tipo de material.

- Relleno de zonas erosionadas en los terraplenes de accesos, siendo esto un factor de vital importancia ya que en muchos casos la falta de material de apoyo en los terraplenes causa el deterioro de la carpeta de rodado.

- Mantenimiento y renovación de las barreras de seguridad, ya que este tipo de estructura se encuentra sometido a las mismas condiciones de desgaste que en el resto del puente, por lo tanto se encuentra afecto a la acción de los agentes naturales, tales como la oxidación.

- En aceras y canalizaciones: en estos elementos surge un problema de corrosión que afecta a los anclajes que unen las piezas a la estructura, además esto se ve incrementado por los movimientos diferenciales que sufre la estructura unido a los defectos de colocación inicial, que muchas veces se realiza de forma menos exigente que al resto de la estructura. Todos estos factores hacen que muchas veces sea necesario realizar reparaciones que representen un gasto mayor. Otro factor de la problemática que surge en este tipo de obras es que muchas veces son realizadas con hormigones de baja calidad, en comparación al que es empleado en el resto de la estructura, por lo que comparativamente las aceras presentan un mayor deterioro.

- Sobre la carpeta de rodado o pavimento no sufre mayores problemas en el periodo inicial de uso, esto depende sin embargo de múltiples factores, así como también de que tipo de pavimento se utilice, pero normalmente las mezclas asfálticas presentan una mayor vida útil en comparación a los pavimentos normales, produciéndose la rotura al cabo de los años (de las mezclas asfálticas) por cuarteo, debido al propio envejecimiento de la mezcla y el despegue propiciado por el agua que escurre entre el pavimento y la losa.

Cabe destacar que no es conveniente el reparar el pavimento añadiendo una capa sobre la existente, por lo que supone sobrecarga y en muchos casos la inhabilitación de juntas de dilatación y drenes.

- Las acciones de mantención y conservación que son realizadas sobre la superficie del pavimento consisten en el sellado de grietas o el aumento de capas finas a base de lechadas asfálticas que regeneran las características superficiales y a la vez que mejoran la impermeabilidad de las losas. Esto siempre y cuando el pavimento no presente una notable disminución de sus características estructurales para soportar las cargas, ya que en este caso es necesario eliminar el pavimento existente y extender una nueva capa asfáltica.

4.4. Problemas de funciónabilidad y seguridad.

4.4.1. Ataque de agentes erosionadores.

Los problemas que presentan los puentes durante su vida útil, son innumerables, pero mediante este texto tratare de describir dichos problemas y sus posibles soluciones.

4.4.1.1. Acción del agua.

Uno de los principales agentes erosionadores a los que esta expuesto la estructura es a la acción del agua, afectando directa o indirectamente al puente, ya sean esto en forma inmediata o paulatina, pero al fin y al cabo siempre perjudicara al puente, desde el punto de vista del deterioro del mismo.

Una de las formas más comunes de observar la presencia de agua, es la superficial, esto causado principalmente por una inadecuada evacuación de la misma, esto da lugar a una serie de problemas muy diversos que pueden afectar tanto a los estribos como a las cepas, las vigas los apoyos, los terraplenes de acceso, etc. Ya sea por la propia acción directa del agua, es decir por erosiones, socavaciones, humedad. O bien como transportador de agentes agresivos, tales como: corrosión, ataques por sulfatos, disolución de ligantes en mortero, etc.

Esto es claramente evidente observarlo en las estructuras metálicas, tales como las vigas, en el caso de los puentes, por lo que es de vital importancia evitar la presencia permanente de determinadas zonas de humedad, que finalmente acabaran siendo fuente de corrosión en las estructuras.

4.4.1.2. Problemas de corrosión.

La corrosión es una problemática que esta intrínsecamente ligada a nuestro diario vivir , ya que la naturaleza actúa de forma tal, que trata de descomponer la aleación del metal para devolverlo a su estado natural, ya que es sabido que el acero es una aleación de carbono con hierro (entre muchas más existentes), pero una definición más técnica nos indica que el fenómeno de la corrosión es la destrucción de un metal por reacciones químicas o electroquímica con su medio ambiente.

En nuestro diario vivir consideramos a la corrosión de los metales como algo que debemos prevenir y evitar, para así no tener que cambiar o reparar algún elemento de nuestra estructura, brindándonos así servicio por un poco más de tiempo.

El fenómeno de la corrosión de los materiales, es uno de los hechos que presenta una gran trascendencia en la economía mundial, ya que muchas veces causa pérdidas o perjuicios, que equivalen a una gran inversión por parte del estado en faenas de reparación o reposición de elementos, principalmente enfocados en la industria de la construcción, ya que cabe mencionar que hoy en día se tiene certeza de que el factor más determinante en la reducción de la durabilidad del hormigón estructural, es la falta de control de la corrosión en los aceros de refuerzo.

La corrosión en las estructuras metálicas es un proceso observable con toda claridad y el beneficio que presenta esto es que permite tomar medidas oportunas mientras que en las estructuras de hormigón el fenómeno permanece encubierto y cuando se descubre el daño, muchas veces ya es irreparable, por otro lado se sabe que la corrosión bajo tensión en aceros de presforzados puede provocar el colapso súbito de las estructuras.

4.4.1.2.1. Tipos de corrosión.

Para analizar los daños que se producen por la corrosión, es necesario clasificarlos según la forma en que se producen.

La forma de corrosión más usual, es aquella en que la superficie del material se corroe en forma uniforme, se dice que este tipo de corrosión es superficial y es la forma más benigna o menos peligrosa, puesto que el material se va gastando progresivamente, extendiéndose en forma homogénea sobre toda la superficie del material, teniendo una penetración en el material de forma uniforme. Este tipo de corrosión es posible evaluarla fácilmente y con un margen de error menor, lo cual nos permite pronosticar la vida útil del material con bastante exactitud.

Otra forma de corrosión es aquella en que el ataque se profundiza mas en algunas partes, pero sin dejar de presentar el carácter de ataque general, constituyendo un caso intermedio entre corrosión uniforme y corrosión localizada. Otra característica de este fenómeno es en que en algunos elementos se presentan picaduras, las cuales actúan formando túneles microscópicos que se propagan hacia el interior del material.

Una de las características en que diferenciamos el tipo de corrosión que esta afectando a la estructura, es en la forma que se presenta, pudiéndose distinguir los siguientes tipos:

- Corrosión general: es la forma mas común que se puede encontrar y es la mas importante en términos económicos, se caracteriza por un ataque medianamente uniforme en toda la superficie expuesta, con pequeñas variaciones en la profundidad del daño. Esta suceso se puede evitar utilizando recubrimiento especiales para así minimizar el daño.

- Corrosión por picaduras: este tipo de corrosión localizada, en que el ataque esta confinado a muchas cavidades pequeñas en la superficie del metal, las cavidades que se forman pueden variar en cantidad, tamaño y forma. Estas picaduras pueden afectar directamente en una falla general, ya que los elementos corroídos están sujetos a esfuerzos tensionales altos, dando como consecuencia una falla general, llamada falla por corrosión bajo tensión.

El problema de la corrosión se pueden presentar de diferentes maneras, las cuales pueden diferir en apariencia:

- Corrosión por hendiduras: este tipo de corrosión se presenta en espacios confinados o también como hendiduras que se forman cuando los componentes están en contacto directo, para que se forme este tipo de corrosión la hendidura debe ser muy cerrada, con dimensiones menores a 1 milímetro, aunque no ha sido normalizado este espacio este tipo de corrosión no se presenta en espacios mas grandes. Para que este tipo de corrosión se forme no es necesario que ambas superficies sean metálicas, ya que se han detectado corrosión en varios materiales no metálicos tales como: neopreno, asfaltos, vidrios, que se encuentran en contacto con superficies metálicas.
- Corrosión galvánica: este es un tipo de corrosión electroquímica, que se produce cuándo dos o mas metales se acoplan eléctricamente, y puede llegar a causar un daño severo por corrosión. Se conoce por corrosión galvánica porque se produce un flujo de corriente entre ellos a causa de una diferencia de potencial entre los metales acoplados. La corrosión afecta de una manera mas acelerada al metal mas activo a diferencia del metal menos activo en que la corrosión se retarda o se elimina.
- Agrietamiento por corrosión y esfuerzos: el agrietamiento por corrosión y esfuerzos es una falla corrosiva en la que se forman las grietas de un componente bajo la acción combinada de esfuerzos mecánicos y un medio ambiente agresivo, los esfuerzos y el medio ambiente agresivo se unen para ocasionar una falla súbita.

Para que se presente corrosión sobre un elemento es necesario que se presenten las condiciones, tales como:

- ❖ Un medio ambiente específico; por lo general un ambiente húmedo o salado.
- ❖ Un metal o aleación susceptibles: aceros de alta resistencia, latones y aceros inoxidable y aleaciones comunes de aluminio, acero, fierro, etc.

