

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)


MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
REPUBLICA DE CHILE

**PROGRAMA DE REHABILITACION Y CONSERVACION  
DE LOS PUENTES  
EN LA  
REPUBLICA DE CHILE  
(FASE 2)**

**INFORME FINAL**

**RESUMEN  
(VOLUMEN 1/8)**

**JULIO 1998**

LIBRARY  
  
J 1144710 [9]

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL**

S S F

J R

98-086



**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)**

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
REPUBLICA DE CHILE**

**PROGRAMA DE REHABILITACION Y CONSERVACION  
DE LOS PUENTES**

**EN LA  
REPUBLICA DE CHILE  
(FASE 2)**

**INFORME FINAL**

**RESUMEN  
(VOLUMEN 1/8)**

**JULIO 1998**

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL**



1144710 [9]

#### ABREVIATURA

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CADD	Computer Aided Design and Drafting
PIB	Producto Interno Bruto
EAI	Evaluación Ambiental Inicial
JICA	Japan International Cooperation Agency
MOP	Ministerio de Obras Públicas
PC	Hormigón Pre-comprimido
EIA-Pre	Evaluación Preliminar de Impacto Ambiental
RM	Región Metropolitana

#### EQUIVALENCIA MONETARIA

US\$ 1,00 = 450 Pesos Chilenos (de Marzo de 1998)

## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Chile, el Gobierno de Japón decidió llevar a cabo el estudio sobre el Programa de Rehabilitación y Conservación de Puentes de la República de Chile, confiando el estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a Chile un equipo de estudio liderado por el Sr. Takashi Chujo, de la Pacific Consultants International desde Septiembre de 1996 a Marzo de 1998.

El equipo sostuvo conversaciones con los oficiales concernientes del Gobierno de Chile, y condujo investigaciones en terreno en el área de estudio. Después que el equipo regreso a Japón, se realizaron otros estudios y se preparó el actual informe.

Espero que este informe contribuirá a la promoción del proyecto y al mejoramiento de las amistosas relaciones entre nuestros dos países.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a los oficiales concernientes del Gobierno de la República de Chile por su cercana cooperación extendida al equipo.

Julio 1998

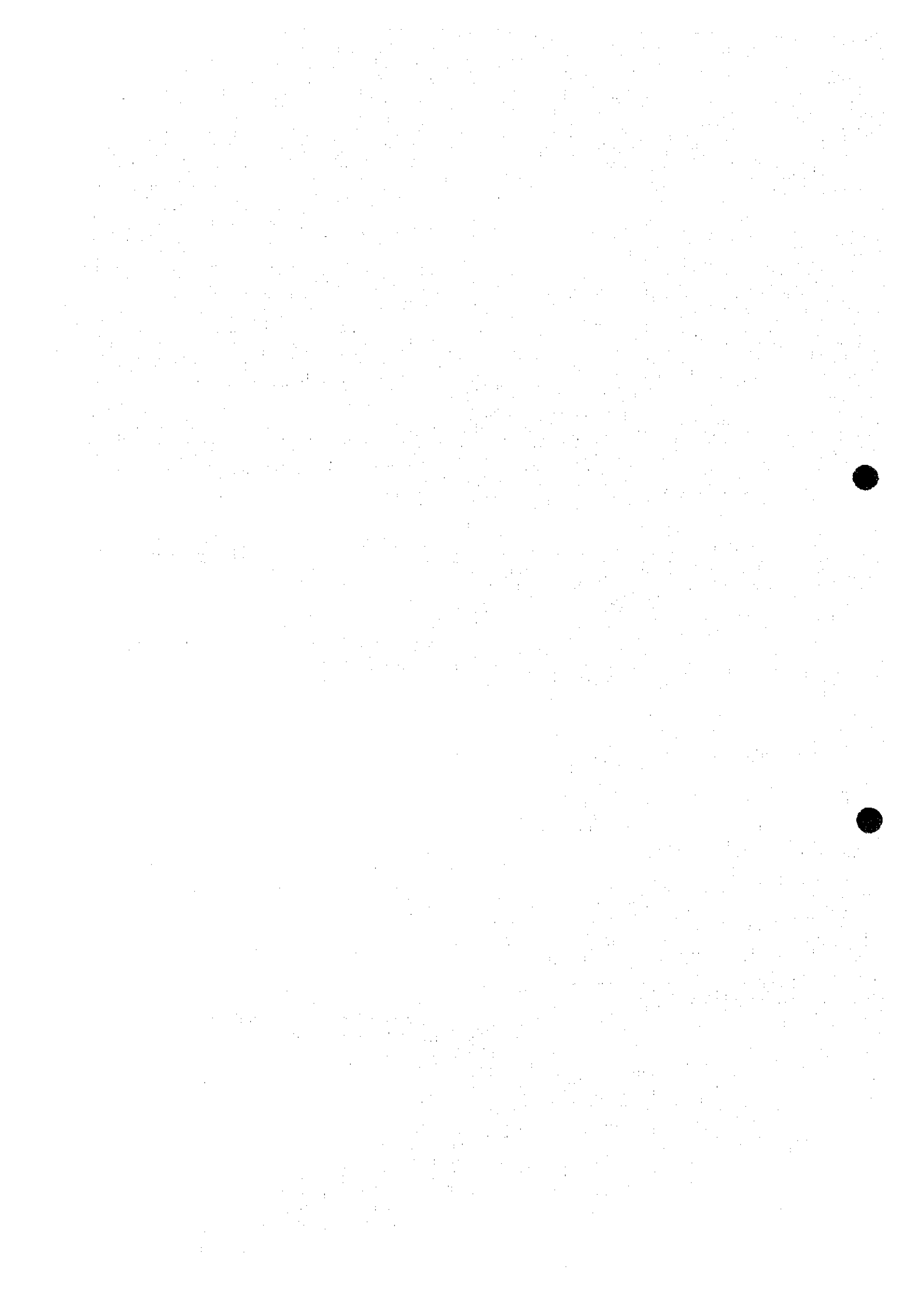


---

Kimio Fujita

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón



Julio 1998

**Carta de Transmisión**

Sr. Kimio Fujita  
Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Estimado señor,

Es nuestro gran placer hacer entrega del informe final del estudio sobre el Programa de Rehabilitación y Conservación de Puentes en la República de Chile.

El estudio fue realizado por la Pacific Consultants International desde Septiembre de 1996 a Marzo de 1998 para elaborar el plan de rehabilitación, ejemplos de diseños de rehabilitación, y el programa CADD de puentes estándar para puentes rurales en Chile, sobre la base de los términos y referencias redactadas por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Los resultados del estudio fueron reunidos en el informe final, Volumen 1 al 8.

Esperamos que el informe sea útil para que el Ministerio de Obras Públicas (MOP) implemente la rehabilitación.

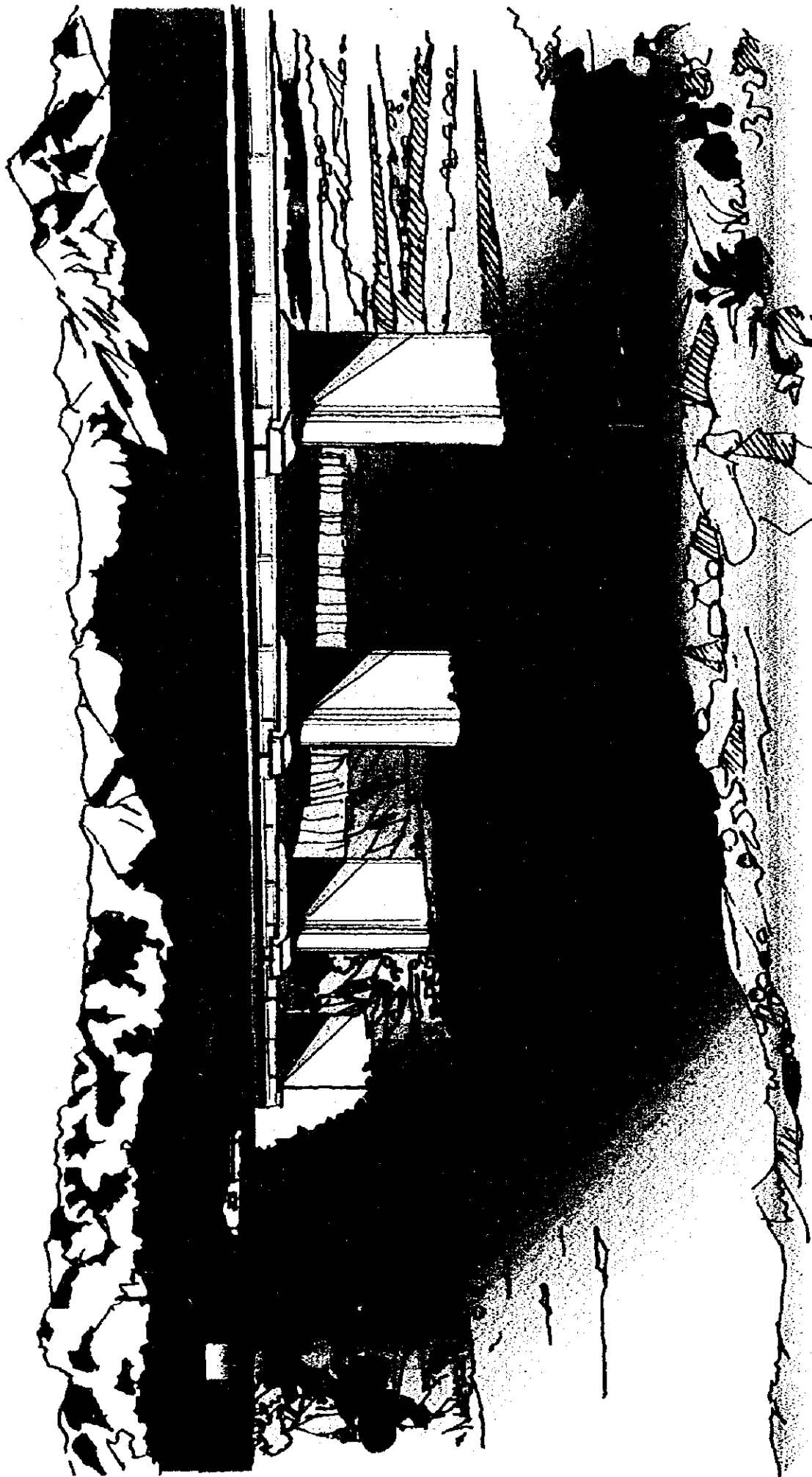
Deseamos expresar nuestros agradecimientos a JICA, al MOP, y a la Embajada de Japón en Chile por su cooperación dada en el curso del estudio.

Saluda atentamente,



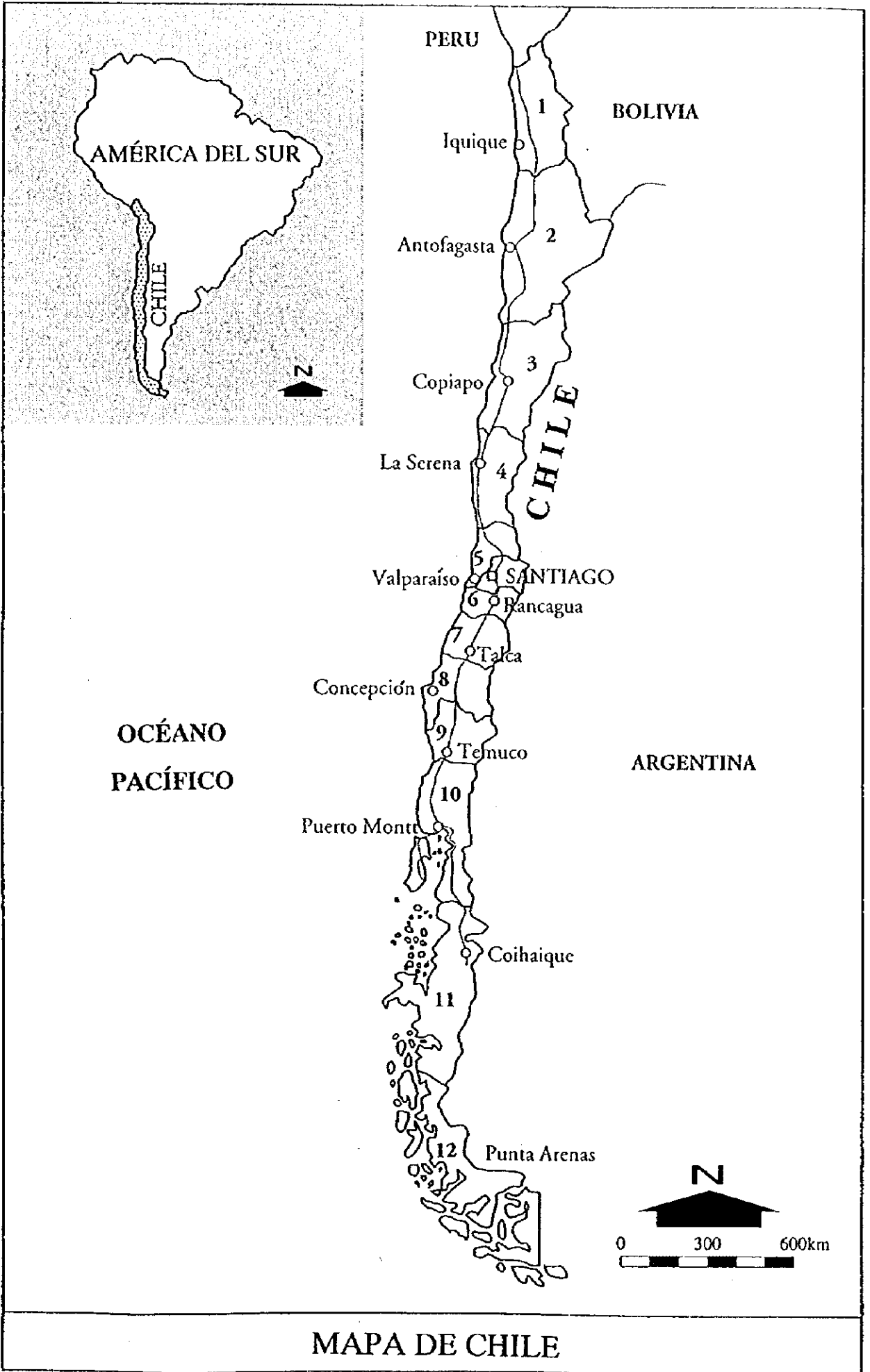
---

Takashi Chujō  
Líder del Equipo  
Estudio sobre el Programa de  
Rehabilitación y Conservación de  
Puentes en la República de Chile



Puente David García de la V Región





MAPA DE CHILE

## VOLUMEN 1/8 RESUMEN

**PREFACIO**

**MAPA DE UBICACIÓN**

### **CONTENIDOS**

	<b>Página</b>
<b>1. PUNTOS ESENCIALES</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>3. PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES</b>	<b>11</b>
<b>3.1 CONCEPTO &amp; PROCESO</b>	<b>12</b>
<b>3.2 INSPECCIÓN DE PUENTES</b>	<b>14</b>
<b>3.3 PROGRAMA DEL INVENTARIO</b>	<b>16</b>
<b>3.4 ESTUDIO SOCIOECONÓMICO &amp; TRÁNSITO</b>	<b>18</b>
<b>3.5 COSTO DE REHABILITACIÓN</b>	<b>20</b>
<b>3.6 PRIORIDAD DE REHAB. &amp; PLAN DEL PROYECTO</b>	<b>22</b>
<b>4. DISEÑO DE REHABILITACIÓN DE PUENTES</b>	<b>27</b>
<b>4.1 ALCANCE Y PROCESO</b>	<b>28</b>
<b>4.2 MÉTODO DE INSPECCIÓN Y REHABILITACIÓN</b>	<b>30</b>
<b>4.3 DISEÑO DE RECONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN</b>	<b>34</b>
<b>4.4 ESTUDIO AMBIENTAL</b>	<b>38</b>
<b>5. PROGRAMA CADD DE PUENTE ESTÁNDAR</b>	<b>43</b>
<b>5.1 DESARROLLO DEL PROGRAMA CADD</b>	<b>44</b>
<b>5.2 PLANOS DE DISEÑO DEL PUENTE ESTÁNDAR</b>	<b>46</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>

## **1. PUNTOS ESENCIALES**

# **1. PUNTOS ESENCIALES**

---

## **1. Circunstancias del Estudio**

Respondiendo a la solicitud del Gobierno de la República de Chile (en adelante denominado 'GOCH'), el Gobierno del Japón (en adelante denominado como 'GOJ') decidió implementar el estudio sobre el programa de rehabilitación y conservación de puentes en la República de Chile (fase 2) (en adelante denominado el " Estudio"), conforme al Acuerdo de Cooperación Técnica entre el GOCH y el GOJ de 1978. Conforme a esto, la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en adelante denominada JICA), formó un equipo de estudio (en adelante denominado como el " Equipo de Estudio") que comenzó con el Estudio en Agosto de 1996. El equipo fue enviado a Chile en Septiembre del mismo año para discutir respecto del Informe Inicial y presentar este Informe Final en Julio de 1998 después de cuatro estudios separados en Chile.

## **2 Antecedentes del Estudio**

Los puentes del Estudio están categorizados como puentes rurales en Chile, y son principalmente puentes menores pero en gran cantidad (alrededor de 8000). La mayoría de los puentes de madera están severamente dañados, especialmente en las regiones VIII, IX y X. Se observó muy poco tránsito en la mayoría de ellos, pero la razón de vehículos pesados (actividades mineras y transporte de madera) es bastante alta en estos caminos, por lo que como medida de seguridad se han fijado límites de carga para los puentes. La intención del MOP (Ministerio de Obras Públicas) es reemplazar gradualmente 1.000 puentes de madera de mayor urgencia con puentes de estructura permanente (hormigón o acero) como primera fase.

## **3. Propósito del Estudio**

El destino del Estudio es entregar una cooperación técnica al MOP para la rehabilitación de los 1.000 puentes mencionados anteriormente. Los propósitos del Estudio fueron:

- (1) Establecer un método de planificación para la rehabilitación de alrededor de 1.000 puentes de caminos rurales,
- (2) Preparar diseños de rehabilitación de ejemplo para 20 puentes, y
- (3) Desarrollar los programas y planos de diseño del puente estándar CADD (diseño y dibujo asistido por computadora).

