

### 4-2-3 DISEÑO PRELIMINAR DE REHABILITACIÓN PARA LOS DIEZ PUENTES

#### (1) Contramedidas para estructuras definitivas

Para la selección del método de rehabilitación y su respectivo diseño se procederá de acuerdo a lo estipulado en el capítulo 4-2-1 analizando básicamente los resultados obtenidos en el estudio especializado. Pero, se introduce una pequeña variante en el objetivo principal del proyecto, y es que se consideran también situaciones futuras y se plantean puntos de vista a largo plazo. Las contramedidas a adoptarse pueden resumirse como se muestra en la Tabla 4-8.

Tabla 4-8 : CONTRAMEDIDAS PARA ESTRUCTURAS DEFINITIVAS

PUENTE	PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DAÑOS	MÉTODO DE REHABILITACIÓN
AMOLANAS	Estructura antisísmica	Reposición total del puente
PULLALLY	Capacidad de carga de la superestructura	Reposición de la superestructura
MAIPO	Estructura antisísmica	Refuerzo de cepas y travesaños
CLARO	Estructura obsoleta. Socavación	Refuerzo general
LONCOMILLA	Socavación	Reposición total del puente
BIO-BIO	Trafico. Índice elevado de obstrucción del cauce. Puente obsoleto	Reposición total del puente
RAMADILLAS	Asentamientos. Socavación	Reposición total del puente
MALLECO	Estructura antisísmica. Deslizamiento de taludes	Reposición total del puente
PICHOY	Puente obsoleto. Asentamientos. Desplazamientos sísmicos	Reposición total del puente
CAYUMAPU	Puente obsoleto (Gerber). Infraestructura inclinada (terreno de fundación muy blando)	Reposición total del puente

## (2) **Puente Amolanas**

Puente de hormigón armado en arco, construido aproximadamente el año 1945. Hasta la fecha se registran reparaciones de refuerzo en las columnas y zapatas de los tramos externos, y reparaciones de la pared de retención del estribo.

### 1) Superestructura

La losa se encuentra bastante fisurada por efecto de la carga viva y fatiga, y requiere de una pronta reparación; en especial el tramo exterior hacia Santiago.

Para una reparación completa, sería conveniente reponer totalmente la actual losa (Alternativa No.1); o sino, sustituirla por otra de otro tipo, como ser, una losa prefabricada, etc. (Alternativa No.2). Sin embargo, considerando que la actual losa tiene un espesor de 50cm. se puede pensar que tiene suficiente capacidad portante. Existen también técnicas de rehabilitación por medio de inyecciones de resinas epóxicas; en estos casos, la losa no recibe grandes ni prolongados incrementos de capacidad portante, pero se protege eficientemente al concreto y a la armadura.

Por otra parte, por las fisuras observadas no se puede negar que también la parte del arco está afectada por la obsolescencia. Además, considerando los trabajos de refuerzo necesarios para secciones reducidas y la peligrosa altura a la cuál se deberá trabajar, se considera optima la reposición total del puente.

### 2) Infraestructura

Durante la inspección se pudo detectar que las columnas de los arcos tienen el hormigón carbonatado, armaduras al aire, fisuras, etc.; sin embargo, desde el punto de vista general de la infraestructura, no se observaron anomalías de mayor importancia. Además, se observó que la losa está combada (posiblemente debido a que no se le proporcionó una contraflecha adecuada durante la construcción); pero, se observó que también existen otros tipos de deformaciones en las columnas.

Al respecto, se verificó mediante el estudio especializado, que las cabezas de apoyo en las columnas de ambos lados, presentan una inclinación uniforme en el sentido longitudinal hacia los estribos, y están pandeadas hacia aguas abajo. Además, se verificó también, que la losa se mueve longitudinalmente golpeando los estribos, probablemente debido a un problema de esbeltez excesiva de las columnas. Por lo observado en el terreno, se presume que la reparación efectuada originalmente consideró éste defecto y se

trató de fijar las losas por medio de barras superficialmente ancladas en la losa. Sin embargo, se puede enfatizar que en lugar de esto, es mucho más efectivo el proveer a la infraestructura, de columnas y cabezales más estables y que difícilmente se deformen.

Consecuentemente, es necesario reforzar la sección de las columnas, y construir vigas transversales adicionales que junto con las columnas den la función estructural monolítica de pórticos.

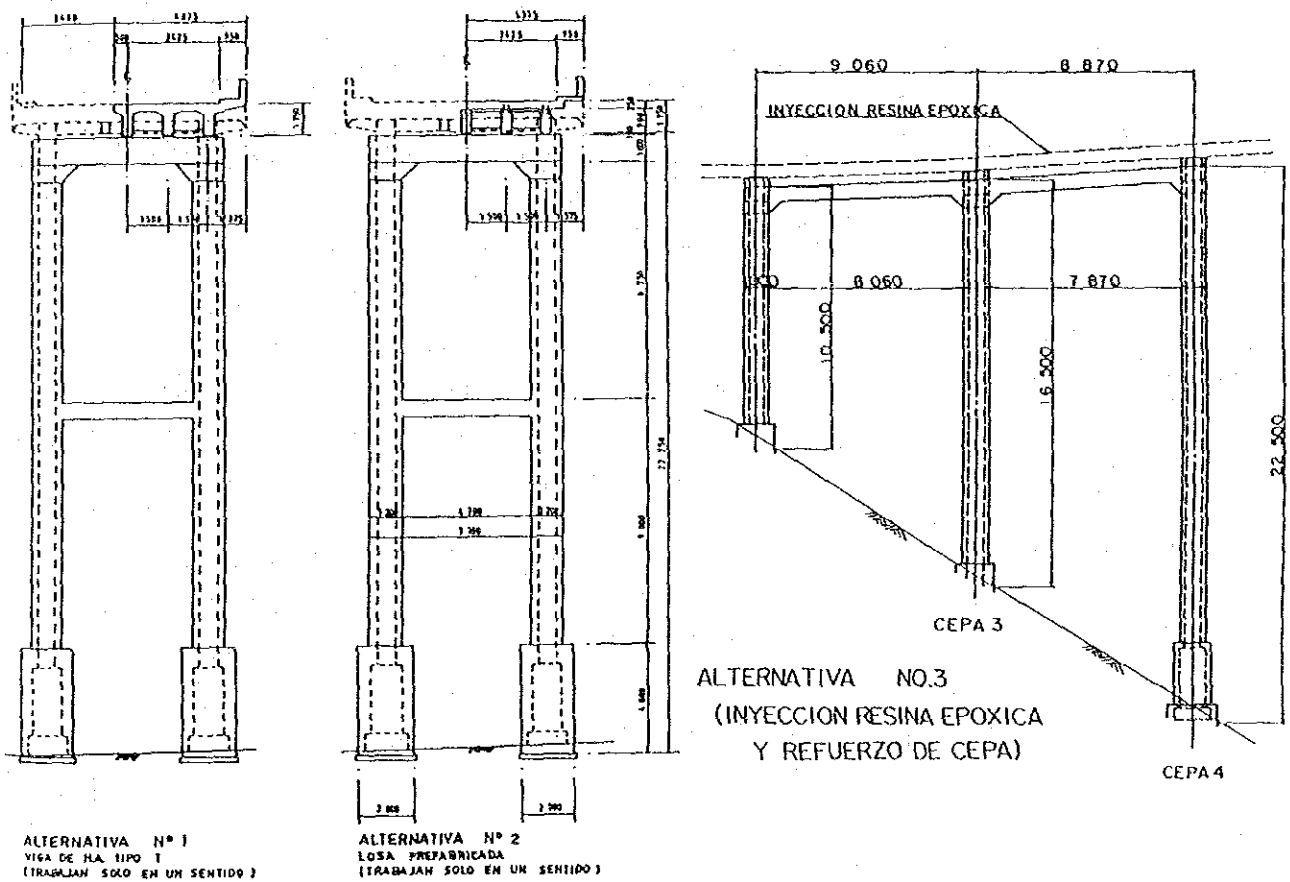


Figura 4-6 : REPARACIONES DEL PUENTE AMOLANAS

### (3) Puente Pullally

#### 1) Superestructura

Este puente tiene registrado el colapso de los tramos que apoyan sobre la cepa No.4; y que luego de éste suceso, las vigas fueron re-colocadas a su posición original. Estas vigas, como resultado del suceso, por las reparaciones y/o por tener una sección insuficiente (relación altura/longitud = 1/25), presentan deformaciones en el alma y las platabandas en general.

La superficie de la losa se encuentra bastante fisurada a raíz de la vibración excesiva de la superestructura como consecuencia del tráfico vehicular, pero puede considerarse también que se deben a factores tales como: insuficiente capacidad portante de la losa en sí, sección insuficiente de las vigas, carencia de una apropiada distribución de cargas por el sistema de travesaños, mala interconexión del sistema vigas-losa, etc.

Las fisuras de la losa aparecieron originalmente como consecuencia de las tensiones de tracción, y luego fueron acrecentando más y más con el paso de los vehículos. Para resolver ésta situación, una solución temporal sería inútil, pues aunque se reforzara la losa, las fisuras volverían a aparecer originándose la formación de baches. Luego entonces, para implementar una solución eficiente y durable, es recomendable la reposición completa de la losa, el refuerzo de vigas y tablero, y el mejoramiento del sistema de interconexión de viga-losa (Alternativa No.1). A éste respecto, una solución sería el cambio de tipo de losa adoptando uno de los métodos citados a continuación, por el cual se dé más solidez a la losa.

1. Losa metálica
2. Losa de hormigón armado, nervada con perfiles metálicos I (Alternativa No.2)
3. Losa-placa de acero
4. Losa de hormigón prefabricado

Este tipo de soluciones son de un costo un tanto elevado pero son aplicables en corto tiempo y son ligeros de peso. A continuación se presentan algunos métodos de soluciones enfocados a la reparación de daños:

1. Adhesión de placas de acero (Alternativa No.3)
2. Aplicación de fibras de resina plástica (FRP)
3. Aplicación de morteros
4. Inyecciones de resinas

Cabe señalar que los métodos indicados son únicamente de reparación o de refuerzo. O sea, no tienen como objetivo dar condiciones de funcionamiento mejores que las originales, pues están destinadas a la protección, y la conservación o no disminución de las funciones estructurales actuales.

La Alternativa No.4 toma en cuenta el deficiente sistema de unión vigas-losa como el factor causante del deterioro la losa, y propone reforzarla para aumentar su capacidad portante, por medio de la adición de viguetas longitudinales y vigas travesaño. Generalmente en éste caso, luego de efectuarse las inyecciones de resinas epóxicas en la losa, ésta permanece en buen estado por un tiempo, al cabo del cuál, las condiciones de deterioro aparecen nuevamente, y la losa debe ser repuesta por completo. Este tipo de reparación, no obstante que la viga tiene aún suficiente capacidad portante, no resulta ser el más conveniente.

Podría considerarse a la construcción de vigas adicionales, como un método de refuerzo de las vigas principales; sin embargo, puesto que se trata de un puente con vigas continuas y esviado, el cálculo de esfuerzos durante y después de la reforma es sumamente complicado. Además, las faenas y métodos constructivos que tendrían que adoptarse para el caso de la sustitución de las vigas principales, considerando la adición de vigas de tal modo que se conserven las funciones portantes de la plataforma, serían también muy complicados.

Existen otros métodos de rehabilitación, como por ejemplo: la implementación del postensado en las vigas conservando las vigas originales, y/o el ensanchamiento de las cabezas de apoyo en las cepas con el propósito de reducir en lo posible la luz de cálculo de los tramos. Pero, considerando las dimensiones del puente y las sollicitación de esfuerzos, éstas soluciones son inaplicables.

## 2) Infraestructura

La infraestructura de éste puente presenta problemas serios de socavación y fundaciones. Por otra parte, puesto que aguas arriba del puente existe un cambio brusco de la dirección del cauce del río, y el puente está ubicado de tal manera que la dirección de las cepas no coincide con la del flujo de agua, es recomendable su estudio; pero hasta mientras, deberán protegerse las fundaciones existentes.

Puesto que el estrato resistente de fundación se encuentra a mucha profundidad, y los actuales pilotes de fricción proporcionan insuficiente capacidad portante a la infraestructura, existe la probabilidad de hundimiento de las fundaciones. Por lo cuál, deberá mantenerse en alerta efectuando mediciones para verificar las alturas de fundación, y en caso de observarse alguna tendencia al hundimiento, será necesario que se adopten contramedidas, como por ejemplo: hincado de pilotes adicionales, etc. Además, puesto que la inclinación de la cepa No.4 es bastante pronunciada y se tiene registrado ya el colapso de parte del puente, es recomendable el ensanchamiento de las mesas de apoyo en los estribos y la mencionada cepa.

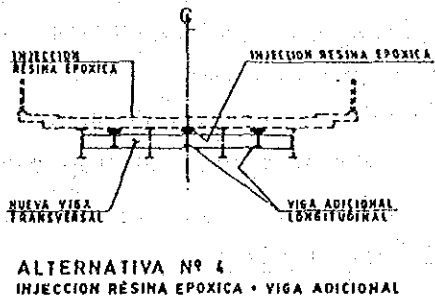
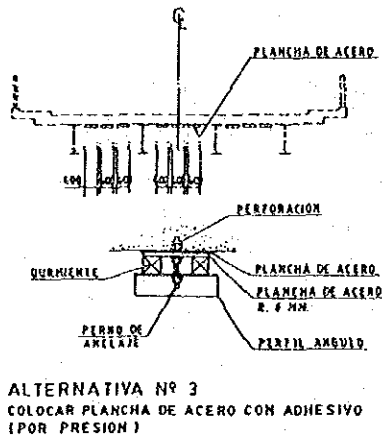
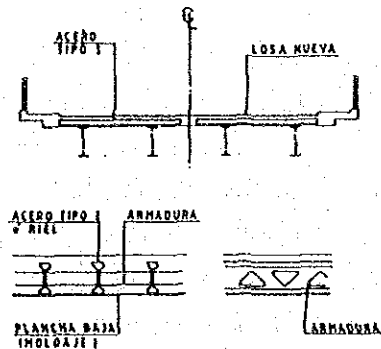
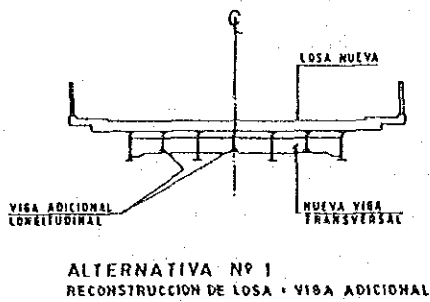
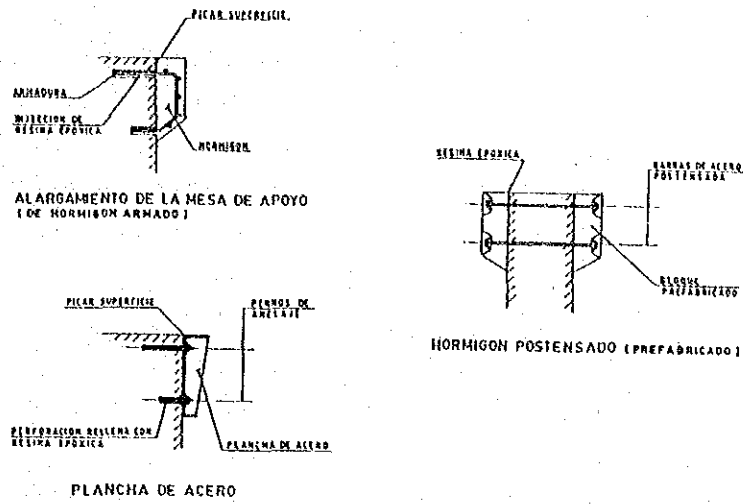


Figura 4-7 : REPARACIONES DE LA SUPERSTRUCTURA DEL PUENTE PULLALLY



**Figura 4-8 : REPARACIONES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE PULLALLY**

#### (4) Puente Maipo

Puente con vigas de hormigón postensado con losa prefabricada de hormigón armado. La superestructura está compuesta por vigas comunicadas entre sí por un travesaño en los extremos, mediante los cuales se transmiten los esfuerzos a la cabeza de apoyo de las cepas. El ancho de ésta "viga-travesaño" es de 44cm., y tanto el sistema de unión con la cepa, como el estado de tensiones o su capacidad portante en caso de sismos son todos desconocidos. Durante la inspección no se detectaron daños graves.

Por otra parte, el sistema de cepas está compuesto por dos cepas independientes autoportadas. Los resultados de la inspección muestran que las cepas No.7 (columna ubicada aguas arriba) y cepa No.11 (columna ubicada aguas abajo) tienen problemas de inclinación y asentamiento. La altura de las cepas es aproximadamente de 12m. El terreno de fundación está compuesto de piedra bolón muy consistente; pero puesto que la altura de fundación es muy reducida, existe la preocupación de que la capacidad de soporte horizontal (o de deslizamiento) sea insuficiente.

De esta manera, para el diseño antisísmico, se pueden señalar los siguientes factores que son de preocupación: estructura de las "vigas-travesaño" y cepas independientes, y la insuficiente altura de fundación de las cepas.

Para las contramedidas de la superestructura se pueden considerar como métodos apropiados, las construcciones directas y que preserven la estabilidad de las vigas principales aunque las mencionadas vigas-travesaño rompan, métodos sencillos que prevenga el colapso de las vigas (Alternativa No.3), etc.

Por otra parte, para la infraestructura se plantean alternativas de solución las cuales consisten en el mantenimiento de la estructura actual (Alternativa No.1), o el mejoramiento de la estructura (Alternativa No.2). Estos métodos, por los volúmenes de construcción que involucran, no representan soluciones muy económicas. Finalmente, se presenta una solución para la contención de la socavación mediante gabiones (Alternativa No.3).

Por su importancia, cabe señalar que durante el estudio se pudo observar que de las cercanías del puente se está extrayendo material (grava, arena, etc.). Al respecto, se puede enfatizar que éste es un factor que facilita considerablemente a la socavación; y que ya se ha observado en otros países, que a raíz de esto, muchos puentes han caído. Por lo cuál, es importante para el diseño, un estudio de las transformaciones que ha sufrido el lecho/cauce del río.



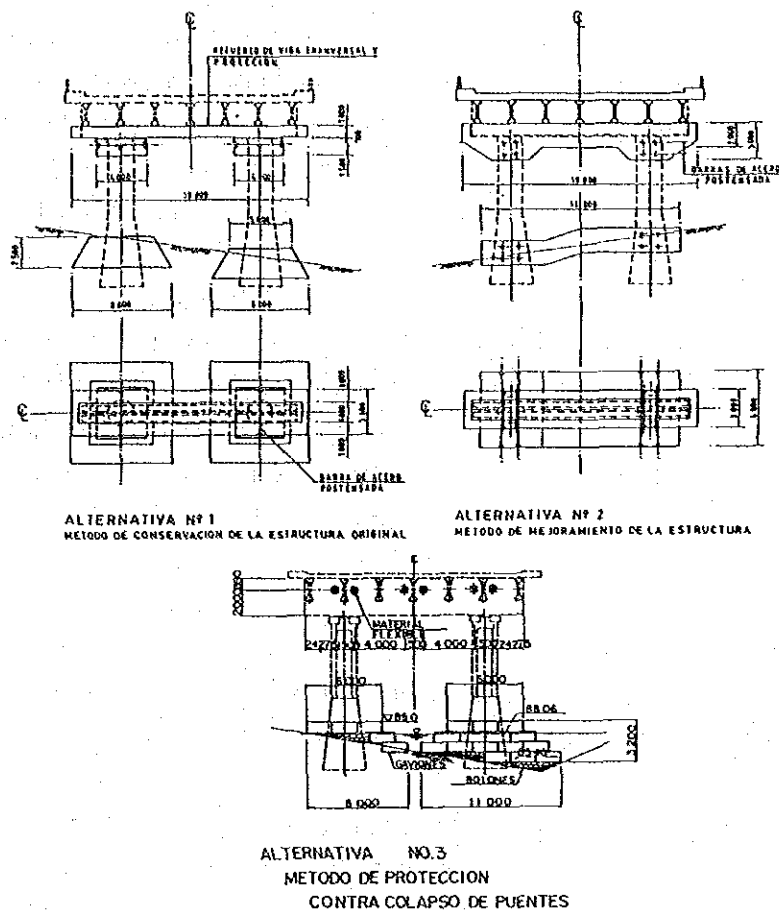


Figura 4-9 : REPARACIONES DEL PUENTE MAIPO

### (5) Puente Claro

Este puente fue construido aproximadamente el año 1870, tiene siete tramos continuos y está hecho de mampostería de ladrillo, actualmente es considerado como un monumento nacional; y en cuanto a su rehabilitación se refiere, presenta una situación algo diferente que los otros nueve puentes.

El objetivo de su rehabilitación será de realizar el mantenimiento del puente de tal manera que se pueda utilizar por muchos años más conservando su forma actual. Pero, deberá considerarse que puesto que este puente está ubicado sobre la Ruta No.5, el transporte pesado y las velocidades de recorrido vienen incrementando bastante y su influencia (impacto) es severa. Por otra parte, en el supuesto caso de que esta estructura fuera conservada tan solo como un monumento nacional, la carga viva estaría compuesta tan solo por la de los peatones; pero, puesto que se conservarán además sus funciones como viaducto, la carga viva será algo diferente (será mayor que la carga viva de diseño original del puente); y si se trata de conservar la resistencia teóricamente otorgada en el diseño no se podrán garantizar los coeficientes de seguridad.

Consecuentemente, los arcos en general necesitan ser, en cierto grado, "rígidamente" reforzados. Por ésta razón, ya sea la apariencia exterior o la estructura interna deberán ser cambiadas un poco. Por ejemplo, por medio de la construcción de vigas de hormigón armado en arco dentro de la actual estructura y superpuestas a los dinteles de los arcos (Alternativa No.2); o sino, evitando que la carga viva actúe sobre los arcos mediante la construcción de columnas y una viga continua placa alivianada con huecos, dentro de la actual estructura (Alternativa No.3). Pero, puesto que para éstos casos, las técnicas constructivas a utilizarse deberán contemplar que no se dañen los actuales arcos, la ejecución de éstos trabajos no es cosa fácil. También se podría considerar la inyección de aditivos químicos dentro de la actual estructura, de tal manera que endurezcan el interior de ésta; pero para esto se requiere un estudio de la composición interna de la estructura, por ejemplo mediante sondeos, etc, para poder evaluar si el método es aplicable o no.

Por otra parte, existe aún también la alternativa de restauración utilizando exactamente los materiales originales, esto es ladrillos, etc.; para renovar toda estructura conservando las características originales de los arcos.

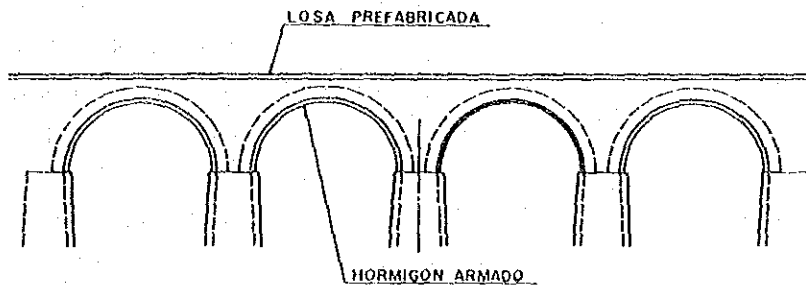
Además, existen también métodos cuyo objetivo es simplemente de reparación de la actual estructura, sin proporcionar mayores grados de seguridad o capacidad de carga, y que tan solo realizan el mantenimiento del puente (Alternativa No.1). A continuación se presenta un detalle al respecto de éste tipo de métodos.