4.5. Procedimientos para la solución de los problemas en los puentes.

4.5.1. Procedimientos mas usuales.

Dentro de la variada lista de actividades que se realizan para conservación de la estructura, contamos con dos tipos que son de gran importancia; los reforzamientos y las reparaciones. Pero a modo de introducción nombraremos las actividades que son realizadas mas comúnmente y las cuales no cuentan con un mayor grado de complejidad, y se dividen en las siguientes categorías:

➤ En causes y cimientos:

- Limpiar la sección transversal del cause o bien estabilizar su alineación
- Utilizar gaviones o muros para así evitar la acción de la erosión o socavación
- Realizar acciones de protección sobre el fondo del cause.

➤ Infraestructura:

- Reparación de cepas y estribos agrietados, hormigonando ya sea bajo el agua o superficialmente
- Reparación de cepas y estribos que están expuestos a socavación hundimiento o inclinación a causa de las cargas que actúen sobre ella
- Reparación de pilotes que presentan fractura i exposición del acero de refuerzo
- Inyección de grietas y reposición del hormigón degradado.

➤ Superestructura:

- De hormigón:
 - ❖ Reparación de grietas en losas, diafragmas, etc. Mediante inyección de resinas epoxicas
 - ❖ Instalación de soleras metálicas
 - ❖ Construcción de sobrelosas
 - ❖ Alinear los elementos que hayan sido desplazados por asentamientos de los apoyos, o por efectos dinámicos, etc.
- Metálicas:
 - ❖ Reparaciones por oxidación y corrosión, sustituyendo aquellos elementos que han sufrido pérdida de su sección transversal
 - ❖ Reemplazo de pernos o remaches defectuoso

4.5.2. Reforzamientos.

La utilización de refuerzos en las estructuras, es un hecho que es causado generalmente por motivos de tipo estructural, en el cual la estructura ha tenido una disminución de su capacidad resistente o bien se requiere aumentar la capacidad de carga actual de la estructuras por nuevas solicitaciones que demanda de los usuarios.

De igual forma existen otros motivos para la utilización de refuerzos, como es el paso natural del tiempo en aquellas estructuras que llevan un nivel de vida útil considerable, que hace imperiosa la tarea de reforzamiento y sin dejar de nombrar la corrección de fallas que disminuyen la capacidad de carga de nuestro puente.

Dentro de la gama de actividades de reparación que se pueden realizar solo nombrare la que ha mi parecer tienen mayor relevancia, tanto por el aspecto estructural como económico, ya que existen otro tipo de alternativas que son poco usadas por el alto costo que estas conllevan.

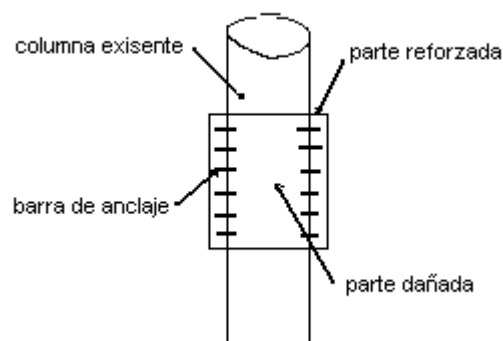
El tipo de reforzamiento que se utilice variara dependiendo del daño al cual nos estemos enfrentando; es por esta razón que distinguimos dos tipos de procedimiento de reforzamiento, los cuales se dividen en pasivo y activo:

- Procedimientos pasivos: no presentan disminución de las características estructurales de nuestros elementos
- Procedimientos activos: presentan acciones y deformaciones que modifican los estados tensionales de la estructura, aumentando su comportamiento resistente.

4.5.2.1. reforzamiento o jacketing.

Este procedimiento es necesario cuando no tenemos certeza de la capacidad de carga de un puente, este sistema es utilizado cuando las cepas o pilares presentan algún grado de deterioro o bien como protección de posibles impacto de choque, y el procedimiento es el siguiente:

- Se debe contar con suficiente espacio como para realizar eficazmente las labores de reforzamiento, si se existiere escurrimiento se deberá tomar alguna acción al respecto
- Se procede a asegurar al hormigón el refuerzo por medio de pernos y adhesivos, en ambos sentido para así poder fijar la malla de refuerzo



- Una vez que se encuentra montado el encamisado se procede a verter el hormigón, y se deja fraguar.

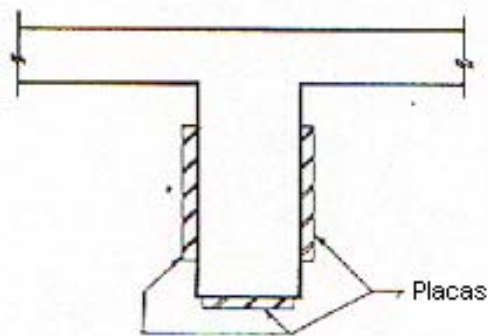
4.5.2.2. Refuerzo con placas y perfiles metálicos.

Dentro de este tipo de refuerzo, nos encontramos con dos claros grupos:

- Refuerzo con placas metálicas ancladas: se caracteriza por la colocación de placas metálicas ancladas al elemento que se va a reforzar a través de conectores, consiguiendo así una unión casi continua a nivel de la sección
- Refuerzo con placas metálicas encoladas: esta técnica nació gracias a las innovaciones que han ocurrido los últimos tiempos, ya que la formulación de resinas epoxicas han resuelto el problema de unir elementos de acero al hormigón.

En el caso del uso de placas metálicas encoladas debemos tener principal cuidado en la preparación y limpieza de la superficie del hormigón, ya que la resina utilizada deberá tener una buena adherencia al hormigón y acero, además de no presentar problemas de retracción y fluencia los que nos otorgaría en refuerzo deficiente.

Las placas de acero que se utilizaran deben estar preparadas y protegidas de la acción del oxido además de controlar el traslado hasta donde se ejecute la obra



El uso de las placas de acero no solo esta restringido a las vigas, sino que también puede ser usada en cimientos, como por ejemplo:

- En refuerzo de zapatas con armaduras y dimensiones insuficientes
- En obras ya realizadas de cimentación, cuando el suelo es excesivamente blando, para transferir cargas a los demás elementos mas profundos
- Transmisión de cargas en elementos defectuosos o insuficientes, etc.

El uso de esta técnica también puede ser observada en los muros de contención, en la cual estos elementos son anclados al terreno mediante un pretensado.

4.5.3. Reparaciones.

La reparaciones en un puente en un conjunto de acciones de mantención de la estructura cuya finalidad es la de preservar la vida útil del elemento en conservación, considerando las siguientes acciones: saneo o reposición del hormigón degradado, inyección de fisuras, limpieza de armaduras, recolocación o recalce de los apoyos, reparación o reposición de barreras de contención, reparación de aceras, trabajos sobres el pavimento, etc.

Las reparaciones de los puentes es una de las actividades que necesitan ser realizadas por personal con una capacidad técnica necesaria, ya que afecta estructuralmente la capacidad del puente, este personal especializado tiene la labor de llevar a cabo un serie de actividades tales como:

- Cambio de apoyos
- Cambio de juntas de dilatación
- Alineamiento vertical y horizontal de las superestructura

- Tratamiento de las armaduras
- Inyección de grietas tanto en la infraestructura como en la superestructura.

Para mantener todas las condiciones de servicio de un puente es necesario enfocarse en todos los aspectos o daños que se pueden producir, dentro de este ámbito tenemos las acciones de reparación de daños producidos por golpes, producidas generalmente por accidentes automovilísticos que ha su vez chocan sobre la estructura, o también por colisiones sobre la estructura por vehículos que no cumplen con las normas establecidas. Cuando se producen estos daños son reparados aunque estos no constituyan un peligro inmediato para el correcto funcionamiento de la estructura, este tipo de reparación generalmente consiste en la eliminación del hormigón deteriorado sustituyéndolo por un mortero de reparación.

4.5.3.1. Acciones mas comunes a realizar

Cuando tenemos un avanzado estado de deterioro en nuestro hormigón, observándose desprendimientos en algunas zonas, armaduras a la vista con un evidente estado de oxidación, falta de recubrimiento, posibles fallas en los anclajes, etc. La reparación de puente se realizara acatando los siguientes principios:

Las acciones que se llevan a cabo mas frecuentemente son:

Impermeabilización y reparación del hormigón de las losas, vigas y estribos, que consiste en lo siguiente:

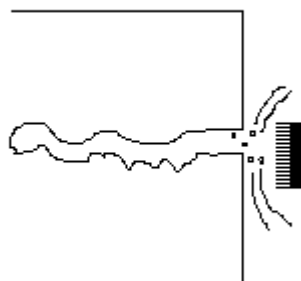
- Exponer la parte superior del tablero, para así inspeccionar y encontrar posibles fisuras. En las cepas y estribos se inspeccionan las partes visibles
- En aquellas fisuras que sean activas, es decir que presenten un peligro para la estructura, es necesario utilizar el método de inyección

- En todas aquellas artes que sea visible una disminución de la calidad del hormigón (que presente degradación o cuarteamiento), eliminarlo y sustituirlo.
- Reemplazar las armaduras descubiertas y que presenten oxido.
- Impermeabilizar de forma correcta el tablero
- Reemplazar o reparar los elementos que constituyen el equipamiento de un puente, ya que en la mayoría de los casos estos elementos sufren un deterioro mas rápido que de el esto de la estructura, por lo que un gran parte de las reparaciones va enfocada en estos elementos.