## **4. Alcance del Estudio**

El alcance del Estudio incluye los siguientes puntos:

- (1) Plan de Rehabilitación

A través de una inspección de la IX región, fue determinado el procedimiento de la planificación de la rehabilitación haciéndolo saber a la persona concerniente del MOP. Los contenidos del procedimiento de la planificación incluyen los siguientes estudios:

- Inspección de puentes y preparación del inventario.
- Estudio del tránsito e índices socioeconómicos (PIB, población, etc.).
- Estimación de los costos de rehabilitación del puente.
- Prioridad de la rehabilitación de puentes y plan de inversión.

## 1. PUNTOS ESENCIALES

---

Hasta el presente, el MOP ha reparado los puentes cuando están dañados, y de este modo no necesariamente han tenido un método planificado de inversiones para la rehabilitación. Sin embargo, con un gran número de puentes deteriorados en las zonas rurales, la planificación de las inversiones se ha vuelto una necesidad y las maneras en las cuales el uso efectivo de los presupuestos limitados llegó a transformarse en un punto importante.

### (2) Diseños de Rehabilitación

Veinte diseños de rehabilitación están preparados como ejemplos de la tecnología necesitada en terreno por parte del personal del MOP encargada de las inspecciones actuales y de decidir el método de rehabilitación para el proyecto de los puentes. Los veinte puentes fueron seleccionados en cooperación con la contraparte del MOP, conduciéndose la inspección de daños y su análisis así como también los diseños de rehabilitación. También se realizó el EAI (Examen Ambiental Inicial) para el área de cada puente a ser rehabilitado.

### (3) Desarrollo del programa para el puente estándar CADD

El desarrollo del Sistema CADD de Puente Estándar y la compilación de los planos de diseño ayudará al MOP a ahorrarse trabajo en la preparación de diseños básicos para cerca de los 8.000 puentes del país. El programa de puentes CADD desarrollado para el proyecto está basado en las especificaciones de la AASHTO las cuales son usualmente aplicadas por el MOP. Los tipos representativos de puentes a ser desarrollados así como también el hardware y software fueron seleccionados de acuerdo al diseño de puentes, a su construcción, y el uso de las computadoras en Chile.

Los tipos de programas desarrollados se muestran a continuación.

- Superestructura:
- Viga pretensada pre-comprimida (PC)
  - Viga postensada PC
  - Viga de acero laminada tipo H
  - Viga armada de acero.

Todas las vigas anteriores son compuestas con la losa de hormigón.

- Infraestructura:
- Estribo tipo T invertida con fundación extendida (fundación directa).
  - Cepa tipo muro con fundación extendida.

Los planos estándar fueron preparados para los puentes de uno o dos pistas con una longitud de tramos que varía entre los 14 y los 36 metros.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones están divididas en tres temas particulares del Estudio.

### (1) Plan de rehabilitación

#### Conclusiones

- El plan del proyecto de rehabilitación de puentes consiste de tres sistemas: el inventario de puentes, la estimación de los costos de rehabilitación, y la prioridad; sobre la cual el plan de inversiones de rehabilitación estará basado. Mediante el estudio modelo un monto de cerca de 14.750 millones de pesos (precios de 1997) fue estimado para el plan de 10 años de la IX región.

## 1. PUNTOS ESENCIALES

---

- El sistema de inventario de puentes fue desarrollado como un sistema universal que puede ser aplicado a todos los tipos de puentes de la red vial del MOP.
- En caso de la evaluación de la prioridad de la gran cantidad de puentes rurales con bajo retorno de la inversión, debe ser considerada la seguridad de los puentes y las inversiones socioeconómicas, con un menor énfasis en la factibilidad económica pura. Bajo estos conceptos, fueron definidos los siguientes tres indicadores: factibilidad económica (volumen de tránsito/costo de rehabilitación), seguridad (nivel de daños del puente), y valor social (rectificación de la diferencia del ingreso regional).

### Recomendaciones

- No está considerada la relación del puente y la red vial a la que pertenece, de este modo, debe existir la necesaria coordinación entre los planes de desarrollo de los caminos y los planes de rehabilitación de los puentes.
- Como la situación económica y la demanda de tránsito de los caminos rurales en Chile es probable que cambien dentro de los próximos 10 años, los resultados del proceso de rehabilitación de los primeros cinco años deberían ser cuidadosamente revisados antes de proceder con la siguiente fase de cinco años.
- Como los puentes de la segunda fase de cinco años deben esperar un largo tiempo para la rehabilitación, mientras tanto se necesitarán de reparaciones provisorias. Tales costos deben ser asignados del presupuesto de mantenimiento anual del MOP y no incluirlos en el plan de inversiones de este Estudio.

### (2) Diseños de rehabilitación

#### Conclusiones

- Fueron seleccionados y estudiados veinte puentes cuyos daños los hacían aptos para aplicar los ejemplos de diseños de rehabilitación. Estos incluyen cinco (5) puentes de madera, siete (7) puentes de con vigas hormigón, y ocho (8) puentes con vigas de acero. De entre éstos veinte puentes, ocho son ejemplos de reemplazo de puentes (7 con vigas de hormigón PV y uno con vigas de acero) y once ejemplos de reparación de puentes.
- Muchos de los puentes rurales de madera están deteriorados, son demasiados angostos o no son lo suficientemente fuertes para soportar cargas pesadas. La intención del MOP es extender la vida de tales puentes con reparaciones mientras se los reemplaza en orden. Por lo tanto, se establecieron métodos de reparación de menor escala en vez de los que son técnicamente difíciles o de gran escala.
- Como resultado de las conversaciones con el Departamento del Medio Ambiente del MOP con relación a la necesidad de las consideraciones ambientales, se prepararon los exámenes ambientales estandarizados (EAI y la EIA-Pre).

#### Recomendaciones

- La construcción de nuevos puentes de madera se ha vuelto económica y ambientalmente difícil; sin embargo, como tales puentes pueden ser mantenidos más fácilmente, se recomienda que el MOP conserve la importancia de su tecnología de mantenimiento tanto tiempo como estos puentes

## 1. PUNTOS ESENCIALES

---

permanezcan.

- Se recomienda que los puentes de hormigón a ser construidos de ahora en adelante en las áreas rurales sean pretensados. La calidad del hormigón en la construcción de los puentes es un asunto muy importante cuando se espera que estas estructuras duren en el tiempo.
- El formulario del Estudio Ambiental Estándar sugerido está simplificado y puede ser llenado en terreno con un mínimo de tiempo y esfuerzo. Por lo tanto, a pesar de que la escala de impacto ambiental no sea grande, es aconsejable que todo proyecto de puente sea estudiado de esta manera.

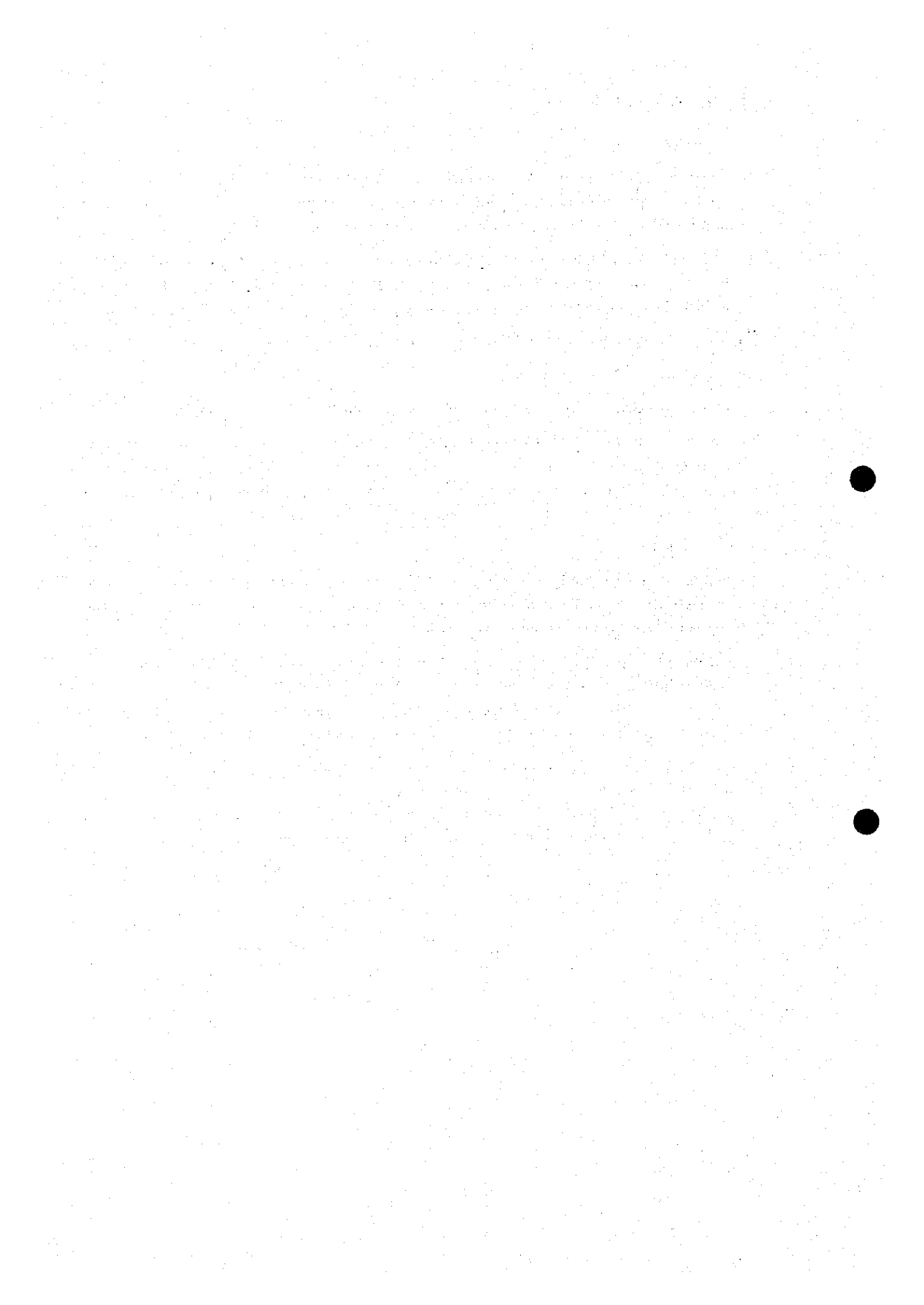
### (3) Desarrollo de los programas CADD de puente estándar y los planos de diseño

#### Conclusiones

- El programa CADD es para puentes estándar, es decir simétricos, rectos y sin esviaje.
- Debido al hecho que los estándares de la AASHTO no son específicos respecto de los pernos conectores de alta resistencia para vigas de acero o respecto de la ubicación de los cables de postensado, la tecnología de diseño que normalmente es aplicada en Japón fue interpuesta siguiendo las conversaciones sobre aspectos tecnológicos sostenidas con el MOP.

#### Recomendaciones

- El programa fue desarrollado de manera que el usuario puede compilar los resultados de acuerdo a sus propósitos. Es posible usar el programa fuera del alcance de las especificaciones originales dependiendo de la capacidad creativa del usuario.
- Fueron utilizadas aplicaciones computacionales existentes en el desarrollo del programa. Por lo tanto, se necesitará que en el futuro se realicen un upgrade (actualización) a nuevas versiones del software y/o hardware utilizados en este programa. En conjunto con esto, será necesario hacer un upgrade del programa en sí para que cumplan con las revisiones de los diseños estándar, etc.
- Se recomienda que este programa sea ampliamente utilizado en el país. El personal técnico del MOP podría usar el programa para la planificación del tamaño del puente. Los diseñadores de puentes tanto del MOP como los de firmas privadas, podrían utilizarlo en aplicaciones profesionales en sus trabajos de diseño dentro de la capacidad del programa.





## **2. INTRODUCCIÓN**

---

## **2. INTRODUCCIÓN**

---

### **1. Antecedentes de la Solicitud del Estudio**

El mejoramiento de la red vial nacional y el desarrollo de las economías regionales es un tema importante de la política del gobierno Chileno. Sin embargo, en las áreas rurales, cerca del 70% de los 8.000 puentes de la nación están hechos de madera, que presentan signos de deterioro, y que no están funcionando adecuadamente. En orden a cumplir los objetivos gubernamentales, la rehabilitación de tales puentes es una materia urgente. De manera de manejar la gran cantidad de puentes, el MOP necesita reforzar sus técnicas de rehabilitación y de administración de puentes. Los estudios y trabajos de reparación realizados por el MOP para los puentes rurales necesitan ser más eficientes y sistemáticos.

En vista de esta situación, el Gobierno de Chile solicitó al Gobierno del Japón el desarrollo del estudio de un plan maestro de rehabilitación puentes y diseño de un sistema de puentes estándar haciendo uso de computadoras, para 1.000 puentes a lo largo de los caminos regionales del país.

### **2. Situación de los Puentes Rurales en Chile**

Los puentes para el Estudio están categorizados como puentes rurales y se caracterizan por lo siguiente:

- Ellos son de una escala pequeña pero en gran cantidad.
- La mayoría de ellos están deteriorados y son de madera (especialmente en las regiones VIII, IX y X).
- Hay poco tránsito pero la razón de vehículos pesados (para el transporte de madera o de la minería) es alta, consecuentemente la capacidad del tránsito está limitada (cerca de 12 ton) para la mayoría de los puentes.
- El puente de madera necesita de frecuentes reemplazos de elementos para su mantenimiento. El MOP realiza por lo general reemplazos menores a los 5 años y reemplazos mayores a los 10 años.

### **3. Política de Rehabilitación del MOP**

Los puentes de madera ampliamente usados en Chile han llegado a ser difíciles de ser mantenidos, por las desventajas específicas de la madera y por razones de conservación de bosques, alzas en los precios de la madera, y por su necesidad de frecuentes mantenimientos. Por lo tanto, el MOP pretende reemplazar gradualmente los puentes de madera por puentes permanentes de hormigón o acero.

### **4. Propósito del Estudio**

El propósito del Estudio es la de entregar cooperación técnica al MOP en los siguientes tres objetivos para la rehabilitación de puentes:

- (1) Establecimiento de un método de planeación de rehabilitación de puentes,
- (2) Preparación de ejemplos de diseños de rehabilitación de puentes, y
- (3) Desarrollo del programa CADD de puentes estándar y de los planos de diseño.

La relación entre el proceso de rehabilitación de puentes rurales y la cooperación técnica es mostrada en la **Figura 1.**

### **5. Organización para el Estudio**

El Estudio fue conducido por la organización mostrada en la **Figura 2.** El Equipo de Estudio consistía de la Pacific Consultants International con JICA, y del personal de la contraparte local perteneciente al Departamento de Puentes del MOP. Además, como supervisor para el Estudio, se estableció un comité asesor obteniendo la cooperación del Ministerio de Construcción del Japón y del Instituto de Investigación de Ingeniería Civil del Japón.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 6. Programa del Estudio

El Estudio comenzó en Agosto de 1996. El Equipo de Estudio fue enviado a Chile en Septiembre del mismo año para discutir el Informe Inicial y presentar este Informe Final en Julio de 1998 después de cuatro estudios separados en Chile. El Programa de todo el Estudio es mostrado en la Figura 3.

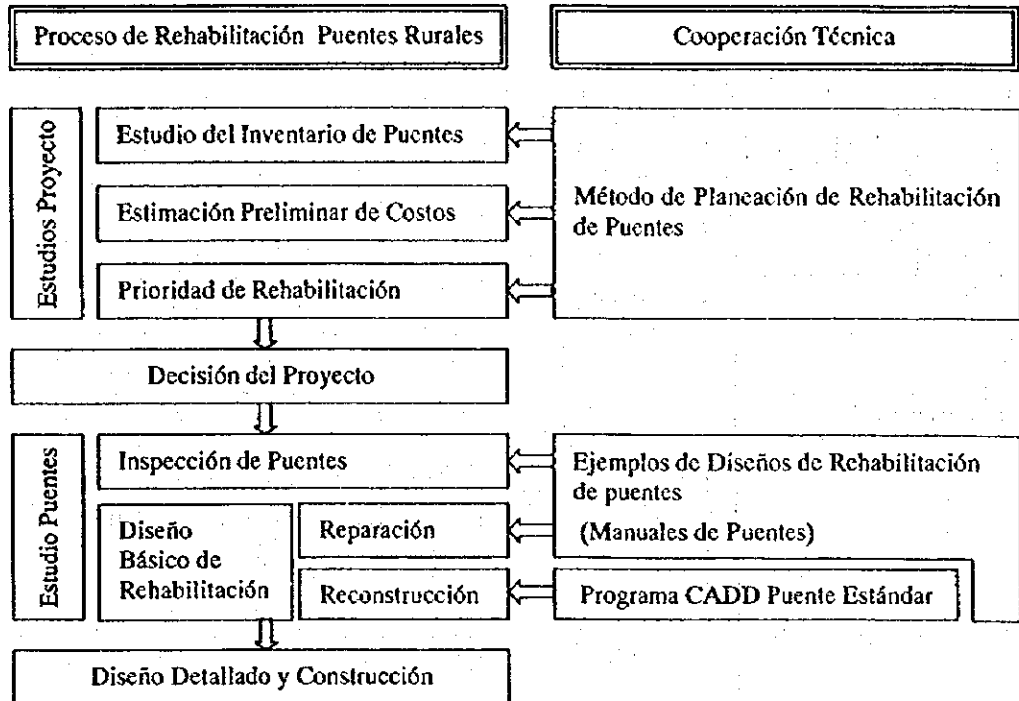


Figura 1 Relación entre el Proceso de Rehabilitación de Puentes y la Cooperación Técnica