#### 1) Reparación de la superficie exterior del arco

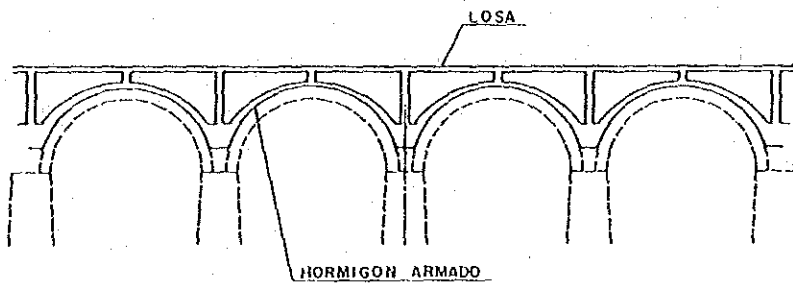
La superficie exterior de los arcos presenta huellas de reparaciones pasadas, pero éstas están descascaradas por completo. Puesto que se podría decir que éstas superficies no tienen restricciones desde el punto de vista estético, se puede entonces, utilizar libremente materiales de reparación que no caigan fácilmente (morteros, etc.). Seguidamente, se pueden citar los siguientes métodos de construcción para el revestimiento superficial:

1. Arco metálico utilizando perfiles de sección tipo "H"
2. Arco de hormigón armado
3. Paredes de hormigón saltado

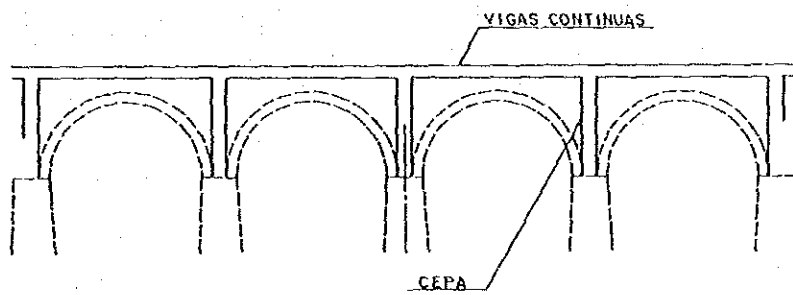
Pero puesto que no existe el suficiente espacio en los apoyos de los arcos, las cepas deberán ser ensanchadas un poco.



ALTERNATIVA NO. 1



ALTERNATIVA NO. 2



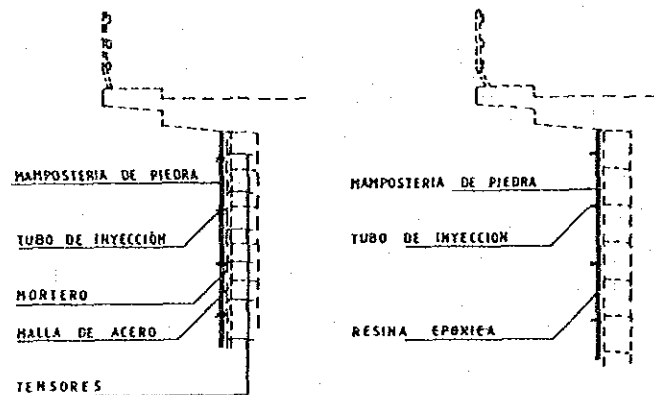
ALTERNATIVA NO. 3

Figura 4-10 : REPARACIONES MEDIANTE ARCOS PARA EL PUENTE CLARO

## 2) Reparación de las paredes laterales

Éstas paredes, originalmente de ladrillo revestidas con placas de piedra pizarra, requieren ser conservadas porque cumplen una función estética. Además, ya que actualmente éstas paredes se encuentran bastante deterioradas, el método de fijación de las placas de piedra pizarra en las paredes de ladrillo viejo, cobra mucha importancia. Para éste efecto, existen diversos métodos, tales como: la utilización de una cantidad suficiente de anclajes clavados en las paredes, la utilización de fuertes resinas cementantes inyectadas, etc.

Considerando los esfuerzos horizontales en las paredes, el incremento de cargas vehiculares y también la vejez de la estructura, es necesario reforzar las paredes horizontalmente. Para éste efecto, el uso de barras conectoras tipo anclajes es bueno, pero ya que esto implica caros costos de construcción, una nueva losa distribuidora de cargas sería constructivamente más sencillo. En éste caso, considerando el voladizo de la losa, sería más practico la utilización de una losa prefabricada. En el caso de adoptarse la losa como solución, se necesita construir buenos drenajes para evitar la filtración de aguas dentro de los arcos.



INYECCION DE MORTERO      PEGAMENTO DE RESINA EPOXICA

Figura 4-11 : REPARACIONES DE PAREDES LATERALES DEL PUENTE CLARO

## 3) Protección del lecho

Los asentamientos ocasionados por socavación son factores determinantes en la estabilidad de los puentes en arco, por ésta razón es muy necesaria la protección de los contornos de la base de fundación. Actualmente existen pilas metálicas de encauce del río, y un pequeño embalse; sin embargo, éstos ya se encuentran en muy mal estado, esto debido al caudal rápido del río y a que el lecho rocoso tiene una pendiente muy pronunciada lo cuál hace que el lecho sea fácilmente socavable. Luego entonces, en cuanto

a las contramedidas a adoptarse se puede ver que existe la necesidad de evitar la formación de relieves, pozos, etc. en el lecho y más bien proveer una superficie suave de escurrimiento. Para éste efecto, se considerará la aplicación de un zampeado con piedras bolón, y la construcción de gabiones a lo ancho del río o el relleno con balasto de piedras bolón.

#### **(6) Puente Loncomilla**

Puente construido aproximadamente el año 1955, tiene vigas de hormigón pretensado de un tipo que posteriormente ya no se usó en Chile.

Al respecto de la superestructura de éste puente se pudo observar que la losa vaciada entre las vigas fue defectuosamente construida, y que el barandado está dañado. Por otra parte, en la infraestructura se tiene el serio problema de la quinta cepa, la cuál además de estar inclinada, tiene un desplazamiento horizontal de casi 25cm hacia aguas abajo y una vertical de 12cm, de acuerdo con las mediciones efectuadas.

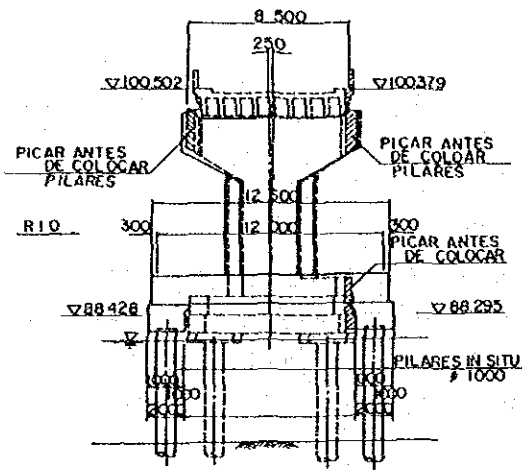
En cuando a los datos hidrológicos, la profundidad del río medida en el momento de la inspección, fue de 6m; y se verificó que el de aguas máximas está a 6 o 7m por encima de éste, lo cuál da una diferencia aproximada de 10m. entre los niveles de aguas mínimas y el máximas.

Observando las cepas se pudo verificar que en algunas se utilizaron dos pilotes vaciados en sitio, pero, parece ser que para otras se utilizaron pilotes de triple riel.

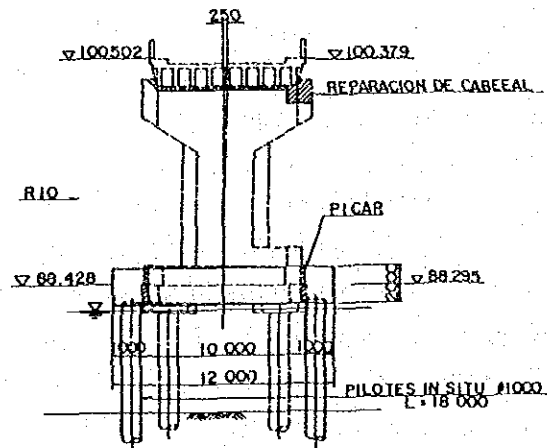
Luego de observar la situación general, se puede deducir que la causa principal para la inclinación de las cepas, es el efecto de flotación (debido al empuje hidráulico) que actúa en los pilotes, debido a la excesiva altura entre ésta base y el lecho (o longitud expuesta de los pilotes) existente como consecuencia de la progresiva socavación, especialmente cuando los niveles de aguas máximas. Cabe recordar, que éste efecto de empuje, genera presiones negativas en los pilotes provocando un efecto de flotación y disminuyendo la capacidad portante de las fundaciones.

Como contramedidas se tienen las siguientes alternativas: la Alternativa No.1 que plantea la construcción de un puente nuevo; y la Alternativa No.2 que plantea el hincado de pilotes adicionales de refuerzo. En éste segundo caso, puesto que no se cuenta con una ruta alternativa y se requiere que el tráfico no sea interrumpido, el hincado de los pilotes se realizará externamente desde un puente desmontable tipo espigón-muelle.

En cuanto a la reparación de la cepa No.5, puesto que existe el latente peligro de mayores daños según el progreso de la socavación en el futuro, se recomienda reforzar ya sea por medio del hincado de pilotes adicionales u otro método, o construir una estructura que proteja al lecho de la socavación.



ALTERNATIVA NO.1  
CONSTRUCCION DE NUEVA CEPAS



ALTERNATIVA NO.2  
REFUERZO DE CEPAS CON PILOTES ADICIONALES

Figura 4-12 : REPARACIONES DE LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE LONCOMILLA

## **(7) Puente Bio-Bio Antiguo**

Puente construido el año 1930, inicialmente fue construido de madera, y tiene registrados varias reparaciones desde ése entonces; el año 1965 por efecto de socavación las cepas No.12 y No.13 (lado de Concepción) fueron arrastradas por el río.

En cuanto a sus características hidrológicas, se pudo observar que, en ambos lados del río se tiene una progresiva socavación a consecuencia de la considerable velocidad de escurrimiento de las aguas, y debido a que el material del lecho está conformado por arena fina; además, se constató que la infraestructura ocasiona al cauce una obstrucción muy grande debido a las 90 cepas con cortas luces de 15m.

Por otra parte, a partir de la cepa No.68 a la No.103 (lado de San Pedro) las fundaciones de cada cepa cuentan con 2 pilotes vaciados en sitio de aproximadamente 1.2m de diámetro, y de acuerdo a archivos se sabe que de las fundaciones de la cepa No.15 a la No.67 (lado de Concepción) cuentan con 12 pilotes metálicos de 30cm de diámetro y 12m de largo. Al respecto del estado de las cepas, se puede decir que las paredes están bastante deterioradas con grietas y fisuras, armaduras al aire, filtraciones de agua, cubiertas de musgo, etc.; o sea indudablemente están en un estado de vejez y obsolescencia notable.

Al respecto de la superestructura, se pudo observar que la losa se encuentra muy fisurada y las vigas sumamente oxidadas y corroídas. Luego, puesto que vibra demasiado se puede deducir que no posee mucha capacidad portante.

Además, se pudo evidenciar que la capacidad de tráfico ha sido rebasada ya en a su límite máximo, motivo por el cuál en la actualidad se prohíbe el paso de vehículos pesados.

Por consiguiente, puede considerarse que inicialmente existen dos alternativas para las contramedidas de rehabilitación. Una sería la construcción de un nuevo puente incrementando el número de vías de circulación; y otra sería, aumentar el número de vías mediante una ampliación de la actual estructura reparada y reforzada.

Pero, en éste segundo caso surgen muchas dificultades a raíz de que se tiene el propósito de utilizar el puente por largo período de tiempo permitiendo el tráfico de vehículos pesados. Pues, para poder compensar la insuficiente capacidad de carga de la superestructura, deberán implementarse vigas transversales adicionales, reemplazar la losa por una más amplia, y consecuente con el incremento de carga en la superestructura se

deberá reforzar la infraestructura; sumándose a esto, el hecho de que aún no se resolvió el problema del gran coeficiente de obstrucción hidrológica, se deduce que es mejor considerar la reposición total del puente.

A continuación se presenta un método de rehabilitación para mantener el actual puente (proteger contra colapsos) hasta la conclusión de la construcción del nuevo puente. A éste respecto, puesto que los costos de reparación de la infraestructura son muy elevados, se deberán tomar medidas de precaución permanentemente en base a inspecciones periódicas; por otra parte, las partes más deterioradas de la losa deberán ser repuestas, y el resto será reparado mediante inyecciones de resinas, u otros métodos similares. En cuanto a los protectores antisísmicos, es necesario adoptar uno de los siguientes métodos:

- instalación de fijadores que eviten el movimiento de las vigas
- ampliación de las cabezas de apoyo sobre las cepas
- protectores contra colapsos

A continuación se presentan ejemplos ilustrativos de éstos protectores.

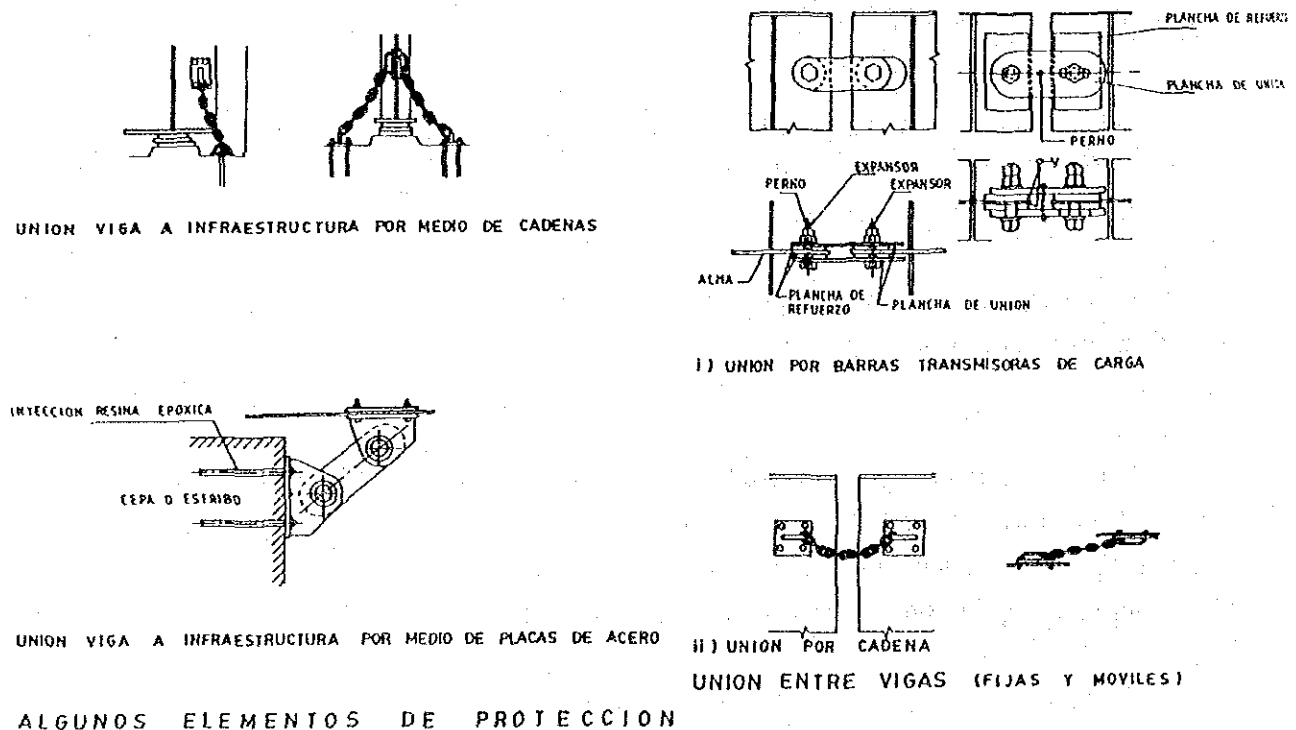


Figura 4-13 : CONTRAMEDIDAS ANTISISMICAS



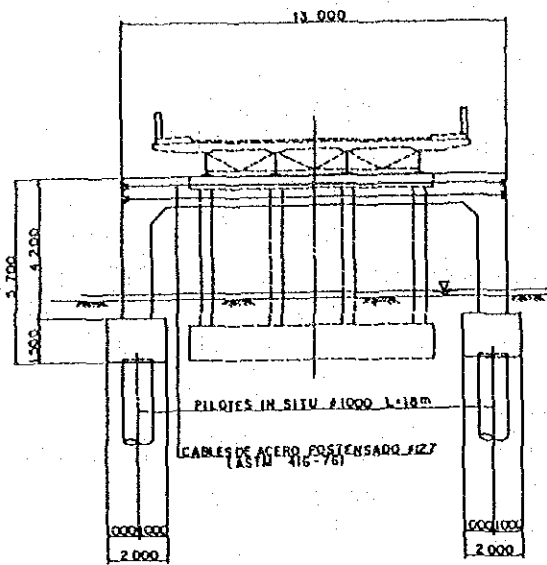
## (8) Puente Ramadillas

Puente con vigas de acero con tramos de 15m. En cuanto al tráfico se refiere, no está solicitado a grandes volúmenes, pero la proporción de sobrecargados vehículos pesados transportando madera y el efecto del impacto de éstos es sumamente considerable. Éste es el principal factor que se puede atribuir como causante del agrietamiento de prácticamente todos los cabezales de apoyo en las cepas. Por otra parte, por la flecha notoria uniforme de todas las vigas, se deduce que cuando se construyó el puente, no se proporcionó una contraflecha adecuada a las vigas; además, también se observaron deformaciones verticales en las vigas. Por otra parte, la oxidación de las vigas es crítica, y requieren de un mantenimiento general y repintado.

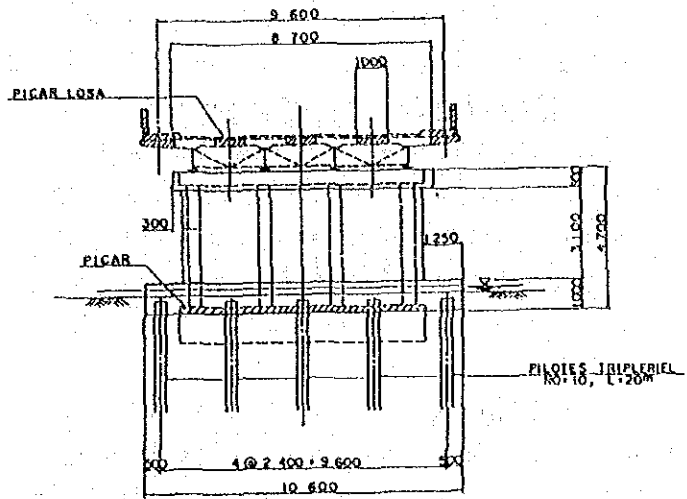
Por otra parte, se verificó el alabeo pronunciado e irregular de la superficie de rodado del puente. De acuerdo a los datos se presume que esto puede deberse a que el puente está ubicado sobre un terreno de fundación muy blando; o que, los pilotes de madera (25cm de diámetro, 12m de largo) están hincados sin alcanzar el lecho firme rocoso.

Por consiguiente, es necesaria la construcción de nuevas cepas (Alternativa No.1) o la instalación de pilotes adicionales (Alternativa No.2). Para el caso de la segunda alternativa, el hincado de los pilotes se realizará cepa por cepa y en época de estiaje; para éste efecto se construirá un terraplén alrededor de la cepa cuyos pilotes serán hincados, y dependiendo del equipo que sea disponible se determinará el método de hincado. Al respecto, si la máquina de hincado es pequeña, se hincará sin perforar la losa; pero, si la máquina es grande será necesario perforar la losa para poder hincar los pilotes.

Por otra parte, puesto que los cabezales de apoyo en las cepas están subdimensionados, y además, se encuentran con una carbonatación crítica del hormigón, se construirá una pared que cubra toda la cepa a partir de las zapatas.



ALTERNATIVA NO.1  
CONSTRUCCION DE NUEVA CEPA



ALTERNATIVA NO.2  
REFUERZO DE CEPAS CON PILOTES ADICIONALES

Figura 4-14 : REPARACIONES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE RAMADILLAS

## (9) Puente Malleco

### 1) Resultados del estudio

Este puente fue construido el año 1972; es un puente de 9 tramos y está compuesto de tres vigas de acero (8 tramos son de vigas continuas). Al año siguiente, se observaron anomalías en las vigas y por ésta razón se adicionaron atiesadores de rigidez y carga.

Durante el estudio especializado, por medio del uso de taquímetros y niveles, se efectuaron mediciones de las deformaciones en vigas y cepas (ver Anexo No.4). Mediante éstas mediciones, se pudo verificar la existencia de deformaciones irregulares en las vigas y cepas. Obviamente, los valores obtenidos de las deformaciones, incluyen deformaciones generadas durante y después de la construcción, y también, errores de medición; sin embargo, son claramente anormales y discrepan plenamente con formas teóricas. Las deformaciones anormales registradas en las vigas, más que deberse a la superestructura, se deben a que la infraestructura consta de cepas fácilmente deformables. Actualmente, el efecto combinado de las cargas provenientes de la superestructura y de la infraestructura, y en especial las deformaciones de las cabezas de apoyo en las cepas, ponen en una situación de persistente peligro a todo el puente.

### 2) Resultados del análisis

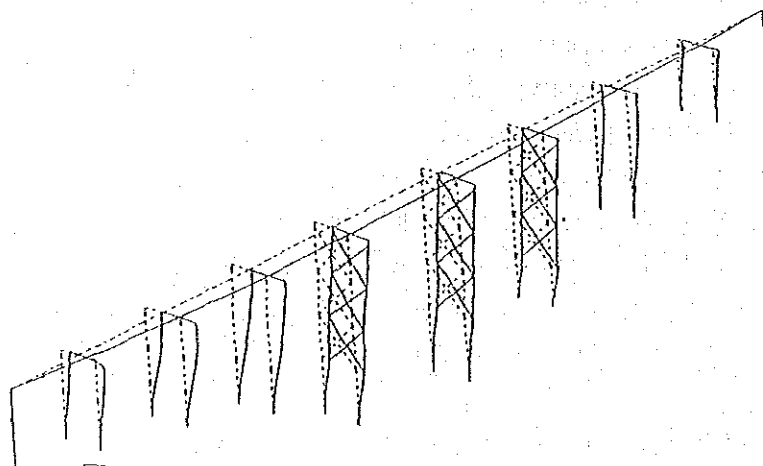
El principal problema de afecta a toda la estructura en general de éste puente, es la estabilidad. Pues se pudo verificar directamente, durante las inspecciones, que al paso de vehículos pesados, el puente tiembla ligeramente en los sentidos transversal y longitudinal; y esto, hizo sentir preocupación por su estabilidad. Desde el punto de vista del diseño, pudo observarse que tiene características muy peculiares; por ejemplo, tiene en general una estructura de dimensiones muy esbeltas; el entramado consiste de tres vigas principales, de las cuales la viga central no tiene apoyos directos en la infraestructura, etc. Por lo que se puede señalar que esta clase de diseño sale del marco de las normas japonesas, y se incluye dentro del tipo de estructuras inadmisibles. Por esta razón, se procedió al análisis estructural espacial (o tridimensional) para verificar su estabilidad. Para éste efecto se analizaron dos casos; el primero corresponde al sistema original; y el segundo, a un supuesto caso en el que a fin de aumentar la rigidez transversal de las cepas, se instalan arriostramientos diagonales (como se muestra en la Figura 4-15). Del resultado de los análisis se deduce lo siguiente:

1. Puesto que el periodo de la frecuencia interna de la estructura actual es de aproximadamente de 3seg., el esfuerzo total que se pudiera originar debido a un sismo es pequeño.