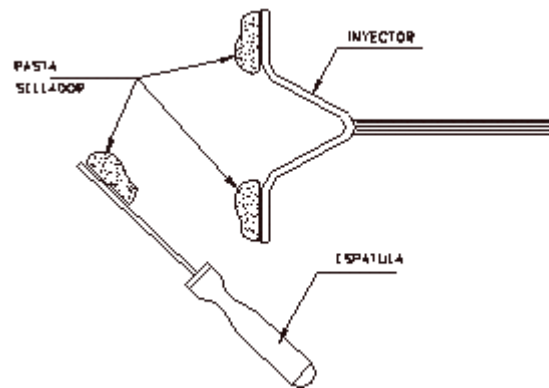
4.5.3.2. Inyección de grietas.

Este método es aplicable a aquellas superficies que presenten fisuras que se encuentren entre 0.3 a 0.4 mm, el material que recubrirá la grieta debe ser escogido según las características que presente esta, es decir si se trata de un grieta pasiva o activa, en el primer caso puede utilizarse un formula epóxica apropiada, y se tratase de una grieta e mayores dimensiones o sollicitaciones tensionales, el material de recubrimiento puede ser lechada de cemento. La forma de aplicación de una inyección de grieta es la siguiente:

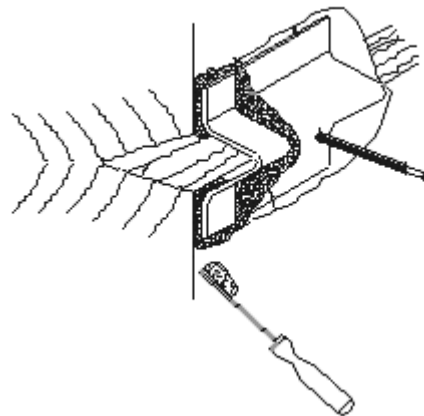
- Se debe preparar la superficie limpiando con un cepillo de alambre el área de la grieta removiendo el hormigón deteriorado, quedando así la superficie libre de impurezas que puedan contaminar nuestro material de relleno, en el caso de que exista humedad en la superficie será necesario secarla mediante aire comprimido, de manera que la fisura quede totalmente seca.



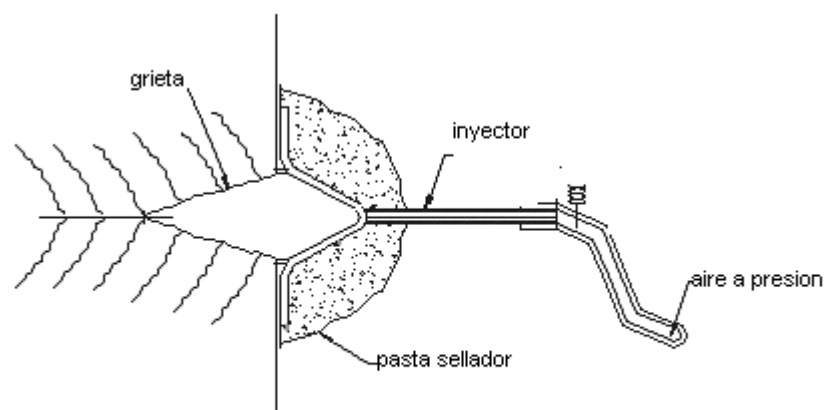
- Colocamos el material a usar o pasta sobre el inyector mediante una espátula



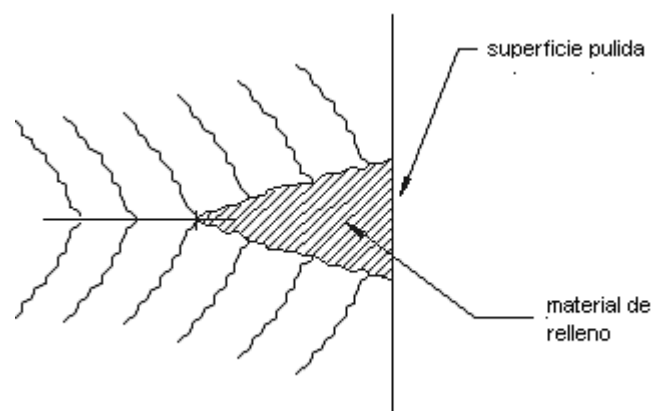
- Se colocan los inyectores a lo largo de la grieta, posterior se coloca la pasta a lo largo de toda la fisura de manera que no se filtre el material a inyectar.



- Una vez que se ha endurecido el material de sello, se procede a comprobar si existe continuidad en los puntos de salida, esto se comprueba mediante el bombeo a baja presión de aire.



- Una vez que se hayan realizados los pasos anteriores, se procede a iniciar el proceso de inyección, el cual debe efectuarse de la siguiente manera:
 - Se inyecta la mezcla desde el punto extremo inferior de la grieta hasta que el material salga por el siguiente punto, el cual se debe cerrar.
 - Se mantiene la presión durante algunos minutos para así asegurar el llenado completo de la grieta, este proceso puede ser regulado de una mejor forma si existe un manómetro que nos indique la presión que se está ejerciendo.
- Para finalizar todo este proceso se deberá dejar fraguar la mezcla por lo menos 24 horas, verificando que se haya endurecido, posterior a esto se retira los elementos montados y se limpia la superficie, puliéndola para así obtener un resultado liso.



4.5.3.3. Reemplazo de juntas de expansión.

Las juntas de expansión son uno de los elementos que sin duda debiera contar con parámetros de conservación relevantes, ya que muchas veces estas son las que sufren el directo deterioro por parte de las acciones naturales, sin dejar de contar el desgaste que sufren por el hecho de estar en contacto directo con el tráfico diario, además de las molestias que causan a los usuarios cuando las juntas se encuentran en malas condiciones.

Como es sabido la tarea de las juntas es la de unir los espacios libres que existen entre las losas, debido a los efectos dinámicos que estas sufren. Para que una junta cumpla con los requisitos para los que fue diseñada debe cumplir las siguientes características:

- Durabilidad en los elementos que la componen
- Baja emisión de ruido al paso vehicular
- Transmisión de cargas

El efecto del tráfico afecta directamente sobre las juntas mediante las sollicitaciones de impacto repetitivas, lo que produce un agotamiento por fatiga, a lo que hay que agregar la corrosión de los elementos metálicos que las acompañan. Es por estas razones que se deben llevar a cabo procesos de reparación o renovación de las juntas.

Reparación de juntas: proceso que tiene por objetivo aumentar la vida útil de la junta, y se logra mediante la sustitución de los perfiles de goma, reparación del mortero lateral dañado, o bien mediante una mantención de los elementos que se anexan a la junta.

Renovación de juntas: esta actividad esta enfocada en el reemplazo de la junta por una nueva, en que muchas veces esta labor es mucha mas sencilla que la instalación inicial de la junta, ya que después de que el puente ha entrado en servicio muchas de las tensiones iniciales se han asentado, por lo que es posible instalar una junta mas sencilla.

Procedimiento de reparación de una junta de expansión.