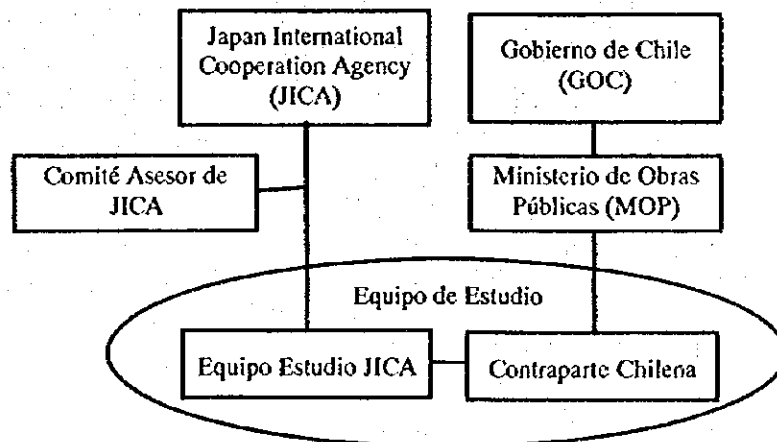


Figura 2 Organización del Estudio

## 2. INTRODUCCIÓN

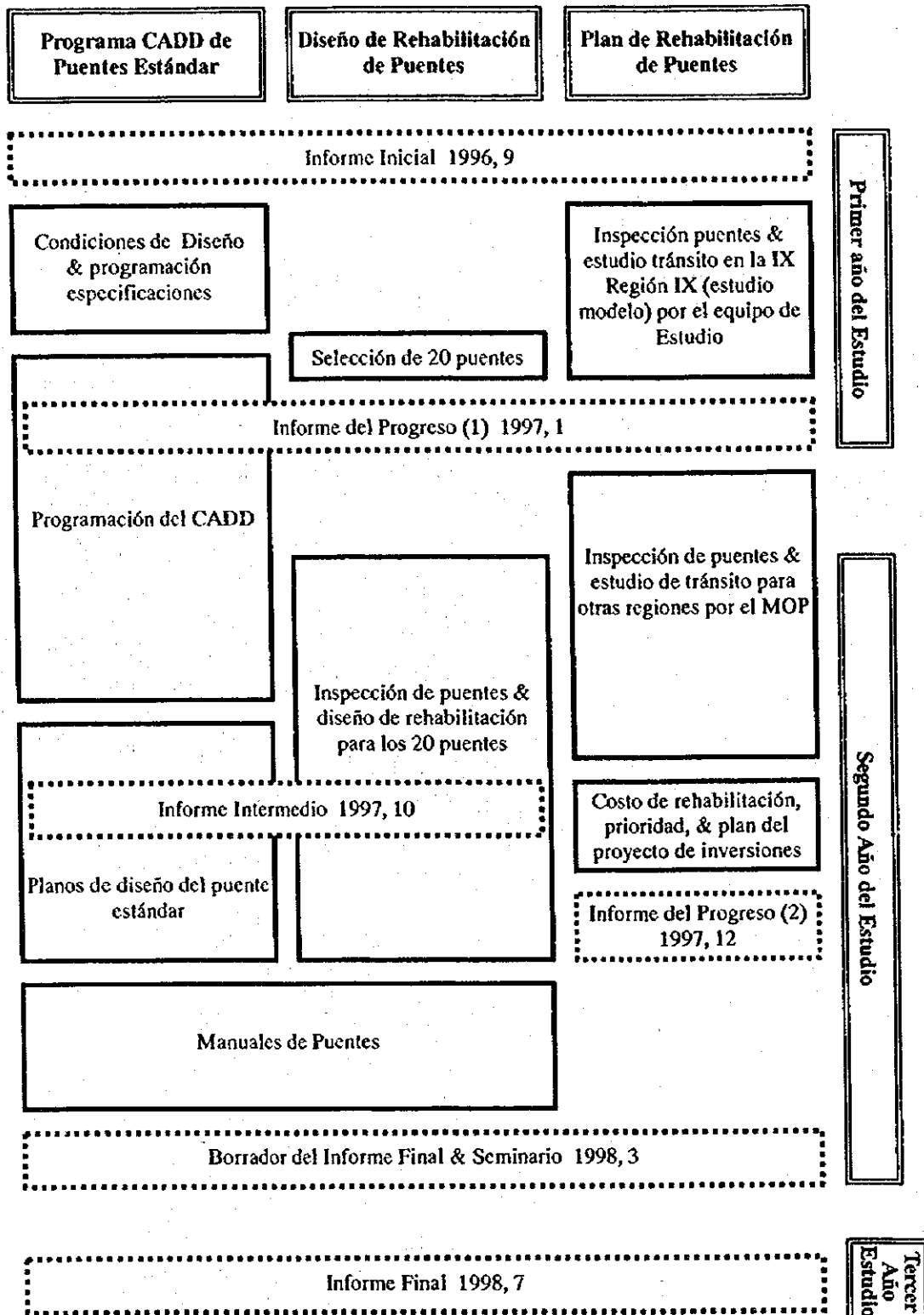


Figura 3 Programa del Estudio

### **3. PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES**

**1. Proceso del Plan de Rehabilitación**

Los planes de rehabilitación fueron empleados para los 1.000 puentes seleccionados. Primero se creó el inventario de puentes (ubicación y las condiciones actuales del puente). Adicionalmente, se recolectaron datos socioeconómicos (población, ingreso, volumen de tránsito, etc.) para medir las necesidades sociales y económicas del puente. Con los datos anteriores se realizó una estimación preliminar o aproximada de los costos de rehabilitación y de la evaluación de la prioridad, redactándose el plan del proyecto de rehabilitación basado en esta información (ver Figura 4).

**2. Selección de los 1.000 Puentes**

Para seleccionar los 1.000 puentes rurales que necesitan rehabilitación de entre los 8.000 puentes existentes en Chile, las siguientes fueron las principales condiciones para la primera fase del plan del MOP: (1) puentes de más de 10 m de longitud, (2) puentes con limitaciones de carga, y (3) puentes con daños visibles.

**3. Planes para un Plan a Nivel Nacional y Regional, y Región del Estudio Modelo**

Primero el plan es conducido en cada región, y el resultado de cada una de las trece regiones son sumados para realizar un plan nacional (ver Figura 5). De los 1.000 puentes seleccionados a nivel nacional, 110 puentes de la IX región fueron estudiados como modelo. El MOP entonces estudió los puentes restantes de las otras doce regiones basados en este modelo. La IX región fue escogida porque era conocida por tener una gran cantidad de puentes de madera.

**4. Índices de Evaluación para la Prioridad de la Rehabilitación**

En orden a evaluar con justicia las prioridades de los puentes rurales, muchos de los cuales tienen un bajo retorno de la inversión, se tomaron también en cuenta la seguridad del puente y aspectos sociales. Los tres indicadores escogidos para la evaluación son representativos de la política de proyectos del MOP (ver Figura 6).

- Índice Económico: Razón entre el costo de rehabilitación y el volumen de tránsito (representando los beneficios del proyecto).
- Índice de Seguridad: Cantidad de daños del puente. Los puentes peligrosos tienen prioridad a pesar del volumen de tránsito o los costos.
- Índice Social: Basado en la razón del ingreso local respecto del ingreso promedio nacional. Regiones de bajos ingresos toman prioridad en las inversiones públicas.

La estimación de la prioridad es evaluada mediante el cálculo de los tres indicadores antes mencionados, obteniéndose una cifra o índice total después de considerar las ponderaciones de las políticas gubernamentales.

**5. Agrupación de Puentes mediante el Sector de Camino (Road Link)**

En orden a que la rehabilitación de puentes sea efectiva, es más aconsejable que puentes subsecuentes ubicados en la misma ruta sean rehabilitados en una misma fase. El segmento de camino, definido como un trecho entre dos intersecciones principales que tienen el mismo volumen de tránsito, y que contiene a los puentes del proyecto, será llamado "sector de camino". Un número múltiple de puentes dentro de este segmento será tratado como un grupo (ver Figura 7).

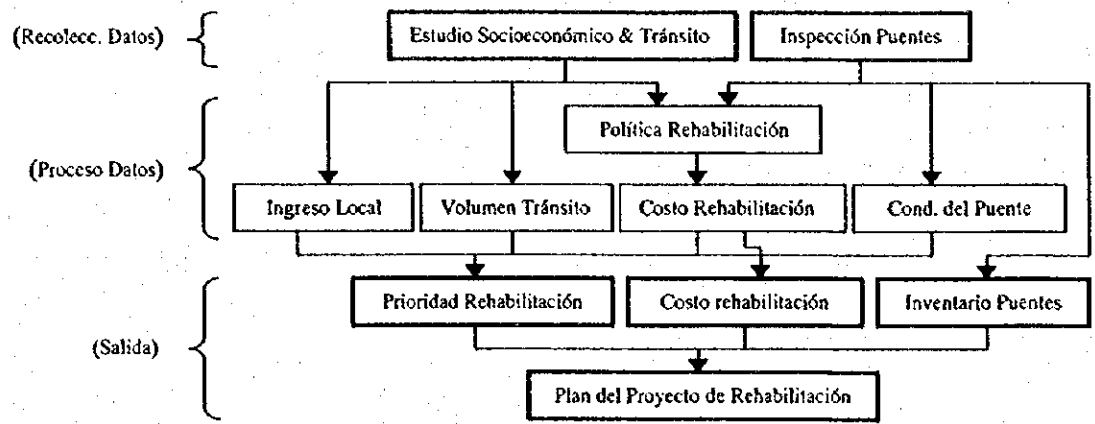


Figura 4 Proceso del Plan de Rehabilitación

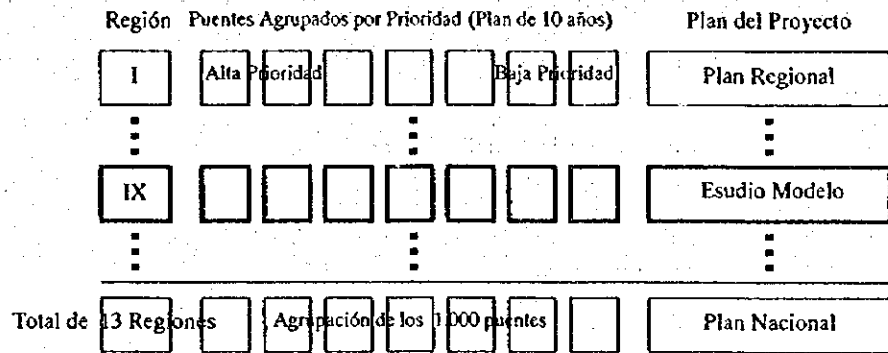


Figura 5 Plan a Nivel Regional y Nacional

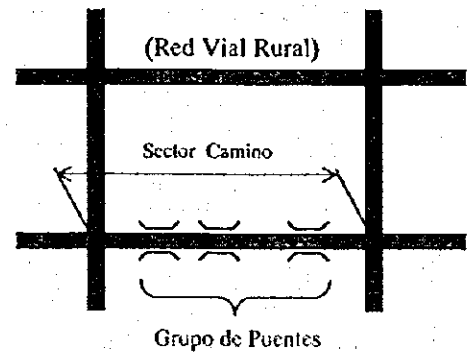
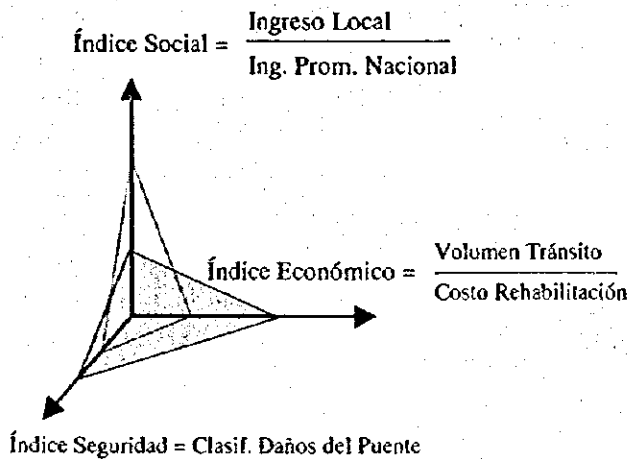


Figura 7 Agrupación de Puentes

Figura 6 Índices para la Prioridad de la Rehabilitación

**1. Puentes a ser Inspeccionados**

La inspección de puentes fue conducida para recoger los datos del inventario y conocer las condiciones de los puentes, información que necesaria para la planificación de la rehabilitación. El Equipo de Estudio inspeccionó primero 200 puentes de la regiones VIII, IX y X, y el MOP inspeccionó 800 puentes en las otras regiones. De los 200 puentes inspeccionados por el Equipo de Estudio, los resultados de la inspección de 110 puentes de la IX región fueron utilizados como estudio modelo del plan de rehabilitación.

**2. Método de la Inspección**

Se ideó un formulario de inspección que cubriera los ítems necesarios para la planificación de la rehabilitación así como también que fuera utilizable para un inventario general de puentes para el MOP. El formulario de inspección está dividido en tres sistemas e incluye los siguientes elementos:

- (1) "Formulario del Inventario" que incluye información general tal como el nombre del puente, mapa de ubicación, condición del río, etc., y detalles estructurales incluyendo el tipo de puente, principales dimensiones, esquemas longitudinal y transversal, fotografías laterales y frontales y de los daños típicos.
- (2) "Formulario de Clasificación de la Condición" en el que se anota los tipos y magnitud de los daños para cada parte de la estructura del puente, que son la superestructura, infraestructura y accesorios (juntas de expansión y apoyos), clasificando cada parte en elemento principal o secundario de acuerdo a su importancia estructural.
- (3) "Formulario del Método de Reparación y Cubicaciones" en el que se anota los probables métodos de reparación y cubicaciones determinadas en terreno, en combinación con el formulario de clasificación de la condición correspondiente a cada tramo y elemento.

Los puentes fueron inspeccionados visualmente y la información de terreno fue recogida de acuerdo con los formularios de inspección. Las condiciones de los puentes fueron inspeccionadas tramo por tramo y elemento por elemento. Los daños fueron anotados en el formulario mediante un código de daños que muestran los tipos de daños y por los números de clasificación de la condición para indicar el grado de los daños.

**3. Sistema de Clasificación para la Condición del Puente****(1) Sistema de Clasificación Numérico**

En orden a estandarizar las varias condiciones o estados de cualquier elemento de un puente, fue recomendado un sistema de clasificación numérico de cinco categorías (ver la **Tabla 1**). Las categorías de los daños fueron clasificadas de acuerdo a la ubicación, patrón, profundidad y extensión de los daños referidos a las "Pautas o Directrices de Inspección de Puentes (Propuesto en 1988)" por el Instituto de Investigación de Ingeniería Civil del Ministerio de Construcción del Japón.

**(2) Como Clasificar la Condición de un Puente**

La clasificación de la condición de un tramo o un elemento fue decidida considerando el peor número de entre los daños anotados de los miembros principales del tramo o del elemento.

La clasificación de la condición total de un puente fue decidida considerando el peor número de clasificación de entre los resultados de clasificación de todos los tramos y elementos del puente.



### 3.2 INSPECCIÓN DE PUENTES

### PLAN DE REHABILITACIÓN

La clasificación de la condición total de un puente será usada para calcular el índice de seguridad en la valoración de la prioridad de rehabilitación, siendo una de las bases para decidir la acción de rehabilitación de un puente.

#### 4. Resultados de la Inspección

En la IX región, fueron inspeccionados 109 puentes pues había uno que no existía. Los resultados de la inspección de la clasificación de las condiciones están resumidas en la **Tabla 2** por tipos de puentes. Los tipos de puentes inspeccionados están clasificados en la **Tabla 3**: cerca del 90% de los puentes inspeccionados eran puentes de madera. La mayoría de los puentes tenía sólo una pista con anchos que variaban entre los 2,0 a los 5,5 m, estaban simplemente apoyados excepto algunos que estaban continuamente apoyados. Muchos de los puentes tenían señalado el límite de carga de los vehículos. De acuerdo al MOP, el límite de carga fue reducido a medida que el deterioro empeoraba. Los límites de cargas inspeccionadas en las regiones VIII, IX y X están resumidas en la **Tabla 4**.

**Tabla 1 Sistema de Clasificación para la Condición del Puente**

Clase	Definición
1	'Peligroso'; puente ya cerrado, con condiciones más allá de la reparación, peligro inminente de colapso o ya colapsado.
2	'Potencialmente Peligroso'; tal clasificación en miembros principales implica que hay un peligro de colapso por un uso posterior y el puente debería ser cerrado al tránsito inmediatamente.
3	'No Funciona como Originalmente fue Diseñado'; deterioro serio o y/o dañado, suficiente para reducir la capacidad estructural del elemento para funcionar como fue diseñado.
4	'Funciona como Originalmente fue Diseñado'; deterioro insignificante o daños que no reducen la capacidad de los elementos para funcionar correctamente.
5	'Bueno, Nuevo o Como Nuevo', no hay signos de deterioro o daños. No es necesaria ninguna reparación.

**Tabla 2 Clasificación de las Condiciones Inspeccionadas en la IX Región (número de puentes)**

Tipo de Puente	Clasificación de la Condición					Total
	1 (Malo)	2	3	4	5(Bueno)	
Puente de Madera	6	50	25	6	10	97
Puente de Hormigón	0	0	0	0	0	0
Puente de Acero	0	8	2	1	1	12
Total	6	58	27	7	11	109

**Tabla 3 Tipos de Puentes Inspeccionados en las Regiones VIII, IX & X**

Tipo de Puente	Losa	Vigas	Estribos/Cepas	Porcentaje
1	Madera	Madera	Madera	62 %
2	Madera	Madera	Hormigón o Acero (riel)	25 %
3	Madera	Acero	Hormigón	10 %
4	Hormigón	Hormigón	Hormigón	3 %
			Total	100 %

**Tabla 4 Límites de Carga Inspeccionados en las Regiones VIII, IX & X (número de puentes)**

Límite de Carga	Viga de Madera	Viga de Acero	Viga de Hormigón	Total
2 ~ 6 ton	36	2	0	38
7 ~ 12 ton	126	11	0	137
13 ~ 18 ton	9	6	3	18
Total	171	19	3	193

1. Programa de Inventario Computadorizado

Para una mayor eficiencia en la administración del manejo de puentes y su mantenimiento, así como también de su reparación y rehabilitación, la compilación del inventario de puentes se realiza mediante un sistema computadorizado. El programa del inventario consiste de tres sistemas, que son: [A] El Sistema de Inventario, [B] El Sistema de Clasificación de la Condición, y [C] El Sistema de Búsqueda (ver Figura 8). Los sistemas [A] y [B] fueron desarrollados sobre la base de los formularios de inspección diseñados para la inspección preliminar de puentes. El sistema [C] fue añadido como una herramienta para compilar y a analizar los datos del inventario.