2. En el caso de la estructura con cepas reforzadas mediante arriostramientos transversales, el periodo de la frecuencia interna se hace menor y las fuerzas de inercia se incrementan. Además, haciendo una comparación de las cepas reforzadas con las no-reforzadas, pudo observarse que debido al incremento de la rigidez transversal, se incrementan también los esfuerzos horizontales en las cabezas de apoyo; y aumentan también, en gran proporción, los momentos solicitantes al volcamiento en las bases de las cepas.
3. El sistema estructural del puente es flexible, por lo que está diseñado para deformaciones transversales de considerable magnitud. Sin embargo, de todas maneras deben tomarse medidas de precaución para la resitencia de las vigas ante éstas deformaciones.

En síntesis, por lo observado en el análisis, se deduce claramente que el refuerzo de las cepas mediante un entramado de arriostramiento transversal, contrariamente a lo esperado ocasiona que los problemas se incrementen. Esto muestra que la aplicación de refuerzos por partes en el puente Malleco, que es un puente que en su integridad conserva estabilidad estructural, ocasiona más bien esfuerzos que pueden ocasionar su desplazamiento aumentando el riesgo o coeficiente de peligrosidad de éste.

Finalmente, haciendo hincapié en lo expuesto arriba, puede señalarse que, en el caso de ejecutarse trabajos de refuerzo en la infraestructura, éstos deben ser realizados de tal manera que se consiga que, aumentando la rigidez, la estructura de las cepas sean lo suficientemente resistentes a esfuerzos o momentos de volcamiento que se pudieran originarse durante algún sismo.



**Figura 4-15 : ANALISIS VIBRACIONAL DEL PUENTE MALLECO PARA EL CASO DE CEPAS REFORZADAS**

## **(10) Puente Pichoy**

Puente compuesto por tramos con vigas de hormigón armado de sección "T", y otros con vigas de acero.

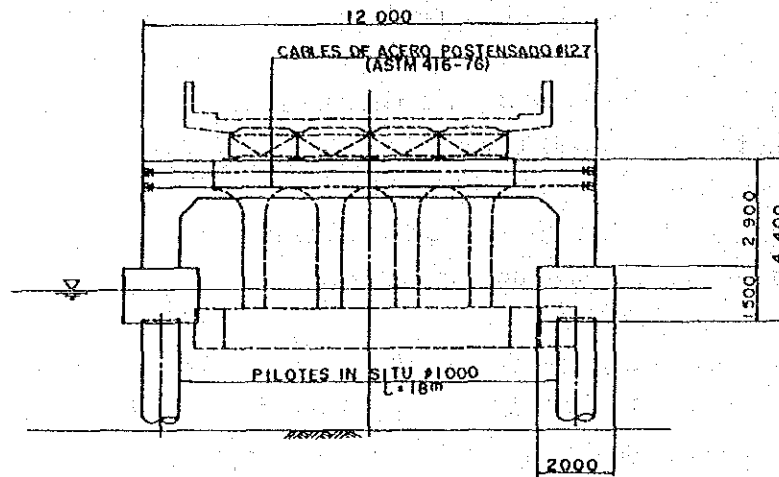
Por los rastros, se deduce que de dos tramos del lado que da hacia Santiago han sido repuestos. En el estribo del lado que da hacia Valdivia, por efecto del sismo, tiene la mesa de apoyo bastante deteriorada; además, las cabezas de apoyo en las cepas tampoco tienen casi ninguna holgura para servir de apoyo a las vigas.

La superficie de rodadura del puente, presenta un considerable asentamiento en la parte central, y en general, tiene un alabeo crítico.

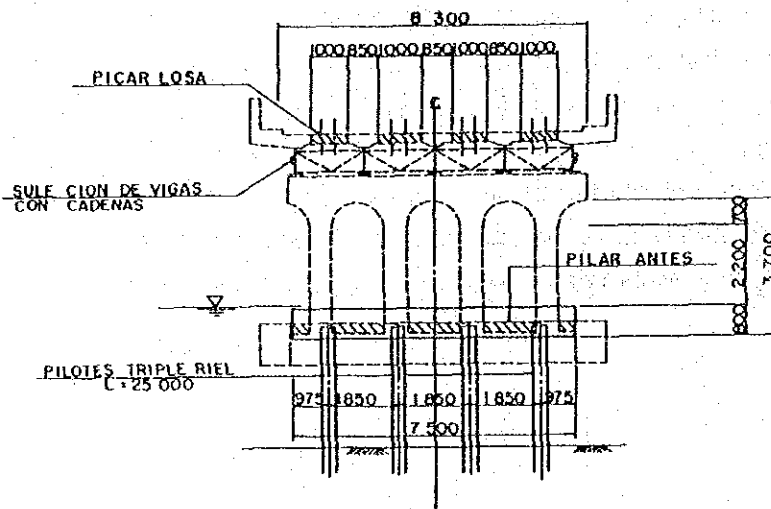
Por otra parte, las plataformas de acceso en ambos lados, presentan grandes asentamientos, los cuales, se deben al efecto del sismo o a que el terreno del terraplén al ser desgastado y arrastrado.

Puesto que el principal factor para el deterioro del puente, es la falta de capacidad portante de las pilas de fundación, no se puede eludir al reforzamiento de las fundaciones. Para éste efecto, se presenta la alternativa del hincado de pilotes desde los lados (externamente al puente), para luego construir nuevas cepas (Alternativa No.1); o sino, hincar los pilotes adicionales desde arriba del puente, perforando la losa (Alternativa No.2).

La insuficiencia del ancho de las cabezas de apoyo en las cepas será salvada mediante el ensanchamiento de éstas, en el caso de los tramos con vigas de hormigón armado; y mediante protectores contra colapso de vigas en los tramos con vigas de acero.



ALTERNATIVA NO.1  
CONSTRUCCION DE NUEVA CEPA



ALTERNATIVA NO.2  
REFUERZO DE CEPAS CON PILOTES ADICIONALES

Figura 4-16 REPARACIONES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE PICHROY

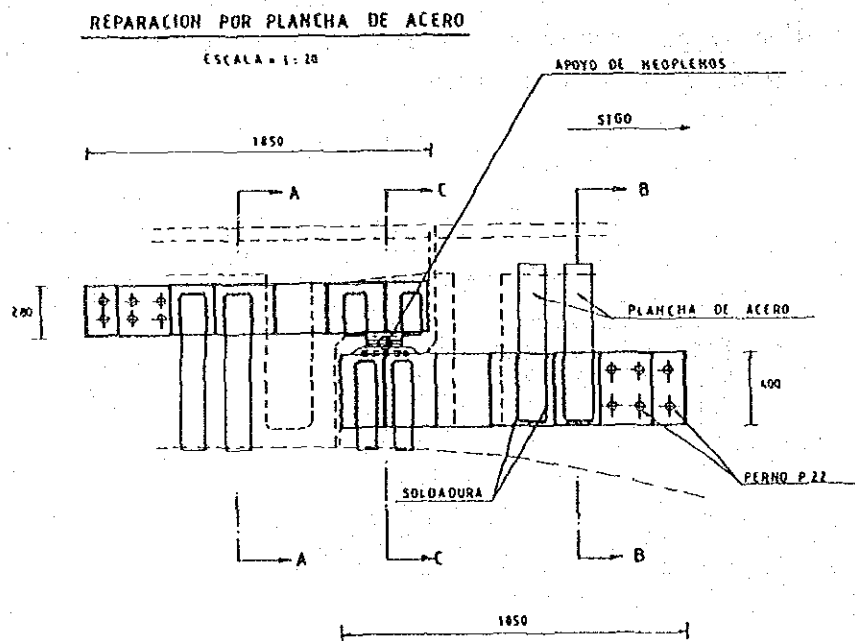
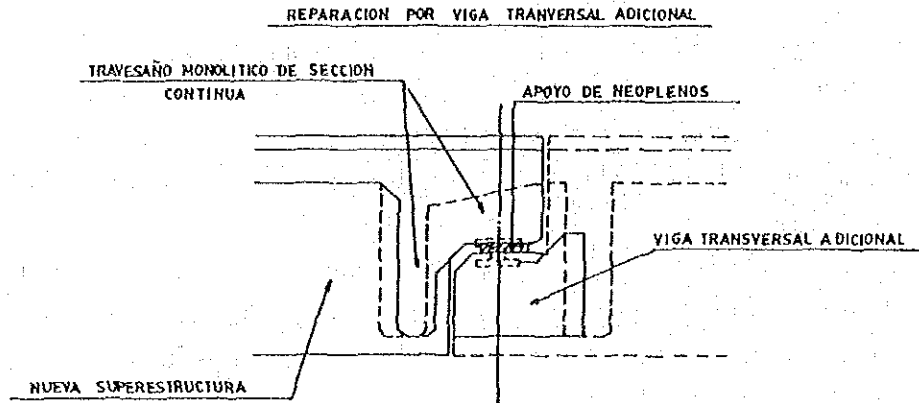
## **(11) Puente Cayumapu**

Éste es un puente de hormigón armado con vigas "T" de sección (altura) variable en el sentido longitudinal, y en el tramo central cuenta con una viga Gerber.

Los apoyos Gerber tienen el dispositivo o aparato de apoyo completamente oxidado debido a filtraciones de agua, lo cuál ha ocasionado que la sección de la viga Gerber sea insuficiente a las tensiones de corte. Por lo tanto, se deberá reforzar por medio de una viga transversal adicional o mediante placas de acero, como se muestra en la figura inferior.

La mesa de apoyo del estribo No.2 tiene una inclinación aproximada de 11 grados, ésto debido al desmoronamiento de material; situación que es prácticamente irreparable. Por otra parte, se tiene que la cepa No.2 también se encuentra inclinada en el sentido longitudinal al puente, poniendo en una situación tal que no se garantiza la seguridad del puente. De toda ésta situación se deduce que el estrato de fundación es muy malo, y que los pilotes tienen una capacidad portante insuficiente.

Consecuentemente, especialmente en base a las dos últimas situaciones mencionadas arriba, es que se llega a la conclusión de que en lugar de reparar el puente, es mejor optar por la reposición total de éste.



**Figura 4-17 MÉTODOS DE REPARACION ESTANDAR PARA ARTICULACIONES GERBER**



## (12) Resumen del diseño de reparaciones

Una vez efectuado el análisis del diseño, se presenta el resumen de los métodos de refuerzo o reparaciones recomendables.

Tabla 4-9: MÉTODOS DE REPARACIÓN Y REFUERZOS PARA LOS 10 PUENTES

Método de reparación o refuerzo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L O S A	Nueva losa vaciada en sitio	○	○		○						
	Nueva losa prefabricada	○	○		*						
	Nueva losa metálica		○								
	Nueva losa nervada c/riel simple		○								
	Nueva losa c/paneles metálicos		○								
	Adhesión de placas de acero		*				○				
	Aplicación de fibras FRP		○				○				
	Aplicación de morteros lanzados				○						
	Inyección de resinas	*	*	○			*	○			
	Reparación por parcheo						*				
E N T R A M A D O	Reposición de vigas principales	○	○								
	Adhesión de viguetas				○						
	Aplicación de vigas adicionales		○				○	○	○	○	
	Vigas transversales adicionales		○				○				
	Refuerzo de vigas principales	○	○		*				○	○	
	Reducción de luz libre de diseño		○								
	Cables de postensado adicional		○						○		
	Refuerzo de travesaños		○	○			○	○	○	○	○
Reparación de apoyos Gerber										*	

Método de reparación o refuerzo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I N F E S T	Ampliación de mesas de apoyo	*	*	○			*	*		*	*
	Reparación y refuerzo de copas	*		○	*	*	○	*	○	○	○
	Refuerzo de fundaciones		○		*	*		*		*	○
	Reposición total de infraestructura	○					○		○	*	○
O T R O S	Juntas	*		*		*	○	*		*	*
	Apoyos					*	○	*	*	*	*
	Protectores contra colapsos	○	○	*			*	○		*	
	Pinturas		*				○	*	*	*	
	Barandado				*	*	○				
	Losas de acceso	*								*	*
	Pavimento	*	○		*					*	*
	Protectores contra socavación		*	*	*	*	○	○		○	*

Simbología.-

\* : Método a aplicarse en términos generales del diseño de reparación.

○ : Método estudiado comparativamente con los términos generales del diseño de reparaciones. Pero, éstos no incluyen trabajos de reposición.

Nombres de los puentes.-

1 : Amolanas, 2: Pullally, 3: Maipo, 4: Claro, 5: Loncomilla,  
6 : Biobio, 7: Ramadillas, 8: Malleco, 9: Pichoy, 10: Cayumapu

## 4-3 PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

### 4-3-1 SINOPSIS DE LAS ACTIVIDADES

A continuación se presenta un cuadro sinóptico de las obras de reparación y/o refuerzo de los puentes comprendidos en el estudio especializado.

Puente	Descripción	Cantidad
AMOLANAS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Refuerzo de la sección de las cepas-columna en los tramos extremos</li> <li>2.- Reparación de losa por medio de inyección de resinas epóxicas</li> <li>3.- Ensanchamiento de apoyos para las vigas</li> <li>4.- Losas de acceso</li> <li>5.- Juntas de expansión</li> </ol>	<p>5 columns</p> <p>1863 m<sup>2</sup></p> <p>2 cepas</p> <p>2 losas</p> <p>2 juntas</p>
PULLALLY	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Rehabilitación de losa por medio de adhesión de placas de acero o inyección de resinas epóxicas</li> <li>2.- Protectores contra socavación mediante gaviónes</li> <li>3.- Ensanchamiento de apoyos para las vigas</li> <li>4.- Pintado</li> </ol>	<p>1171 m<sup>2</sup></p> <p>6 fundcs</p> <p>2 cepas</p> <p>4600 m<sup>2</sup></p>
MAIPO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Protectores contra colapsos</li> <li>2.- Protectores contra socavación mediante gaviónes</li> <li>3.- Juntas de expansión</li> </ol>	<p>13 cepas</p> <p>6 fundcs.</p> <p>15 juntas</p>
CLARO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Rehabilitación mediante un arco de hormigón armado, y revestimiento de piedra</li> <li>2.- Construcción de losa prefabricada</li> <li>3.- Protectores contra socavación mediante gaviónes y zampeado de piedra</li> </ol>	<p>118 m<sup>2</sup></p> <p>1062 m<sup>2</sup></p> <p>816 m<sup>2</sup></p>
LONCOMILLA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Juntas de expansión</li> <li>2.- Refuerzo de fundaciones de cepas mediante pilotes adicionales</li> <li>3.- Rehabilitación de cabezas de apoyo en cepas</li> <li>4.- Protectores contra socavación mediante gaviónes y zampeado de piedra</li> <li>5.- Aparatos de apoyo</li> </ol>	<p>3 juntas</p> <p>3 fundcs.</p> <p>1 cepa</p> <p>4 fundcs.</p> <p>1 cepa</p>

(continuación)

Puente	Descripción	Cantidad
BIO-BIO	1.- Rehabilitación de losa mediante inyección de resinas epóxicas (desde cepa No.8 hasta estribo No.2) 2.- Parcheo de partes de losa (1%) 3.- Protectores contra colapsos (desde cepa No.8 hasta estribo No.2) 4.- Pintado 5.- Ensanchamiento de apoyos para las vigas	8667.5 m <sup>2</sup> 87 m <sup>2</sup> 95 cepas 34250 m <sup>2</sup> 1 cepa
RAMADILLAS	1.- Refuerzo de fundaciones de cepas mediante pilotes adicionales 2.- Rehabilitación de las cepas con ensanchamiento de cabezas de apoyo 3.- Juntas de expansión 4.- Pintado	13 fundes. 13 cepas 15 cepas 6615 m <sup>2</sup>
MALLECO	1.- Construcción de cepas metálicas 2.- Aparatos de apoyo 3.- Pintado	8 cepas 8 cepas 2600 m <sup>2</sup>
PICHOY	1.- Refuerzo de fundaciones de cepas mediante pilotes adicionales 2.- Protectores contra colapsos 3.- Ensanchamiento de cabezas de apoyo en cepas 4.- Losas de acceso 5.- Juntas de expansión	4 fundes. 3 cepas 2 cepas 2 losas 6 juntas
CAYUMAPU	1.- Reconstrucción de estribos 2.- Reconstrucción de cepas 3.- Rehabilitación de Gerber 4.- Losas de acceso 5.- Juntas de expansión	1 estribo 1 cepa 2 apoyos 2 losas 3 juntas

Valores concernientes a los costos de los trabajos detallados arriba se muestran posteriormente en el inciso 4-3, y los detalles constructivos se encuentran en el Anexo No.4.

## 4-3-2 MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

A continuación se explica brevemente los métodos constructivos más importantes del resumen correspondiente al diseño de reparaciones analizado en el inciso 4-2.

### (1) Reparación de la losa mediante inyección de resinas epóxicas (Puente Biobio)

La inyección de resinas epóxicas tiene por objeto el controlar el fisuramiento y evitar la expansión de éstas, o que éstas se ensanchen; también tienen la finalidad de proteger a la armadura contra el oxidamiento originado por el fisuramiento.

#### 1) Preparación

1. Exhaustiva limpieza interior de fisuras mediante compresores de aire.
2. Raspado y limpiado de partes afectadas con eflorescencias utilizando cepillo alambriico y/o esmeriles
3. Picado y extirpado de partes carbonatadas o defectuosas, o con nidos de piedras; y aplicación de masilla epóxica (llamado también mortero epóxico).

#### 2) Instalación de inyectores

1. Conectar los tubos de inyección de tal manera que el centro de éstos estén aplicados al centro de la fisura e instalarlo como se describe en la siguiente figura.

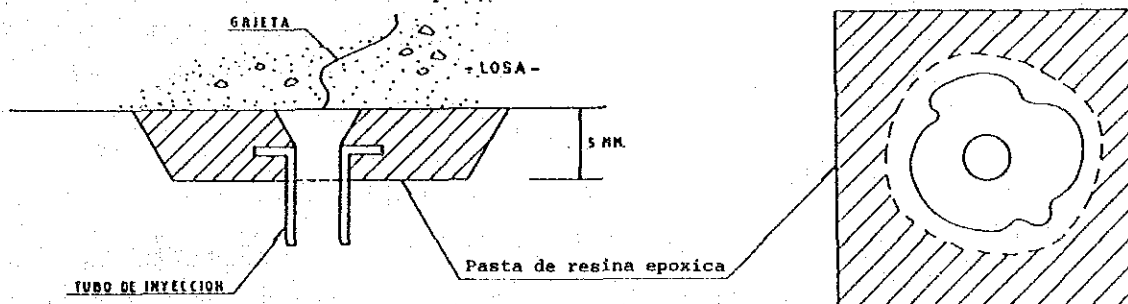


Figura 4-17: INSTALACION DE TUBOS DE INYECCIÓN

2. Es recomendable aplicar los tubos de inyección en los puntos de cruce de fisuras

2. Es recomendable aplicar los tubos de inyección en los puntos de cruce de fisuras
3. Una vez concluidos los trabajos de inyección deberá sellarse el sector con masilla epóxica, como se muestra en el siguiente croquis, cubriendo un área de 50x50mm y con 5mm de espesor

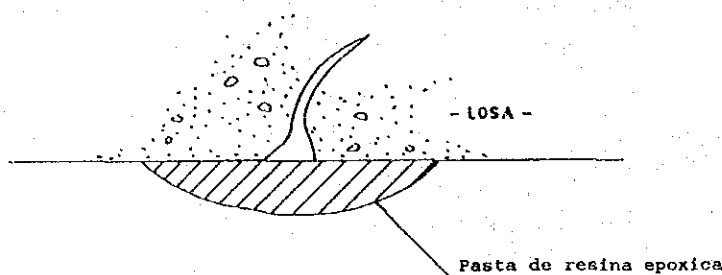


Figura 4-18 SELLADO DE FISURAS

### 3) Mezcla de Resinas

El volumen de mezcla de las resinas se calcula de tal manera que no se prepare en demasía.

En el caso de utilizarse mezcladoras lentas, se tarda mínimo 2 minutos por cada 10kg; pero cuando se mezcla manualmente se demora por los menos el triple de éste tiempo. Si se utilizan mezcladoras de mayor velocidad, éstas ocasionan que se levante espuma; por lo cual, para su aplicación se debe esperar hasta que desaparezcan las burbujas.

### 4) Inyección

En el momento de inyectar las resinas, la temperatura ambiente debe estar entre 10 y 30°C, y la del hormigón debe ser mayor a 10°C en la superficie. Cuando la inyección se hace por medio de bombas, debe inyectarse hasta que la resina rebalse un poco por los tubos de inyección; para luego procederse, ordenadamente, con la inyección de las boquillas vecinas.

## 5) Terminado y Chequeo

Una vez concluido el trabajo de inyección, y que la resina haya endurecido apropiadamente; se procederá al cortado de los tubos y el sellado respectivo de éstos. Luego, se alisarán las superficies con esmeriles. Antes de cortar los tubos de inyección, deberá verificarse que éstos estén correctamente llenos de resina.

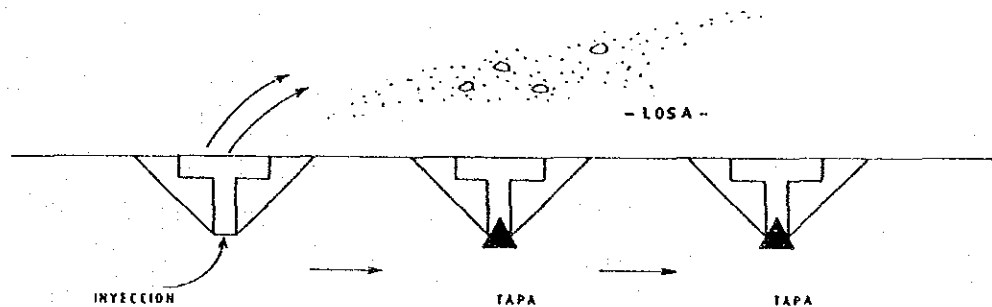


Figura 4-19 INYECCION DE MORTEROS

## (2) Refuerzo mediante adhesión de placas de acero (Puente Pullally)

Este método de refuerzo consiste en la adhesión de placas de acero a superficies externas sometidas a tracción en piezas de hormigón armado; de tal manera que mediante la unión de ambas superficies (hormigón vs. metal), los esfuerzos que deforman el hormigón se transmitan a la placa de acero y sean absorbidos por ésta. Este es un método de rehabilitación que proporciona a la sección de hormigón una mayor resistencia al corte.

Las placas de acero a utilizarse son de 4.5mm a 6mm de espesor, y los adhesivos son de resinas epóxicas. Al respecto, existen dos métodos de aplicación de las placas y adhesivos, y éstos son: por compresión y por inyección. A continuación se explica el método de adhesión por compresión: Se aplica la resina epóxica o adhesivo a la superficie de la placa de metal formando una película de aproximadamente 2mm de espesor; y luego se adhiere la placa a la superficie de hormigón. Con el objeto de conseguir una buena adherencia, se instala mediante anclajes u otros medios, un sistema de prensa que comprima la placa de acero contra la de hormigón, hasta que el adhesivo endurezca apropiadamente.

Para que el adhesivo no pierda sus propiedades, es muy necesario que la superficie de hormigón a reforzar, sea previamente limpiada y alisada; asimismo, la placa de refuerzo debe ser cepillada, y pulida eliminando todo rastro de oxido. Luego del colado, se debe evitar el paso de vehículos pesados para no perturbar el proceso de secado y endurecimiento del adhesivo. Por otra parte, los trabajos de inspección y curado deben ser muy cuidadosos; cabe recordar, que la velocidad de endurecimiento de los adhesivos es notablemente afectada por las bajas temperaturas (desciende con el frío).