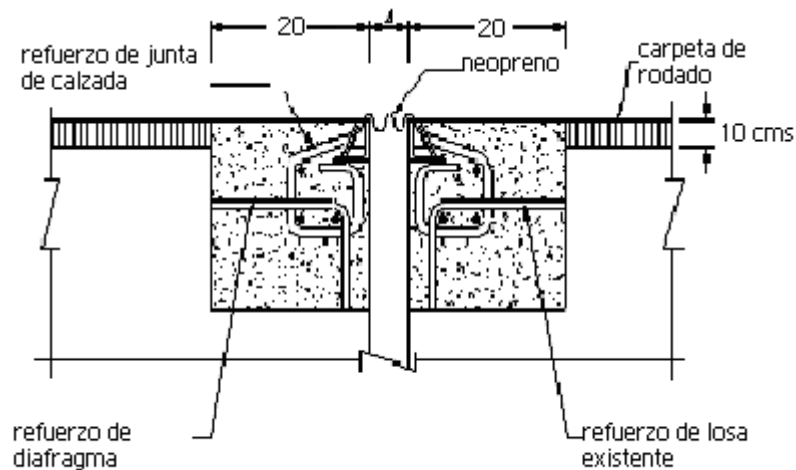
Para realizar una reparación de una junta, vale decir un reemplazo de la junta anterior es necesario seguir los siguientes pasos:

- Cortar y retirar la carpeta asfáltica en un ancho de 20 cms en ambos costados de la junta
- Realizar una demolición de la losa de 15 cms aproximadamente, para así fijar posteriormente la junta
- Se retiran los ángulos y las placas metálicas existentes de la junta anterior
- Colocar y habilitar el perfil en la calzada en ambos lados de la junta, verificando la nivelación de este



- Una vez que se ha vertido el mortero se procede a vibrar, para eliminar las burbujas de aire existentes

- Una vez fraguado el mortero se coloca el perfil de neopreno



4.5.3.4. Reparación del hormigón degradado.

La necesidad de reparar el hormigón es un proceso que está intrínsecamente ligado a su construcción, ya que por ser un elemento que está sometido a las acciones de la naturaleza, sufre su degradación por parte de esta y que es necesario repararlo para así evitar futuros daños de mayor consideración.

Un efecto que se produce en las estructuras de hormigón armado es la carbonatación, que va lentamente penetrando en el hormigón hasta llegar a las armaduras, esto sumado al ingreso de cloruros y sulfatos que deterioran el estado interior del hormigón y del acero, lo que lleva finalmente al fisuramiento y desintegración de los elementos.

Todos estos procesos de desintegración o degradación están ligados principalmente al hecho de que exista una permeabilidad por parte del hormigón, lo que da lugar al paso del agua, la cual se infiltra por todas aquellas cavidades erosionando nuestra estructura.

Es por esta causa que debemos contar con un enfoque destinado a rehabilitar el hormigón y las armaduras que se encuentren deterioradas y además contar con un sistema de impermeabilización y un correcto sistema de evacuación de las aguas que es el principal agente negativo para la preservación de nuestra estructura.

El procedimiento a seguir para la reposición o rehabilitación de nuestro hormigón dañado es el siguiente:

- Se realiza una inspección para analizar el área que se encuentra dañada, posterior a esto se retira o se demuele todo el hormigón defectuoso, prestando especial cuidado a no dejar partículas que contaminen nuestro hormigón de reposición.
- El hormigón que se procederá a instalar debe contar con una serie de características que nos garanticen la calidad de la obra a ejecutar, tales como:
 - Debe contar con una resistencia igual o mayor a la del hormigón anterior, en ningún caso debe ser de menor
 - Debe tener una adherencia perfecta con el hormigón viejo, generalmente para mejorar esta propiedad se otorga una impregnación de alguna resina epoxica con la superficie
 - No debe presentar tensiones internas, tales como la retracción.

La labor de rehabilitación del hormigón dañado no es una tarea que demande mayor complejidad a lo que se ha explicado, por lo que siguiendo y cumpliendo los procedimientos básicos se podrá contar con un pavimento en condiciones de viabilidad necesarias.

4.6. Conservación de los accesorios.

Dentro de las tareas de mantención de puentes, la conservación de los elementos no estructurales (o accesorios), es una de las labores que debe realizarse con más frecuencia ya que estos elementos siempre están expuestos a factores que sufren un desgaste rutinario, además de que es una de las tareas que cuenta con menos exigencias de nivel técnico por lo que puede ser realizado por un personal poco capacitado.

Generalmente las operaciones de conservación rutinarias están enfocadas en reparar el deterioro que sufren estos elementos, por lo que se encargan de tareas tales como:

- Pintura de barandas metálicas y de hormigón
- Reparación de barandas
- Condiciones de la señalética

Las labores de mantención de los accesorios son realizadas aproximadamente una vez al año por lo que cualquiera que sea el nivel de tránsito y las condiciones meteorológicas a las que estén expuestas dichas labores serán realizadas según lo programado.

Capítulo V:

“CAMPO DE APLICACIÓN; MANTENCION DE PUENTES EN LA CIUDAD DE VALDIVIA.”

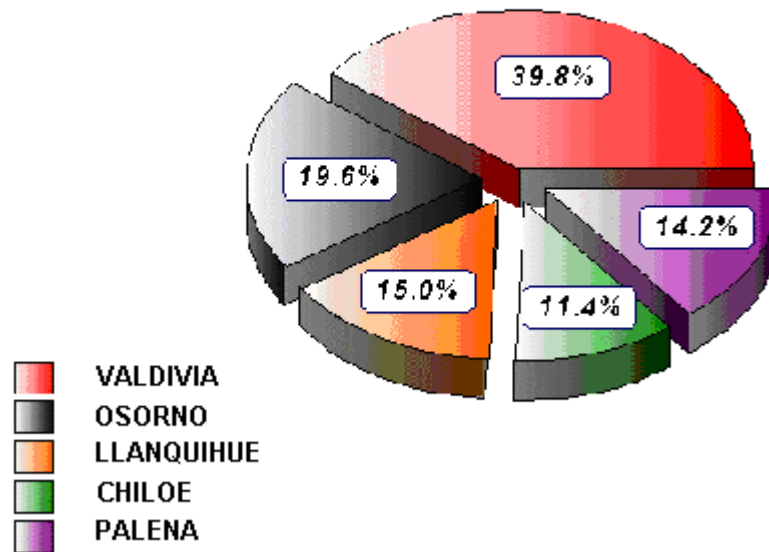
5.1. Descripción general.

Las características geográficas que presenta la ciudad de Valdivia, la convierten en una ciudad única, cuyo mayor atractivo radica en que cuenta con un río navegable, lo que representa un fuerte impacto en el área turística y en la economía de la ciudad.

Sin embargo estas mismas características geográficas de la ciudad de Valdivia la convierten en una zona que cuenta con la mayor cantidad de puentes construidos (en relación a metros lineales de obra ejecutada), según fuentes de Vialidad de la Décima región de los Lagos, lo cual lo podemos representar en el siguiente esquema:

LONGITUD DE PUENTES EN LA DECIMA REGION DE LOS LAGOS	
<i>PROVINCIA</i>	<i>LONGITUD (mts)</i>
VALDIVIA	13.849
OSORNO	6.820
LLANQUIHUE	5.213
CHILOE	3.952
PALENA	4.957
TOTAL	34.791

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LONGITUD DE PUENTES



Cabe destacar que dentro de este registro están incluidas aquellas estructuras que son de madera, pero tomando en cuenta que dichos puentes deberán ser actualizados según los parámetros tecnológicos de hoy en día, lo que representa que en un futuro estas estructuras deberían ser de hormigón.

Pero el hecho de que existan toda esta cantidad de puentes afecta en el aspecto urbanístico, ya que contar con una serie de ríos es un problema que afecta la conectividad y el desarrollo de la ciudad, y esto lo podemos ver reflejado claramente en que contamos con dos puentes que se encuentran en el corazón de la ciudad; como son el puente Calle Calle y el puente Pedro de Valdivia, que comunican los sectores de las Animas e Isla Teja, respectivamente. Además existe un tercer puente que se encuentra en las cercanías de Valdivia; el puente Río Cruces ubicado en el camino a Niebla y que conecta esta sector con la ciudad. El que fue construido a partir de 1984 siendo un gran aporte al desarrollo de la comunidad de Niebla, además de ser un gran impulso para la expansión de la ciudad, lo que se ve reflejado hoy en día en que se están desarrollando planes inmobiliarios y comerciales en los sectores aledaños al puente.

Sin embargo se debe establecer que de los tres puentes anteriormente mencionado, que en realidad son cuatro ya que el puente Calle Calle cuenta con un puente adyacente llamado Calle Calle II, el cual fue construido para solucionar los problemas de tránsito que afectaba a la ciudad en ese entonces.

5.2 Características de los principales puentes de Valdivia

Puente Calle Calle.

El puente Calle Calle fue una de las más grandes obras realizadas a mediados del siglo pasado que marco un hito para la ciudad, ya que en ese entonces Valdivia figuraba como uno de los principales centros industriales del país, esto debido al puerto de Corral, el cual presentaba un gran movimiento marítimo, por que era paso obligado de las embarcaciones provenientes del estrecho de Magallanes, que en esa época era la única ruta de comunicación entre ambos océanos.

La construcción del Puente Calle Calle comenzó el 18 de diciembre de 1938, siendo un verdadero desafío para la ciudad, ya que con su diseño en forma de arco, para el libre paso de las embarcaciones, que además le brindaba una característica estética inconfundible, fusionándose de esta manera con el paisaje que lo rodea.

El puente Calle Calle represento una gran mejoría en aspectos de conectividad, pero debido al desarrollo de la ciudad y a su aumento exponencial del tráfico vehicular se hizo necesario la creación de un nuevo puente que fue construido paralelamente al puente antiguo, llamado puente Calle Calle II.