El programa está hecho con un sistema de base de datos que hace posible el ingreso de todos los datos y la búsqueda mediante la función de enlace de datos. El hardware y software empleados fueron un computador DOS/V, Microsoft-Windows 95 y Access, incluyendo Visual Basic, el cual es utilizado y está disponible en Chile. Las principales pantallas del programa son mostradas en la Figura 9.

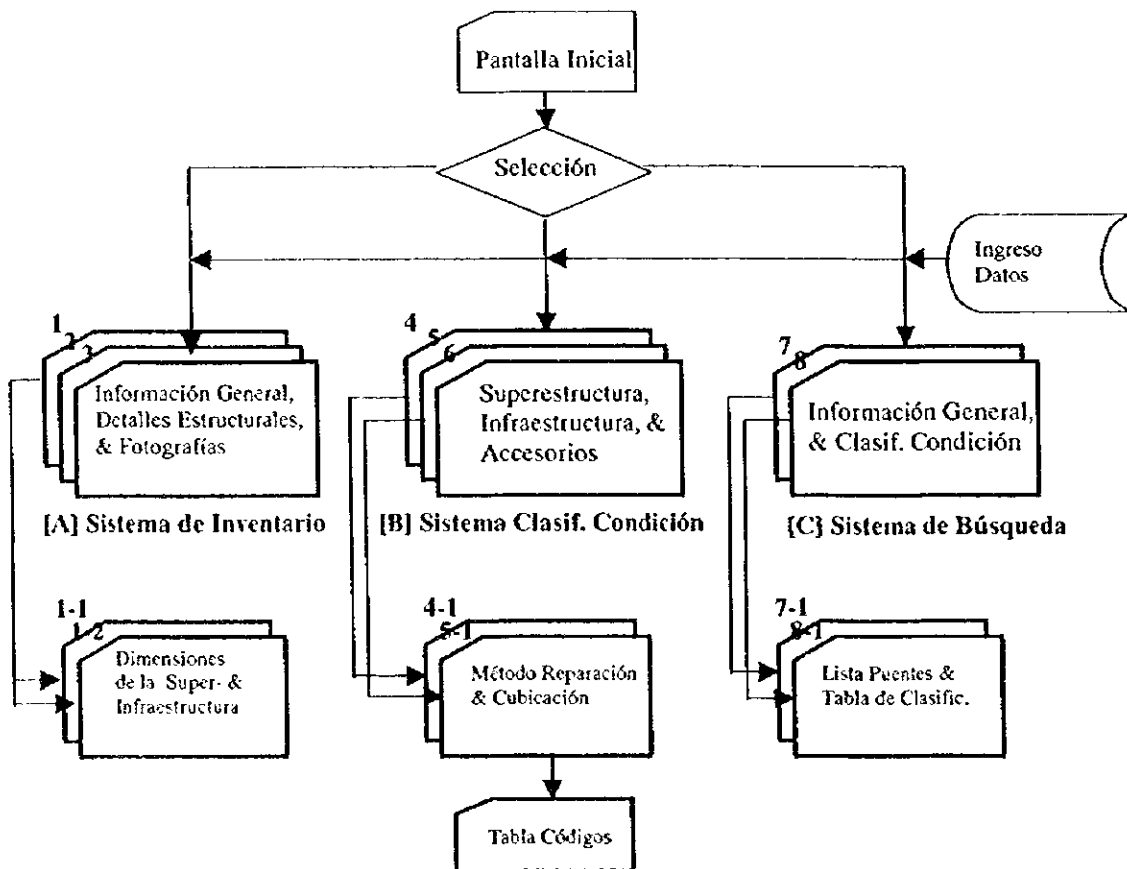
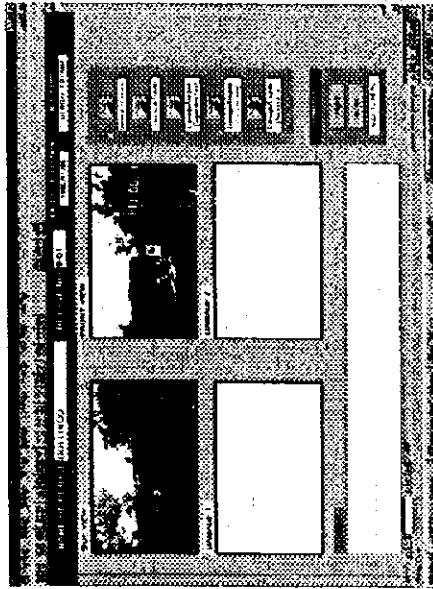
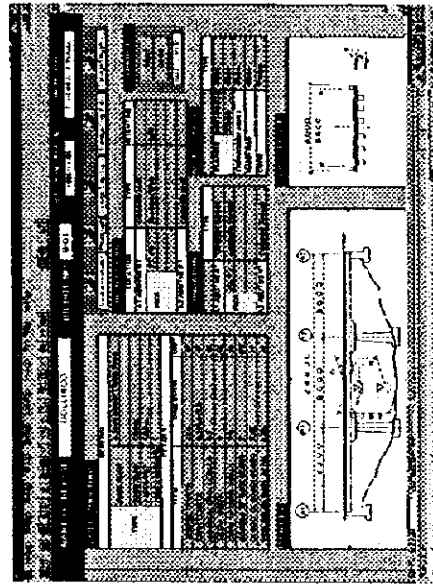


Figura 8 Programa de Inventario de Puentes

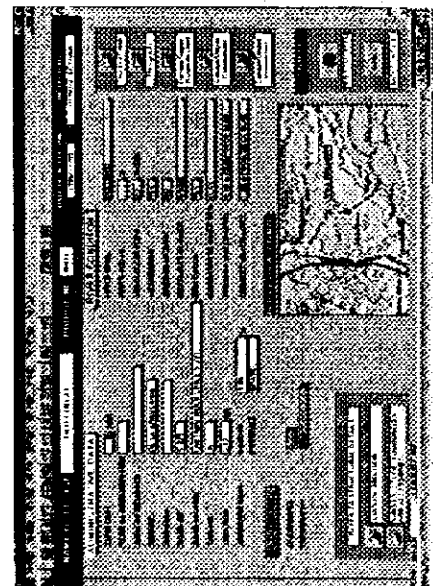
Fotografías



Detalles Estructurales



Información General



Clasificación de Condición de los Accesorios

Clasificación de Condición de la Infraestructura

Clasificación de Condición de la Superestructura

Figura 9 Principales Pantallas del Programa de Inventario

### 1. Estudio de los Índices Socioeconómicos

Como índices para medir las necesidades socioeconómicas de puentes, se determinaron el crecimiento de la población, el producto interno bruto (PIB), y los propietarios de vehículos en el año 2010. La población y el número de propietarios de vehículos son indicadores del volumen de tránsito futuro, mientras que el PIB es usado como un índice socioeconómico en el cálculo de la evaluación de la prioridad de rehabilitación de un puente.

### 2. Estudio del Tránsito

El estudio del tránsito fue conducido con el propósito de definir los "sectores de caminos" y proyectar el volumen del tránsito para el año 2005. El volumen de tránsito futuro es necesario para el cálculo del índice socioeconómico de prioridad de rehabilitación. Como el MOP realiza censos de tránsito cada dos años, se utilizaron como referencia los datos del censo de los años 1992 y 1994. Un estudio suplementario de tránsito fue realizado por el Equipo de Estudio para complementar los censos anteriores.

#### (1) Fijación del "sector de camino"

Las ubicaciones de los puentes del proyecto fueron ploteadas en una escala de 1:250.000, que es una escala de mapas camineros del MOP, en donde se fijaron los "sectores de caminos". A continuación de esto, las localidades cubiertas por el censo de tránsito de 1994 fueron ploteadas, encontrándose los puntos donde los datos de los tramos faltantes no se muestran en el censo. La **Figura 10** muestra el mapa del estudio de tránsito de la IX Región.

#### (2) Proyección del volumen de tránsito

##### Volumen actual de tránsito (1996)

Fue estimado con los datos del censo de tránsito de 1994 llevadas a cifras del año 1996 y con los resultados del estudio suplementario de tránsito. El tránsito medio diario anual (TMDA) fue calculado mediante el uso de la razón de cambio estacional, la razón de conversión 12/24 horas, y de la tasa de crecimiento del tránsito entre 1992-1994 que se obtuvo de los datos del censo.

##### Volumen futuro de tránsito (2005)

Proyectado sobre la base del TMDA de 1996 aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Automóviles, Camiones: TMDA (2005) = TMDA (1996) x } \frac{\text{Propietarios vehículos (2005)}}{\text{Propietarios vehículos (1996)}}$$

$$\text{Buses, Taxis: TMDA (2005) = TMDA (1996) x } \frac{\text{población (2005)}}{\text{población (1996)}}$$

En el estudio modelo de la IX región, no se proyectó un crecimiento considerable de la población entre los años 1996 y 2005, de manera que las cifras del TMDA permanecieron iguales. La **Tabla 5** muestra una parte de los resultados del estudio de tránsito de la IX región.

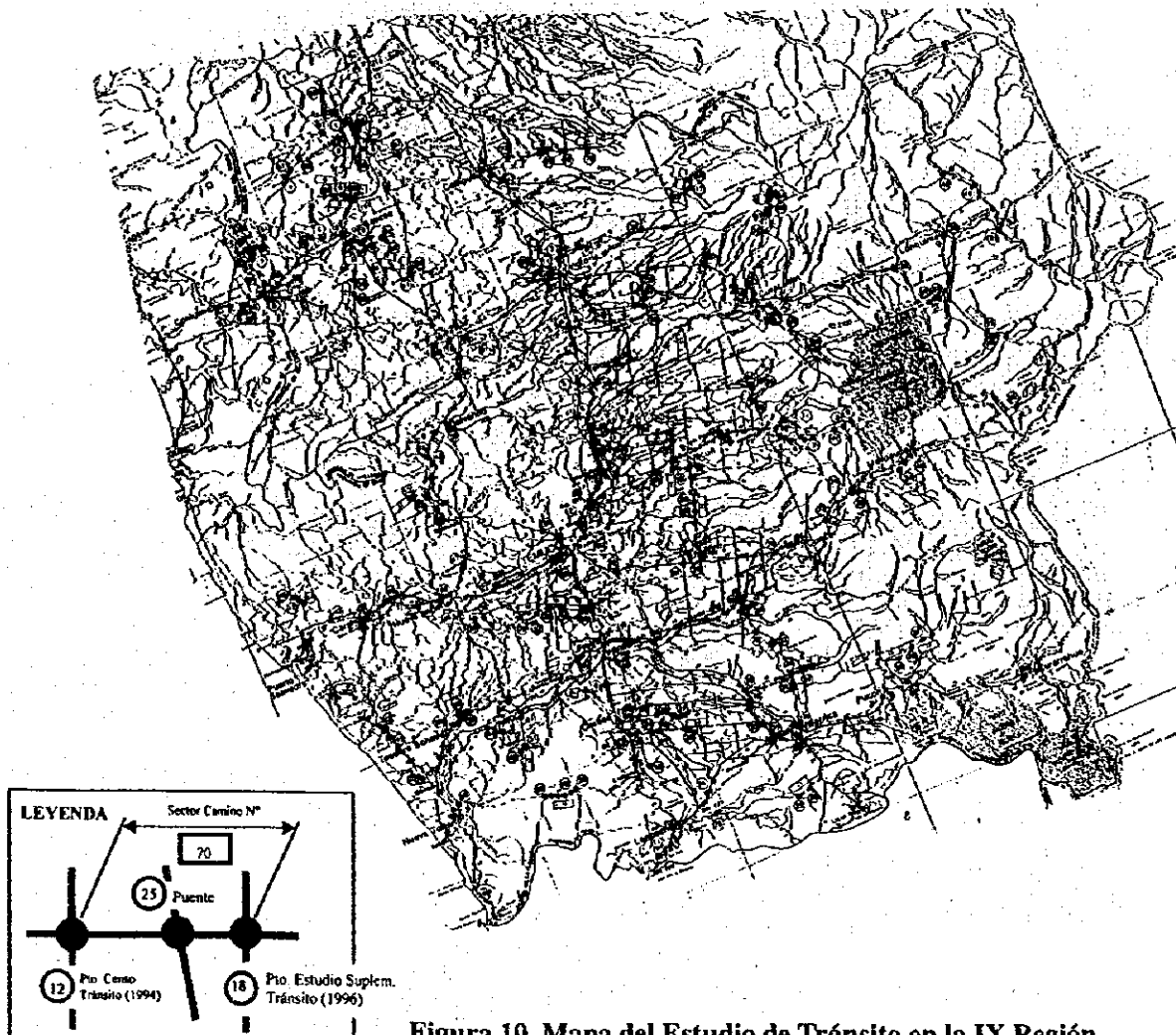


Figura 10 Mapa del Estudio de Tránsito en la IX Región

Tabla 5 Volumen de Tránsito de la IX Región

Tipo de Vehículos: A = Autos, B = Camiones, C = Buses/Taxi

(número de vehículos)

Sector N°	Puente N°	Propietario Vehículo (1996)			Propietario Vehículo (2005)			Razón entre Propietarios 2005 / 1996	TMDA (1996)			TMDA (2005)		
		A	B	A+B	A	B	A+B		A	B	C	A	B	C
1	74	13	17	30	19	27	46	1.52	4	56	4	6	86	4
2	92	22	17	39	35	30	65	1.64	4	56	4	7	92	4
2	93	22	17	39	35	30	65	1.64				0	0	
3	86	51	39	90	79	69	148	1.64	4	56	4	7	92	4
4	98	43	33	76	67	58	125	1.64	217	2,181	238	356	3,575	238
5	67	56	43	100	88	76	164	1.64	4	34	5	7	57	5
5	68	56	43	100	88	76	164	1.64				0	0	
6	51	37	50	87	55	84	139	1.61	4	43	0	6	70	0

**1. Política de Rehabilitación**

En principio, la decisión de rehabilitación puede ser alcanzada a través de un análisis costo-beneficio. Sin embargo, ésta aproximación es demasiado compleja y laboriosa para un plan de rehabilitación de un gran número de puentes de pequeña escala. Aquí, se recomienda un simple criterio que se basan en las siguientes políticas de rehabilitación.

- (1) Muchos de los puentes están ya deteriorados o avejentados, de manera que sus capacidades de carga son insuficientes para las demandas del tránsito actual. Por lo tanto, se recomienda que este tipo de puentes sean reemplazados con nuevas estructuras.
- (2) Se recomienda para los puentes de madera, debido a su corta durabilidad en años y la frecuente necesidad de mantenimiento, ser reemplazados con puentes de estructura permanente (de hormigón o acero) en alrededor de 10 años a pesar de sus condiciones actuales, y no volver a construir puentes de madera nuevamente.
- (3) Se recomienda para los puentes de hormigón o acero ser mantenidos mediante la reparación tanto tiempo como ellos posean un ancho y capacidad de carga adecuados para economizar los costos de rehabilitación. Sin embargo, para aquellos puentes con un ancho y capacidad de carga insuficiente, se recomienda su reemplazo más que su ensanchamiento y reforzamiento.

**2. Decisión del Método de Rehabilitación y su Escala**

Los estándares finales para el método de rehabilitación y su escala fueron establecidos sobre las políticas de rehabilitación antes mencionadas (ver **Tabla 6**). En la tabla, el volumen de tránsito de 500 vehículos por día es la línea divisoria para el número de pistas (una o dos) y el ancho de ellas (4,0 y 7,0 m), respectivamente. El límite de carga de 18 toneladas es la cifra redondeada de la sobrecarga de diseño para puentes rurales.

**3. Estimación de los Costos de la Rehabilitación de los Puentes**

Siguiendo la decisión del método de rehabilitación y la escala, la estimación de los costos de rehabilitación fueron divididos en puentes a ser reparados y aquellos que serán reconstruidos. Los costos a que se hace referencia para la estimación están basados en cifras de proyectos realizados en Chile en 1996 y 1997.

**(1) Costo de Reconstrucción**

El costo de reconstrucción del puente consiste del costo de reconstrucción del puente mismo, de los caminos de acceso o aproximación, y de trabajos de protección de las riberas (ver **Tabla 7**).

El costo del puente fue calculado multiplicando la superficie del puente (losa del puente) por el costo unitario de construcción por metro cuadrado. La unidad de costo unitario de construcción fue asumida como de hormigón pre-comprimido, basados en ejemplos de construcción de puentes ordenados por el MOP en 1997, tomando en cuenta los resultados de la estimación de costos para la muestra del diseño de rehabilitación de puentes del Estudio. La superficie del puente fue calculada mediante la multiplicación del ancho estándar del puente (de una o dos pistas) por la longitud existente del puente.

Para el costo de los caminos de acceso y protección de las riberas, una cierta cantidad fue establecida aparte para 100 metros (para una o dos pistas) de camino de acceso y 50 metros para la protección de la ribera a ambos lados del puente.

**(2) Costos de Reparación**

Para los costos de reparación, se estableció el costo unitario por metro cuadrado de reparación de acuerdo a los tipos de daños (ver **Tabla 8**), multiplicado por la razón de la superficie de la superestructura o infraestructura dañada. La razón de la superficie dañada se define como el porcentaje del área total de la superestructura o infraestructura que requieren reparación.

Tabla 6 Criterio para el Método de Rehabilitación y su Escala

Volumen De Tránsito (eje eq./día)	Factores Determinantes				Método Rehabilitación & Escala	
	Tipo Puente	Condición Puente (clasifi. daños)	Ancho de la Calzada Puente (m)	Límite Carga (ton)		
1 ~ 499	Madera	-	-	-	Reconstrucción (1 pista)	
	Horm./Acero	1 y 2	-	-		
		3 y 4	< 4,0	-		
			-	< 18,0		-
			≥ 4,0	≥ 18,0		-
5	-	-	-	Ninguna acción		
500 ~	Madera	-	-	-	Reconstrucción (2 pistas)	
	Horm./Acero	1 y 2	-	-		
		3 y 4	< 7,0	-		
			-	< 18,0		-
			≥ 7,0	≥ 18,0		-
5	-	-	-	Ninguna acción		

Nota: "-" significa incondicional.