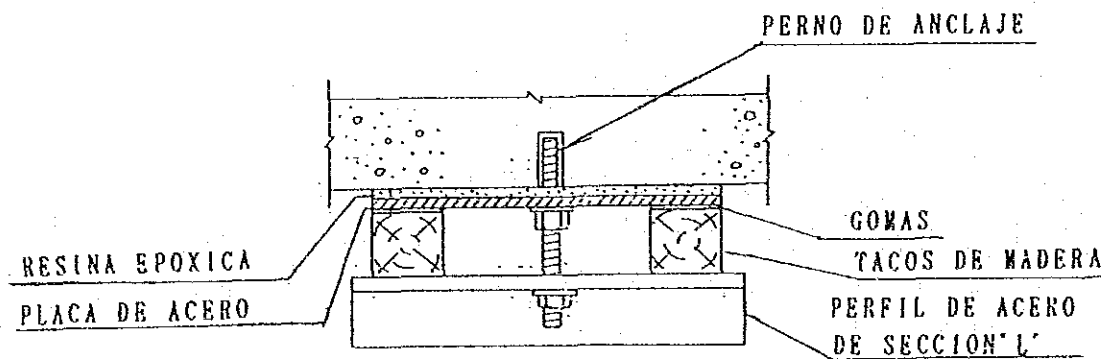


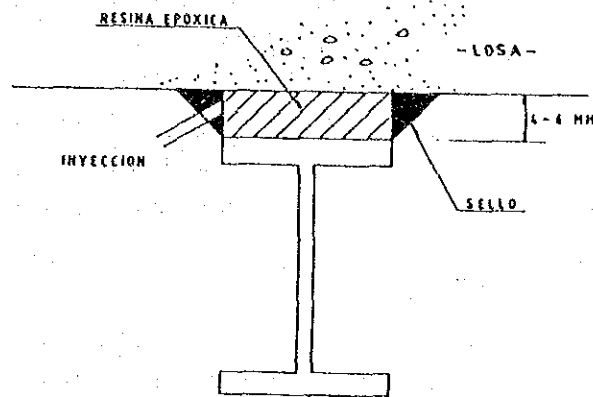
Figura 4-20 : ADHESIÓN DE PLACAS POR COMPRESION

### (3) Refuerzo del soporte de la losa

Se calcula nuevamente la instalación de vigas longitudinal adicionales, y sus respectivos travesaños, que servirán de soporte a toda la losa.

La viga longitudinal adicional está destinada a soportar directamente la losa. A fin de facilitar la inyección de las resinas epóxicas, que afirmarán la viga con la losa, se deberá dejar un espacio entre la platabanda superior de la viga y la superficie inferior de la losa; luego se deberá sellar los bordes, como se ilustra en el croquis a continuación:





**Figura 4-21 : REPUERZO DEL SOPORTE DE LA LOSA**

Se deberá establecer un control del tráfico pesado y de velocidad durante el período que se requiera para que la resina adquiera una dureza apropiada.

Los travesaños y atiesadores se deberán unir mediante el uso de pernos de alta resistencia, en lo posible; solo en casos extremos se utilizarán uniones soldadas. El uso de soldadura es rechazado por las siguientes razones:

- Al soldarse un elemento, que ya está sometido a solicitaciones de carga muerta, puede crearse un desequilibrio de las tensiones internas.
- Cuando se sueldan estructuras ya terminadas, no se puede verificar la calidad del trabajo de soldadura.
- Por la posición, se trata de casos de difícil aplicación de soldadura.

**(4) Reparación de las paredes del arco mediante revestimientos de piedra (Puente Claro)**

La protección de las paredes del arco se hará por medio de la construcción de una losa superior, por la cual se logrará indirectamente una distribución de cargas en el arco; y luego se repararan las paredes con un revestimiento de piedra para conservar la estética. En cuanto a la losa superior, si se vacía en sitio, se requerirán andamios de gran altura; pero si se usan losas prefabricadas, se utilizarán carros grúas para su instalación.

La secuencia de actividades será como se detalla a continuación:

1. Instalación de andamios.
2. Remoción de revestimiento existente y empotramiento de anclajes.
3. Colocación de la malla de refuerzo y conexión de ésta a los anclajes.
4. Colocación de las placas de piedras e instalación de sus respectivos soportes y puntales.
5. Inyección y curado del hormigón.

Considerando que la capa de hormigón a inyectarse es bastante delgada, se necesita de mucho cuidado en la construcción; por ésta razón, es recomendable efectuar las inyecciones por partes. Para la conexión de las placas de piedra con la malla de refuerzo, existen varias técnicas constructivas que deben ser consideradas; para fines ilustrativos se muestra un ejemplo a continuación.

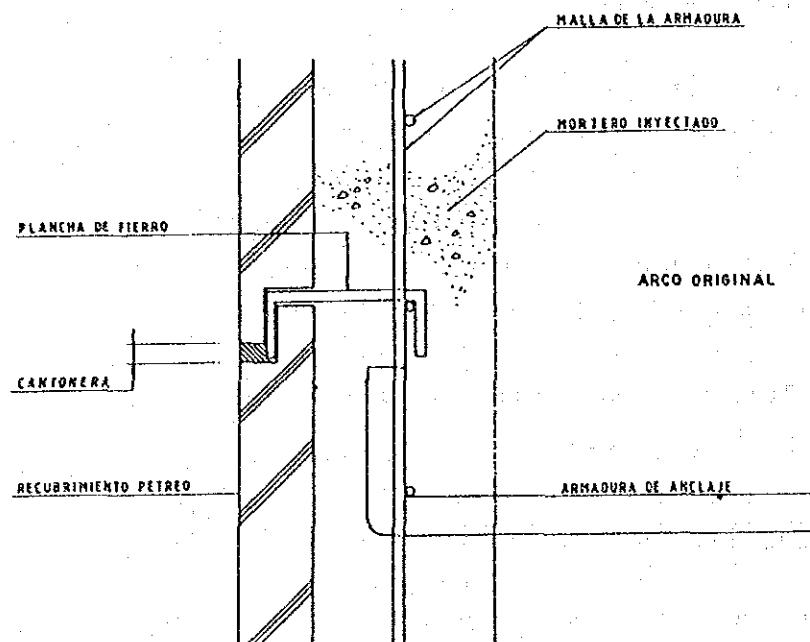


Figura 4-22 : REPARACION DE LAS PAREDES MEDIANTE REVESTIMIENTOS DE PIEDRA

(5) **Reparación de la superficie exterior del arco mediante la construcción de una losa arco de hormigón armado (Puente Claro)**

La construcción de ésta losa de hormigón armado en arco es exclusivamente para reparar el actual arco, y no para soportar cargas provenientes del arco.

La secuencia de actividades será como se detalla a continuación:

1. Instalación de andamios.
2. Empotramiento de anclajes en el arco actual.
3. Colocación de la malla de refuerzo y conexión de ésta a los anclajes.
4. Instalación de encofrados y apuntalamiento.
5. Inyección del hormigón mediante bombas.
6. Repetir el procedimiento de 1) a 4), y al final, para hormigonar la parte de la clave superior del arco, inyectar lateralmente.
7. Luego de un óptimo fraguado, retirar los encofrados y puntales.

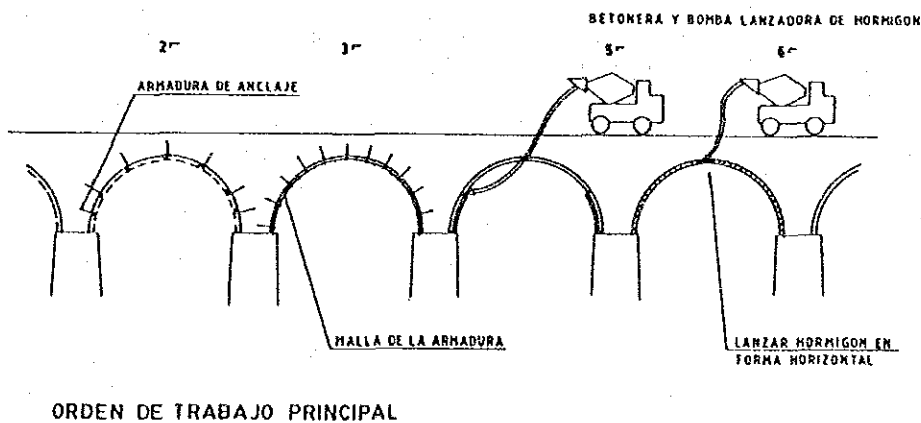
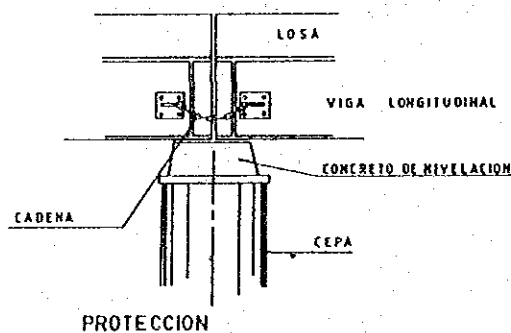


Figura 4-23 : REPARACION DE LOS ARCOS DEL PUENTE CLARO

**(6) Protectores contra colapsos (Puente Bio-Bio)**

En el párrafo 4-2-2 (7) se presentaron cuatro tipos de protectores contra colapsos, que son los más comúnmente utilizados. A continuación se ilustrará el caso de sujeción de vigas por medio de cadenas.

1. Limpieza de todos los cabos de viga en consideración por medio esmeriles.
2. Apertura de huecos para los pernos por medio de taladros y avellanadores. Se rechaza el uso de perforadores a gas o autógeno porque dañan y deforman el alma de la viga.
3. Instalación de las placas de acero y empernado respectivo.



**Figura 4-24 : CONTRAMEDIDAS ANTISÍSMICAS**

**(7) Rehabilitación de apoyos Gerber (Puente Cayumapu)**

Existen dos alternativas de rehabilitación que se podrían utilizar para los apoyos Gerber; éstos son: la instalación adicional de una viga travesaño de hormigón armado, y la instalación de placas de acero de refuerzo. Puesto que el segundo método mencionado, ha sido bastante utilizado en reparaciones pasadas para los puentes de Chile, se juzga que no es necesario presentar detalles al respecto. Sin embargo, cabe señalar que para casos en los cuales se tenga que trabajar a gran altura, a fin de garantizar la seguridad, será necesario la instalación de andamios. Por otra parte, cuando se estén efectuando los trabajos de rehabilitación, se repondrán al mismo tiempo los aparatos de apoyo viejos y oxidados, y además se instalarán protectores contra la filtración de aguas desde las juntas.

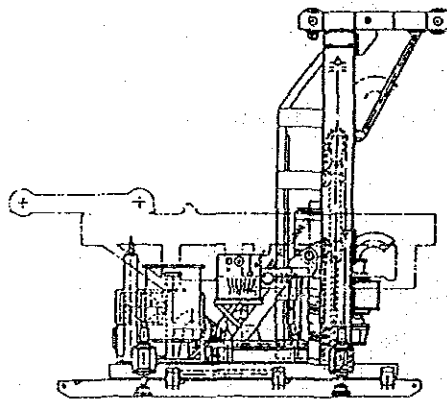
**(8) Refuerzo de las fundaciones mediante la instalación de pilotes adicionales mediante el método de hincado BH**

Generalmente en la ejecución de éste tipo de trabajos, se tienen limitaciones de operabilidad, tal es el caso del puente Ramadillas, que dependen de la altura de gálibo (o altura libre entre el terreno de fundación y la base de la superestructura), y el tipo de máquina disponible para el hincado de los pilotes.

Puesto que el hincado de pilotes dentro del agua no es conveniente, los trabajos deben efectuarse durante el período de estiaje. Por otra parte, para el transporte del equipo se requiere la instalación de puentes tipo muelle-espigón, la construcción de accesos hasta las cepas en cuestión, desvíos del cauce, etc. En los casos de lechos profundos, se requiere la construcción de pequeños terraplenes alrededor de la cepa para instalar ahí el equipo de hincado.

Considerando una altura de gálibo de aproximadamente 4.5m se utilizará un equipo de hincado provisto de "barrenos con doble circulación" (reverse circulation drill) de modelo pequeño. Se cita por ejemplo, el modelo TBM-LH (driving equipment type S). Éste equipo es considerado, desde el punto de vista de su operabilidad, dentro de lo que es el "método BH", como una máquina de sondeo "tipo cabeza-baja para profundas perforaciones" (low-head type large hole boring), el cuál tiene las siguientes características de funcionamiento:

1. Sistema de circulación	DC (circulación directa)
2. Dimensiones exteriores	Altura 3.3m a 4.8m Ancho 1.2m Largo 3.0m
3. Peso	3.2 toneladas
4. Diámetro de perforación	
-en suelos	0.2m a 1.5m
-en roca	0.2m a 0.5m
5. Profundidad de perforación	40m a 500m
6. Equipo de perforación	Veloc. 30 a 150rpm Torque 0.6tf-m Carrera 500mm Empuje 6.1tf
7. Motor	Motor Diesel 18.5kW(32PS)

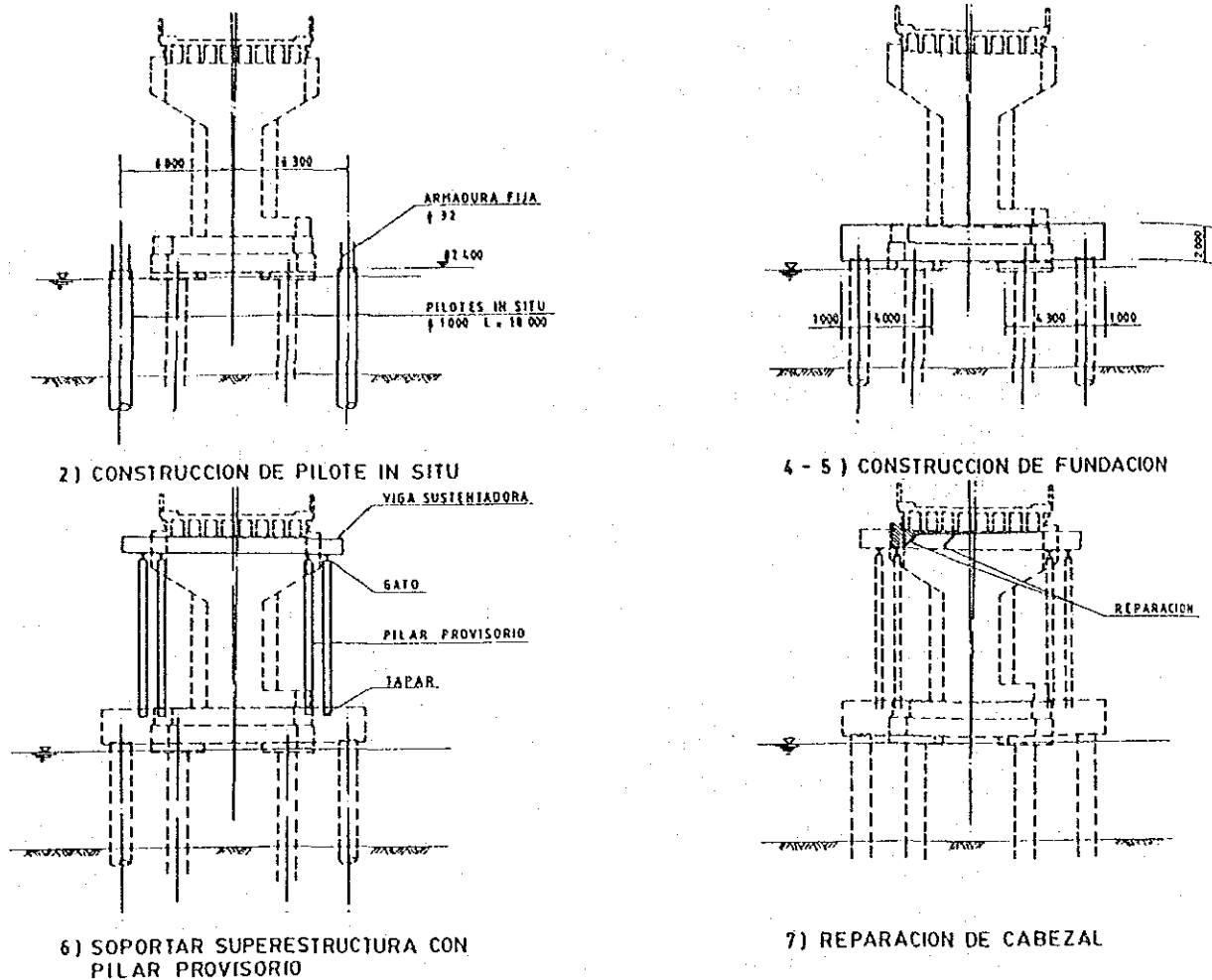


**Figura 4-25 : EQUIPO DE SONDEO**

**(9) Refuerzo de las fundaciones mediante la instalación de pilotes adicionales vaciados en sitio (Puente Loncomilla)**

Puesto que el cauce del río es profundo, la construcción se realizará en época de estiaje, y se efectuará de acuerdo a la siguiente secuencia de actividades:

1. Construcción del puente provisional entre el estribo No.2 y la cepa No.5 utilizando perfiles metálicos de sección tipo "H" u otro tipo.
2. Transporte de la máquina hincadora hasta la cepa No.5.
3. Picado o demolición parcial de elementos que obstruyan al hincado.
4. Hincado de pilotes.
5. Picado del hormigón de las zapatas existentes, en las uniones con la nueva estructura, dejando intacta la armadura existente.
6. Instalación de encofrados, puntales, armadura de refuerzo, y vaciado del hormigón de la nueva infraestructura. En éste ítem, debe tomarse el cuidado de dejar ya instaladas las columnas provisionales que servirán para levantar la superestructura.
7. Instalación de la estructura provisional para levantar la superestructura, instalación de los gatos, y suspensión de la superestructura.
8. Reparación completa de las cabezas de apoyo (remoción del hormigón deteriorado y reposición del mismo), nivelación de las mismas, y renovación de los aparatos de apoyo.
9. Re-ubicación de la superestructura a medida que se bajan los gatos.
10. Remoción de estructura soporte provisional.



**Figura 4-26 : REFUERZO DE LA INFRAESTRUCTURA MEDIANTE PILOTES VACIADOS EN SITIO**

### (10) Protección de fundaciones (Puente Claro)

La protección contra la socavación del lecho se pretende realizar básicamente por medio del zampeado con piedras bolón y la instalación de gabiones; sin embargo, las fundaciones existentes que están debajo el nivel de aguas, serán reforzadas mediante el uso de hormigón colado (prepacked concrete). El vaciado del hormigón colado se hará en la siguiente secuencia:

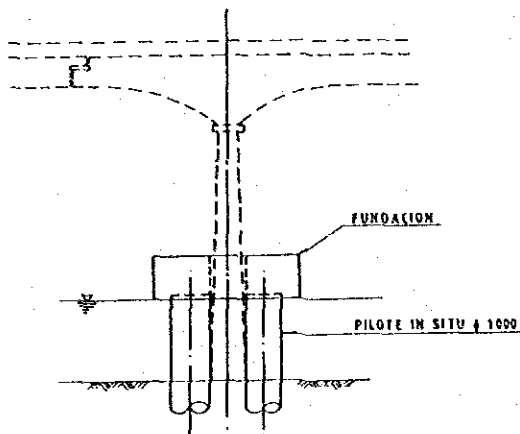
1. Nivelación del lecho.
2. Instalación del encofrado dentro del agua.
3. Introducción de los agregados de acuerdo al diseño de dosificación.
4. Colado del mortero de cemento en el agregado
5. Fraguado



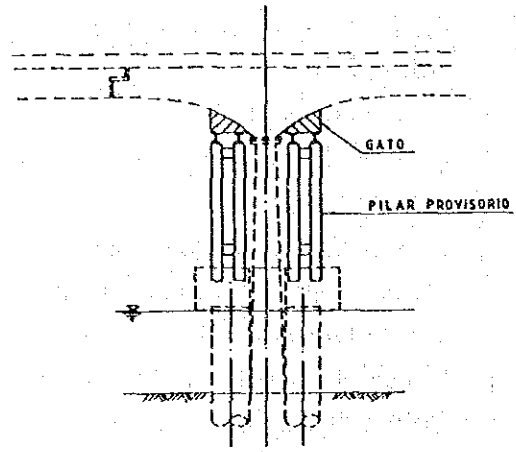
## **(11) Reconstrucción de cepas (Puente Cayumapu)**

A continuación se hace una explicación de la secuencia de actividades para la reconstrucción de las cepa No.2 del puente Cayumapu.

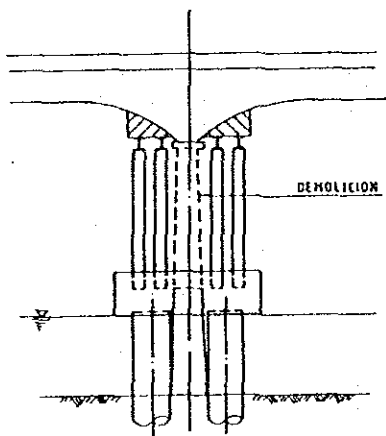
1. Preparación e instalación de camino de acceso y puente provisional para facilitar el movimiento de la máquina de hincado de pilotes
2. Hincado de pilotes.
3. Construcción del dado de pilotaje (o zapata) para los nuevos pilotes, dejando la armadura de refuerzo y un espacio entre sus paredes y las de la fundación existente.
4. Instalación de las columnas de acero (de sección tipo "H") provisionales e instalación de la viga pórtico. Cabe señalar que las bases de éstas columnas quedarán empotradas en la zapata nueva. Instalación de gatos sobre la cabeza de apoyo
5. Demolición de cepas existentes
6. Colocación de armaduras de refuerzo para la nueva cepa, encofrado y apuntalamiento.
7. Vaciado y curado del hormigón.
8. Colocación de apoyos, y utilizando gatos reubicar las vigas.
9. Retiro de estructura soporte y puente provisionales.



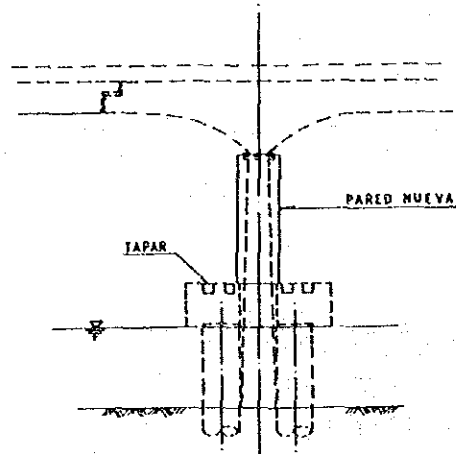
3) CONSTRUCCION DE PILOTE IN SITU Y FUNDACION



4) SOPORTE SUPERESTRUCTURA CON PILAR PROVISORIO



5) DEMOLICION DE PARED DE CEPAS ORIGINAL



6) CONSTRUCCION DE CEPAS NUEVA

Figura 4-27 : REPOSICION DE CEPAS

### 4-3-3 MATERIALES, CALIDAD Y SUPERVISIÓN

#### (I) Materiales

A continuación se presenta un resumen de las resistencias admisibles de los materiales más importantes que serán utilizados en el diseño de rehabilitación.