El puente Calle Calle II fue construido entre el año 1995 y 1997 y fue un gran acierto en términos de utilidad ya que aumento considerablemente la rapidez del flujo vehicular, ya que se incremento el paso en dos pistas adicionales, considerando de igual forma que el puente antiguo sigue en funcionamiento al traspasar el tránsito de sur a norte en dos pistas.

Características técnicas del puente.

El puente cuenta con una longitud total de 223.8 mts los cuales están distribuidos en dos tramos simplemente apoyados de 29.9 mts, dos tramos de viga metálica tipo gerber de 68.1 mts y un tramo de viga central apoyada sobre las anteriores de 27.8 mts.

El puente está fundado sobre pilotes preexcavados de hormigón armado, de longitud variable de 1 mts de diámetro en estribos y cepas, en la cepa cause se adiciona una entubación metálica para la longitud que está expuesta al agua.

Puente Río Cruces.

Puente realizado principalmente para solucionar el problema de conectividad que existía entre las comunas cercanas a Valdivia, además de ser realizado para así eliminar definitivamente el balseo de las Mulatas que era la forma de comunicar los dos sectores. La puesta en servicio de el puente soluciono el prolongado aislamiento que sufría esta zona que cuenta con una gran belleza natural, además de contar con reliquias como lo son los fuertes existentes en esta zona, lo cual es un gran impulso para la actividad económica y turística de la región.

Además del impulso económico realizado por el turismo, existe otro factor de igual relevancia que fue favorecido gracias al puente; la explotación maderera, ya que al permitir la comunicación expedita y sin limitación de carga, permite el aprovechamiento de este recurso que en la zona cuenta con una gran riqueza forestal.

Características técnicas del puente.

El puente cuenta con una longitud total de 455 mts los cuales están distribuidos en 13 tramos de 35 mts cada uno, con una calzada de 8 mts y pasillos de 1.20 mts cada uno.

Una clara característica de este puente es su forma ya que cuenta con un tramo de altura de 29 mts, entre el fondo del lecho y el fondo de la viga, de los cuales 11 mts son altura de agua mas 18 mts de luz libre ara así permitir el paso de embarcaciones de cierto calado, los cuales provienen generalmente de los astilleros ubicados aguas arriba del puente.

El puente cuenta con 11 cepas de las cuales 8 se encuentran en los sectores mas profundos del río, en este aspecto hubo grandes desafíos constructivos ya que en este sector del río se cuenta con suelos de diferente características por lo que en algunos casos el hincamiento de los pilotes llego hasta una profundidad de los 11 metros.

5.3. Estado de los puentes de Valdivia.

Los tres puentes principales ubicados en la cercanías de la ciudad, como lo son; el puente Calle Calle, el puente Pedro de Valdivia y el puente Cruces, presentan una característica en común, que es la falta de mantención. Esta falta de mantención se puede interpretar como una falta de interés por parte de las autoridades respectivas como lo son el Ministerio de Obras Publicas, en invertir en programas de mantenimiento rutinario, ya que es esta entidad la encargada de administrar hacia donde irán dirigidos los recursos.

Esta falta de recursos para procesos de mantención es mas bien un problema de mentalidad que en países mas desarrollados esta integrado a los procesos de construcción, ya que de esta forma contamos con estructuras que nos brinden mayor seguridad además de lograr una mayor vida útil de las estructuras, que observándolo desde un punto de vista económico esto nos ahorrara tiempo y costo a futuro.

5.3.1. Puente Calle Calle.

Al realizar una simple inspección en ambos puentes se lograr observar claramente que unos de los principales problemas son el estado de los accesos al puentes y las malas condiciones en que se encuentran la juntas de expansión, todo esto enmarcado dentro de un marco de calidad que nos asegure unas buenas condiciones de servicio para los usuarios, ya que si bien muchos de los problemas que se detallaran no son de tipo estructural, si afectan a las prestaciones del puente hacia los usuarios.

A continuación se detallara la cantidad de problemas con que cuenta la estructura:

➤ **Accesos en mal estado**

Uno de los principales inconvenientes al que se encuentran sometidos los usuarios del puente son las malas condiciones en que se encuentra los accesos norte, de ambos puentes, lo que repercute directamente en el trafico vehicular, ya que los automovilistas deber reducir la velocidad en este punto, para no generar fuertes impactos en contra de sus vehículos.



➤ Juntas de expansión.

El deterioro de las juntas resulta evidente, solo basta con observar en las condiciones en que se encuentran para emitir un juicio al respecto. Si bien algunas se encuentran en mejores condiciones, existe el problema que no cuentan con el espacio suficiente para soportar las variaciones que se producen en el hormigón debido a las dilataciones y retracciones térmicas, ya que se encuentran obstruidas por material orgánico o simplemente por desechos arrastrados por el tráfico vehicular.



➤ Oxidación de vigas metálicas.

El estado de las vigas es relativamente aceptable ya que no presentan mayor acción de los agentes oxidantes, sin embargo presentan una oxidación superficial lo que puede significar un deterioro mayor a largo plazo, si es que no se toman las medidas adecuadas de preservación de la estructura.



➤ Demarcación y señalización.

Es otro aspecto en que encontramos deficiencias, debido a que prácticamente no existe la demarcación de ejes y otras señales que se debieran encontrar en todo viaducto. Hay que señalar de igual forma que este tipo de señaletica es una de las que se deteriora mas rápidamente, debido a que se encuentra en directo desgaste, por la erosión que provocan los neumáticos al transitar por la vía.



➤ Pintura de barandas

Aunque no representa ninguna característica estructural, ni representa peligro para los usuarios, este es un detalle estético que debiera tomar en cuenta ya que el puente es parte de un entorno natural y considerando que Valdivia es un ciudad turística y el puente es paso obligado por parte de los visitantes que vienen del norte del país.

En el aspecto funcional, las barandas son utilizadas por parte de los peatones que cruzan el puente, por lo cual es necesario mantenerlas en condiciones optimas para su uso.



➤ Otros antecedentes.

En el aspecto estructural los puentes Calle Calle se encuentran en buenas condiciones ya que no se detecto ningún tipo de falla que pueda representar algún tipo de peligro o daño estructural para el puente. Sin embargo los problemas mencionados anteriormente son relevantes porque afectan directamente la utilización del puente, ya que se ven disminuidas sus prestaciones hacia los usuarios.

5.3.2 Puente Pedro de Valdivia.

Los principales problemas del puente Pedro de Valdivia recaen en las deplorables condiciones en que se encuentra la superficie de rodado, dentro de este campo se encuentran; los accesos y las juntas de dilatación. Las condiciones actuales del puente no hacen mas que congestionar el transito con el flujo vehicular, ya que se debe transitar a baja velocidad para así evitar baches y resaltes que existen en el puente. Esto se puede ver claramente reflejado en las horas pick de flujo vehicular ,ya que se produce un gran congestión de vehículos, ya que esta vía es de gran trafico.

➤ Accesos.

Es una de las principales fallas que presentan los puentes antes mencionados, ya que se encuentran en muy malas condiciones, la característica que presenta el puente Pedro de Valdivia es que cuenta con un tramo de adocretos lo que hace que este sector se encuentre con bastantes desniveles e irregularidades, lo que dificulta el libre tránsito.



➤ Juntas de dilatación

En la inspección realizada al puente lo que se encontraba en peores condiciones eran las juntas de expansión, debido a que en ciertos tramos fueron retiradas y selladas con una mezcla asfáltica lo que no garantiza el correcto funcionamiento de estas. Además de contar con un fisuramiento notorio en las cercanías de la junta que no hacen mas que debilitar la carpeta de rodado.



➤ Oxidación en vigas metálicas.

El primer tramo de puente cuenta con vigas metálicas y se observa la acción del oxido en ellas, en la parte lateral e inferior de las vigas. A juzgar por el estado en que se encuentran se logra deducir que ha pasado un periodo considerable desde la ultima vez que fueron limpiadas. Si bien es un tipo de corrosión superficial, hay que tener en cuenta que de esta forma el material se va desgastando gradual y homogéneamente, por lo que si no se toman las medidas adecuadas podemos enfrentar problemas mayores a largo plazo.



➤ Otros problemas.

Una de las dificultades y problemas que causan erosión a largo plazo de nuestra estructura es el agua, según lo inspeccionado en el puente Pedro de Valdivia el cual cuenta con 4 sumideros, 2 pos cada acceso, los cuales se encontraban totalmente tapados, por lo cual no cumplían su función de evacuar las aguas lluvias.



➤ Otros antecedentes.

En lo que respecta al resto de la estructura se encontraba en buenas condiciones, los estribos no presentaban ningún tipo de daño ni erosión, al igual que la cepas y las vigas de hormigón.