Tabla 7 Costo Unitario de Reconstrucción

	Una Pista	Dos Pistas
Costo del Puente	512.000 pesos/m <sup>2</sup>	
Costo de Caminos de Acceso	39.000.000 pesos/puente	45.800.000 pesos/puente
Protección Riberas	2.300.000 pesos/puente	

Tabla 8 Costos Unitarios de Reparación

Tipo de Daño	Superestructura			Infraestructura		
	Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera
Fractura/Desprend.	12.400	31.600	25.800	8.800	26.500	18.000
Corrosión/Pudrición	9.900	13.600	25.800	9.300	12.400	18.000
Grietas	47.000	29.400	25.800	25.300	24.500	18.000
Deformación		552.600			473.800	
Erosión/Socavación					40.000	
Quemado			25.800			18.000
Inclinación				depende de las condiciones del terreno		
Función Deficiente	depende de las condiciones del terreno					
Desgaste	12.400			8.800		
Asentamiento				depende de las condiciones del terreno		
Deslizamiento				depende de las condiciones del terreno		
Expansión	9.300			6.500		
Desgaste de Sup.	13.200			13.000		

### 3.6 PRIORIDAD DE REHAB. Y PLAN DEL PROYECTO PLAN DE REHABILITACIÓN

#### I. Período del Plan

El período establecido para el plan de rehabilitación fue de 10 años según el plan básico del MOP, que comienza en 1998 y termina en el año 2007. El costo de rehabilitación total a nivel nacional para los 1.000 puentes fue estimado en alrededor de 134.000 millones de pesos, basados en el estudio modelo realizado en la IX región. Evaluado este monto en las condiciones financieras del MOP, se concluyó que el plan de 10 años era practicable.

#### 2. Concepto de Valoración de la Prioridad de Rehabilitación de los Puentes Rurales

Debido a las características regionales y sociales de los puentes rurales, la evaluación de la prioridad no puede estar basada en la tasa interna de retorno (TIR), como en el caso de los puentes ubicados en las rutas principales. Es necesario considerar otros factores sociales además de los puramente económicos cuando se toman decisiones respecto de la rehabilitación de tales puentes (ver Tabla 9). De esta manera, fueron dispuestos nueve ítems para los cuales la rehabilitación de los puentes rurales se juzgaron importantes, que luego fueron resumidos en tres índices (económico, seguridad, y social) mostrados abajo, debido a las restricciones del estudio con relación al número de puentes, la dificultad en la recolección de los datos adecuados, etc., y a la limitación del tiempo.

Efectos de Rehabilitación Esperados	Índice de Prioridad	Definición
- Aumento del ingreso - Aumento de la productividad - Desarrollo de recursos	Índice Económico	= Volumen tránsito/costo rehabilitación
- Reducción de tiempo en desvíos - Reducción de tiempo para cruzar el río - Protección de vidas y propiedades	Índice Infraestructura	= (Clasificación de daño del puente) x Peso
- Disminución de emigración - Rectificación de las dif. del ingreso en la región - Mitigación del aislamiento social	Índice Social	Promedio de ingreso de la región / ingreso promedio de la comuna
	Índice Total	= Índice Económico + Índice de Seguridad + Índice Social

#### 3. Proceso de Valoración de la Rehabilitación y Planificación del Proyecto

El proceso de valoración de la rehabilitación y planificación del proyecto fue conducido como se muestra a continuación:

- (1) Cada índice es calculado para cada puente, realizándose la suma ponderada de los índices.
- (2) El máximo valor del índice de entre los que pertenecen a los puentes del mismo "sector de camino", representa a ese "sector". Se hace una lista con los puentes y los costos de rehabilitación por "sectores de caminos" en orden de acuerdo al índice (prioridad) para cada región.
- (3) De acuerdo a la prioridad, se asignan los presupuestos a los "sectores de caminos" a ser rehabilitados para cada año fiscal. La asignación se hace de manera que los montos sean aproximadamente igual al presupuesto de cada año fiscal.

La lista resultante del proyecto de rehabilitación del estudio modelo en la IX región se muestra en la Tabla 10.

En la tabla, A = Índice de prioridad para puentes individuales  
 B = Valor del índice representativo del grupo de puentes  
 C = Costo de rehabilitación



### 3.6 PRIORIDAD DE REHAB. Y PLAN DEL PROYECTO PLAN DE REHABILITACIÓN

**Tabla 9 Características Regionales y Sociales de los Puentes Rurales**

- Puentes cortos (24 m en la IX región), por lo que el ahorro en costos de operación es pequeño.
- Un alto número de puentes, que además están ampliamente dispersos.
- El costo de rehabilitación por puente es pequeño (134 millones de pesos/puente en la IX región).
- El volumen de tránsito es pequeño; la mayoría es tránsito local.
- Pocos puentes pueden ser considerados como "económicamente factibles", aunque también los hay.
- Debido a los pocos datos económicos, es difícil evaluar el retorno económico de la inversión.
- Pese al bajo retorno económico de la inversión, mucho de los puentes funcionan como nexos de las instituciones sociales tales como hospitales y escuelas; por lo tanto es difícil medir el valor del puente sólo en términos económicos.

**Tabla 10 Lista del proyecto de rehabilitación de la IX Región**

Priority Order	Link No.	Bridge Location		Priority Indicator		Existing Bridge Data					Bridge Rehabilitation Data			Rehabilitation Cost (millón peso) C	Bridge No.	Link No.		
		Comuna Name	Bridge No.	Bridge Name	Individual Bridge A	Grouped Bridges B	Bridge Type	Length (m)	Width (m)	Load Limit (t)	Damage Degree	Traffic (pcu)	Rehabili. Method				Number of Lanes	
<b>1st Year: 1998</b>																		
1	71	LONQUIMAY	IX-049	SIRECO	2.651	2.651	Timber	8.20	3.70	10	2	4660	Reconst.	2	87.6	IX-049	71	
2	71	LONQUIMAY	IX-048	NANCUREO	2.458	2.651	Timber	10.00	3.00	6	2	4560	Reconst.	2	96.2	IX-048	71	
3	70	LONQUIMAY	IX-094	LOLEN	1.000	1.000	Timber	67.00	2.60	4	2	4660	Reconst.	2	370.6	IX-094	70	
4	4	ANGOL	IX-098	LEALTAD	0.994	0.994	Timber	63.70	3.50	10	2	9887	Reconst.	2	354.7	IX-098	4	
5	51	TEODO SCHMIDT	IX-099	POCULON	0.942	0.942	Timber	31.00	1.85	0	1	958	Reconst.	2	197.3	IX-099	51	
6	74	PUCON	IX-027	EL CRISTO	0.755	0.755	Timber	26.00	3.50	6	1	1504	Reconst.	2	173.2	IX-027	74	
7	31	TRAIGUEN	IX-078	HUSIHUE	0.726	0.726	Timber	33.30	4.20	-	2	3356	Reconst.	2	208.4	IX-078	31	
					Indicator over							Total Cost			1488.0		millión peso	
<b>2nd Year: 1999</b>																		
8	77	CARAHUE	IX-040	SAN JUAN	0.714	0.714	Timber	31.60	4.00	10	2	1830	Reconst.	2	200.2	IX-040	77	
9	77	CARAHUE	IX-041	LONCOMAYO	0.444	0.714	Timber	18.00	3.84	12	3	1830	Reconst.	2	114.7	IX-041	77	
10	12	PUREN	IX-079	LA ISLA	0.707	0.707	Timber	36.70	3.50	1	1	303	Reconst.	1	154.0	IX-079	12	
11	38	LAUTARO	IX-091	COLLIN	0.577	0.577	Timber	21.80	3.76	-	1	43	Reconst.	1	108.3	IX-091	38	
12	66	LONQUIMAY	IX-085	HULLINCO	0.572	0.572	Timber	16.30	4.10	10	2	190	Reconst.	1	92.9	IX-085	66	
13	66	LONQUIMAY	IX-033	KALMA	0.569	0.572	Timber	17.90	3.70	10	2	190	Reconst.	1	96.3	IX-033	66	
14	19	COLLIPULLI	IX-071	CALLIN	0.562	0.562	Timber	13.60	4.00	12	2	1126	Reconst.	2	113.6	IX-071	19	
15	65	MELPELCO	IX-034	ALLIPEN	0.542	0.542	Timber	58.00	3.82	4	2	286	Reconst.	1	219.5	IX-034	65	
16	52	TEODO SCHMIDT	IX-043	ALLIPEN	0.532	0.532	Timber	9.10	4.05	10	2	404	Reconst.	1	69.3	IX-043	52	
17	33	NEVEA IMPERIAL	IX-013	HUAMAQUI	0.526	0.526	Timber	19.10	4.00	8	2	628	Reconst.	2	140.0	IX-013	33	
18	8	LOS SAUCES	IX-070	LA OBRA	0.500	0.500	Timber	10.40	3.40	5	2	641	Reconst.	2	98.2	IX-070	8	
					Indicator over							Total Cost			1427.0		millión peso	
<b>3rd Year: 2000</b>																		
19	34	NEVEA IMPERIAL	IX-012	HUECHUCON	0.475	0.475	Timber	30.60	4.10	-	2	628	Reconst.	2	195.4	IX-012	34	
21	63	VILLARRICA	IX-021	PEDREGOSO	0.458	0.458	Steel	38.00	3.85	12	2	1909	Reconst.	2	231.0	IX-021	63	
20	22	VICTORIA	IX-063	MALLECO	0.458	0.458	Timber	32.20	3.70	4	1	131	Reconst.	1	140.2	IX-063	22	
22	22	VICTORIA	IX-064	LOS SOLDADOS	0.007	0.458	Timber	33.50	3.80	8	2	130	Reconst.	1	144.2	IX-064	22	
23	13	PUREN	IX-055	VILUCO	0.451	0.451	Timber	8.30	3.90	10	2	594	Reconst.	2	83.0	IX-055	13	
24	13	PUREN	IX-054	CHACRE	0.344	0.451	Timber	20.10	3.70	10	2	594	Reconst.	2	144.8	IX-054	13	
25	13	PUREN	IX-053	NATO	0.142	0.451	Timber	24.40	3.80	12	3	594	Reconst.	2	134.8	IX-053	13	
26	13	PUREN	IX-052	PINGUDAHUE	0.934	0.451	Timber	11.00	3.40	12	5	594	Reconst.	2	101.0	IX-052	13	
27	14	PUREN	IX-100	LAS MINAS	0.442	0.442	Timber	12.50	3.70	10	2	251	Reconst.	1	79.7	IX-100	14	
28	18	COLLIPULLI	IX-047	LAS TOSCAS	0.379	0.379	Timber	10.80	3.85	6	2	543	Reconst.	2	100.1	IX-047	18	
					Indicator over							Total Cost			1409.2		millión peso	
<b>4th Year: 2001</b>																		
29	35	LAUTARO	IX-001	NIBUNTO	0.377	0.377	Timber	24.80	3.60	8	2	1098	Reconst.	2	167.5	IX-001	35	
30	35	LAUTARO	IX-002	MUCOBAJO	0.319	0.377	Timber	34.50	3.70	6	2	1098	Reconst.	2	214.1	IX-002	35	
31	17	LOS SAUCES	IX-066	QUINQUEN	0.370	0.370	Timber	36.10	3.80	6	2	736	Reconst.	2	221.8	IX-066	17	
32	69	LONQUIMAY	IX-097	PUNTA NEGRA 2	0.369	0.369	Timber	28.80	3.55	13	3	1516	Reconst.	2	196.7	IX-097	69	
33	69	LONQUIMAY	IX-096	PUNTA NEGRA 1	0.529	0.369	Timber	28.60	3.50	13	5	1516	Reconst.	2	185.2	IX-096	69	
34	62	VILLARRICA	IX-024	SALVA TU ALMA	0.360	0.360	Steel	49.70	3.77	15	2	1427	Reconst.	2	244.0	IX-024	62	
35	9	LOS SAUCES	IX-069	MIRAFLORES	0.332	0.332	Timber	44.40	3.60	10	2	624	Reconst.	2	261.8	IX-069	9	
					Indicator over							Total Cost			1481.6		millión peso	
<b>5th Year: 2002</b>																		
36	16	LOS SAUCES	IX-095	RENICO	0.332	0.332	Timber	20.70	3.40	8	2	251	Reconst.	1	104.9	IX-095	16	
37	68	LONQUIMAY	IX-075	LOS SOLDADOS	0.309	0.309	Timber	10.00	3.35	6	3	639	Reconst.	2	96.2	IX-075	68	
38	68	LONQUIMAY	IX-076	MIRAFLORES	0.329	0.309	Timber	19.70	3.90	6	4	639	Reconst.	2	142.9	IX-076	68	
39	7	LOS SAUCES	IX-050	HUADABA	0.307	0.307	Timber	19.90	3.60	10	2	181	Reconst.	1	102.4	IX-050	7	
40	10	LOS SAUCES	IX-059	NAPASIR	0.291	0.291	Timber	11.10	3.10	8	2	103	Reconst.	1	75.4	IX-059	10	
41	10	LOS SAUCES	IX-062	PELEHUITO	0.279	0.291	Timber	17.80	2.80	8	2	103	Reconst.	1	96.0	IX-062	10	
42	10	LOS SAUCES	IX-061	CATAFINA N°1	0.275	0.291	Timber	20.40	4.00	8	2	103	Reconst.	1	104.0	IX-061	10	
43	47	FREIRE	IX-035	NEGRO	0.286	0.286	Steel	20.70	3.85	8	2	755	Reconst.	2	147.7	IX-035	47	
44	11	LOS SAUCES	IX-060	CATAFINA N°2	0.267	0.267	Timber	28.90	3.75	8	2	103	Reconst.	1	130.1	IX-060	11	
45	11	LOS SAUCES	IX-058	REHUE	0.266	0.267	Timber	30.50	3.80	8	2	103	Reconst.	1	135.0	IX-058	11	
46	20	COLLIPULLI	IX-072	MININCO	0.261	0.261	Timber	16.30	4.30	10	2	229	Reconst.	1	91.4	IX-072	20	
47	40	VILLARRICA	IX-005	FEDREGOSO	0.252	0.252	Timber	16.50	3.20	-	2	293	Reconst.	1	92.0	IX-005	40	
48	40	VILLARRICA	IX-006	CALBUCCO	0.631	0.252	Timber	13.00	3.55	8	4	293	Reconst.	1	81.2	IX-006	40	
49	40	VILLARRICA	IX-004	LIAMUCO	0.668	0.252	Steel	22.00	4.00	12	4	293	Reconst.	1	168.9	IX-004	40	
					Indicator over							Total Cost			1508.1		millión peso	



### **3.6 PRIORIDAD DE REHAB. Y PLAN DEL PROYECTO**    **PLAN DE REHABILITACIÓN**

#### **4. Evaluación de la Factibilidad de la Inversión**

El costo total para el plan de mejoramiento (110 puentes) de 10 años en la IX región llega a los 14.750 millones de pesos Chilenos. Para este monto, se hicieron evaluaciones estimativas de la factibilidad de la inversión mediante la tasa interna de retorno (TIR); sin embargo, se encontraron problemas con la estimación de los beneficios del proyecto como los que se mencionan a continuación siendo su dependencia una materia cuestionable.

- No fue posible averiguar los datos respecto de los caminos de desvío, distancia, y las condiciones del camino, necesarios para el cálculo de los beneficios al ahorrar tiempo y costos de operación. Los caminos fueron excluidos de este Estudio por el aspecto del costo-eficiencia, ya que había un gran número de puentes rurales de dimensiones menores; por lo tanto, los puentes se transformaron en el único punto focal de investigación. Como la longitud total de los puentes en la IX región fue de sólo 2,64 Kilómetros, calcular los ahorros en tiempo y costos de operación considerando solamente a los puentes habrían resultado cifras insignificantes. Además, como el volumen de tránsito rural es pequeño, la productividad adicional ahorrada en tiempo no es grande.
- En el caso del reemplazo de un puente de madera por un puente permanente de hormigón, los costos de mantenimiento de los puentes de madera no están considerados produciéndose un ahorro de capital. En el caso de que el puente no sea reemplazado, se asumió que el mismo tipo de puente es reconstruido cada 10 años. Sin embargo, mientras mayor es el costo de un puente de madera, mayores son los beneficios; por lo tanto la TIR fluctúa considerablemente.

Es por lo tanto difícil evaluar la factibilidad de la inversión para el mejoramiento de puentes rurales mediante un análisis económico, pero como una parte del camino es mejorada como resultado de algún proyecto, los nueve efectos socioeconómicos como los mencionados en "2. Método de Valoración de la Prioridad de Rehabilitación" pueden ser esperados. Tales efectos que incluyen la reducción de la pobreza y la rectificación del ingreso regional no balanceado, son objetivos de las políticas del gobierno Chileno. Los caminos son una infraestructura pública fundamental utilizada por la población local, y cuando su no es posible, los efectos desfavorables se vuelcan sobre la economía y la vida de los habitantes locales. En vista de las políticas sociales, el MOP ha reconstruido los puentes de madera deteriorados y peligrosos en ciclos de cinco o diez años. Sin embargo, debido a las alzas en los costos de los puentes madera y al aumento de vehículos pesados en años recientes, se ha decidido que todos los puentes sean reemplazados con puentes de hormigón permanentes. Esta decisión fue tomada sobre la base del juicio de que los puentes de hormigón tienen una mayor ventaja en aspectos técnicos y económicos en lo que respecta a su mantenimiento.



## **4. DISEÑO DE REHABILITACIÓN DE PUENTES**

**1. Propósito y Alcance del Diseño de Rehabilitación**

El propósito del diseño de rehabilitación es el de transferir habilidades técnicas de inspección y rehabilitación de puentes al personal del MOP a cargo de estas operaciones, reflejando la información técnica en la Inspección de Puentes & Manual de Rehabilitación y el Plan de rehabilitación de Puentes del Estudio. El estudio cubre los siguientes trabajos:

- Inspección de la condición del puente.
- Estudios topográficos y geológicos para el diseño de reconstrucción.
- Inspección de los daños para el diseño de reparación.
- Diseño de la Rehabilitación y estimación de los costos tanto para los casos de reparación como los de reconstrucción.
- Estudio de los Impactos Ambientales en el emplazamiento del puente.