Método de rehabilitación o ítem	Parte del puente	Material a usarse	Resist. Admisible	Puentes
Reposición de la losa	Losa	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	CLARO
Adhesión de placas de acero	Losa	Placas de acero	$f_t = 1400 \text{ kg/cm}^2$	PULLALLY
Inyección de resinas	Losa			AMOLANAS, etc.
Parcheo (patching)	Losa	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	BIOBIO
Reparación del arco	Sup. Inf. del arco	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	CLARO
Rehabilitación de apoyos Gerber	Apoyos Gerber	Placas de acero	$f_t = 1400 \text{ kg/cm}^2$	CAYUMAPU
Ensanchamiento de apoyos	Cabezales infraest.	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	AMOLANAS, etc.
Refuerzo de cepas	Cepas-columnas	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	AMOLANAS
Reparación de cepas	Cepas-pared	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	RAMADILLAS, etc
Revestimiento de piedra	Pared de cepas	Mortero de cemento	$\text{cont. cem.} = 500 \text{ kg/m}^3$	CLARO
Reparación de fundaciones	Fundación de cepas	Hormigón colado	$f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$	CLARO
Refuerzo de fundaciones	Zapatas	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	LONCOMILLA, etc
Pilotes adicionales	Fundación	Hormigón	$f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	LONCOMILLA
Pilotes adicionales	Fundación	Triple riel	$f_t = 1400 \text{ kg/cm}^2$	RAMADILLAS, etc
Construcción de cepas nuevas	Cepas	Acero	$f_t = 1400 \text{ kg/cm}^2$	MALLECO
Juntas de extensión	Juntas			MAIPO, etc.
Apoyos	Aparato de apoyo	Neopreno		LONCOMILLA, etc
Protección contra colapsos	Travesaños	Barras de acero postensado	$0.70 f_u = 12300 \text{ kg/cm}^2$	MAIPO
Protección contra colapsos	Extremos de vigas	Cadenas		BIOBIO, etc.
Pintado	Vigas de acero			PULLALLY, etc.

Método de rehabilitación o ítem	Parte del puente	Material a usarse	Resist. Admisible	Puentes
Barandado	Barandado			CLARO, etc.
Construcción de losas rampa	Accesos	Hormigón	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	AMOLANAS, etc.
Reparación del camino	Accesos	Asfalto		AMOLANAS, etc.
Protección contra socavación	Lecho (solera)	Gaviones		PULLALLY, etc.
Protección contra socavación	Lecho (solera)	Escolle-rado de piedra bolón	diámetro: $\phi \geq 30 \text{ cm}$	LONCOMILLA, etc.

#### Normas específicas para materiales importantes

Material	Norma	Tensión admisible	Especificación
Fierro para armadura	Grado 40	$2800 \text{ kg/cm}^2$ (lim.sup.fluencia)	AASHTO M031 / ASTM A615
Material de acero		$2500 \text{ kg/cm}^2$ (lim.sup.fluencia)	AASHTO M183 / ASTM A036
Material	Grado 250	$17600 \text{ kg/cm}^2$ (Resistencia final)	AASHTO M204 / ASTM A416

## **(2) Calidad y supervisión**

Los trabajos de rehabilitación debe basarse estrictamente a los planos constructivos y al diseño. Es muy importante señalar que el control de calidad de las estructuras tiene relación directa con la seguridad, y ésta es la razón por la cual, la supervisión es de suma importancia. Deberá tomarse especial cuidado en la ejecución de los siguientes ítemes.

### **1) Trabajos en suelos**

Las fundaciones de los puentes Amolanas y Malleco deberán ser hincadas en la capa rocosa. Por otra parte, para la instalación de los protectores anti-socavación en el Puente Maipo, los trabajos de excavación en las zonas aledañas a las fundaciones deben ejecutarse sin dañar las zapatas.

### **2) Trabajos en hormigón**

El control de calidad debe efectuarse de acuerdo un procedimiento que considere los siguientes puntos y otros que sean necesarios:

1. Determinación de características (ejemplo: resistencia a la compresión, slump, etc.), y sus respectivas normas (valores de tensiones admisibles, dimensiones, etc.).
2. Determinación de las formas de inspección, los fundamentos de control, etc.
3. Determinación del método de archivo de datos y su presentación, y los fundamentos para su evaluación.
4. Ejecución del control simultáneamente al desarrollo de los trabajos; de tal manera que si se detecta alguna anomalía o defecto, se estudie la causa, y se determine el rechazo del elemento en cuestión o la reforma del cronograma de obras.

Además, puesto que para los puentes Amolanas (cepas) y Claro (arco) se utilizará el hormigonado mediante bombas inyectoras, se deben preparar previamente planos con detalles constructivos, planos del equipo y su instalación (emplazamiento, detalles del tipo de equipo, capacidad, y tubería de inyección); y debe planificarse detalladamente los procedimientos de inyección o lanzado, métodos de reparación de averías, etc.

### 3) Encofrados y apuntalamiento

Cuando se trata de estructuras importantes o de gran envergadura, es necesario que también se diseñe el sistema de encofrados.

Para esto, se deben tomar en cuenta los esfuerzos verticales provenientes de los encofrados, puntales o soportes, armaduras de refuerzo, personal en general, maquinaria y equipo de construcción, etc.; y también los esfuerzos horizontales tales como la presión hidrostática del hormigón fresco (recién vaciado) u otros.

Un mal diseño de los encofrados puede originar asentamientos y/o deformaciones horizontales, y consecuentemente una mala precisión en el hormigonado a consecuencia de la insuficiente capacidad soporte para el vaciado del hormigón. Consecuentemente, antes de la construcción debe estudiarse debidamente el terreno de fundación, y en base a esto seleccionar el sistema y tipo más apropiado para los encofrados y puntales.

### 4) Trabajos de inyección

#### 1. Material:

Los adhesivos que generalmente se utilizan para los trabajos de inyección son las resinas Epóxy o las de poliéster. Comparativamente, las desventajas que tienen las resinas del tipo poliéster son: su alta contractibilidad, bajo poder adhesivo, y su poca resistencia a la fatiga, además de sus características adversas al agua. Sin embargo, tiene las siguientes cualidades: temperatura de curado inferior a las resinas epóxicas y baja viscosidad, siendo entonces muy aplicable para fisuras delgadas.

#### 2. Inyección:

Puesto que éstos adhesivos son muy sensibles a los cambios de temperatura, es recomendable que los trabajos de inyección se realicen cuando la temperatura ambiente oscile entre 10°C y 30°C, y la temperatura de la superficie de hormigón sea mayor de 10°C.

### 5) Trabajos de adhesión de placas de acero

Las características específicas de las resinas epóxicas que se utilizarán para éstos trabajos deben cumplir con las condiciones señaladas a continuación:

Peso específico	1.1 – 1.9 (error admisible de 5%)
Tiempo de endurecimiento (límite máximo de aplicación)	6 horas o más
Resistencia a la flexión	400kg/cm <sup>2</sup> o más
Resistencia a tracción	200kg/cm <sup>2</sup> o más
Resistencia al corte	150kg/cm <sup>2</sup> o más
Resistencia a compresión	700kg/cm <sup>2</sup> o más (punto de rotura)
Impacto	2kg/cm <sup>2</sup> o más
Módulo de elasticidad	10000kg/cm <sup>2</sup> o más
Módulo de flexión	10000kg/cm <sup>2</sup> o más
Mód. de compresibilidad	10000kg/cm <sup>2</sup> o más
Grado de viscosidad	35000 – 65000cP

Por otra parte, las placas de acero deben ser perforadas en el taller o fábrica y no en el terreno; además, el diámetro de los huecos debe ser mayor que el de los anclajes en 5mm-10mm.

### 6) Pilotaje

Básicamente los pilotes deben hincados de tal manera que alcancen al estrato resistente; ésta condición es muy importante, especialmente para el caso de Chile.

Previamente al hincado de los pilotes, se requieren los ensayos para la verificación de la resistencia contra los esfuerzos de fricción. Además, se requiere que los puntos de unión de los pilotes con el dado comunicante (o zapata) sean bastante firmes para soportar los esfuerzos horizontales provenientes de sismos, etc. Deben preverse las contramedidas para reforzar los dados de fundación para el supuesto caso que ocurran descentramientos en el hincado.

### 7) Cepas con estructura de acero

Para la construcción de éste tipo de cepas deben tomarse las siguientes precauciones:

1. Las mediciones antes y durante la construcción son de trascendental importancia. Por ésta razón, debe verificarse constantemente que la posición de las bases, los apoyos, y todo el ensamblaje del armazón esté siempre conforme al panel de la estructura.
2. La supervisión de éstas obras debe realizarse verificando siempre la seguridad mediante las mediciones y el cálculo de las deformaciones y tensiones que se originen en cada etapa de la construcción, considerando las características de éste tipo de estructuras.
3. Es también muy importante, que los datos provenientes de todo ensayo o inspección (resistencia del suelo, materiales, juntas, precisión de ensamblado, deformaciones, etc.), que se realicen durante la construcción sean registrados en el libro de supervisión.



#### **4-3-4 MEDIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE**

##### **(1) Control de la seguridad**

Las medidas de seguridad en la construcción son para la protección del personal, vecindario, y los usuarios. En cuanto al personal, deben evitarse los trabajos peligrosos, o que sean perjudiciales para la salud, y además, debe facilitarse en la obra de minuciosas instrucciones de seguridad para el personal. Y además, se debe asignar un encargado titular para el mantenimiento de la seguridad para la comunicación y coordinación en cada actividad, para el patrullaje, y para el mantener la seguridad del equipo de las instalaciones.

##### **(2) Medio ambiente del vecindario**

Al respecto de los problemas relacionados con el medio ambiente y que son generados con los trabajos de construcción;

1. Al ubicar las áreas de acopio de materiales y ubicar los desvíos (o rutas alternativas), deben tomarse las medidas necesarias para no crear problemas con los pobladores y campos de cultivo.
2. Es necesario tomar las medidas necesarias para la eliminación de aguas servidas provenientes de las instalaciones y de la construcción, mediante tuberías, alcantarillados, etc.
3. Los objetos peligrosos, sustancias químicas nocivas, desperdicios de hormigón, y otros deben ser depositados en lugares predeterminados para su posterior eliminación.
4. Deben efectuarse exploraciones preliminares para ubicar las tuberías y otras instalaciones concernientes con el sistema de distribución de agua potable y alcantarillado público, a fin de evitar daños con los trabajos de construcción.
5. Deben protegerse los tendidos alámbricos de luz y otros, o en su defecto deben ser reubicados.

### (3) Seguridad de tráfico

Dependiendo de las construcciones se tiene la necesidad del control de las vías de tráfico y los vehículos. Para éste control se requiere de una planificación coordinada con el cronograma de trabajos y los métodos constructivos. Además, se necesita que se instale en el terreno lo siguiente: señalización de caminos, carteles de precaución, cordones-conos-luces de seguridad, alumbrado, semáforos, etc.; también es muy conveniente la disponibilidad de personal que dirija el tráfico.

Finalmente, considerando la importancia de los puentes para la red vial, es necesario que también se den difusión a las obras mediante servicios informativos oficiales, como ser periódicos, radio, etc.

#### 4-4 ESTIMACIÓN DE COSTOS

##### 4-4-1 COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN

Primeramente se hace una breve presentación del método de evaluación de precios en los trabajos de reparación y construcción de puentes que el Ministerio de Obras Públicas utiliza.

$$\text{Precio} = (\text{costo directo} + \text{gastos generales} + \text{Utilidades de compañía}) + \text{IVA}$$

$$P = (CD + GG + UC) + \text{IVA}$$

donde:

- P : Precio de construcción (precio total utilizado en presupuestos de construcción y licitaciones)
- CD : Costo directo (costo de materiales + mano de obra + equipo & maquinaria + transporte, etc.)
- GG : Gastos generales (gasto indirectos, gastos administrativos)
- UC : Utilidades para la compañía (ganancias)
- IVA: Impuesto del valor agregado (decidido por el gobierno, igual a 18%)

En cuanto a los Costos Directos (CD), se utilizaron como base de referencia los costos directos estipulados en la "Plan Nacional de Puentes, Programa de Rehabilitación y Conservación Vial".

Por otra parte, los Gastos Generales (GG) y las Utilidades para la Compañía (UC) dependen de las empresas o compañías, y generalmente el total (GG+UC) oscila entre el 30% y 40 % de los costos directos. En el presente estudio, se adopta para el diseño preliminar un valor total de 40%.

Finalmente, el Impuesto del Valor Agregado (IVA) se aplica al total parcial, o sea a la suma {CD+(GG+UC)}, y su valor porcentual es del 18%.

A continuación se citan las referencias que se utilizaron para la estimación de costos:

- (i) Plan Nacional de Puentes, Programa de Rehabilitación y Conservación Vial (Especificaciones Técnicas Generales, Mayo 1983);
- (ii) ONDAC, El Manual de la Construcción, Edición N° \_\_\_\_\_;
- (iii) Normas de Autopistas (de N°1 a N°5).

#### 4-4-2 PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios utilizados en el presente estudio están basados en los precios estándar del Ministerio de Obras Públicas (MOP), los cuales están enumerados y clasificados por ítemes. En éste estudio, los precios de los principales ítemes que se utilizaron para el diseño preliminar de rehabilitaciones, fueron nuevamente determinados de acuerdo al tipo de construcción y consultando con el MOP (ver Tabla 4-10). Sin embargo, para los casos en que a pesar de referirse a ítemes similares, se tienen variaciones, ya sea por los métodos, etc., se hicieron aproximaciones para estimar los de adicionales.

Tabla 4-10 : RESUMEN DE PRECIOS UNITARIOS BÁSICOS

No	Ítem	Unidad	Precio Unitario (Pesos)	Observaciones
201	Excavación a máquina	m <sup>3</sup>	1.500	Incluye relleno residuos
202	Excavación a mano en seco	m <sup>3</sup>	14.000	Incluye relleno residuos
203	Excavación en agua	m <sup>3</sup>	2.500	Incluye entibaciones, bombeo, etc.
204	Excavación en roca (incl.pied.bolónes)	m <sup>3</sup>	3.000	Incluye elimin. de escombros
241	Construcción de pilotes in-situ	ml	90.000	Material más hincado
244	Pilotes triple riel	ml	40.000	Material más hincado
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	6.000	
261	Acero en barras (A-63-42H)	Ton.	275.000	
263	Barras para Hormigón Postensado (ASTM-A-416)	No.	24.000	Puente Maipo
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	56.000	Excluye moldaje
277	Hormigón colado 180 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	62.000	
279	Losa de acceso (aproximación)	m <sup>3</sup>	83.000	Precio global
428	Mampostería de piedra	m <sup>3</sup>	40.000	Precio global
429	Materiales para revestimiento de piedra	m <sup>2</sup>	41.300	Espesor de 4cm.
430	Revest. de piedra (inyección, etc)	m <sup>3</sup>	62.000	Costo de construcción

## (continuación de Tabla 4-10: RESUMEN DE PRECIOS UNITARIOS BÁSICOS)

No	Ítem	Unidad	Precio Unitario (Pesos)	Observaciones
435	Demolición de hormigón armado	m <sup>2</sup>	20.000	Hasta 30cm. de espesor
511	Puentes provisionales, vías alternativas	Gl.	-----	Varía en c/caso
802	Losa de hormigón prefabricado	m <sup>3</sup>	120.000	Precio global
805	Drénajes	No.	14.000	
815	Pavimentación	m <sup>2</sup>	5.000	
830	Reposición de barandados	ml	26.000	
835	Inyección de resinas	ml	2.500	
855	Instalación de juntas de expansión	ml	33.000	
950	Parcheo de losa	m <sup>2</sup>	51.000	Precio global
955	Protectores anti-socavación	m <sup>3</sup>	26.000	
956	Escollerados	m <sup>3</sup>	9.500	
965	Apoyos de Neopreno	No.	330.000	
970	Pintado	m <sup>2</sup>	1.500	
975	Instalación de anclajes	No.	4.400	
976	Ampliación de cabezal de apoyo	No.	29.000	Tipo de acero
977	Rehabilitación de Gerbers	No.	175.000	De acero (no incluye aparato de apoyo)
978	Protectores anti-colapsos	No.	42.000	Tipo de cadenas
979	Rehabilitación de vigas de acero	Ton.	350.000	
980	Cerchas metálicas	Ton.	800.000	Puente Malleco
981	Adhesión de placas de acero	m <sup>2</sup>	45.000	

### 4-4-3 RESUMEN DE COSTOS Y PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN

#### (1) Resumen de general de precios

Tabla 4-11 : RESUMEN DE PRECIOS DE REHABILITACIÓN

Puente	Principales métodos de rehabilitación	Precio general (Pesos)	Observaciones
AMOLANAS	Refuerzo de la sección de las cepas, Inyección de resinas epóxica	81'853.000	
PULLALLY	Adhesión de placas de acero, Ensanchamiento de apoyos para las vigas	96'753.000	
MAIPO	Protectores contra colapsos, Protectores contra socavación	38'826.000	
CLARO	Construcción de arco de hormigón armado, Revestimiento de piedra	396'429.000	
LONCOMILLA	Refuerzo de fundaciones, Protectores contra socavación	428'299.000	
BIOBIO	Inyección de resinas epóxicas, Protectores contra colapsos	148'800.000	
RAMADILLAS	Refuerzo de fundaciones, Ensanchamiento de cabezas de apoyo	352'703.000	
MALLECO	Construcción de nuevas cepas metálicas	3.955'549.000	En caso de que se construyan 8 cepas
PICHOY	Refuerzo de fundaciones, Protectores contra colapsos	170'960.000	
CAYUMAPU	Reconstrucción de infraestructura, Rehabilitación de Gerber	103'347.000	

## (2) Costos y precios de construcción para cada puente

### 1) Puente Amolanas

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
202	Excavación a mano en seco en ton.	m <sup>3</sup>	50	14.000	1.00	700
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	785	6.000	2.00	9.420
261	Acero en barras (A-63-42II)	Ton	13	275.000	2.00	7.150
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	130	56.000	2.00	14.560
279	Losa de acceso (aproximación)	m <sup>3</sup>	36	83.000	1.00	2.988
815	Pavimentación	m <sup>2</sup>	200	5.000	1.00	1.000
835	Inyección de resinas	ml	4.240	2.500	1.00	10.600
855	Instalación de juntas de expansión	ml	68,50	33.000	1.00	2.260
976	Ampliación de cabezal de apoyo	No	2	29.000	15.00	870
Total Parcial						49.548
Gastos Grales y Utilids (40%)						19.819
I.V.A. (18%)						12.486
TOTAL						81.853

### 2) Puente Pullally

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
203	Excavación en agua	m <sup>3</sup>	175	2.500	1.00	438
835	Inyección de resinas	ml	3.060	2.500	1.00	7.650
855	Instalación de juntas de expansión	ml	45	33.000	1.00	1.485
955	Protectores anti-socavación	m <sup>3</sup>	250	26.000	1.00	6.500
970	Pintado	m <sup>2</sup>	4.600	1.500	1.20	8.280
976	Ampliación de cabezal de apoyo	No	16	29.000	1.00	464
981	Adhesión de placas de acero	m <sup>2</sup>	750	45.000	1.00	33.750
Total Parcial						58.567
Gastos Grales y Utilids (40%)						23.427
I.V.A. (18%)						14.759
TOTAL						96.753

### 3) Puente Maipo

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
201	Excavación a máquina	m <sup>3</sup>	600	1.500	1.00	900
203	Excavación en agua	m <sup>3</sup>	200	2.500	1.00	500
263	Barras para Hormigón Postensado (ASTM-A-416)	No	78	24.000	1.00	1.872
855	Instalación de juntas de expansión	ml	300	33.000	1.00	9.900
955	Protectores anti-socavación	m <sup>3</sup>	390	26.000	1.00	10.140
956	Escollerados	m <sup>2</sup>	20	9.500	1.00	190
Total Parcial						23.502
Gastos Grales y Utilids (40%)						9.401
I.V.A. (18%)						5.923
TOTAL						38.826



#### 4) Puente Claro

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coeñ	Precio (1000 pesos)
202	Excavación a mano en seco	m <sup>3</sup>	10	14.000	1.00	140
203	Excavación en agua	m <sup>3</sup>	20	2.500	1.00	50
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	1.090	6.000	1.50	9.810
261	Acero en barras (A-63-42H)	Ton	21	275.000	1.50	8.663
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	210	56.000	1.50	17.640
277	Hormigón colado 180 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	200	62.000	1.00	12.400
428	Mampostería de piedra	m <sup>3</sup>	300	40.000	1.00	12.000
429	Materiales para revest. de piedra	m <sup>2</sup>	2.300	41.300	1.00	94.990
430	Revest. de piedra (inyección, etc)	m <sup>3</sup>	230	62.000	1.00	14.260
435	Demolición de hormigón armado	m <sup>2</sup>	1.400	20.000	0.50	14.000
802	Losa de hormigón prefabricado	m <sup>3</sup>	280	120.000	1.00	33.600
805	Drenajes	No	24	14.000	1.00	336
815	Pavimentación	m <sup>2</sup>	180	5.000	1.00	900
830	Reposición de barandados	ml	236	26.000	1.00	6.136
855	Instalación de juntas de expansión	ml	18	33.000	1.00	594
955	Protectores anti-socavación	m <sup>3</sup>	400	26.000	1.00	10.400
956	Escollerados	m <sup>3</sup>	160	9.500	1.00	1.520
975	Instalación de anclajes	No	1.150	4.400	0.50	2.530
Total Parcial						239.969
Gastos Grales y Utilids (40%)						95.988
I.V.A. (18%)						60.472
TOTAL						396.429

### 5) Puente Loncomilla

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
241	Construcción de pilotes in-situ	m <sup>3</sup>	288	90.000	1.20	31.104
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	490	6.000	1.20	3.528
261	Acero en barras (A-63-42H)	Ton	240	275.000	1.20	66.000
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	295	56.000	1.20	19.824
435	Demolición de hormigón armado	m <sup>2</sup>	96	20.000	1.20	2.304
511	Puente provisional, vfa alternativa	m <sup>3</sup>	300	350.000	1.20	126.000
830	Reposición de barandados	ml	20	26.000	1.00	520
855	Instalación de juntas de expansión	ml	25	33.000	1.00	825
955	Protectores anti-socavación	m <sup>3</sup>	30	26.000	1.20	936
956	Escollerados	m <sup>3</sup>	200	9.500	1.20	2.280
965	Apoyos de Neopreno	No	18	330.000	1.00	5.940
Total Parcial						259.261
Gastos Grales y Utilids (40%)						103.704
I.V.A. (18%)						65.334
TOTAL						428.299

### 6) Puente Biobio

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
835	Inyección de resinas	ml	5.700	2.500	1.00	14.250
950	Parcheo de losa	m <sup>2</sup>	115	51.000	1.00	5.865
970	Pintado	m <sup>2</sup>	34.250	1.500	1.20	61.650
976	Ampliación de cabezal de apoyo	No	20	29.000	1.00	580
978	Protectores anti-colapsos	No	184	42.000	1.00	7.728
Total Parcial						90.073
Gastos Grales y Utilids (40%)						36.029
I.V.A. (18%)						22.698
TOTAL						148.800

## 7) Puente Ramadillas

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
201	Excavación a máquina	m <sup>3</sup>	200	1.500	1.00	300
203	Excavación en agua	m <sup>3</sup>	100	2.500	1.00	250
244	Pilotes triple riel	ml	260	40.000	1.00	10.400
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	1.420	6.000	1.00	8.520
261	Acero en barras (A-63-42H)	Ton	54	275.000	1.00	14.850
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	680	56.000	1.00	38.080
435	Demolición de hormigón armado	m <sup>2</sup>	220	20.000	1.00	4.400
511	Puente provisional	ml	120	350.000	1.00	42.000
511	Vía alternativa	ml	240	150.000	1.00	36.000
855	Instalación de juntas de expansión	ml	159	33.000	1.00	5.247
965	Apoyos de Neopreno	No	112	330.000	1.00	36.960
970	Pintado	m <sup>2</sup>	6.615	1.500	1.20	11.907
975	Instalación de anclajes	No	1.390	4.400	0.75	4.587
Total Parcial						213.501
Gastos Grales y Utilids (40%)						85.400
I.V.A. (18%)						53.802
TOTAL						352.703

## 8) Puente Malleco

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
201	Excavación a máquina	m <sup>3</sup>	37.700	1.500	1.00	56.550
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	1.150	6.000	1.00	6.900
261	Acero en barras (A-63-42H)	Ton	150	275.000	1.00	41.250
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.450	56.000	1.00	137.200
511	Puente provisional y vía alternativa	ml	800	150.000	1.00	120.000
970	Pintado	m <sup>2</sup>	2 6.000	1.500	1.00	39.000
979	Rehabilitación de vigas de acero	Ton	140	350.000	1.50	73.500
980	Cerchas metálicas	Ton	2.400	800.000	1.00	1'920.000
Total Parcial						2'394.400
Gastos Grales y Utilids (40%)						957.760
I.V.A. (18%)						603.389
TOTAL						3'955.549

### 9) Puente Pichoy

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
201	Excavación a máquina	m <sup>3</sup>	40	1.500	1.00	60
244	Pilotes triple riel	ml	784	40.000	1.00	31.360
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	160	6.000	1.00	960
261	Acero en barras (A-63-42H)	Ton	7	275.000	1.00	1.925
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	90	56.000	1.00	5.040
279	Losa de acceso (aproximación)	m <sup>3</sup>	36	83.000	1.00	2.988
435	Demolición de hormigón armado	m <sup>2</sup>	90	20.000	1.00	1.800
815	Pavimentación	m <sup>2</sup>	400	5.000	1.00	2.000
855	Instalación de juntas de expansión	ml	58	33.000	1.00	1.914
965	Apoyos de Neopreno	No	25	330.000	1.00	8.250
970	Pintado	m <sup>2</sup>	1.960	1.500	1.20	3.528
976	Ampliación de cabezal de apoyo	No	1	29.000	10.00	290
978	Protectores contra colapsos	No	6	42.000	1.00	252
Total Parcial						60.367
Gastos Grales y Utilids (40%)						84.514
I.V.A. (18%)						26.079
<b>TOTAL</b>						<b>170.960</b>

### 10) Puente Cayumapu

No	Ítem	Unid	Cantidad	Precio	Coef	Precio (1000 pesos)
201	Excavación a máquina	m <sup>3</sup>	40	1.500	1.00	60
241	Construcción de pilotes in-situ	m <sup>3</sup>	108	90.000	1.10	10.692
251	Moldaje (encofrados)	m <sup>2</sup>	135	6.000	1.10	891
261	Acero en barras (A-63-42II)	Ton	9	275.000	1.10	2.723
275	Hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	105	56.000	1.10	6.468
279	Losa de acceso (aproximación)	m <sup>3</sup>	36	83.000	1.00	2.988
435	Demolición de hormigón armado	m <sup>2</sup>	70	20.000	1.10	1.540
511	Puente provisional, vía alternativa	ml	80	350.000	1.10	30.800
815	Pavimentación	m <sup>2</sup>	400	5.000	1.00	2.000
955	Protectores contra socavación	m <sup>3</sup>	40	26.000	1.00	1.040
965	Apoyos de Neopreno	No	6	330.000	1.10	2.178
976	Ampliación de cabezal de apoyo	No	1	29.000	10.00	290
977	Rehabilitación de Gerbers	No	6	175.000	1.00	1.050
Total Parcial						62.720
Gastos Grales y Utilids (40%)						25.088
I.V.A. (18%)						15.805
<b>TOTAL</b>						<b>103.613</b>



## **5. PROPOSICIÓN DEL PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES**

### **5-1 CRITERIOS DE LA PROPOSICIÓN**

#### **5-1-1 PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES EN CHILE**

El presente estudio tiene como una de sus principales finalidades, el plantear un programa de conservación y rehabilitación de puentes, que cuente con una metodología técnica y económicamente óptima, y que esté destinada a garantizar la seguridad del tráfico y proveer una ideal administración del mantenimiento de los puentes ubicados sobre la Ruta 5, que es la ruta más importante de la red vial de Chile.