Cabe destacar que hace 3 años aproximadamente el puente Pedro de Valdivia cuenta con un sistema de iluminación en la parte lateral al puente, lo que hace resaltar la perspectiva visual y arquitectónica del puente.

5.3.3 Puente Rió Cruces.

El puente Rió Cruces es uno de los que se encuentra en optimas condiciones de servicio, y aunque esta próximo a cumplir 20 años de servicio no presenta ningún tipo de problema de consideración, solo pequeños inconvenientes, tales como:

➤ Juntas de dilatación.

Aunque se encuentran en un estado bastante aceptable de servicio (a diferencia de los puentes anteriormente mencionados), las juntas presentan material contaminante en el interior del espacio destinado a las variaciones de longitud presentadas por el hormigón, lo que repercute directamente en una destrucción del hormigón adyacente a la junta.



➤ Oxidación de vigas metálicas.

Las vigas presentan indicios de oxidación pero en un grado menor, este oxido se encuentra ubicado en la parte inferior de la viga y en la barras transversales que unen ambas. Que la estructura se encuentre en estas condiciones es gracias a un trabajo de mantención de estas, esto se puede observar claramente al inspeccionar el alma de las vigas, las cuales presentan una capa de pintura antioxidante que se encuentra en excelente estado.



➤ Otros antecedentes.

El puente Río Cruces se encuentra en excelentes condiciones de servicio, lo que se puede ver reflejado en el estado del puente, se encuentra con las demarcaciones pertinentes, se denota el trabajo de pintura en barandas, las condiciones de circulación son optimas sin inconvenientes para los usuarios del puente, etc.



5.4 Evaluación sobre el estado de los puentes.

Para lograr obtener una evaluación global del estado del puente, se debería definir en que condiciones estructural y funcional se encuentra nuestro puente, pero debido a que no contamos con los medios necesarios para realizar una evaluación estructural, solo nos basaremos en el aspecto funcional de los puentes.

Puente Calle Calle y Pedro de Valdivia.

El hecho de por que agrupe ambos puentes, es por un factor repetitivo, ya que ambos puentes cuentan con similares estados de conservación, por lo que resultaría redundante hacer ambos análisis.

En el aspecto funcional ambos puentes se encuentran en condiciones de servicio cuestionables, ya que esta bastante disminuida su capacidad vial, y el nivel de tráfico para el cual fueron diseñados. Lo que se ve reflejado en un tráfico vehicular discontinuo a causa de los problemas que presentan los puentes en sus accesos principalmente y en las juntas como causa menor.

Otro factor que debe ser tomado con importancia, es el factor estético ya que estamos hablando de puentes que se encuentran dentro del radio urbano, mas bien dicho se encuentran en el centro de la ciudad, por lo que la estructura no debe ser vista solo como un viaducto sino también como parte de la arquitectura de la ciudad.

Por lo mencionado anteriormente se deberían tomar acciones tales como:

- Acciones normativas: están enfocadas a la implementación de señales que indiquen en la condición de uso en que se encuentra el puente, como por ejemplo: reducción de velocidad, proximidad de bache, etc.
- Acciones a ejecutar: Se refiere a la realización de obras en el puente. Para estas obras, pueden considerarse en: mantenimiento, rehabilitación y reparación, ya que por lo inspeccionado en los puentes no se han cumplido ninguna de estos requerimientos.

Para emitir un fallo objetivo de las condiciones en que se encuentran los puentes, es necesario comprender los sistemas de referencia que nos indicaran que labores sean necesarias realizar en dichas obras, por lo que debemos basarnos en la relación que existe entre costo y vida útil del puente.

Pero resulta evidente que los puentes Calle Calle y Pedro de Valdivia sean realizadas labores de reparación o rehabilitación como primera medida de acción, ya que si no se toman las medidas necesarias con el problema de los accesos y las juntas, esto solo ira a favor del incremento del deterioro de los elementos nombrados.

Puente Río Cruces.

Según la inspección realizada el puente Río Cruces se encuentra en perfectas condiciones de funciónabilidad, por lo que no son necesarias mayores obras a ejecutar, solo cumplir un mantenimiento rutinario, de por lo menos 1 vez al año para conservar la estructura en las condiciones actuales.

- Acciones a ejecutar: solo es necesario realizar acciones de mantenimiento en las juntas, para limpiar de material contaminante la apertura de la junta para así de esta forma permitir el libre desplazamiento del pavimento. Además se debería realizar un procedimiento de pintado antioxidante de las vigas del puente, solo como medida precautoria.

5.5 Mantenimiento de puente en concesiones.

En nuestro país, hemos podido observar que existe innumerables rutas que han sido concesionadas a grandes empresas trasnacionales, que mejor ejemplo que la ruta 5 que es la columna vertebral de nuestro país, la que esta concesionada en gran parte de su extensión. Es por esta razón que se deben se deben exigir a las sociedades concesionarias que implementen planes de mantención vial.

Las sociedades concesionarias dentro de los antecedentes de licitación, específicamente en las bases administrativas, deben entregar un programa general de conservación de las obras, lo cual debe ser traspasado a la inspección fiscal dentro de un plazo de 90 días antes de puesta en servicio provisoria de las vías.

La inspección fiscal se reserva el derecho de hacer observaciones a este programa, estimando un plazo de 30 días para las correcciones, si las hubiere.

Este programa de conservación deberá actualizarse anualmente y presentarse para su aprobación al inspector fiscal, cumpliendo el mismo procedimiento señalado anteriormente, además se deberá hacer entrega durante el primer mes del año, un informe de las actividades de conservación realizadas en los últimos doce meses.

Es deber de la sociedad concesionaria conservar las obras en las condiciones contempladas en el contrato y en el programa de conservación vigente, reparando o sustituyendo los elementos que se deterioren por su uso y por el paso del tiempo.

Programa de conservación.

El programa de conservación de la obra que se refieren las bases administrativas deberán ser diseñados por la sociedad concesionaria y deberá ser presentado en un documento que incluya al menos lo siguiente:

- La política de conservación elegida con su justificación técnica, haciendo uso de los parámetros impuestos por el Ministerio de Obras Publicas.
- Un cronograma con las operaciones de conservación rutinarias, periódicas y diferidas, además de estimaciones de las cantidades de obra a ejecutar.

Conservación de puentes y otras estructuras.

La empresa concesionaria esta obligada a realizar un seguimiento del estado de los puentes, para ello podrá utilizar la metodología para seguimiento de puentes del departamento de puentes de la Dirección de Vialidad, la cual será recabada mediante un software la que tendrá los datos obtenidos en terreno y se mantendrá actualizada. Dicha base de datos permitirá evaluar el estado de los puentes, para Ali disponer las medidas de mantenimiento y conservación, que sean necesarias.

Todas aquellas situaciones que no estén dispuestas en el programa de seguimiento, deberán ser consideradas por la concesionaria, para así ejecutar las medidas de rehabilitación correspondientes.

El estado y la conservación efectuada deberá quedar estipulada en las fichas de registro de puentes, las que serán entregadas junto con el informe anteriormente mencionado, indicándose el tipo de obra que se realizó, con una identificación de los trabajos efectuados.

En caso de que algún fenómeno natural afecte a la estructura, tal como un sismo, es responsabilidad de la empresa concesionaria efectuar las tareas de mantenimiento o reparación correspondientes. Y en caso de reconstrucción de la estructura, estas obras serán financiadas por un seguro establecido en los antecedentes del contrato de concesiones.

En todas aquellas obras mayores a las de conservación, que no hayan sido afectadas por fenómenos naturales, será exclusiva responsabilidad de la empresa concesionaria.

CAPITULO VI:

CONCLUSIONES.

Para lograr un desarrollo social y económico del país, resulta imprescindible contar con una implementación vial adecuada, que se adapte a los estándares internacionales de calidad, mas aun cuando el desarrollo de la infraestructura vial es uno de los aspectos fundamentales en que se soporta la imagen de Chile como país moderno, seguro e integrado territorialmente.

Sin embargo, no solo la construcción de nuevas estructuras debe ser la prioridad para el estado, sino que también la conservación de las estructuras existentes. Destinar fondos de inversión en mantenimiento como forma de preservar y evitar la degradación de los puentes es una de las actividades mas importante que se debe realizar a las estructuras.

Pero lo mencionado anteriormente es un paradigma ya que las labores de conservación e inspección en materia vial, se encuentran bastantes disminuidas por razones presupuestarias, ya que la capacidad real de mantención, por parte de la Dirección de Vialidad apenas alcanza a cubrir la mitad de sus obligaciones, concentrándose preferentemente en la red primaria de caminos pavimentados.

Pero aparte del la problemática presupuestaria, existe un segundo inconveniente a causa de la reorganización del Ministerio de Obras Publicas en que el Departamento de Puentes se dividió en dos: un área de estudios y un área de construcción; prescindiéndose del área de conservación, lo que perjudica directamente la preservación de los puentes.