**2. Proceso del Diseño de Rehabilitación**

Se realizó una inspección para recolectar la información general del puente así como también para evaluar su condición existente. A través de esta inspección, el plan básico de rehabilitación (reconstrucción reparación) fue decidido para cada puente. Después de esto, para los puentes considerados a ser reconstruidos, se realizaron estudios topográficos y sondajes, y para los puentes que se consideró su reparación, se inspeccionaron sus daños en detalle. Después de recolectar toda la información de terreno y de realizar los estudios mencionados, se prepararon los ejemplos de diseño de rehabilitación y se estimaron los costos para los veinte puentes seleccionados. En paralelo a la inspección de los puentes, se realizó un estudio medio ambiental para evaluar los posibles efectos que podrían tener la rehabilitación de los puentes en sus alrededores. Ver el diagrama de flujo de la **Figura 11**.

**3. Selección de los 20 Puentes**

Veinte puentes fueron seleccionados con la cooperación del MOP para los diseños de rehabilitación, considerando los siguientes puntos(ver **Tabla 11**):

- Se seleccionaron puentes de diversos tipos estructurales y para diferentes métodos de rehabilitación que van desde la reparación hasta la reconstrucción.
- Se seleccionaron puentes bajo variadas condiciones geológicas y geográficas.
- Se seleccionaron puentes que el MOP necesita rehabilitar con urgencia.

Se seleccionaron los tipos de puentes comunes en Chile tales como los de madera simplemente apoyados, o con vigas de hormigón o acero, excluyendo los tipos especiales de puentes tales como los de viga continua, colgantes, en arco, etc.

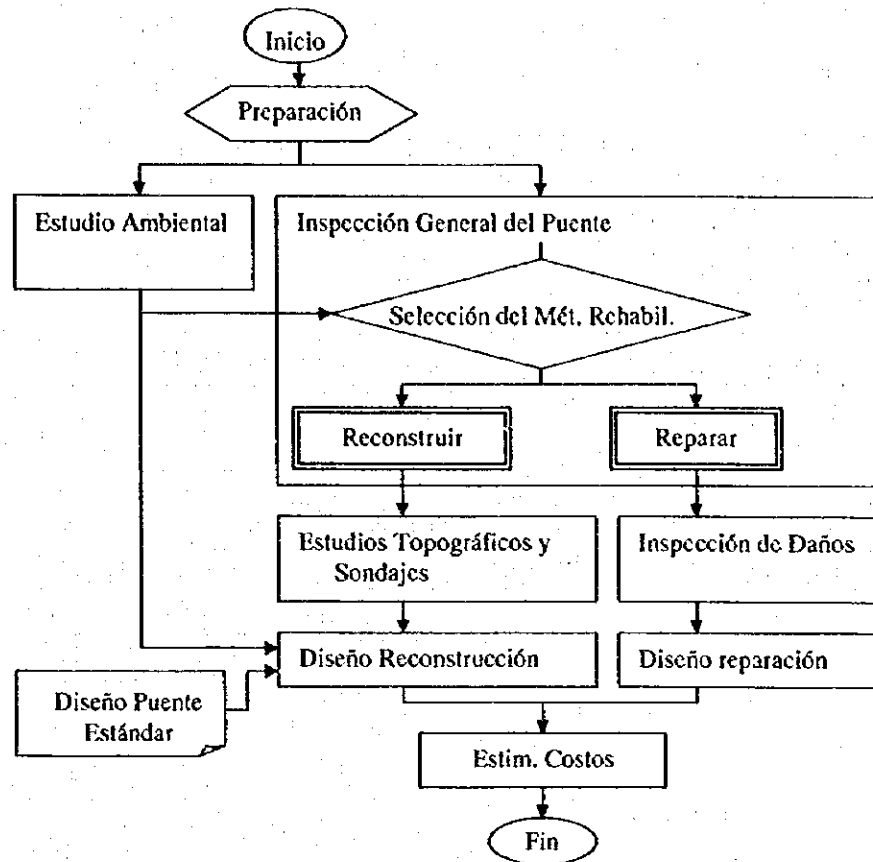


Figura 11 Proceso del Diseño de Rehabilitación de Puentes

Tabla 11 Veinte Puentes para el Diseño de Rehabilitación

Nº	Nombre del Puente	Región	Tipo Estructural	Long. (m)	Nº	Nombre del Puente	Región	Tipo Estructural	Long. (m)
1	Confluencia	IV	A	113,10	11	El Indio	IX	A	21,10
2	David García	V	H.A.	93,05	12	Quillén	IX	M	25,90
3	Granallas	V	A	49,85	13	Poculón	IX	M	31,00
4	Ventanas	V	H.A.	30,00	14	Malleco	IX	M	92,00
5	San José	RM	H.A.	16,10	15	Miraflores	IX	M	44,40
6	Puangue	RM	H.A.	105,10	16	San Juan	IX	M	31,60
7	San José de Marchihue	VI	A	120,00	17	Medina	IX	A	170,00
8	Antivero N°2	VI	H.A.	102,90	18	Cautín (88)	IX	A	39,40
9	Los Cardos	VI	A	73,55	19	Salva Tú Alma	IX	A	40,70
10	Cautín	IX	H.A.	140,00	20	Quinchilca	X	H.A.	140,00

Notes: RM = Región Metropolitana

H.A.= Puente con vigas de hormigón armado

A = Puente con vigas de Acero

M = Puente con vigas de madera

## **4.2 INSPECCIÓN Y MÉTODO DE REHABILITACIÓN DISEÑO DE REHABILITACIÓN**

### **1. Inspección General de los Puentes**

#### **(1) Inspección Conjunta**

Los emplazamientos de los puentes fueron inspeccionados al comienzo tanto por el MOP y por los ingenieros del Equipo de Estudio en orden a tener un entendimiento común sobre las condiciones de los puentes. A través de esta inspección en conjunto, se pudo recolectar no sólo información sobre los daños visibles del puente sino que también fue posible obtener datos tales como el año de construcción, reparaciones efectuadas en el pasado, capacidad carga diseñada, flujo del río en período de crecidas, condiciones del tránsito, etc., a través del personal regional del MOP y de las personas que habitan cerca de los puentes.

#### **(2) Inspección de Detalles y Defectos**

Los daños y defectos del puente fueron observados visualmente tramo por tramo a corta distancia, siempre y cuando esto fuera seguro. Los daños principales fueron fotografiados y evaluados mediante cinco clasificaciones o rangos, desde I (peligroso) al V (bueno). La mayoría de los daños fue clasificado entre II o III.

Un ejemplo de puente inspeccionado y sus daños es mostrado en la **Figura 12** y la **Tabla 12**.

### **2. Método de Rehabilitación**

#### **(1) Política de Rehabilitación**

Para la decisión del método de rehabilitación, es decir reparar o reconstruir, la opinión y peticiones del MOP fueron tomadas como un elemento importante junto con los juicios técnicos de acuerdo con los resultados de la inspección. El MOP tiene la siguiente política de rehabilitación de puentes rurales:

Muchos puentes de áreas rurales están ya deteriorados u obsoletos, presentando un ancho y capacidad de carga insuficiente para el volumen de tránsito actual. Para tales puentes, se adopta por un plan de reconstrucción con puentes nuevos más que por la reparación o reforzamiento de los puentes existentes.

- Los puentes de madera existentes, debido a sus pocos años de duración y la necesidad de su constante mantenimiento, deberán ser reemplazados con estructuras (de hormigón o acero) permanentes.
- Los puentes de hormigón o acero existentes, para economía de la rehabilitación, deberán mantenerse mediante reparaciones tanto como ellos mantengan un ancho y una capacidad de carga adecuada. Los puentes que no tengan éstas últimas características deberán ser reconstruidos con los últimos diseños de anchos estándar, evitando el reforzamiento de las actuales estructuras.

#### **(2) Selección del Método de Rehabilitación**

El método de rehabilitación fue estudiado para cada uno de los 20 puentes sobre la base de los resultados de la inspección general y considerando la política de rehabilitación del MOP, concluyendo en que ocho puentes eran aptos para diseños de reconstrucción y doce para reparaciones.

Las razones técnicas y sociales de por qué se adoptaron estos planes, son explicadas en la **Tabla 13** mediante el ejemplo del Puente N°2 David García.

Para los Diseños de reparación, se adoptaron métodos simples y de pequeña escala adecuados para el mantenimiento de viejos puentes hasta su reconstrucción. En el diseño de reparación, la capacidad de carga no pudo ser justificada.



## 4.2 INSPECCIÓN Y MÉTODO DE REHABILITACIÓN DISEÑO DE REHABILITACIÓN

NOMBRE DEL PUENTE: CONFLUENCIA

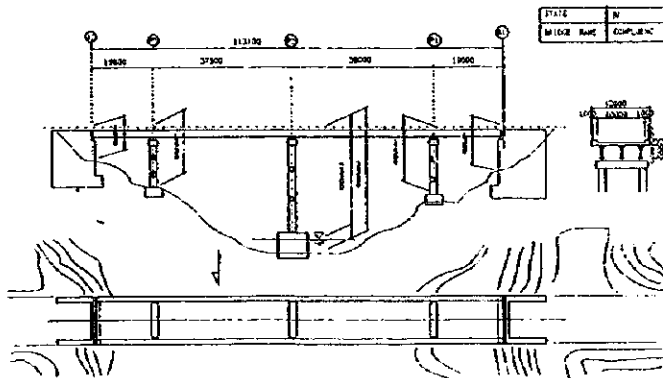
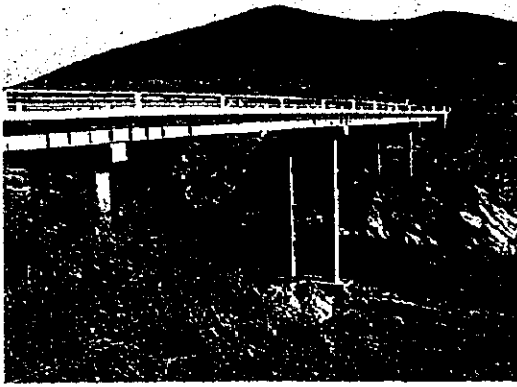


Figura 12 Vista General del Puente Inspeccionado

Tabla 12 Tabla de Daños

Partes del Puente	Localización del Daño	Daño	Evaluación del Daño	Rango de Daños	Fotografía																																				
Losa	<p>Grieta</p> <p>Eflorescencia</p> <p>Losa-1</p> <p>Losa-4</p>	Grieta	<table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Valor de Evaluación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grande</td> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>Pequeña</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>Pequeña</td> <td>IV</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>Grande</td> <td>IV</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>Pequeña</td> <td>IV</td> <td>IV</td> </tr> </tbody> </table> <p>El daño fue observado, pero una rehabilitación no es necesaria. Se debe inspeccionar continuamente.</p>	X	Y	Z	Valor de Evaluación	Grande	Grande	II	II	Grande	Pequeña	II	II	Grande	Grande	II	II	Pequeña	Grande	II	II	Pequeña	Pequeña	IV	IV	Grande	Grande	II	II	Pequeña	Grande	IV	IV	Pequeña	Pequeña	IV	IV	III	<p>Grieta</p> <p>Losa-4</p>
		X	Y	Z	Valor de Evaluación																																				
Grande	Grande	II	II																																						
Grande	Pequeña	II	II																																						
Grande	Grande	II	II																																						
Pequeña	Grande	II	II																																						
Pequeña	Pequeña	IV	IV																																						
Grande	Grande	II	II																																						
Pequeña	Grande	IV	IV																																						
Pequeña	Pequeña	IV	IV																																						
Eflorescencia	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Z</th> <th>Elemento Principal</th> <th>Elemento Secundario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>III</td> <td>IV</td> </tr> </tbody> </table> <p>El daño es grande, se necesita una rehabilitación.</p>	Z	Elemento Principal	Elemento Secundario	Grande	II	II	Pequeña	III	IV	II	<p>Eflorescencia</p> <p>Losa-1</p>																													
Z	Elemento Principal	Elemento Secundario																																							
Grande	II	II																																							
Pequeña	III	IV																																							
A1 Estribo	<p>La eflorescencia está en toda la superficie.</p> <p>Descascaramiento/ Desprendimiento</p> <p>Eflorescencia</p>	Descascaramiento/ Desprendimiento	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Elemento Principal</th> <th>Elemento Secundario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grande</td> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>Pequeña</td> <td>II</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>Pequeña</td> <td>IV</td> <td>IV</td> </tr> </tbody> </table> <p>Se observó un daño, el grado debe ser registrado. Eflorescencia</p>	Y	Z	Elemento Principal	Elemento Secundario	Grande	Grande	II	II	Grande	Pequeña	II	IV	Grande	Grande	II	IV	Pequeña	Pequeña	IV	IV	Descascaramiento/ Desprendimiento	<p>Descascaramiento/ Desprendimiento</p> <p>Losa-1</p>																
		Y	Z	Elemento Principal	Elemento Secundario																																				
Grande	Grande	II	II																																						
Grande	Pequeña	II	IV																																						
Grande	Grande	II	IV																																						
Pequeña	Pequeña	IV	IV																																						
Eflorescencia	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Z</th> <th>Elemento Principal</th> <th>Elemento Secundario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grande</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>III</td> <td>IV</td> </tr> </tbody> </table> <p>El daño es grande, se necesita una rehabilitación.</p>	Z	Elemento Principal	Elemento Secundario	Grande	II	II	Pequeña	III	IV	II	<p>Eflorescencia</p> <p>Losa-1</p>																													
Z	Elemento Principal	Elemento Secundario																																							
Grande	II	II																																							
Pequeña	III	IV																																							

## 4.2 INSPECCIÓN Y MÉTODO DE REHABILITACIÓN DISEÑO DE REHABILITACIÓN

### 3. Estudios Topográficos y Sondajes

Se realizaron estudios topográficos y sondajes en los ocho emplazamientos de los puentes seleccionados para ser reconstruidos, preparándose los planos topográficos para los diseños de los nuevos de puentes. El área y ubicación de los estudios están ilustrados en la **Figura 13**. En total, se abarco un área de 14,4 ha y una longitud de sondajes de 135 m (44 m para suelo fino y 91 m en grava).

### 4. Inspección de Daños

Los principales daños mostrados en la **Tabla 14** observados en la inspección general, fueron inspeccionados con mayor detalle para los diseños de las reparaciones usando los instrumentos de las pruebas no destructivas.

**Tabla 14 Daños Típicos**

Tipo de Material	Hormigón	Acero	Madera
Daños Típicos	Grietas Desgaste / Expansión Delaminación Nidos de Piedra Eflorescencia Desgaste Fractura	Pérdida de la Pintura Oxidación Aflojamiento Desprendimiento Deformación Grietas	Pudrición Rajaduras/Hendiduras Pandeo Aflojamiento

Las pruebas no destructivas (PND) permiten detectar el interior de un elemento del puente y evaluar las deficiencias que tal vez no sean visibles. Las siguientes PND se realizaron donde la situación lo permitía:

**Tabla 15 Pruebas No Destructivas**

Tipo de Material	Equipo para la Prueba	Objetivos de la Prueba
Hormigón	Martillo Schmidt (NR-4 para hormigón normal)	Conocer la resistencia del hormigón.
	Paco-metro Tipo 3D Mini-Search 2 Model	Conocer la ubicación, y diámetro de las armaduras.
	Líquido de Fenolftaleína	Neutralización del hormigón
Acero	Medidor Ultrasónico de Espesor	Conocer el espesor de las placas de acero
	Tinte Penetrante	Detección de grietas

Los resultados de la inspección de daños se pueden resumir de la siguiente manera:

#### (1) Elementos de hormigón

Se observó una gran cantidad de grietas, desgastes superficiales (spalling), nidos de piedra, etc., indicando problemas en la calidad del hormigón. No se observó una carbonatación extraordinaria.

#### (2) Elementos de acero

Gran cantidad de óxido y deterioro de los recubrimientos. Sin embargo, tales daños no redujeron la sección transversal, de manera que los elementos estructurales no presentan problemas.

#### (3) Elementos de madera

Más de la mitad sufre de daños y pudrición como resultado del tránsito y humedad, más que de los insectos u hongos.

Tabla 13 Ejemplo de Razones de Reconstrucción

Nombre del Puente: David García

Razones Técnicas	Razones Sociales
<p>1. Construido alrededor de 1930, el puente de hormigón luce seriamente deteriorado.</p> <p>2. Juzgando por la prueba de neutralización llevada a cabo mediante una aplicación de un spray con solución de fenolftaleína, es posible suponer que el hormigón ya este dañado en alguna extensión y que las armaduras puedan estar corroídas.</p> <p>3. Cuando pasa un vehículo pesado pasa se puede sentir una vibración considerable. Es posible que la vibración provenga de algunos defectos de la fundación, debido a que se supone que la superestructura e infraestructura tienen una rigidez supuestamente asegurada.</p> <p>4. Unas manchas aisladas de cal están presentes en la parte de debajo de la losa, las cuales puede suponerse por la profundidad de las grietas del hormigón.</p> <p>5. Grieta de un ancho de 1cm fueron encontradas en la mesa de apoyo de los estribos.</p> <p>6. Algunas personas hacen fuego bajo el puente, como consecuencia este se ha vuelto negro por debajo debido al hollín. Esto probablemente que el puente sea afectado adversamente.</p> <p>7. El hormigón esta descamado y las armaduras están expuestas en las cepas.</p>	<p>1 Los Andes es la ciudad más próxima al puente, con una población de 55.000 personas.</p> <p>2 El puente está localizado sobre un importante camino principal (E-85), el cual conecta Los Andes, San Felipe y Santa María.</p> <p>3 El tránsito del puente es como de 6.000 vehículos por día. El ancho de 6m no es suficiente para el volumen de tránsito.</p>
<p>Conclusión: Además de lo antiguo y deteriorado del puente, la fundación parece ser inestable debido a la socavación. Además se requiere que el ancho de la calzada sea aumentado. De este modo fue decidida su reconstrucción.</p>	

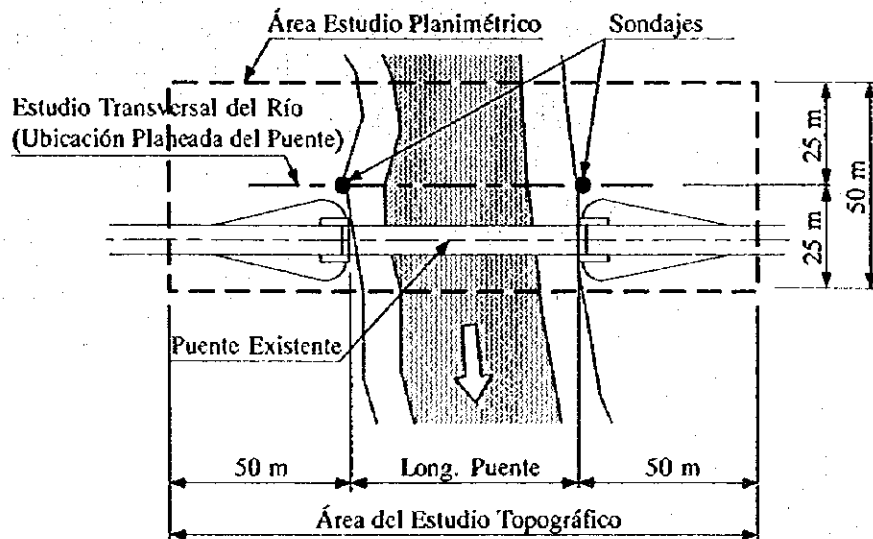


Figura 13 Área y Ubicación de los Estudios

### 1. Diseño de Reconstrucción

#### (1) Proceso del Trabajo de Diseño

Los puentes fueron planificados sobre la base de los mapas topográficos y en las investigaciones de las condiciones de los suelos, para seleccionar el tipo de puente, su tamaño y ubicación, se consideró la función y capacidad del puente, las condiciones geológicas y geográficas, y los impactos ambientales. Los planes básicos para la ubicación y alineamientos de las reconstrucciones han sido acordados con el MOP durante la inspección general. Después de la planificación del plan, se prepararon los planos de diseño utilizando los programas del CADD (Diseño y Dibujo asistido por computadora) desarrollado en el Estudio.