Por medio de las inspecciones efectuadas en el presente estudio, se pudo verificar que una gran mayoría de los puentes de la Ruta 5 se encuentran en un avanzado estado de envejecimiento y con un grado de deterioro muy grave.

Vale recordar que un puente es el componente principal de una red vial, pues cuando las funciones primordiales de un puente se pierden, se generan problemas económicos y sociales que afectan no solo a las regiones aledañas a éste, sino que a todo el país. Además, debido a que la Ruta 5 es la arteria más importante del sistema vial del país, cuyos volúmenes de tráfico se han incrementado rápidamente al ritmo del desarrollo económico, las pérdidas de beneficios e intereses que pudieran ocasionarse por la pérdida total o parcial de las funciones de los puentes sería de una magnitud incalculable. Consecuentemente, la implementación de apropiadas actividades de conservación y rehabilitación de puentes para ésta ruta es considerada como fundamental y de mayor importancia para Chile.

En Chile, paralelamente con la ejecución del presente proyecto, se vienen realizando reparaciones de emergencia, ensanchamiento de calzadas para puentes cuya capacidad de tránsito ha sido vencida, proyectos auto-subsuencionados de diseño y/o construcción para la reposición de puentes, etc. Especialmente en los cruces ubicados en las Regiones 6 y 7, donde de acuerdo al plan nacional, se vienen ejecutando trabajos de rehabilitación a gran escala y ampliación de las rutas nacionales de importancia. Es por esto que varios puentes (por ejemplo: Maule y Piduco) ya están siendo repuestos, coincidiendo con el resultado nuestro estudio donde se recomienda esta medida.

Puesto que el número de puentes que requieren de urgente reparación es de considerable magnitud, la implementación de éstos trabajos requiere del financiamiento de grandes sumas de dinero. Por lo que, considerando que se cuentan con muchas limitaciones económicas, es preciso se implemente una *eficiente rehabilitación de puentes* enmarcados en la medida de esas limitadas posibilidades económicas. En base a esto, se puede aseverar que es indispensable la disponibilidad de un sistema que pueda compilar, procesar y proveer toda información y datos referentes a los puentes, para que así se puedan ejecutar, científica y racionalmente, planes de rehabilitación que incluyan cuantitativa y cualitativamente muchos puentes y actividades. Es por esto que en este estudio se desarrolla y plantea un sistema por el cual se evalúen razonablemente las prioridades y costos de rehabilitación.

### **5-1-2 PROPOSICIÓN DEL PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES**

El análisis de los elementos de juicio de prioridades de rehabilitación involucra muchos factores. Al respecto, es conveniente que las prioridades asignadas en este análisis, considere en forma conjunta, factores técnicos tales como el grado de deterioro de los puentes, funcionalidad, etc, factores constructivos y además otros factores de importancia socio-económica tales como los costos de rehabilitación, volúmenes de tráfico, planes de desarrollo regional, política interna, etc. En este estudio, en base a los datos y resultados obtenidos en el estudio preliminar, se realizó una evaluación del grado de deterioro, y con esto, la selección y determinación de los requerimientos de rehabilitación, y la respectiva estimación de costos. Sin embargo, vale aclarar que se tomaron en cuenta las siguientes prerrogativas:

1. Existe el plan de rehabilitación de puentes de la Ruta 5, pero no el plan de desarrollo de las áreas colindantes con toda ésta.
2. En Chile, la conservación y rehabilitación de puentes se viene ejecutando en intervalos ya establecidos políticamente.
3. Éste es un sistema que trata de determinar en forma lógica las prioridades de rehabilitación, para establecer un plan de conservación y rehabilitación de puentes, aplicable de aquí en adelante en la República de Chile.



La proposición del plan se realiza seleccionando las prioridades de rehabilitación para los puentes objetivo ubicados sobre la Ruta 5, tomando en cuenta las siguientes condiciones y procedimiento:

1. Se hace una comparación en general para todos los puentes ubicados en la Ruta 5, sin tomar en cuenta que por parte de Chile se estén efectuando planes o trabajos de rehabilitación o no.
2. Se determinan las prioridades de rehabilitación desde un punto de vista netamente técnico que considere factores tales como el grado de deterioro, las funciones del puente, tipo de estructura, etc.
3. Se determinan los métodos estándar de rehabilitación y de estimación de costos respectivamente, para las partes afectadas de los puentes cuyo grado de deterioro haya sido evaluado entre los rangos 4 y 5.
4. Cálculo de costos estimados de las rehabilitaciones estándar, para cada puente que esté ubicado sobre la Ruta 5.
5. Cálculo de costos constructivos para los trabajos de rehabilitación, y de los índices de crecimiento de los volúmenes de tránsito.
6. Preparación de cuadros de los índices o parámetros de evaluación de los puentes, ordenados según sus prioridades de rehabilitación determinados en el punto 2.

Las prioridades de rehabilitación se planificaron tomando en cuenta la puntuación que cada puente haya obtenido en la evaluación total (TE). Así, si se trata de hacer un listado de los puentes cuya rehabilitación sea considerada de emergencia absoluta, los puentes candidatos serían los que se muestran en la Tabla 5-1, y si la urgencia de éstos fuera un tanto moderada se tendría la Tabla 5-2. En resumen, se excluyeron los siguientes puentes:

1. Puentes cuya rehabilitación, reposición o plan de reparaciones esté ya determinado con anterioridad.
2. Puentes cuyo grado de deterioro, de las partes que requieran ser rehabilitadas, no sea igual a 5, aunque el TE sea elevado.
3. Puentes que, independientemente del grado de deterioro, esté mal la estructura misma, la ubicación de emplazamiento, etc. y que una simple rehabilitación es insuficiente para su corrección.

**Tabla 5-1 : PUENTES CUYA REHABILITACIÓN ES DE EMERGENCIA ABSOLUTA**

NO	NO	NOMBRE	REG	COST (x1000 PS)	ADT	BA	COST/ ADT	COST/ BA*ADT	TE	L	S	I
1	29	PULLALLY	5	48916	4095	1552	11945	7.7	129	4	4	5
2	70	ANTIVERO PONIEN	6	26511	18182	1574	1458	0.9	120	5	4	3
3	53	PS TENIENTE PON	6	34990	15340	338	2281	6.7	130	4	4	5
1	137	DIGUILLIN	8	163725	12644	683	12949	19.0	124	4	5	5
2	123	NINQUIHUE	8	13313	6485	206	2053	10.0	130	4	4	5
3	140	LAJITA	8	8422	6593	304	1277	4.2	128	4	5	4
4	117	NIQUEN	8	4232	6485	261	653	2.5	122	4	5	3
5	142	BATUQUITO	8	65542	6593	144	9941	69.0	130	4	4	5
6	141	BATUCO	8	11192	6593	331	1698	5.1	125	5	4	4
7	152	BUREO	8	33899	5659	1408	5990	4.3	132	5	4	4
8	143	SALTO DEL LAJA	8	166744	6593	1187	25291	21.3	121	5	5	4
9	160	CHAMICHACO	9	5176	4366	163	1186	7.3	130	5	4	4
10	159	HUEQUEN	9	75540	4366	233	17302	74.3	125	5	5	5
11	165	CHANCO	9	6076	5429	203	1119	5.5	120	5	4	3
12	156	MININCO	9	29034	5659	588	5131	8.7	132	4	5	4
13	161	DUMO	9	85112	4366	294	19494	66.3	118	4	5	3
14	166	QUINO	9	79212	5429	578	14591	25.2	124	4	4	5
15	168	PS PUA	9	8620	5429	314	1588	5.1	123	5	4	4
16	213	RAHUE	10	62582	2898	1539	21595	14.0	123	5	5	5
17	233	TRAPEN BAJO	10	5853	2794	360	2095	5.8	113	4	5	3
				934691								

**Tabla 5-2 : PUENTES QUE REQUIEREN URGENTE REHABILITACIÓN**

NO	NO	NOMBRE	REG	COST	ADT	BA	COST/ ADT	COST/ BA*ADT	TE	L	S	I
1	54	PS TENIENTE ORI	6	17880	15340	324	1166	3.6	128	4	4	4
2	110	PIGUCHEN	7	13798	5971	194	2311	11.9	121	4	4	4
3	108	LONGAVI	7	75423	5971	3326	12632	3.8	128	4	4	4
4	138	RELBUN	8	117684	12644	443	9307	21.0	130	4	4	4
5	134	GALLIPAVO	8	12401	12644	306	981	3.2	128	4	4	4
6	150	BIO-BIO	8	300204	5659	1614	53049	32.9	134	4	4	4
7	124	MENELHUE	8	8082	6485	236	1246	5.3	129	4	4	4
8	149	DUQUECO	8	119631	5659	1505	21140	14.0	118	4	4	4
9	155	ESPERANZA	9	12074	5659	837	2134	2.5	132	4	4	4
10	181	CHADA	9	116063	2828	246	41041	66.8	123	4	4	4
11	171	CAUTIN	9	89613	4798	6713	18677	2.8	123	4	4	4
12	172	METRENCO	9	9222	4793	234	1924	8.2	123	4	4	4
13	188	LELFUCADE 2	10	2926	1856	124	1577	12.7	138	4	4	4
				895001								

ADT: Volumen de tránsito promedio diario

BA : Área del puente

TE : Evaluación total de prioridades de rehabilitación

L : Grado de deterioro de la losa

S : Grado de deterioro de la superestructura

I : Grado de deterioro de la infraestructura

### **5-1-3 ELEMENTOS DE JUICIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE REHABILITACIÓN**

Generalmente para la determinación de las prioridades de un proyectos se utilizan elementos de juicio o parámetros tales como la relación Beneficios/Costos (B/C), o la Tasa Interna de Retorno (TIR), etc. Pero, en el caso de evaluar las prioridades de rehabilitación de los puentes ubicados sobre la Ruta 5, la aplicación de éste tipo de parámetros es casi imposible; y además, los beneficios que se pudieran conseguir con éstos trabajos de rehabilitación son imprecisos y prácticamente insignificantes. Es por estos que en este estudio se adoptaron los parámetros de priorización que se muestran en los siguientes párrafos. En las Tablas 5-3(1) a 5-3(8) se muestra un resumen general de la evaluación total de las prioridades de rehabilitación para todos los puentes objetivo del proyecto.

#### **(1) Evaluación total de prioridades de rehabilitación (TE)**

Éste es un parámetro de evaluación de las prioridades de rehabilitación o reposición que involucra otros elementos de juicio, tales como la evaluación del grado de deterioro calculados en el estudio preliminar, datos referentes a la capacidad portante de los puentes (o resistencia de carga), funcionalidad, etc., y principalmente aquellos que están relacionados con el nivel de servicio de los puentes. El grado de deterioro de un puente, es el parámetro más importante dentro de la evaluación de prioridades de rehabilitación; el procedimiento de cálculo de éste valor se explica en detalle en el inciso 8-3, y los conceptos de las prioridades de rehabilitación se encuentran en el inciso 8-4.

#### **(2) Costos de rehabilitación (COST)**

Los métodos de rehabilitación de puentes que se aplican en Chile están estandarizados, como se muestra en la Tabla 8-4. Éstos métodos estándar de rehabilitación fueron utilizados como base para el establecimiento de los métodos en este estudio. El cálculo de los costos de rehabilitación estimados se efectuó de acuerdo el siguiente procedimiento:

1. Se efectúa el cálculo de costos estimados en base a los ítemes utilizados en la evaluación del grado de deterioro, como se muestran en las Tablas 8-5 y 8-6.
2. Determinación de los métodos estándar a utilizarse en la rehabilitación de las partes cuyo grado de deterioro esté evaluado entre los rangos 4 y 5 (ver Tablas 8-7 y 8-8)
3. Cálculos volumétricos de los trabajos de rehabilitación de acuerdo las Tablas 8-9 y 8-10.

4. Utilizando los precios unitarios para cada método estándar de rehabilitación y su respectivo volumen, se determina el costo de rehabilitación estimado.

**(3) Volumen de tránsito promedio diario (ADT)**

El Gobierno de Chile ha ejecutado estudios de los volúmenes de tránsito a nivel nacional en los años 1988 y 1990. A partir de los índices de crecimiento obtenidos en éstos estudios se hace un pronóstico de los volúmenes de tránsito para los años 1992, 2002 y 2012. En las Figuras 5-1 a 5-6 se muestran las distribuciones de los volúmenes de tránsito estimados para las zonas colindantes con la Ruta 5.

**(4) Relación "Costos de rehabilitación/Volumen de tránsito" (COST/ADT)**

Uno de los principales indicadores de los beneficios que se logran mediante el emplazamiento de un puente, es el tráfico vehicular que se registre por él. Pues generalmente los beneficios logrados en el ahorro de tiempo, y de los costos de operación, tales como el consumo de gasolina, lubricantes, etc. son directamente proporcionales al volumen de tránsito. Es por esta razón que la relación Beneficios/Costos, que generalmente se utiliza en la evaluación de proyectos, es proporcional al volumen de tránsito cuando el costo es constante. Consecuentemente, en este estudio se tomará en cuenta la relación "Costo de rehabilitación vs. Volumen de tránsito diario" como un elemento de juicio para la asignación de prioridades de rehabilitación desde el punto de vista económico. En este caso, cuanto menor sea esta relación, mayor será la eficiencia económica.

**(5) Relación "Costos de rehabilitación/Área del puente/Volumen de tránsito" (COST/BA/ADT)**

La relación COST/ADT, que se describió en el párrafo anterior, tiene tendencia a asignar alta prioridad a puentes de pequeña envergadura cuando el tráfico es constante en la misma sección, pues éstos pueden ser rehabilitados a bajos costos. Es por esto que a fin de evitar esta discrepancia, éste indicador es dividido por el área del puente, para que así se introduzca en la evaluación la influencia del tamaño del puente.

## 5-2 SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO

La evaluación del grado de deterioro de 246 puentes ubicados sobre la Ruta 5, fué realizada en base a los resultados obtenidos durante las inspecciones correspondientes al estudio preliminar.

El estado de deterioro de cada puente fué evaluado tomando en cuenta sus partes estructurales principales agrupadas según su función, estos son los accesorios, infraestructura, y superestructura, además se determinaron los grados de importancia (o pesos) correlativa de cada parte del puente y sus respectivos ítemes de evaluación del daño. A partir de éstos pesos, se hace una evaluación del grado de deterioro, por partes y global, del puente mediante el "Proceso Analítico de Jerarquías", obteniendo así, el grado total de deterioro para cada puente. Éste método de análisis se explica en detalle en el inciso 8-3 de éste informe. Por otra parte, en las Tablas 8-12 y 8-13 se muestran los valores de evaluación absoluta y de los pesos o grados de importancia respectivamente, para un determinado tipo de puente. Para determinar las prioridades de rehabilitación con respecto al grado de deterioro, se tomó como fundamento de evaluación, a la asignación de 5 rangos de evaluación obtenidos mediante un procesamiento estadístico de los resultados del estado de deterioro de todos los puentes.

### **5-3 DECISIONES ENTRE REPOSICIÓN O REHABILITACIÓN DE UN PUENTE**

Se pueden considerar tres casos en los cuales la reposición de un puente se juzga estrictamente necesaria, estos son:

1. Cuando la capacidad del puente es insuficiente para la demanda de tráfico.
2. Cuando la reposición del puente es obligatoria debido a las condiciones hidrológicas, alturas de gálibo insuficientes, etc.
3. Cuando la obsolescencia (vejez) y daños del puente son tan críticos que en vez de una rehabilitación, la reposición total es relativamente más apropiada y conveniente.

Este estudio no está destinado a contemplar los casos 1 y 2 en la plan de rehabilitaciones. Podrían considerarse dos métodos para resolver el problema de la falta de capacidad de tráfico del puente.

1. Ampliación del puente existente, manteniéndolo en servicio, mediante carriles adicionales emplazados paralelamente al puente.
2. Construcción de un nuevo puente con suficiente capacidad, que sustituya al actual.

Actualmente en Chile se está llevando a cabo el ensanchamiento de las vías de tránsito en la Ruta 5, tomando en cuenta éstos dos métodos de solución. Al respecto, cabe señalar que puesto que los objetivos, que motivan al presente estudio, son los de planificar la rehabilitación o reposición de los puentes existentes, y no así el de analizar puentes nuevos adicionales, es que se considera que éstas medidas obedecen a otro plan no relacionado con nuestro estudio.

En la actualidad, es extremadamente muy difícil el predecir cuanto se puede extender la vida útil de un puente por medio de trabajos de rehabilitación. Pues, se han registrado muchos casos en los que a tiempo de ejecutar los trabajos de rehabilitación o al concluir éstos, se detectaron muchos otros defectos adicionales en otras partes estructurales. Por otra parte, la extensión de la vida útil puede variar dependiendo no solo del método o de la escala de los trabajos de rehabilitación, sino también de los tipos de elementos estructurales a ser rehabilitados. Por lo tanto, se asume para éste estudio, que la vida útil de los puentes puede ser extendida por unos 10 años mediante trabajos de rehabilitación.

Suponiendo el caso en que la reposición de un puente es implementada 10 años después, y que su costo actual es de \$us 100.0, considerando descuentos anuales del 6% en 10 años el Precio Neto Actual (PNA) se reduciría al 56%, sin considerar la depreciación. Esto da la pauta para considerar que si los costos de rehabilitación llegan a ser de menos del 44% de los costos de reposición del puente, por más que luego de 10 años su reposición sea estrictamente necesaria, puede considerarse que la ejecución de la rehabilitación es económicamente justificable y adecuada. Consecuentemente, en éste caso, cuanto más alta se hace la proporción de los descuentos, más ventajosa se hace la rehabilitación y podría inclusive ser efectuado a más bajos costos.

En este estudio, la determinación de la rehabilitación o reposición de los puentes se efectúa por medio de un análisis comparativo entre los costos estimados de rehabilitación y la estimación de los costos estándar de la reposición de puentes, según sus dimensiones.

#### 5-4 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS PRIORIDADES

Los criterios de evaluación de las prioridades para decidir la rehabilitación o reposición de un puente, varían de acuerdo a las características de la región, estructura de la organización administrativa, objetivo del mantenimiento, etc.; asimismo, los pesos o grados de importancia de cada uno de los ítemes considerados en la evaluación de los daños, también cambian. Éstos criterios de evaluación que sirven para decidir si un puente se rehabilita o se repone, están conformados por diversos factores estructurales y de ingeniería, tales como las características técnicas del puente, características del sitio de emplazamiento y sus alrededores; así también se tienen factores socio-económicos como el plan de desarrollo nacional, proyecciones de los volúmenes de tráfico, financiamientos, y otros además de los resultados de la evaluación del grado de deterioro. En esta sección, a fin de obtener los grados de prioridad, desde un punto de vista de ingeniería y estructural, se examinan todos los ítemes de evaluación y su respectiva distribución de pesos o grados de importancia.

Existe una gran variedad de metodología o procedimientos al respecto de la selección de los ítemes y técnicas o métodos de evaluación para la toma de decisiones de rehabilitación. En este estudio, tal como se muestra en el inciso 8-4-2 de este informe, se determinan los ítemes de evaluación y su influencia correlativa en la determinación de prioridades creando un 1er Nivel de evaluación; luego, dentro de cada ítem de este primer nivel, se determinan sub-ítemes para ser evaluados en calidad de un 2º Nivel. Seguidamente, utilizando como método de evaluación el análisis de los pesos o grados de importancia por jerarquías estructurales, se determina técnicamente el orden de prioridades de rehabilitación para los puentes objetivo del estudio, ubicados sobre la Ruta 5. Los ítemes de evaluación y los grados de prioridad de rehabilitación se muestran en la Tabla 8-17 de este informe.



## 5-5 EVALUACIÓN A PARTIR DE UN PUNTO DE VISTA SOCIO-ECONÓMICO

### 5-5-1 PLANTEAMIENTO BÁSICO

El planteamiento general, en un estudio de factibilidad, consiste en la evaluación del efecto o influencia estimada que se pueda generar con la implementación o ejecución del proyecto; sin embargo, el aseverar la consecución de éstos efectos, es una tarea muy difícil. Debido a que esto es muy complicado, los métodos tradicionales de evaluación han sido desarrollados mediante una comparación de los beneficios y costos provenientes en forma tangible y cuantitativa de la implementación del proyecto, la cual puede ser expresada únicamente en términos monetarios.

Por ejemplo, en el caso de un proyecto de caminos, los parámetros de evaluación se limitan a los costos de construcción y mantenimiento, y a los beneficios que se obtengan al abaratar los costos, en términos monetarios, o los tiempos de recorrido de los vehículos, los cuales son factores que están relacionados directamente con el usuario y pueden ser contabilizados sin dificultad.