Destinar medios humanos y materiales en las tareas de mantenimiento rutinario, evitara importantes deterioros en las estructuras, que a futuro, exigirán complicadas y costosas actuaciones de reparación o rehabilitación y que pueden generar importantes problemas de funcionabilidad. Es por esta razón que se entregan las herramientas necesarias para realizar una mantención e inspección de puentes, cuyos procedimientos son aplicados por la Dirección de Vialidad y por las empresas concesionarias.

Como interrogante final vale la pena hacerse la pregunta de que si efectivamente estamos cuidando nuestro importante patrimonio vial, si las concesionarias están haciendo suficiente inspección de carga en las autopistas, y si los ajustes sucesivos de costos en el sector público, para lograr el denominado superávit estructural, al menos en estas materias, no es un mal negocio para el Estado de Chile.

BIBLIOGRAFIA

Referencias Bibliograficas.

- MOP – DIRECCION DE VIALIDAD
Manual de Carreteras.
Volumen 7, Mantenimiento Vial.
Santiago – Chile, 2000.

- MOP – DIRECCION DE VIALIDAD
Programa de rehabilitación y conservación de los puentes de la Republica de Chile.
Volumen 6, Manual de Puentes.
Santiago – Chile, 1998.

- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Juntas para puentes de carretera.
Madrid – España, 2003.

- ANTECEDENTES DE SOCIEDADES CONCESIONARIAS
Concesión Internacional Ruta 5
Sociedad Concesionaria Gesvial S.A.

ANEXOS

ANEXO A: PROCEDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE UN PUENTE.

En la construcción de puentes existen múltiples etapas en la ejecución de esta obra, tales como; controles de calidad en los materiales utilizados, control de montaje, sistemas constructivos, métodos de ejecución de la obra, etc. Además se debe tener en cuenta que muchas veces se deben adoptar soluciones en terreno a las diferentes problemáticas que surgen in situ, ya que en el ámbito de la construcción siempre surgen dificultades a la hora de ejecutar la obra, que los profesionales a cargo deben solucionar de manera eficiente.

A.1. CONSTRUCCIÓN DE PILOTES.

La construcción de pilotes es el tipo de fundaciones de puentes más usado y se pueden dividir en dos tipos:

- **Pilotes con tubos de entibación**

Llamados también pilotes con camisa, en el que se utiliza un tubo metálico de pared delgada que se hincan en el terreno y sirven de moldaje, este tipo de tubos generalmente no se refuerzan ya que están sometidos a esfuerzos de compresión, debido a las caras verticales. Sin embargo se refuerzan con barras metálicas si el pilote está sometido a cargas de tracción o flexión. El tubo de entibación impide que el agua y el suelo se mezclen con el hormigón fresco.

Para hacer llegar los pilotes hasta la cota definida en el proyecto se debe realizar una operación llamada hincado de pilotes, lo cual se realiza mediante un martinete hidráulico para golpearlos y así hincarlo hasta la profundidad deseada.

La elección del tipo de martinete que será usado para esta labor dependerá de muchos factores, tales como: tipo de pilotes, el número de pilotes, la naturaleza del suelo, la topografía del lugar, etc. pero muchas veces interesa el aspecto económico, eligiéndose el que resulte de más bajo costo.

➤ Pilotes sin tubo de entibación.

Con este sistema se coloca el hormigón en el agujero hecho previamente en el suelo, quedando el hormigón finalmente en contacto directo con el suelo, con esta técnica a medida que se va hormigonando el pilote, el hormigón desplaza el agua que está contenida dentro de la camisa y es expulsada al exterior.

A.2. CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRIBOS.

En esta operación cuya característica física es que se encuentran ubicados sobre el nivel del agua, lo que facilita la construcción de los cabezales de los estribos ya que no existe presencia de agua en abundante cantidad.

La primera tarea que se debe realizar es despejar el área donde se encontraran ubicados y replantear topográficamente las cotas que sean requeridas, posteriormente se debe compactar la superficie en el nivel de sello, para luego colocar el emplantillado que generalmente es un hormigón pobre H-5, una vez realizada esta tarea se procede a instalar todos los fierros que componen las enfierraduras de los estribos.

La colocación de los moldajes es una de las labores que se realizan en última instancia previa al hormigonado ya que de otra forma resulta poco práctico para el trabajo del personal de la faena, estos moldajes generalmente son metálicos los que se encuentran revestidos con placas de terciado marino y estos a su vez se encuentran revestidos con una plancha de fierro galvanizado, para lograr de esta forma una superficie más lisa del estribo.

En la faena de hormigonado se utiliza generalmente un hormigón prefabricado de alta resistencia H-30, el hormigón es vaciado directamente del camión al lugar de colocación, pero existen otros casos en que esta acción no es posible por lo que se debe contar con equipos que nos bombeen el hormigón hasta el lugar que sea necesario. Una vez que es vaciado el hormigón se deben utilizar vibradores de inmersión para de esta forma evitar los nidos de piedra, además de extraer las burbujas de aire que existiesen en el hormigón.

A.3. CONSTRUCCIÓN DE LAS CEPAS.

Para la construcción de las cepas, las cuales se encuentran bajo el nivel del agua, se deben confeccionar los tableros en forma de cajón, los cuales son generalmente metálicos. Dichos tableros se encontraran bajo la superficie del agua, el procedimiento para bajar estos tableros hasta la cota deseada puede variar, dependiendo de las condiciones físicas en las que nos encontremos.

Una vez que se encuentra el moldaje en posición se procede a instalar la enfierradura, esta labor esta a cargo de buzos ya que deben amarrar la malla a la enfierradura, para poder hormigonar posteriormente. El hormigón que se utiliza en esta etapa es un hormigón de alta resistencia H-30 que además cuenta con aditivos súperplastificante debido a las características de esta faena.

ANEXO B : SISTEMAS DE INSPECCION DE PUENTES; PLATAFORMA AUTOPORTANTE PARA INSPECCION DE PUENTES.

Existen equipos de alta tecnología creados con el propósito de facilitar las labores de inspección y mantenimiento de puentes al personal encargado de realizar dichas obras, estos equipos se encuentran principalmente en países que cuentan con un nivel de desarrollo superior al nuestro, además de que se cuentan con los recursos necesarios para realizar una labor de mantenimiento periódica y de gran calidad.

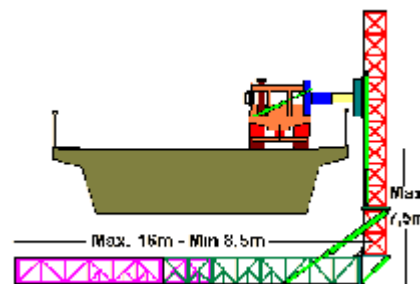
Uno de los principales problemas a la hora de realizar una auscultación de nuestros puentes es que es muy dificultoso acceder a las partes inferiores de nuestra estructura, en las que generalmente suelen concentrarse la mayoría de los defectos. Para solucionar esta problemática existe una plataforma la que se encuentra montada sobre un camión, la cual consta de varios módulos accionados hidráulicamente que se despliegan y posicionan en la zona inferior o lateral del tablero, en donde pueden acceder un máximo de 5 personas.

La plataforma puede girar bajo el puente, adaptar su longitud a la anchura del mismo, subir para acercarse al tablero y avanzar lentamente a lo largo de la estructura, controlando todos estos movimientos desde la parte inferior de la plataforma.

Este tipo de plataformas cuenta con una serie de beneficios tales como:

- Seguridad del personal que realiza la inspección
- Rapidez en realizar la inspección
- Mínima interrupción del tráfico vehicular

PLATAFORMA AUTOPORTANTE PARA INSPECCION DE PUENTES.



FICHA TECNICA.

- Peso total: 23 toneladas; vehiculo + plataforma
- Longitud extensible: 15 metros
- Ancho de plataforma: 1.5 metros
- Ancho de la calzada ocupada: 2.5 metros
- Maniobra de montaje: 6 minutos.

ANEXO C: CONSIDERACIONES AMBIENTALES DE LA DIRECCIÓN DE VIALIDAD EN PROYECTOS VIALES.

C.1. MARCO GENERAL.

El desarrollo sustentable es un desafío de la sociedad en su conjunto y es un objetivo general de la política de desarrollo económico de nuestro país.

Los proyectos de inversión en obras de infraestructura deben concebirse de modo de maximizar los beneficios ambientales y minimizar los costos ambientales, evitando comprometer la capacidad de renovación de los recursos naturales, así como la calidad natural del aire, del agua y del los suelos.

C.2. FUNDAMENTOS.

Los fundamentos de la Gestión Ambiental de la Dirección de Vialidad son los siguientes:

- Calidad de vida de las personas: Se deberá favorecer el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del Medio Ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras.
- Complementariedad entre desarrollo socioeconómico y la sustentabilidad ambiental: Se deberá facilitar que se salvaguarde la disponibilidad en cantidad y calidad de los recursos naturales, favoreciendo su uso racional de modo de potenciar el desarrollo.