#### (2) Condiciones de Diseño

Las principales condiciones de diseño adoptadas en el diseño son las siguientes:

- Método de Diseño: Programa CADD (Método de las Tensiones Admisibles)
- Especificaciones del Diseño: AASHTO (1992)
- Carga de diseño: Camión HS 20-44
- Sismos: Coeficiente de aceleración  $A = 0,15$  (Categoría B por el método espectral del modo único)

#### (3) Diseño de los Puentes

Los puentes fueron diseñados tomando en cuenta los siguientes puntos técnicos:

- La longitud de los tramos fue seleccionada del rango que fluctúa entre los 20 a 30 m.
- En caso de reconstrucción en paralelo y adyacente al puente existente, las nuevas cepas están dispuestas en la misma dirección que las existentes, de manera de no provocar mayores disturbios en el flujo.
- Juzgando por el mercado de construcción en Chile, la viga de puente PC (hormigón pre-comprimido) fue la generalmente diseñada. Sin embargo, para tramos superiores a los 30 m y donde el terreno de construcción estaba ubicado en la montaña, se seleccionó la viga de acero considerándose más fácil su montaje a pesar de ser más caras que la de hormigón.
- Para los escombros flotantes, se adoptó una revancha mínima de 1,0 m respecto del nivel de aguas máximas.
- Para la socavación, se tomó una profundidad mínima de 2,0 m desde el lecho del río hasta la parte superior de la zapata de fundación.

Las principales características de los diseños de los puentes están resumidas en la Tabla 16. Un ejemplo de diseño del plano de vista general es mostrado en la Figura 14.

### 2. Diseño de Reparaciones

#### (1) Selección del Método de Reparación

Basándose en los datos recogidos de la inspección, las reparaciones fueron diseñadas para los métodos que son comunes y a menudo practicados por el MOP tal como se indica en la Tabla 17. Para seleccionar el método de reparación más adecuado, se recomendaron los diagramas que relacionan los tipos de daños y los métodos de reparación para los daños principales. Un ejemplo de diagrama para la reparación de grietas es mostrado en la Figura 15.

Para la reparación de los puentes de madera, el único método de reparación es el reemplazo de la madera dañada, por lo tanto no se necesitó de planos para interpretar tales métodos.

## 4.3 DISEÑO DE RECONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DISEÑO DE REHABILITACIÓN

### (2) Diseño de Reparaciones

La Tabla 18 resume los diseños de reparaciones para cada puente.

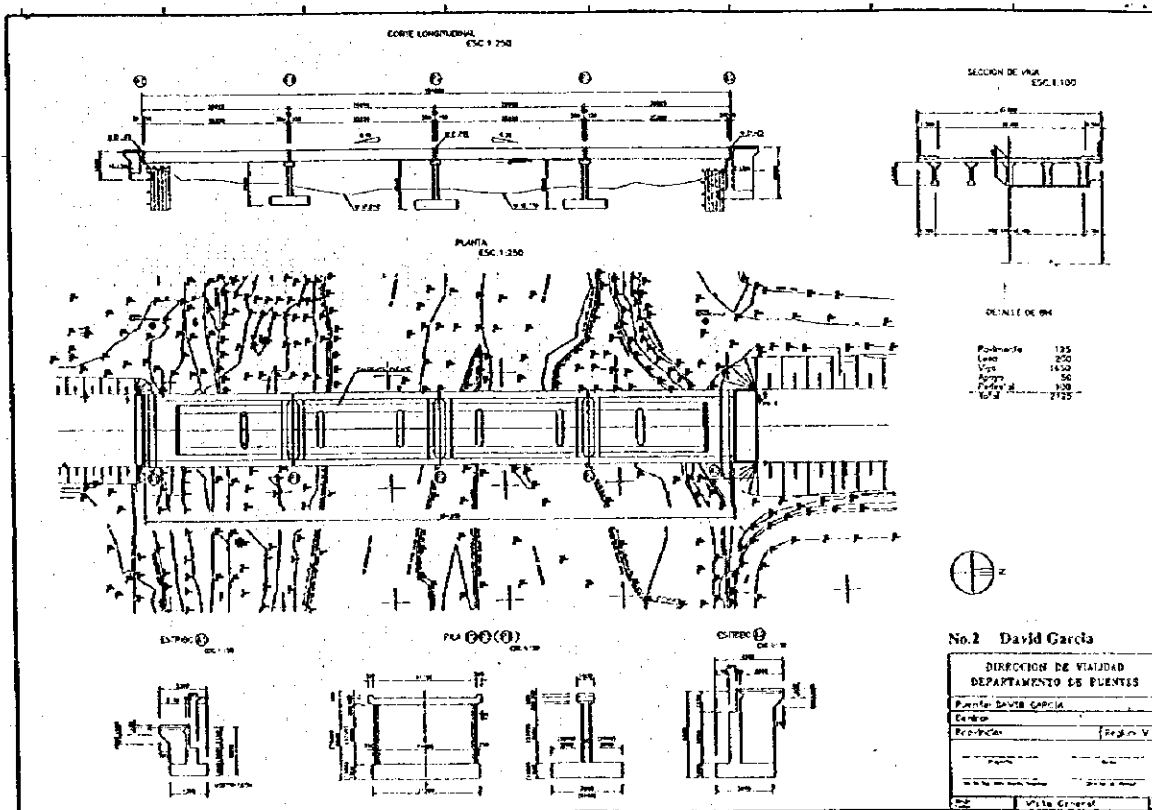
La Figura 16 muestra un plano de ejemplo del plan de reparación en el cual los siguientes datos de diseño están dados para cada daño a ser reparado:

- ① Ubicación de los Daños
- ② Tipo de Daños
- ③ Método de Reparación
- ④ Materiales para la Reparación
- ⑤ Cantidades

Los detalles de los métodos de reparación son mostrados en la División III del Manual de Puentes (Volumen 6/8).

**Tabla 16 Resumen de los Diseños de Puentes**

N°	Nombre del Puente	Tipo de Superestructura	Tramo & Longitud del	Ancho Puente (Calzada & Pasillo)	Ubicación del Nuevo Puente
2	David García	Vigas PC Postensada	4 @ 26 = 104 m	10 +2 @ 1,5 = 13,0 m	Mismo lugar
3	Grenallas	Vigas PC Postensada	2 @ 28 = 56 m	7 +2 @ 1,2 = 9,4 m	Mismo lugar
5	San José	Vigas PC Postensada	3 @ 28 = 84 m	10 +2 @ 1,0 = 12,0 m	Aguas abajo
6	Puangue	Vigas PC Postensada	4 @ 30 = 120 m	10 +2 @ 1,2 = 12,4 m	Aguas arriba
7	San José de Marchihue	Vigas PC Postensada	6 @ 27 = 162 m	7 +2 @ 1,0 = 9,0 m	Aguas arriba
8	Antivero N° 2	Vigas PC Postensada	4 @ 29 = 116 m	9 +2 @ 1,2 = 11,4 m	Mismo lugar
13	Pocolón	Vigas PC Pretensada	2 @ 20 = 40 m	7 +2 @ 1,0 = 9,0 m	Camino Local
16	San Juan	Viga de Acero	1 @ 34 = 34 m	8 +2 @ 1,2 = 10,4 m	Mismo lugar



**Figura 15 Plano de Vista General para el Diseño de Reconstrucción**

Tabla 17 Métodos de Reparación Propuestos

Tipo de Material	Método de Reparación
Hormigón	Inyección, Recubrimiento (Caulking), Escobillado, Recubrimiento (Coataing), Re-alisado, Pre-relleno (Pre-pack), Relleno Seco (Dry-pack), Hormigón Proyectado, Bacheo, Reposición del hormigón (Overlay), Reemplazo.
Acero	Volver a Pintar

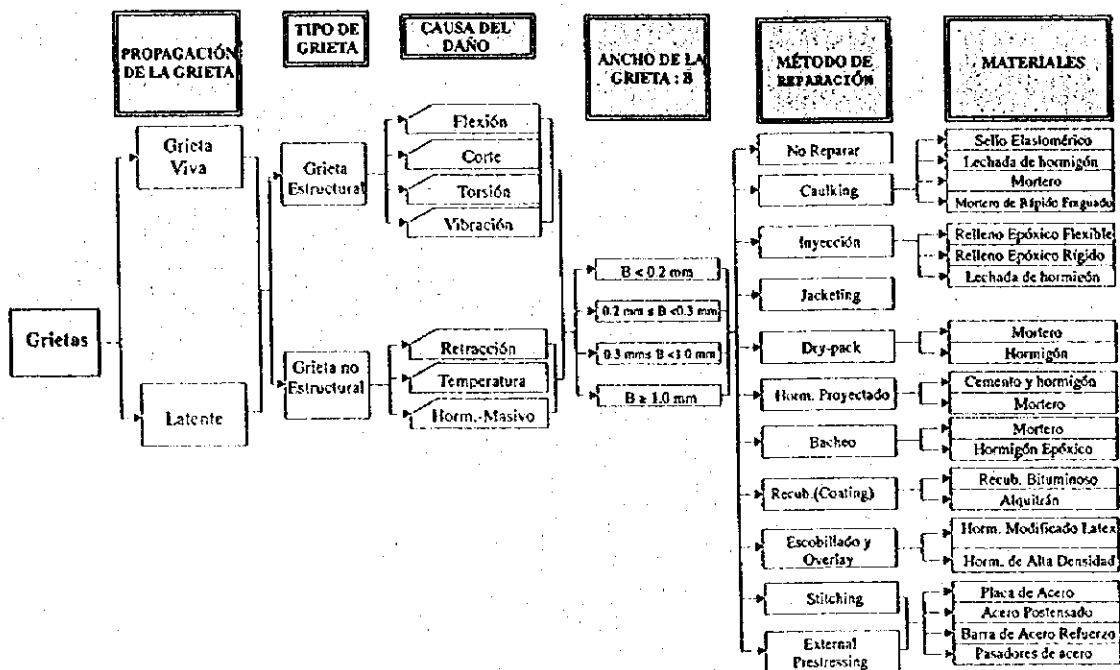


Figura 15 Diagrama con el Método de Reparación de Grietas

Tabla 18 Resumen de Diseños de Reparación de los Puentes

N°	Nombre del Puente	Tipo de Puente	Long. puente (m)	Principales Reparaciones Propuestas
1	Confluencia	Acero	113,10	Reparar el hormigón Volver a pintar las vigas de acero
2	David García	H.A.	93,05	Reparar el hormigón
3	Granallas	Acero	49,85	Reparar el hormigón Volver a pintar las vigas de acero
4	Ventanas	H.A.	30,00	Reparar el hormigón Reemplazar las cantoneras
10	Cautín	H.A.	140,00	Reparar el hormigón
11	El Indio	Acero	21,10	Reparar el hormigón
14	Malleco	Madera	92,00	Reparar el hormigón (sólo del estribo)
17	Medina	Acero	170,00	Reparar el hormigón (sólo del estribo) Volver a pintar las vigas de acero
18	Cautín (88)	Acero	39,40	Reparar el hormigón (sólo del estribo) Volver a pintar las vigas de acero
19	Salva Tú Alma	Acero	40,70	Reparar el hormigón (sólo del estribo) Volver a pintar las vigas de acero y las columnas de las cepas
20	Quinchilca	H.A.	140,00	Reparar el hormigón

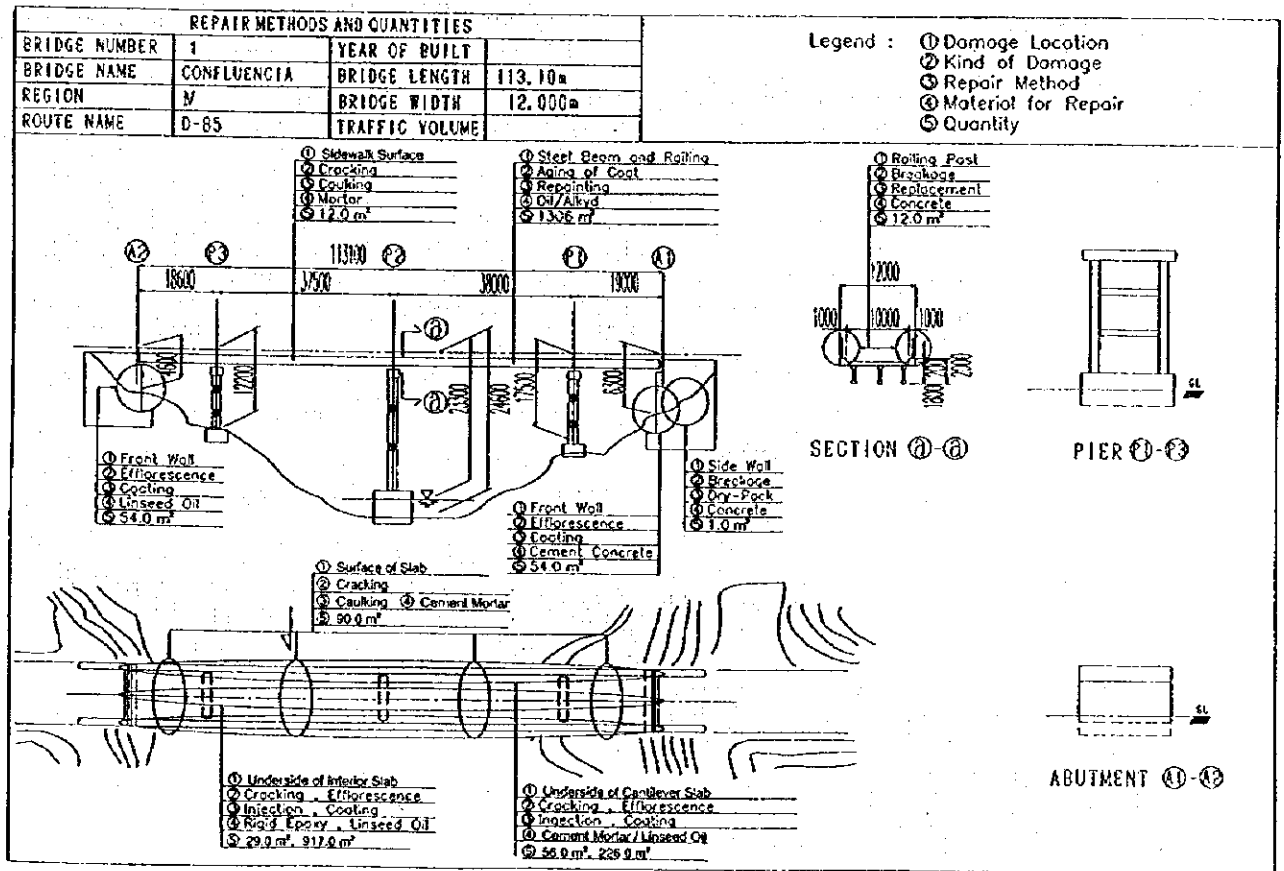


Figura 16 Plano con el Plan de Reparaciones

**1. Propósito del Estudio Ambiental**

Chile estableció la Ley Fundamental del Medio Ambiente en Marzo de 1994 y las Regulaciones de la Evaluación del Impacto Ambiental en Abril de 1997. El MOP está examinando la posibilidad de solicitar tales evaluaciones para la construcción de puentes además de la construcción de caminos debido a los efectos sobre el medio ambiente natural y el uso de la tierra.

Este estudio ambiental cubre la comprensión de las condiciones actuales del medio ambiente y las actividades del proyecto, la evaluación ambiental inicial (EAI), y la evaluación del impacto ambiental preliminar (EIA-Pre). Se intercambiaron punto de vista con el Departamento del Medio Ambiente del MOP sobre la necesidad de un estudio ambiental para la rehabilitación de puentes rurales, y en conclusión fue recomendado un proceso y formulario de estudio estandarizado basado en el Estudio Guía del Medio Ambiente de JICA.

**2. Proceso del Estudio Ambiental y Formulario Estándar**

Muchos problemas ambientales comunes se observaron en los puentes rurales relacionados con la condición geográfica y las actividades de construcción. Por lo tanto, fue empleado un formulario estándar en el estudio de los 20 puentes que fueron seleccionados para los diseños de rehabilitación. Los ítems de este formulario fueron escogidos a través del estudio del alcance y búsqueda en terreno.

El proceso del estudio estandarizado del ambiente es mostrado en la **Figura 17**, y los formularios estándar llenados con datos actuales del Puente David García son mostrados en la **Tabla 19**.

**3. Métodos de Evaluación**

En la columna de evaluación del Formulario 3 de la EAI, un impacto negativo es marcado con un "sí" y el no negativo con un "no". Donde sea aplicable, los impactos "temporales" o "ligeros" son también colocados como tales. En el caso de que haya un "sí" y/o un número de marcas de "temporal" o "ligero", se procede con la EIA-Pre y se registran las causas y efectos.