Todo puente, así como toda estructura, tiene una vida media útil, y si no se le proporciona un mantenimiento adecuado, ésta se reduce haciendo que las funciones básicas del puente se pierdan hasta ocasionar la interrupción del tráfico. La pérdida de las funciones de un puente, especialmente en el caso de aquellos con mucha importancia como son los que están ubicados sobre rutas troncales de una red vial, ocasiona grandes e incontables pérdidas. Pues, la suspensión o interrupción de los servicios de un puente al tráfico vehicular afecta no solo a los usuarios, sino que también en forma inmensurable a la sociedad entera.

Aparte de esto, vale recordar que la implementación de trabajos de mantenimiento no representa la generación de beneficios o ganancias; o sea, los trabajos de rehabilitación proporcionan al puente la seguridad en el nivel de servicio o tráfico, pero no incrementa su capacidad de tráfico; esto significa que no se tendrán cambios en los beneficios por el tráfico vehicular antes o después de implementarse la rehabilitación. Consecuentemente, carece de sentido el adoptar tradicionales métodos de evaluación económica mediante comparaciones de los costos invertidos con los, muy limitados o casi nulos, beneficios. Es por esto que la evaluación socio-económica del programa de rehabilitación de puentes de la Ruta 5, formulado en este estudio, pretende la aplicación de la determinación de prioridades de rehabilitación. Aquí, los parámetros de evaluación se limitan a aquellos indicadores socio-económicos que fueron seleccionados luego de un trabajo analítico, y que son requeridos para la ejecución eficiente de los trabajos de rehabilitación o reposición de puentes.

## 5-5-2 ÍTEMES DE EVALUACIÓN

Los ítemes de evaluación que se consideraron para determinar las prioridades de rehabilitación, como indicadores socio-económicos en cuanto concierne al planteamiento del programa de rehabilitación de este estudio, son los siguientes:

1. Exhaustivos planes de desarrollo
2. Áreas de desarrollo importantes
3. Población
4. Volúmenes de tránsito y porcentajes de tráfico pesado

Además de éstos ítemes de evaluación, se consideraron también otros factores del tipo financiero, tales como la escala de financiamientos, condiciones que restringen los fondos y costos de rehabilitación. En cuanto al listado anterior, no se pudo recopilar la suficiente cantidad de datos al respecto de los planes de desarrollo; y los ítemes socio-económicos adoptables para la evaluación y creación de la escala de prioridades, están compuestos de los volúmenes de tránsito, y costos de rehabilitación. Los volúmenes de tránsito pueden ser considerados como el reflejo de las actividades económicas del área donde está ubicado el puente.

5-6 VOLÚMENES DE TRÁNSITO POR LAS RUTAS TRONCALES

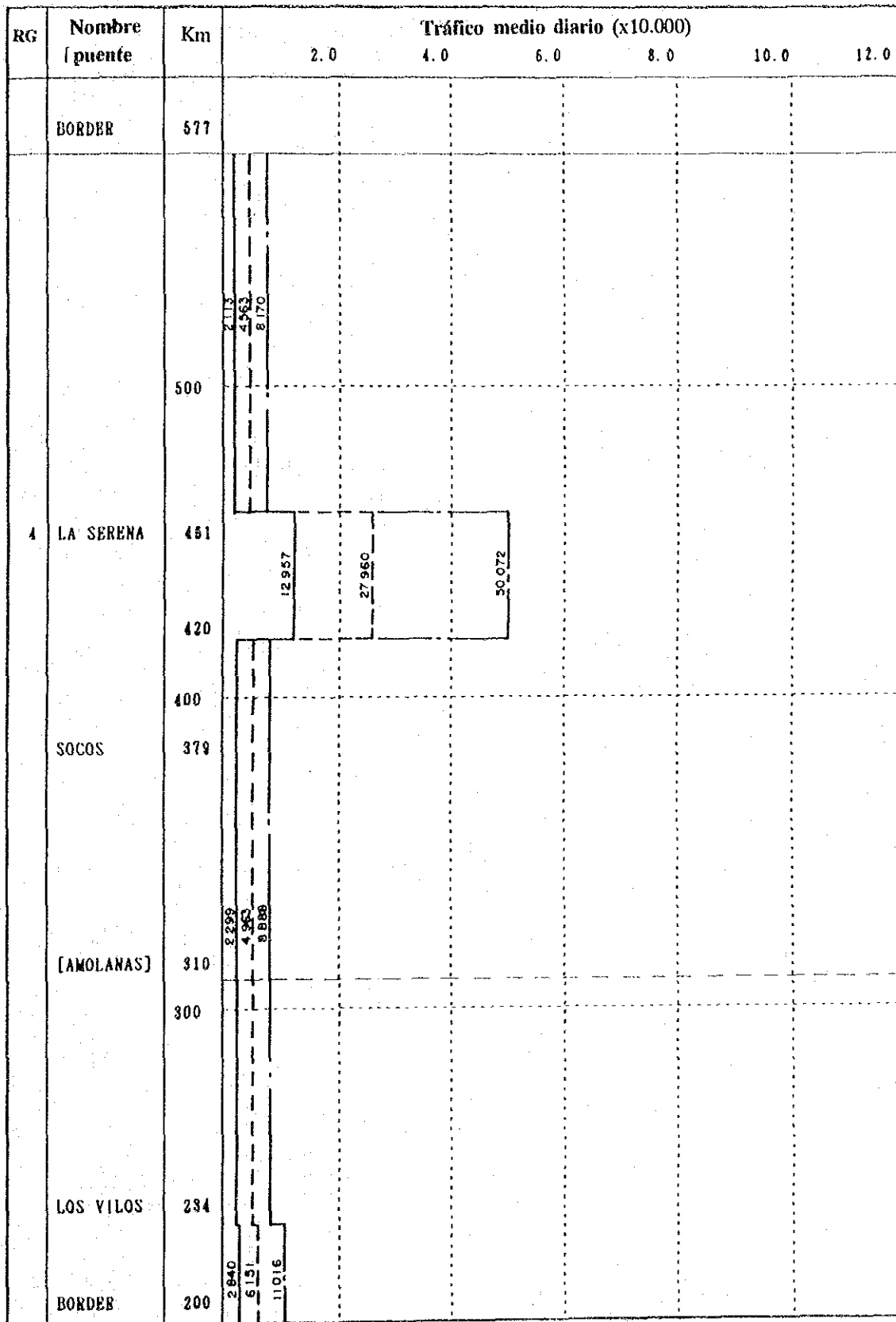


Figura 5-1(1) : VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 4ª

————— 1992 (Año)  
 - - - - - 2002  
 - · - · - 2012

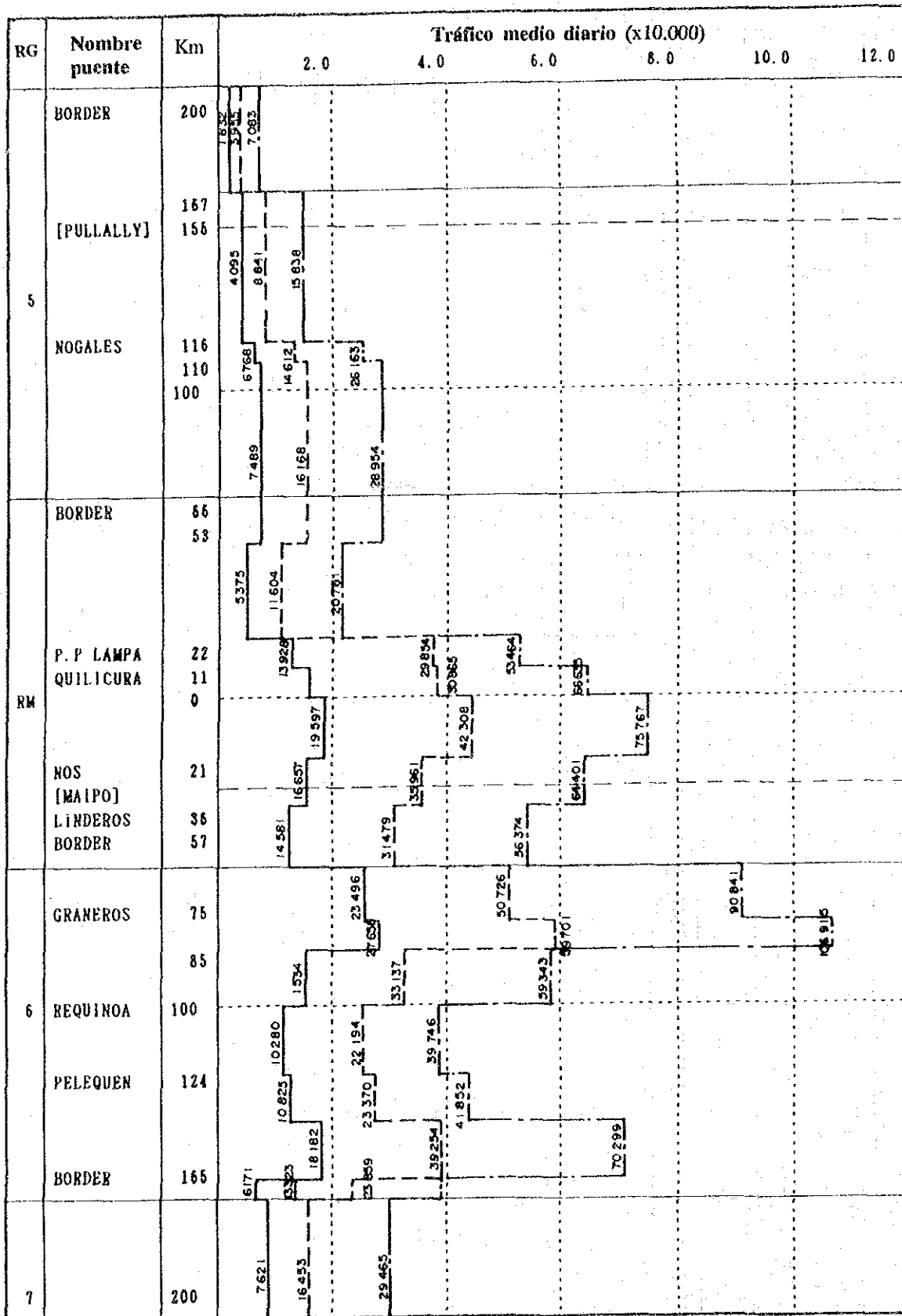


Figura 5-1(2) : VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 5ª, RM, 6ª

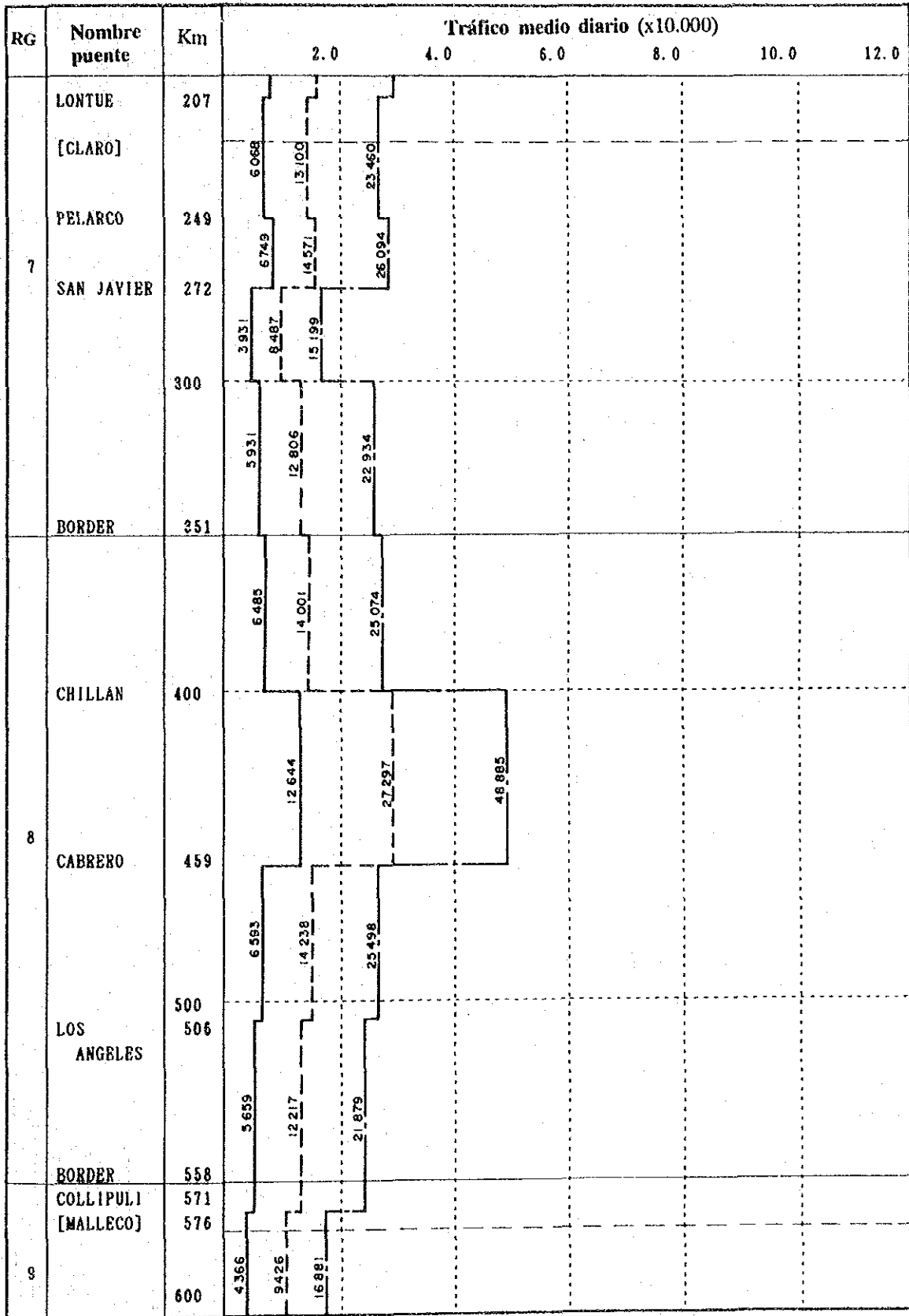


Figura 5-1(3) : VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 7ª, 8ª

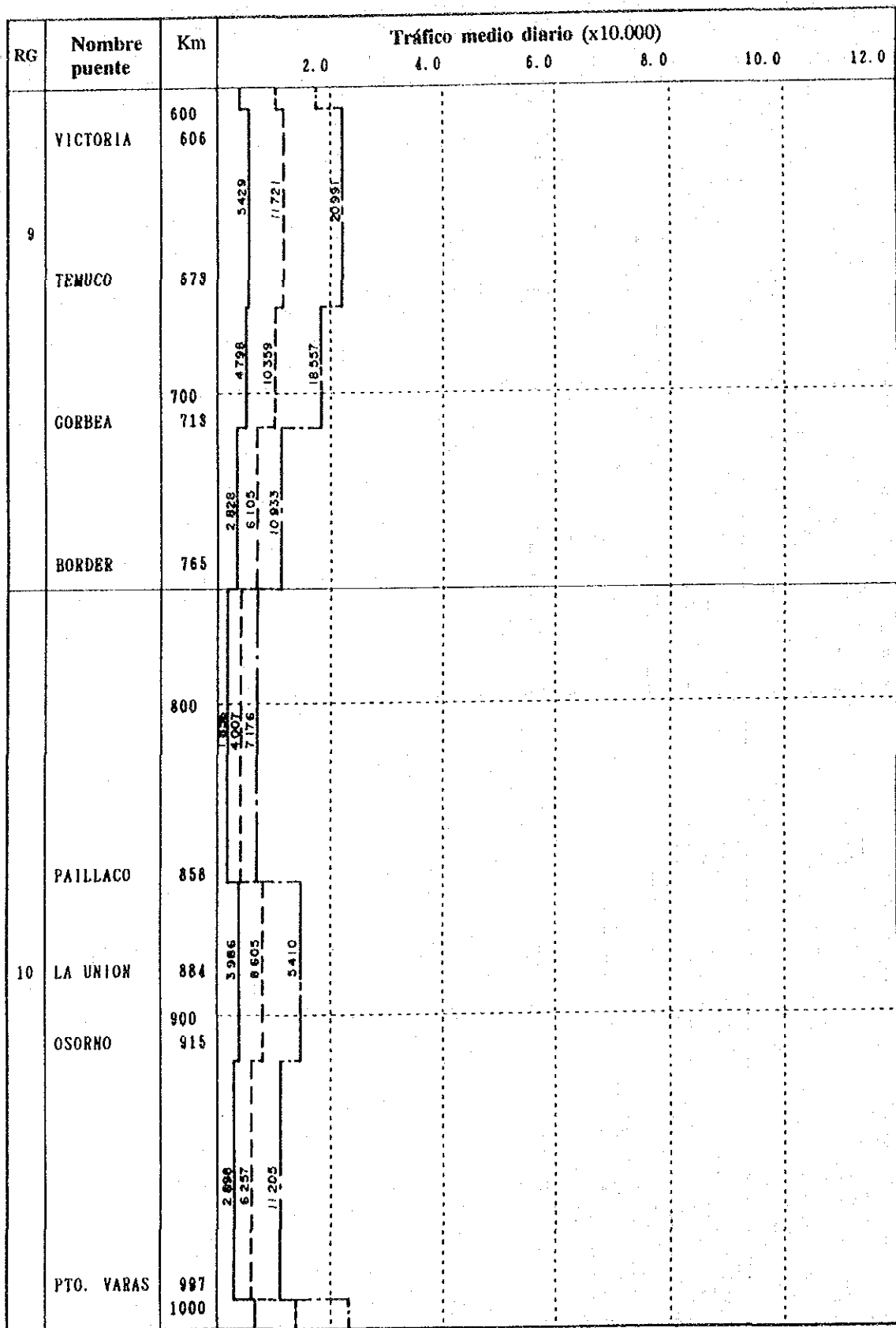


Figura 5-1(4) : VOLUMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 9ª, 10ª

RG	Nombre puente	Km	Tráfico medio diario (x10.000)					
			2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0
10	PTO MONTT	1000	6448					
		1015	13916					
	PARAGNA	1064	2794	5032	10905	24921		

Figura 5-1(5) : VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 10ª

5-7 PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA EVALUACIÓN TOTAL (TE) EN EL ANÁLISIS DE LOS GRADOS DE PRIORIDAD DE REHABILITACIÓN

Tabla 5-3(1)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA.COST (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE		EV.
										L	S	
1	188	LELFUCADE 2	ACE	10	2,926	1,856	124	1,576	12.68	138	4	4
2	98	MAULE PONIENTE	MIX	7	381,783	6,749	2,874	56,569	19.69	137	5	5
3	99	MAULE ORIENTE	ACE	7	163,630	6,749	1,517	24,245	15.98	137	4	5
4	150	BIO-BIO	HAG	8	300,204	5,659	1,614	53,049	32.87	134	4	4
5	152	BUREO	HAG	8	33,899	5,659	1,408	5,990	4.25	132	5	4
6	155	ESPERANZA	HAG	9	12,074	5,659	837	2,134	2.55	132	4	4
7	156	MININCO	HAG	9	29,034	5,659	588	5,131	8.72	132	4	4
8	90	CLARO	ARS	7	17,358	6,068	1,059	2,861	2.70	131	5	3
9	53	PS TENIENTE PON	HA-	6	34,990	15,340	338	2,281	6.75	130	4	5
10	123	NINQUIHUE	LOS	8	13,313	6,485	206	2,053	9.96	130	4	5
11	138	RELBUN	HAG	8	117,684	12,644	443	9,307	21.00	130	4	4
12	142	BATUQUITO	LOS	8	65,542	6,593	144	9,941	69.25	130	4	4
13	160	CHAMICHACO	HA-	9	5,176	4,366	163	1,185	7.29	130	5	4
14	29	PULLALLY	ACE	5	48,916	4,095	1,552	11,945	7.70	129	4	4
15	124	MENELHUE	LOS	8	8,082	6,485	236	1,246	5.28	129	4	4
16	54	PS TENIENTE ORI	ACE	6	17,880	15,340	324	1,166	3.59	128	4	4
17	97	PIDUCO	LOS	7	39,535	6,749	371	5,858	15.80	128	5	5
18	108	LONGAVI	ACE	7	75,423	5,971	3,326	12,632	3.80	128	4	4
19	134	GALLIPAVO	LOS	8	12,401	12,644	306	981	3.21	128	4	4
20	140	LAJITA	ACE	8	8,422	6,593	304	1,277	4.20	128	4	4
21	141	BATUCO	LOS	8	11,192	6,593	331	1,698	5.13	125	5	4
22	159	HUEQUEN	LOS	9	75,540	4,366	233	17,302	74.37	125	5	5
23	137	DIGUILLIN	HA-	8	163,725	12,644	683	12,949	18.96	124	4	5
24	166	QUINO	ARN	9	79,212	5,429	578	14,590	25.24	124	4	5
25	168	PS PUA	LOS	9	8,620	5,429	314	1,588	5.05	123	5	4
26	171	CAUTIN	HAG	9	89,613	4,798	6,713	18,677	2.78	123	4	4
27	172	METRENCO	HA-	9	9,222	4,798	234	1,922	8.21	123	4	4
28	181	CHADA	LOS	9	116,063	2,828	246	41,041	166.72	123	4	4
29	213	RAHUE	ARN	10	62,582	2,898	1,539	21,595	14.03	123	5	5
30	117	NIQUEN	LOS	8	4,232	6,485	261	653	2.50	122	4	5
31	110	PIGUCHEN	LOS	7	13,798	5,971	194	2,311	11.92	121	4	4
32	143	SALTO DEL LAJA	ACE	8	166,744	6,593	1,187	25,291	21.31	121	5	4
33	70	ANTIVERO PONIEN	HAG	6	26,511	18,182	1,574	1,458	0.93	120	5	4



Tabla 5-3(2)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA. COST (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE		EV.	
										L	S		
34	165	CHANCO	ACE	9	618.0	5,429	203	1,119	5.51	120	5	4	3
35	149	DUQUECO	HPO	8	524.0	5,659	1,505	21,140	14.05	118	4	4	4
36	161	DUMO	ARS	9	600.9	4,366	294	19,494	66.36	118	4	5	3
37	233	TRAPEN BAJO	LOS	10	1097.0	2,794	360	2,095	5.81	113	4	5	3
38	167	EL SALTO	ACE	9	621.2	5,429	202	404	2.00	112	3	4	4
39	15	HUENTELAUQUEN	MIX	4	263.0	2,299	2,063	3,824	1.85	111	3	4	3
40	44	PEUCO ORIENTE	ACE	6	61.9	23,496	1,030	371	0.36	111	4	4	3
41	106	ACHIBUENO	HAG	7	305.5	5,971	2,685	7,304	2.72	111	4	4	3
42	88	PIRIHUIN	LOS	7	200.0	6,068	256	1,466	5.73	110	4	4	3
43	104	PANCOA 1	HAG	7	303.7	5,971	790	2,151	2.72	109	4	4	3
44	170	PUMALAL	MIX	9	665.4	5,429	668	5,337	7.99	109	4	4	2
45	175	QUEPE ANTIGUO	ACE	9	690.3	4,798	824	3,068	3.72	108	4	4	3
46	101	PS BOBADILLA	HAG	7	271.8	6,749	385	3,017	7.84	107	4	4	3
47	176	QUEPE NUEVO	MIX	9	690.3	4,798	720	12,445	17.28	107	3	3	5
48	151	DESCARGA	LOS	8	531.9	5,659	902	1,391	1.54	105	3	4	4
49	244	PAINNE PONIENTE	ACE	13	48.3	14,581	190	189	1.00	105	3	4	4
50	169	QUILLEM	HAG	9	639.5	5,429	530	2,439	4.60	104	4	4	2
51	178	PERALES	ACE	9	696.6	4,798	204	886	4.34	104	2	4	4
52	36	EL LITRE	ACE	5	112.6	6,768	433	0	0.00	103	3	3	4
53	81	TENO	HAG	7	178.0	7,621	2,653	5,665	2.14	103	3	4	3
54	95	PS SAN CLEMENTE	HA-	7	252.8	6,749	283	1,546	5.46	103	4	4	3
55	122	NAVOTAVO	LOS	8	378.2	6,485	301	584	1.94	103	4	4	3
56	82	GUAIQUILLO ORIE	HAG	7	194.0	7,621	756	16,427	21.74	102	3	3	4
57	102	QUILIPIN	ACE	7	294.9	3,971	311	35,447	113.99	102	3	3	4
58	147	RARINCO	HA-	8	508.1	5,659	252	1,339	5.31	101	4	3	4
59	185	LO VASQUEZ 3	LOS	9	759.9	2,828	165	36,992	224.19	101	4	3	4
60	14	AMOLANAS	ARN	4	310.0	2,299	1,999	36,682	18.35	100	4	3	4
61	116	PERQUILAUQUEN	HAG	8	351.6	6,485	3,294	21,871	6.64	100	3	4	3
62	22	QUILIMARI	HAG	4	200.6	2,840	844	22,803	27.02	99	3	3	4
63	86	LONTUE ORIENTE	HAG	7	197.0	7,621	1,740	3,135	1.80	99	4	3	3
64	157	MALLECO	ACE	9	576.7	4,366	6,918	25,153	3.64	99	4	4	4
65	17	CHIGUALOCO	HAG	4	244.6	2,299	440	0	0.00	98	3	4	3
66	38	ACONCAGUA-CCOA	HAG	5	100.0	7,489	1,326	275	0.21	98	3	3	4