- La determinación del sentido y alcance de los proyectos del Ministerio de Obras Públicas, entre ellos los de la Dirección de Vialidad. Se deberá definir, en forma temprana, los por qué y los para qué de los mismos, así como la necesaria complementariedad entre desarrollo y Medio Ambiente.
- Equidad Social y superación de la pobreza: Se deberá asegurar la igualdad de oportunidades en el acceso a los beneficios del desarrollo y a una calidad de vida mejor.

C.3. MEDIDAS AMBIENTALES.

Las Medidas Ambientales son actividades, obras o diseños que tienen como principal objetivo tratar todos aquellos impactos ambientales que, posteriormente a su valoración, resultan importantes o significativos.

Estas medidas se aplican para disminuir los impactos ambientales negativos significativos. Ellas pueden ir desde simples rectificaciones al eje del trazado hasta la construcción de tramos a desnivel que permitan conservar y/o mejorar seguridad y conectividad entre un lado y otro del camino.

En el reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental se introduce la obligatoriedad de presentar un Plan de Mitigación, Reparación y Compensación, para todos aquellos proyectos que ingresan mediante un Estudio de Impacto Ambiental. Adicionalmente, este Plan se complementa con medidas de prevención de riesgos y control de accidentes ambientales.

La Dirección de Vialidad, independiente de si alguno de sus proyectos ingresa al sistema de evaluación de impacto ambiental, elaborará una nomina de especificaciones itemizada de medidas ambientales con el fin de asegurar que, en general, las externalidades del proyecto sean incorporadas a los costos de construcción de las obras.

A continuación se presenta una descripción de los diferentes tipos de medidas que se pueden aplicar en un proyecto vial.

a) MEDIDAS DE MITIGACION.

Las medidas de mitigación tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos generados por el proyecto o sus actividades complementarias. Estas medidas pueden dividirse en dos grupos:

- Aquellas que impidan o eviten completamente el impacto negativo significativo, mediante la eliminación del Aspecto Ambiental Significativo responsable de dicho impacto.

- Aquellas que minimizan o disminuyen el impacto significativo, mediante una adecuada reducción de los elementos que hacen que el impacto sea significativo.

b) MEDIDAS DE REPARACIÓN Y/O RESTAURACIÓN.

Tienen por finalidad reponer los componentes o elementos ambientales sobre los cuales se generan los impactos negativos significativos, dejándolos en un nivel de calidad similar a la que tenía antes de la construcción del proyecto.

c) MEDIDAS DE COMPENSACIÓN.

Tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo de igual valor ambiental que el efecto adverso que se requiere compensar. Estas medidas deben incluir el reemplazo o sustitución de aquellos recursos naturales o elementos ambientales que se puedan afectar y para los cuales no es posible ni mitigar ni restaurar y/o reparar. El reemplazo o sustitución debe hacerse por otros recursos o elementos de similares características, clase, naturaleza y calidad.

d) MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Este tipo de medidas tiene por finalidad evitar que el riesgo sobre la población o el Medio Ambiente asociado al proyecto vial aumente hasta niveles no aceptables de tolerancia, con lo cual se hace inaceptable su presencia. Estos riesgos deben ser detectados durante la identificación y evaluación de los impactos ambientales.

e) MEDIDAS DE CONTROL DE ACCIDENTES.

Estas medidas tienen por finalidad permitir la intervención eficaz en situaciones de contingencia que debido a sucesos que alteren el desarrollo normal de alguna actividad y puedan causar daños a la vida y/o salud de las personas o al Medio Ambiental.

ANEXO D: EVOLUCION DE LA INFRESTRUCTURA VIAL EN CHILE.

La construcción de puentes en Chile se inicia con la llegada colonizadora de España, que con su cultura mas civilizada comenzó a realizar obras de ingeniería para el desarrollo del país. Dentro de esta evolución tecnológica podemos distinguir claramente cuatro épocas, las cuales se distinguen por el uso de los diferentes materiales utilizados:

- Uso de la madera. La cual se inicia desde la que el hombre encontró el uso práctico de este material hasta parte de la colonia, esta época se caracteriza por el puente de madera confeccionado básicamente de troncos.

- Uso del ladrillo y la piedra. Se inicia con la colonia y su partida es la puesta en servicio del puente Cal y Canto en el año 1782, con la utilización de ladrillos y un diseño en base al arco romano. Este tipo de diseño tuvo un gran auge hasta la segunda mitad del siglo XIX con la aparición de los puentes ferroviarios de acero.

- Uso del acero. Corresponde a la construcción de los grandes puentes ferroviarios de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, un claro ejemplo del uso de este material es la construcción del viaducto Malleco, que con sus 102 m. de altura se impone como una gran obra de ingeniería.

- Uso del hormigón. Se inicia a comienzos del siglo XX cuando entra en apogeo el uso del hormigón armado, lo que perduro hasta principios de los años 60 cuando comienza a imponerse el uso de la viga de acero con losa colaborante, además de la aparición del hormigón pre y postenado.

El desarrollo de la ingeniería en el mundo ha permitido incorporar nuevos diseños y tecnologías en la construcción de las obras publicas, a los tradicionales diseños de vigas simplemente apoyadas se han incorporados los puentes colgantes y atirantados que en nuestro país lo podemos ver representado en los puentes Presidente Ibáñez en puerto Aysén, el puente General Carrera en la Carretera Austral y el puente Yelcho que es un puente atirantado.

Pero una de las obras que hubiese representado de mejor forma todo lo que se ha ilustrado anteriormente, habría sido la construcción del puente sobre el canal de Chacao, que comunicaría la Isla de Chiloe con el continente, pero debido a factores de índole económico no se pudo concretar, ya que el presupuesto de oficial no concordaba con el presupuesto estimado por la empresa concesionaria. Por esta razón es que debemos seguir esperando para que Chile cuente con una estructura que pueda competir con los estándares mundiales en obras de grandes envergaduras.

ANEXO E: CONCEPTOS Y DEFINICIONES EN PUENTES.

- Ancho puente: Corresponde a la suma del ancho de la calzada mas los pasillos incluyendo el espacio que ocupan las barandas.
- Agrietamientos: Zona que presenta múltiples grietas.
- Alas de estribos: Elementos que sirven como contenedores laterales para los derrames de los terraplenes de acceso o relleno estructural, pudiendo ser en Angulo recto u oblicuo.
- Calzada: Es el ancho del puente destinado al transito vehicular.
- Cota rasante: Corresponde a la cota que define el perfil longitudinal del eje de la calzada de puentes y accesos.
- Cota de fundación: Corresponde a la cota de proyecto a la aprobada por el ingeniero proyectista y es la superficie de contacto donde se fundan los dados, sean estos una fundación directa o sobre pilotes.
- Cota de socavación: Esta cota corresponde al nivel de socavación para distintos periodos de crecidas.
- Cota aguas máximas: Es la cota de aguas máximas detectadas o esperadas según el periodo de retorno de diseño para la crecida del río.
- Cota de fondo de lecho: Es la cota inferior del fondo del lecho, considerada la socavación general.
- Contraflecha: Es la curvatura inicial, generalmente hacia arriba, que se introduce en los elementos de la superestructura para eliminar los efectos geométricos indeseables en la etapa de servicio.
- Eflorescencias: Transformación de ciertas sales que producen corrosión.
- Esfuerzo: Acción de energética de un cuerpo sometido a la acción de una fuerza.

- Esviaje: Es el Angulo que se forma entre el eje longitudinal del camino y el eje longitudinal del río.
- Galibo: Es la altura existente entre el fondo de la viga y fondo del lecho, o rasante del camino o cota de riel, para el caso de que el puente se ubique sobre un camino o línea férrea.
- Juntas de dilatación: Tienen como fin permitir las dilataciones longitudinales debido a cambios de temperatura y movimientos de tierra.
- Levantamiento: Mediciones hechas en campo para poder determinar un plano ó croquis de los puentes.
- Longitud total: Comprende la suma de las longitudes de cada tramo del puente, mas la longitud de los accesos.
- Longitud acceso: Es la longitud comprendida entre el inicio de las alas y la cantonera que protege el borde superior del espaldar.
- Longitud tramo: Es la distancia comprendida entre cantoneras o ejes de cepas y/o estribos.
- Luz libre: Es la distancia libre entre muros espaldares y/o elevaciones, según la cantidad de tramos del puente, puede existir variedad de luces y en tal caso se hablara de luz mayor y menor.
- Luz teórica: Corresponde a la luz e calculo y se mide, normalmente entre centros de apoyo o de descanso entre vigas.
- Zampeado: Protección de mampostería o de hormigón, cuyo objetivo es proteger el fondo del lecho contra la socavación.