Tabla 5-3(3)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA.COST (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE		EV.	
										L	S	L	S
67	132 LARQUI	HAG	8	425.6	11,465	12,644	703	907	1.29	98	4	3	3
68	187 LELFUCADE 1	HAG	10	770.8	15,865	1,856	554	8,548	15.42	97	4	3	3
69	245 PAINE ORIENTE	ACE	13	48.3	0	14,581	202	0	0.00	95	3	3	4
70	203 CHOROY	ACE	10	870.6	4,432	3,986	272	1,112	4.09	94	3	4	3
71	13 EL TENIENTE	HAG	4	335.1	1,817	2,299	1,042	790	0.76	93	3	3	3
72	100 LAS VERTIENTES	HAG	7	270.0	34,595	6,749	486	5,126	10.56	93	3	4	3
73	105 ANCOA 2	HAG	7	304.8	7,581	5,971	960	1,270	1.32	93	3	3	4
74	31 TALAQUEN	LOS	5	149.3	3,176	4,095	108	776	7.18	92	3	3	4
75	158 PS PIDIMA	ACE	9	584.5	3,791	4,366	250	868	3.47	92	3	4	3
76	189 NEGRO	ACE	10	775.8	8,951	1,856	1,403	4,823	3.44	92	3	4	3
77	236 LO PINTO 1 ORI.	LOS	13	22.0	0	13,928	123	0	0.00	90	3	3	4
78	20 TOTORALILLO	HAG	4	211.1	0	2,840	676	0	0.00	88	3	3	3
79	79 PEOR ES NADA OR	HAG	6	164.5	0	6,171	626	0	0.00	88	3	3	3
80	107 LIGUAY	HA-	7	316.6	20,528	5,971	780	3,438	4.41	86	3	3	4
81	120 BULI	LOS	8	369.4	6,305	6,485	134	972	7.26	86	4	3	3
82	103 PUTAGAN	HA-	7	295.7	33,368	3,971	936	8,403	8.98	85	3	3	4
83	32 QUEBRADILLA	LOS	5	145.9	0	4,095	304	0	0.00	84	3	3	4
84	33 EL COBRE	LOS	5	123.4	0	4,095	562	0	0.00	84	3	3	4
85	205 CUNO CUNO	ACE	10	873.4	2,830	3,986	272	710	2.61	84	3	4	2
86	43 PEUCO PONIENTE	MIX	6	61.9	4,168	23,496	797	177	0.22	83	3	3	4
87	186 CRUCES	HAG	10	767.9	2,688	1,856	711	1,449	2.04	83	3	3	3
88	23 PS LOS MOLLES	LOS	5	188.0	0	1,832	181	0	0.00	82	3	3	4
89	48 BENITO PONIENTE	HA-	6	74.8	2,726	23,496	157	116	0.74	82	3	3	3
90	177 HUILQUILCO	ACE	9	693.3	4,009	4,798	203	836	4.12	82	3	4	2
91	35 NOGALES	HAG	5	116.0	2,562	6,768	932	379	0.41	81	3	3	3
92	84 PS MAQUEHUA ORI	HAG	7	194.6	11,764	7,621	772	1,544	2.00	81	4	3	2
93	179 PS FREIRE	LOS	9	699.3	3,078	4,798	135	641	4.75	81	4	3	3
94	60 CLARO ORIENTE	HAG	6	114.5	0	10,280	851	0	0.00	80	3	3	3
95	202 LLOLLEHUE	ACE	10	869.2	562	3,986	538	141	0.26	80	4	2	3
96	207 TRAIGUEN	ACE	10	887.1	9,302	3,986	604	2,334	3.86	80	3	4	2
97	92 PANGUE	HAG	7	245.0	8,091	6,068	1,133	1,333	1.18	79	3	3	3
98	24 CHIVATO	HAG	5	185.3	0	1,832	414	0	0.00	78	3	3	3
99	125 PS IANSA	LOS	8	393.6	1,213	6,485	125	187	1.49	78	4	3	3

Tabla 5-3(4)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA.COST (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE	EV.	
											L	S
100	209	FILMAIQUEN	HPO	10	895.0	15,732	3,986	3,947	3.92	78	4	3
101	91	CHAGRES	HA-	7	223.4	2,111	6,068	348	1.24	77	2	3
102	184	LO VASQUEZ 2	HA-	9	759.5	5,313	2,828	1,879	13.03	77	2	3
103	16	MILLAHUE	LOS	4	261.5	2,391	2,299	1,040	3.34	76	3	3
104	27	LONGOTOMA 2	HA-	5	163.2	0	4,095	0	0.00	75	3	3
105	72	TINGUIRIRICA P	HAG	6	143.3	0	18,182	0	0.00	75	3	3
106	25	LA BALLENA	LOS	5	180.2	0	1,832	0	0.00	74	3	3
107	50	CADENA	LOS	6	80.3	11,935	27,653	432	1.38	74	3	3
108	64	RIGOLEMU ORIENT	HAG	6	126.3	0	10,820	0	0.00	74	3	3
109	111	PS COPIHUE	HAG	7	331.4	6,861	5,971	279	4.12	74	3	3
110	200	HUINA HUINA	ACE	10	833.5	5,623	1,856	3,030	6.31	74	3	4
111	204	NISCON	ACE	10	872.5	2,524	3,986	633	2.33	74	3	3
112	131	NEBUCO	HAG	8	414.9	0	12,644	0	0.00	73	3	3
113	214	CHIFIN	ACE	10	973.8	3,172	2,898	1,094	2.63	73	3	4
114	234	PEUCO ORIENTE	LOS	13	41.5	0	5,375	0	0.00	73	3	3
115	12	LA CEBADA	ACE	4	337.9	0	2,299	0	0.00	72	3	3
116	39	PS LA CALAVERA	MIX	5	94.2	0	7,489	0	0.00	72	3	3
117	45	PS TRONCO	LOS	6	66.5	1,006	23,496	43	0.17	72	3	3
118	56	PS LIRIOS ORIENTE	ACE	6	96.7	0	15,340	0	0.00	72	3	3
119	57	PS LIRIOS PONIE	HAG	6	96.7	0	15,340	0	0.00	72	2	3
120	93	LIRCAY 1	HA-	7	251.3	0	6,749	0	0.00	72	3	3
121	113	COLLIGUAY	LOS	7	335.9	968	5,971	162	1.37	72	3	3
122	162	COLO	ARS	9	608.2	8,988	5,429	1,656	3.33	72	3	3
123	197	HUILLINCO	ACE	10	825.1	5,699	1,856	3,071	4.06	72	3	4
124	58	TIPAUME ORIENTE	HAG	6	113.3	0	10,280	0	0.00	71	3	3
125	78	PEOR ES NADA PO	HPO	6	164.5	0	6,171	0	0.00	71	3	3
126	4	CULEBRON PONIE	ACE	4	463.5	0	2,113	0	0.00	70	3	3
127	42	LOS LOROS	LOS	5	77.8	0	7,489	0	0.00	70	3	4
128	21	PS PALO COLORAD	HA-	4	202.7	0	2,840	0	0.00	69	3	3
129	180	TOLTEN	ARM	9	704.0	42,506	4,798	8,859	2.18	69	3	3
130	193	INAQUE	ACE	10	804.0	2,379	1,856	1,282	1.43	68	4	3
131	7	CAMARONES 2	MIX	4	417.0	0	2,299	0	0.00	67	3	3
132	10	QUEBRADA SECA	LOS	4	396.7	0	2,299	0	0.00	66	3	3

Tabla 5-3(5)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA. COST (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE		EV.
										L	S I	
133	40 LAS VEGAS PO	MIX	5	88.4	0	7,489	286	0	0.00	66	3	3
134	112 COPIHUE	LOS	7	332.5	7,440	5,971	236	1,246	5.28	66	3	3
135	5 CULEBRON ORIENT	HA-	4	463.5	0	2,113	461	0	0.00	65	2	3
136	28 LONGOTOMA 1	LOS	5	163.0	0	4,095	156	0	0.00	65	3	3
137	34 EL MELON	LOS	5	120.3	0	4,095	1,048	0	0.00	65	3	3
138	118 COLLIGUAY	LOS	8	361.7	0	6,485	165	0	0.00	65	3	2
139	230 CEBADAL	LOS	10	1089.6	0	2,794	153	0	0.00	65	3	3
140	30 JAURURO	LOS	5	152.9	0	4,095	244	0	0.00	64	3	3
141	41 LAS VEGAS OR	MIX	5	88.4	0	7,489	286	0	0.00	64	3	3
142	46 STA. BLANCA PON	HA-	6	71.5	0	23,496	389	0	0.00	64	2	3
143	61 CLARO PONIENTE	HA-	6	114.5	0	10,280	846	0	0.00	64	3	3
144	148 QUILQUE	LOS	8	514.0	7,830	5,659	152	1,384	9.11	64	3	3
145	190 RUCACO	ACE	10	787.0	14,693	1,856	1,613	7,916	4.91	64	3	3
146	206 LA POZA	ACE	10	883.3	1,457	3,986	271	366	1.35	64	3	2
147	237 LO PINTO 1 PON.	HA-	13	22.0	0	13,928	183	0	0.00	64	3	3
148	65 RIGOLEMU PONIEN	ACE	6	126.3	0	10,820	624	0	0.00	63	2	3
149	139 ITATA	ARS	8	455.3	14,834	12,644	683	1,173	1.72	63	3	3
150	6 LAGUNILLAS	HA-	4	442.4	0	12,951	500	0	0.00	62	3	2
151	49 BENITO ORIENTE	LOS	6	74.8	0	23,496	239	0	0.00	62	3	3
152	121 GAONA	LOS	8	373.5	0	6,485	135	0	0.00	62	3	2
153	154 CANAL RIEGO	ACE	8	554.8	1,004	5,659	104	177	1.71	62	3	3
154	163 TRAIGUEN	ACE	9	609.2	4,204	5,429	300	774	2.58	62	3	2
155	164 TRICAUCO	ACE	9	614.2	1,669	5,429	201	307	1.53	62	3	2
156	235 PEUCO PONIENTE	ACE	13	41.5	0	5,375	162	0	0.00	62	2	3
157	242 PS PAINE ORIENT	HA-	13	45.3	0	14,581	236	0	0.00	62	3	3
158	243 PS PAINE PONIEN	ACE	13	45.3	0	14,581	230	0	0.00	62	3	3
159	247 PS HOSPITAL PON	MIX	13	51.2	0	14,581	733	0	0.00	62	3	3
160	208 RIO BUENO	HPO	10	889.2	28,500	3,986	3,338	7,150	2.14	61	4	2
161	2 FISCAL	HAG	4	474.1	0	2,113	1,191	0	0.00	60	2	2
162	26 HUAQUEN	HA-	5	171.4	0	1,832	632	0	0.00	60	3	2
163	133 PITE	LOS	8	426.8	0	12,644	216	0	0.00	60	3	2
164	135 ESPINAL	LOS	8	433.7	3,811	12,644	226	301	1.33	60	3	2
165	89 ESTERO SECO	HPO	7	201.1	0	6,068	328	0	0.00	58	2	2

Tabla 5-3(6)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA.COST. (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE	EV.	
											L	S I
166	96 PS LIRCAY	HAG	7	255.8	887	6,749	445	131	0.30	57	2	3
167	3 PS LA SERENA	MIX	4	473.9	0	2,113	1,698	0	0.00	56	2	3
168	8 CAMARONES 1	MIX	4	416.0	0	2,299	502	0	0.00	56	2	3
169	218 EL BURRO	ACE	10	1002.9	3,643	6,446	161	565	3.51	56	2	3
170	18 CONCHALI	HPO	4	229.3	0	2,840	495	0	0.00	55	3	2
171	211 PUQUITRE	LOS	10	941.7	4,147	2,898	237	1,431	6.03	55	3	2
172	1 JUAN SOLDADO	ARN	4	503.6	0	2,113	1,542	0	0.00	54	3	3
173	9 EL ALMENDRO	MIX	4	411.9	0	2,299	199	0	0.00	54	2	3
174	11 LIMARI	ARN	4	378.1	0	2,299	1,648	0	0.00	54	3	3
175	153 CHUMULCO	HA-	8	551.6	919	5,659	214	162	0.76	54	3	3
176	191 PS MAFIL	ACE	10	799.7	0	1,856	335	0	0.00	54	2	3
177	217 PESCADO	ACE	10	997.7	2,949	6,446	161	457	2.84	54	1	3
178	221 ARENAS	LOS	10	1044.4	0	2,794	261	0	0.00	54	3	3
179	226 GAUDA	HA-	10	1077.2	1,153	2,794	169	413	2.44	54	3	3
180	59 TIPAUPE PONIENT	HA-	6	113.3	0	10,280	468	0	0.00	53	3	2
181	126 NUBLE	HPO	8	397.7	0	6,485	10,228	0	0.00	52	3	3
182	195 MAFIL 2	ACE	10	808.5	1,887	1,856	259	1,016	3.93	52	3	3
183	216 PS CASMA	ACE	10	996.9	694	2,898	206	239	1.16	52	2	3
184	219 MAULLIN	HPO	10	1028.6	11,058	2,794	633	3,958	6.25	52	3	3
185	246 PS HOSPITAL ORI	HPO	13	51.2	0	14,581	730	0	0.00	52	3	2
186	19 PS EL NEGRO	LOS	4	218.5	0	2,840	419	0	0.00	51	2	3
187	173 PICHIQUEPE ANTI	ACE	9	689.9	0	4,798	192	0	0.00	50	3	1
188	194 MAFIL 1	ACE	10	808.3	5,232	1,856	259	2,819	10.89	50	1	3
189	192 RUCAPICHIO	ACE	10	800.7	0	1,856	632	0	0.00	48	2	3
190	73 TINGUIRIRICA O	HPO	6	143.3	0	18,182	2,850	0	0.00	47	2	2
191	119 VIRGUIN	LOS	8	365.8	0	6,485	140	0	0.00	47	2	2
192	196 MAFIL 3	ACE	10	808.8	1,239	1,856	627	668	1.06	47	3	3
193	232 LOS PALOS	LOS	10	1096.0	1,982	2,794	140	710	5.05	47	3	2
194	47 STA. BLANCA ORI	LOS	6	71.5	2,726	23,496	300	116	0.39	46	2	3
195	69 ANTIVERO ORIENT	HPO	6	140.2	0	18,182	1,574	0	0.00	45	2	3
196	77 DESCARGA 2 PONI	LOS	6	144.5	0	18,182	193	0	0.00	45	2	3
197	37 PS EL OLIVO	ACE	5	108.0	0	7,489	456	0	0.00	44	2	3
198	62 PS PELEQUEN PON	ACE	6	125.6	0	10,820	240	0	0.00	44	2	2

Tabla 5-3(7)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA. COST (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE	EV.	
											L	S I
199	63 PS PELEQUEN ORI	HPO	6	125.6	0	10,820	240	0	0.00	44	2	3
200	66 CHARQUICAN ORIE	HA-	6	133.0	0	10,820	240	0	0.00	44	2	3
201	67 CHARQUICAN PONI	HA-	6	133.0	0	10,820	240	0	0.00	44	2	3
202	74 DESCARGA 1 ORIE	HA-	6	144.4	0	18,182	228	0	0.00	44	2	3
203	75 DESCARGA 1 PONI	HA-	6	144.4	0	18,182	228	0	0.00	44	2	3
204	76 DESCARGA 2 ORIE	HA-	6	144.5	0	18,182	230	0	0.00	44	2	3
205	115 LA VEGA	HA-	7	347.4	3,094	5,971	213	518	2.44	44	3	2
206	144 CALIBORO	LOS	8	488.0	8,853	6,593	217	1,343	6.18	44	2	3
207	182 DONGUIL	ACE	9	721.0	0	2,828	773	0	0.00	44	2	2
208	210 HUITRAL	LOS	10	938.5	2,951	2,898	264	1,018	3.85	44	3	2
209	174 PICHIQUEPE NUEV	MIX	9	698.9	0	4,798	204	0	0.00	43	1	2
210	225 GOMEZ	HA-	10	1077.0	1,031	2,794	388	369	0.95	43	3	2
211	51 PS ALAMEDA	ACE	6	87.3	0	15,340	633	0	0.00	42	3	3
212	52 PS MACHALI	ACE	6	87.9	0	15,340	288	0	0.00	42	3	3
213	71 PS LAS TERMAS	LOS	6	140.4	0	18,182	291	0	0.00	42	3	3
214	114 PARRAL	HPO	7	339.0	0	5,971	164	0	0.00	42	2	2
215	183 PS LONCOCHE	MIX	9	756.4	0	2,828	1,760	0	0.00	42	3	2
216	222 TAYLOR	HA-	10	1064.2	1,128	2,794	166	404	2.44	42	2	3
217	238 PS LO SIERRA	ACE	13	13.2	0	19,597	912	0	0.00	42	3	3
218	239 FFCC SUR LOSA	LOS	13	13.7	0	19,597	355	0	0.00	42	3	3
219	240 PS SUR ACERO	ACE	13	13.7	0	19,597	326	0	0.00	42	3	3
220	241 MAIPO	HPO	13	31.1	2,167	16,657	9,450	130	0.01	42	3	3
221	127 PS CHILLAN	ACE	8	405.7	0	12,644	556	0	0.00	40	1	1
222	145 PASO DE PIEDRA	LOS	8	493.5	0	6,593	182	0	0.00	40	1	2
223	231 MURROR	LOS	10	1091.4	1,982	2,794	154	710	4.61	40	3	2
224	201 EL TREBOL	ACE	10	844.5	1,322	1,856	533	712	1.34	38	2	2
225	136 PAL PAL	HPO	8	440.3	0	12,644	350	0	0.00	37	2	2
226	87 LONTUE PONIENTE	HPO	7	197.0	0	7,621	2,954	0	0.00	34	2	2
227	220 RIO NEGRO	LOS	10	1044.2	2,775	2,794	214	993	4.64	34	2	2
228	215 FORRAHUE	ACE	10	977.1	0	2,898	422	0	0.00	33	1	2
229	198 SAN PEDRO	ACE	10	831.8	9,092	1,856	4,185	4,899	1.17	32	3	2
230	223 TRAPEN	HA-	10	1066.0	0	2,794	376	0	0.00	32	3	1
231	224 ARENAS 2	HA-	10	1068.9	0	2,794	144	0	0.00	32	2	1

Tabla 5-3(8)

NO	NOMBRE	TIPO	REG	km	REHA.COST (x1000)	ADT	BA (m2)	COST /ADT	COST/BA /ADT	TE	EV.		
											L	S	I
232	227 TENIO	LOS	10	1085.0	0	2,794	154	0	0.00	32	2	1	2
233	55 CACHAPOAL	ACE	6	91.5	0	15,340	4,223	0	0.00	31	2	2	3
234	83 GUAQUIILLO PONI	HPO	7	194.0	0	7,621	1,302	0	0.00	29	2	1	2
235	94 LIRCAY 2	HPO	7	251.8	0	6,749	983	0	0.00	29	2	1	2
236	129 PS CONFLUENCIA	LOS	8	410.0	0	12,644	213	0	0.00	29	2	2	1
237	228 ASTIL	LOS	10	1087.8	0	2,794	155	0	0.00	29	1	2	1
238	229 TAMBOR	LOS	10	1088.7	0	2,794	358	0	0.00	29	2	2	1
239	85 PS MAQUEHUA PON	HPO	7	194.6	0	7,621	750	0	0.00	25	1	1	2
240	212 DAMAS	HPO	10	949.4	3,484	2,898	684	1,202	1.76	25	1	1	2
241	68 PS SAN FERNANDO	HPO	6	137.8	0	10,820	340	0	0.00	24	2	2	3
242	80 ENDESA	ACE	7	177.1	5,467	7,621	650	717	1.10	24	3	2	2
243	109 HUACARNECO	HPO	7	320.5	0	5,971	240	0	0.00	24	2	1	1
244	130 PS SANTA ELISA	HA-	8	410.5	0	12,644	168	0	0.00	20	1	1	1
245	199 PS LOS LAGOS	ACE	10	831.8	2,115	1,856	227	1,139	5.02	15	2	1	2
246	128 PS COCHARCAS	HA-	8	406.9	0	12,644	277	0	0.00	0	1	1	1
	TOTAL				4,022.669		190,683						





## 6. SINOPSIS DE LA GUÍA

### 6-1 INTRODUCCIÓN

Un puente es uno de los elementos estructurales de que está compuesto un sistema vial, y que normalmente su implementación requiere de grandes costos para su construcción y posterior mantenimiento. Es también, debido a sus características funcionales, el elemento más factible a ser afectado por desastres naturales; y cuando llega el momento en que el puente no es apto para cumplir con sus básicas funciones, puede ocasionar grandes problemas no solo al sistema de caminos, sino que a la estabilidad y seguridad social. Además, la restauración de sus funciones representa costos muy elevados y requiere períodos de tiempo considerables. Por tanto, las actividades del mantenimiento de puentes juegan un papel muy importante para preservar la seguridad, fluidez y comodidad del tráfico en los caminos.

Esta Guía está preparada para ingenieros cuya labor está estrechamente relacionada con el mantenimiento de puentes, y tiene la finalidad de introducir los conceptos básicos, métodos y normas de la inspección estándar de puentes, y subsecuentemente el mantenimiento. Por tanto, vale aclarar que no se tiene la intención de cubrir con todas las metodologías de inspección, y tampoco de detallar minuciosamente los métodos de rehabilitación.

En términos generales la Guía está compuesta de los siguientes tópicos:

1. Conceptos básicos de inspección y mantenimiento de puentes.
2. Definiciones de términos utilizados en la ingeniería de puentes.
3. Procedimientos estándar de las inspecciones periódicas.
4. Evaluación de los resultados de la inspección, y criterios de evaluación.
5. Métodos estándar de rehabilitación.
6. Procedimientos estándar de las inspecciones especializadas.
7. Ejemplos de métodos de rehabilitación.

La preparación de esta Guía ha sido realizada paralela al presente informe y está impreso bajo el título de "Guía de Inspección para Mantenimiento de Puentes".