El Formulario 4 de la matriz de evaluación de la EIA-Pre es conducida en conjunto con el llenado de la columna del Formulario 3 de la EIA-Pre. En la matriz de evaluación, la marca de valoración del impacto (ver más abajo) es llenada de acuerdo a los ítems de actividades del proyecto en las etapas pre-onstruccion, durante la construcción y posterior a la construcción.

P: Se observa la posibilidad de un impacto altamente negativo, pero ya se ha encontrado una solución.

A: Altas posibilidades de impacto negativo, pero los datos obtenidos para predecir su extensión son insuficientes.

X: Se percibe un notable impacto negativo remanente.

E: Se percibe un notable mejoramiento del medio ambiente.

**4. Resultados del Estudio Ambiental de los 20 Puentes**

Muchos de los veinte puentes estudiados en detalle están alejados de pueblos o villas; y los impactos que las actividades de los proyectos puedan ocasionar son pequeños y/o temporales. Además, no hay lugares históricos o instituciones culturales en sus vecindades. El ambiente ecológico de todos los puentes es en general el típico de la zonas ribereñas y la existencia de especies en peligro de plantas o animales no se ha reportado.



De los 20 puentes, 12 de ellos fueron considerados para ser reparados; por lo tanto se juzgó que el impacto negativo a nivel socioeconómico, ecológico, o de contaminación, no era significativo en esas áreas.

De los 8 puentes que fueron considerados para ser reemplazados, se percibieron algunos efectos negativos como resultado de las actividades constructivas del reemplazo de los puentes. Los problemas anticipados fueron la reubicación de los habitantes locales y la adquisición de terrenos en el caso de construcción en propiedades privadas, así como también congestión del tránsito debido a los desvíos durante la construcción.

Los impactos negativos ecológicos incluyen sobre la calidad del agua, la vida acuática, etc., resultante de la erosión del suelo que en sí mismo es un impacto negativo. Trabajos de movimiento de tierra realizados durante una temporada de verano seca resultarán en el levantamiento de polvo que afectará la calidad del aire. En casos en que el puente esté cerca de lugares de crianza de ganado, el ruido producido por la maquinaria de construcción tendrá algunos efectos negativos. Sin embargo, los lugares para el reemplazo de los puentes están localizados dentro de la zona que comprende las orillas del río, alejados de pueblos y lugares de crianza de ganado, de manera que se considera que los efectos contaminantes serán pequeños.

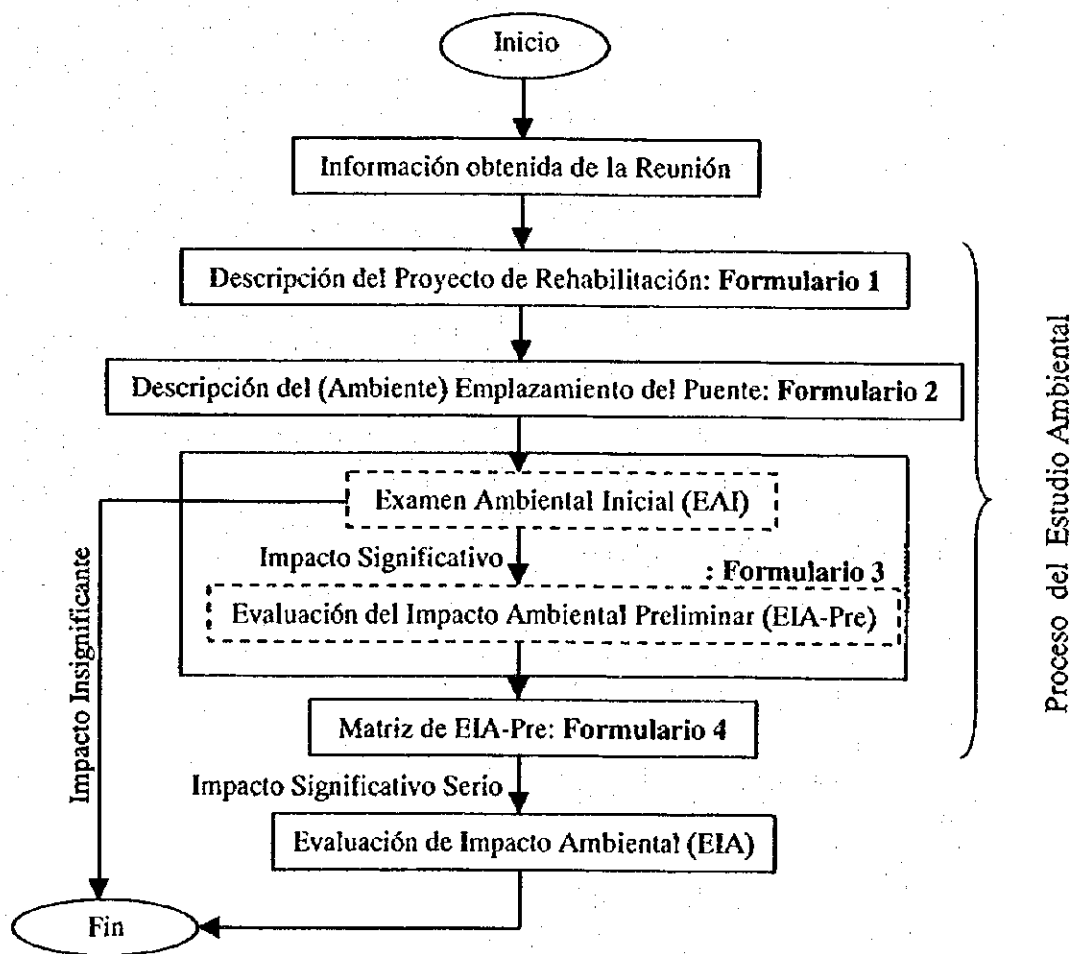


Figura 17 Proceso del Estudio Ambiental Estandarizado

Tabla 19 Formularios del Estudio Ambiental Estándar

Formulario 1 (Descripción del Proyecto)

David García

Item	Descripción
Antecedentes	El puente fue construido en los años treinta y se encuentra en una condición deteriorada. El largo del puente no es suficiente para el ancho de la corriente del río. Se visualizan muchos daños en las bandejas y las cantoneras. El aumento del volumen de tránsito afecta altamente en la capacidad de carga requerida del puente. Los pasillos para peatones del puente son estrechos. Problemas de accidentes de tránsito de peatones que cruzan el puente.
Objetivos	Reemplazo del puente a causa de la falta de capacidad para la carga viva debido al severo deterioro constante de su condición estructural. Si el puente es reemplazado se enanchará la calzada y los pasillos. Si el puente es reemplazado / reparado se obtendrá la protección y seguridad de los pasillos del puente.
Agente Ejecutante	Ministerio de Obras Públicas (MOP)
Beneficiarios	Mantenimiento de un tránsito fluido y seguro a pesar del aumento del volumen de tránsito Seguridad para los peatones que cruzan el puente por sus pasillos si el ancho de estos es suficiente
Componentes del Proyecto	Los ( Horm.), Viga ( Horm.), Sillón ( Horm.), Cepa ( Horm.), Fundación (Horm.) Largo 93,3m, Ancho (8,3m) Ancho calzada (6,0 m), Ancho de pasillos ( 1,2m)
Estructura existente del puente	( X ) Reemplazo ( ) Reparación ( X ) Urbano / ( ) Área Rural ( X ) Área plana / ( ) Área montañosa ( X ) Pavimentado / ( ) No pavimentado
Tipo de Proyecto	Año 79/81 (Juv), 630 (255 Jaulas/hora, ( Jaulas/día
Volumen de tránsito existente	Ancho Existente = ( 3 * 2 m ) N° pistas = ( 2 )
Ancho camino/pista	( X ) Terraplén / ( ) Elevado / ( ) Xerón. Terraplén en la ribera izquierda. Alto de construcción de hormigón de 2m de alto por 200m de largo en la ribera derecha de la cuenca superior.
Estructura del camino	Nombre del río: Acostagua, Dirección del flujo: NW Camino: Camino vecinal (Los Andes - San Esteban) de los Andes El puente se localiza a 1,2 Km del centro de Los Andes.
Infraestructuras suplementarias	Fue el primer puente construido con hormigón armado en los años treinta.
Otros	

Formulario 2 (Descripción del Lugar)

David García

Item	Descripción
Medio ambiente social	Medio ambiente social
Instalación:	Agua arriba: Área izquierda de la ribera: Ninguno Agua abajo: Área izquierda de la ribera: Ninguno
Uso de la tierra e infraestructura:	Agua arriba: Área izquierda de la ribera: Terreno arido, Barrios en una zona alejada del centro. Agua abajo: Área izquierda de la ribera: Terreno arido, barrios en una zona alejada del centro.
Actividades económicas:	Agua arriba: Área izquierda de la ribera: Terreno arido, Pequeños lotes de arena Agua abajo: Área izquierda de la ribera: Agricultura
Tipos de vegetación:	Agua arriba: Área izquierda de la ribera: Ninguno
Topografía (Características del área de la ribera):	Agua arriba: Área izquierda de la ribera: Pendiente y terraplén en banco de material suelto. Pendiente y terraplén en banco de material suelto. Pendiente y terraplén en banco de material suelto.
Geología (Características de la ribera/lecho):	Agua arriba: Área izquierda de la ribera: Banco macizo de grava y suelo sedimentario. Lecho del río Lecho del río plano con grava redonda. El régimen del flujo está dividido en dos, con cuenca de grava existentes en el curso de las aguas. La profundidad del río en su curso es de 1,2m. Velocidad aprox. del flujo: 1,2m/s El nivel de crecidas es de hasta 3,5m del fondo del río. Dirección del flujo: NW Bosques nativos de la zona: predominan la vegetación de tierra seca. Plantaciones de Eucalyptus en la ribera izquierda. Paises de pases y paises comidos. No hay un área específica de impermeables. No se reconocen abispos hacia
Contaminación	No hay quejas específicas
Opiniones:	No hay necesidad
Medidas tomadas:	El área de la ribera está siendo utilizada como banco de desechos de construcción. Una de las pocas áreas de degradación ambiental en los alrededores del puente. Las actividades diarias de los peatones que cruzan por el puente están frente a una amenaza debido al tránsito.

### Formulario 4 (Evaluación Preliminar del Impacto)

David García

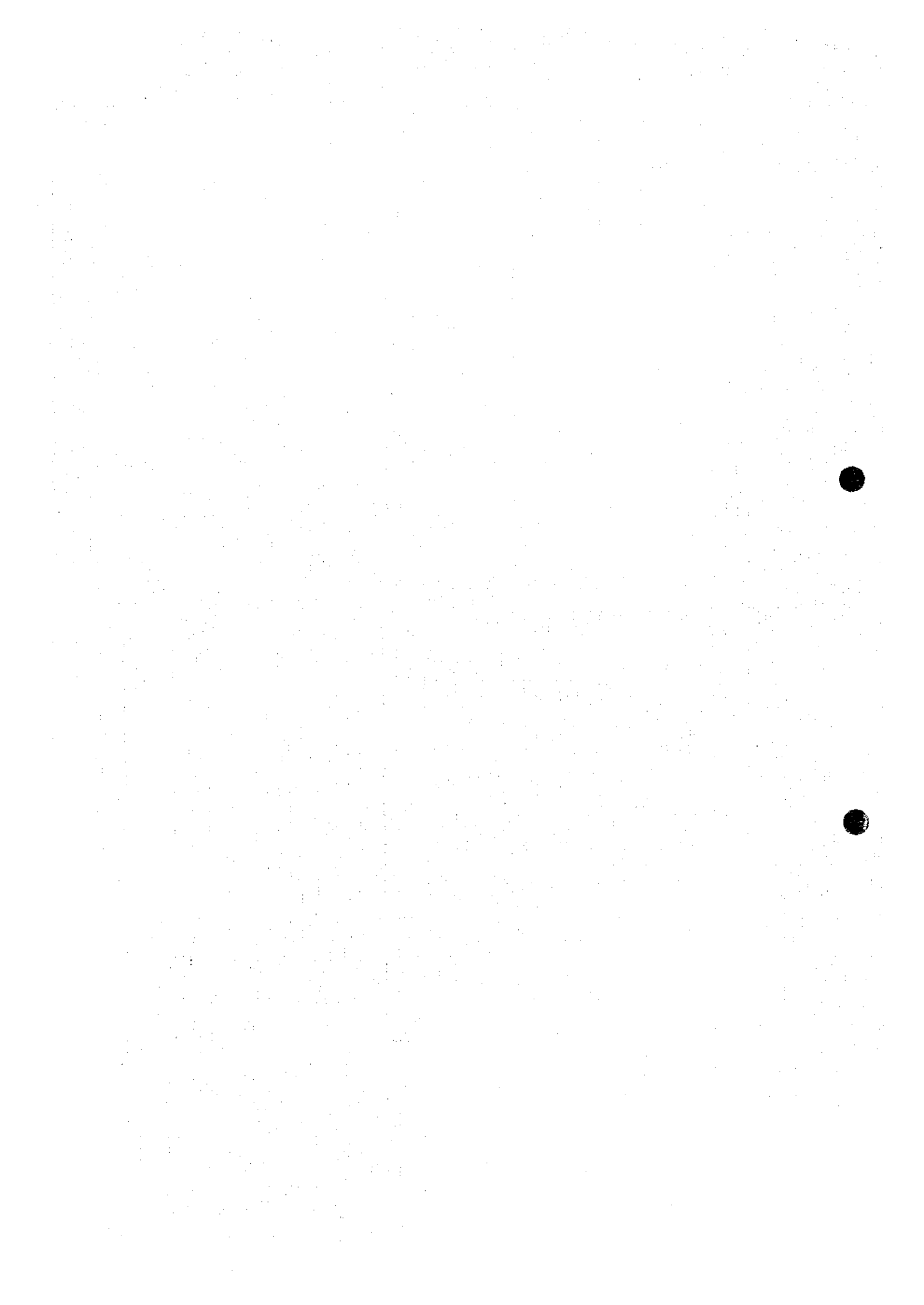
Componente ambiental	Identificación de actividades
Ambiente social económico	Tierra & propiedad Económica Tránsito & infraestruct. Comunidades Comodidades Histórico & cultural Derechos Pasaje Ruido
Ambiente Natural	Tierra Superficie del agua Especies & población
Pulsos	Atmósfera Agua Ruido, vibración

Actividades del Proyecto	Etapas de Pre-construcción		Etapas de construcción							Etapas de Operación y mantenimiento	Construcción del proyecto																										
	Camión de acceso	Cruce del río	Excavación del sitio	Pruebas de sondajes	Limpieza del sitio / limpieza	Movimiento de tierra	Equipos	Elaboración de planos de recuperación	Adquisición de terreno	Reconstrucción / remodelación	Camión de acceso	Cargas del movimiento de tierra	Movimiento de tierra	Demoliciones	Reconstrucción de edificaciones	Reconstrucción	Control de erosión	Asesoramiento del diseño	Plumero	Envolvente	Equipos	Pruebas de	Plano de obra	Liquidación	Eliminación de basuras & recuperación	Equipos	Transportación / control	Troncos Pinacos	Eliminación de basuras & recuperación	Accidental	Plano de obra	Comodidades	Transportación				
Adquisición de tierras																																					

### Formulario 3 (Evaluación Ambiental Inicial)

David García

Componente ambiental	Identificación de actividades	Descripción de actividades	Resumen preliminar	Impactación	Relevancia	Consecuencias (Razones)
1. Tierra y Propiedad	Adquisición de tierras Reasentamiento	Compensación por la transferencia de los derechos de propiedad Compensación por la transferencia de los derechos de residencia	No	No		
2. Economía	Actividades económicas	Pérdida de las bases de las actividades económicas, tales como la tierra, y el cambio de la estructura económica.	No	No		
3. Tránsito e Infraestructuras públicas	Tránsito	Aumento o disminución de la oportunidad de empleo	Incremento	Temporal		Período de construcción Uso futuro de desvío control de seguridad
4. Comunidades	Comunidades	Impacto sobre las presiones conlucivas del tránsito, incremento de la congestión por el incremento del volumen de tránsito	No	No		
5. Comodidades	Comunidades	Derivación de la comunidad debido a la interrupción del tránsito del área	Incremento	Temporal		Condición estéril
6. Históricas y Cultural	Propiedades históricas	Daño o pérdida del valor de las propiedades arquitectónicas.	No	No		
7. Derechos ambientales	Propiedades culturales	Daño o pérdida del valor de las propiedades culturales	No	No		
8. Derechos	Propiedades culturales	Obstrucción de los derechos de pesca, agua, u otros derechos comunes	No	No		
9. Ruido y vibración	Derechos	Generación de molestias de construcción y demolición	Si	Temporal		Se deben realizar medidas de mitigación a los efectos producidos por la construcción Control de seguridad
10. Tierra	Ruido y vibración	Muestras de accidentes, daño en el tránsito	Incremento	Temporal		
11. Superficie de agua	Canal, topografía ribera y lecho del río	Cambios variables en la forma y condición en la topografía del terreno	No	No		
12. Especies y su hábitat	Vegetación / fauna	Obstrucción de especies valiosas, su conservación y su hábitat.	No	No		
13. Entorno	Paraje	Cambios de la topografía y vegetación debido al proyecto. Deterioro de la armonía estética por la estructura.	No	Temporal		Despreciable Despreciable
14. Atmósfera	Contaminación del aire	Contaminación causada por gases de escape o gases de los vehículos.	Incremento	Temporal		Control del polvo
15. Agua	Contaminación del agua	Contaminación por el aporte de sedimentos, arena y barro en los ríos.	Incremento	Temporal		Despreciable
16. Ruido y vibración	Ruidos y vibraciones	Generación por maquinarias de construcción y el tránsito de vehículos.	Incremento	Temporal		Control de la hora de operación
Evaluación total		¿Es la EIA preliminar necesaria para la implementación del proyecto?	Incremento	Incremento		



## **5. PROGRAMA CADD DE PUENTES ESTÁNDAR**

---

## 1. Sistema de la Computadora

### (1) Sistema Operativo y lenguaje

El sistema operativo y el lenguaje de programación utilizados fueron el Windows 95 y el Visual Basic 5.0 respectivamente.

### (2) Hardware y software

Se utilizó un PC IBM con Windows 95, y diferentes softwares de aplicación disponibles en el mercado para el manejo de la información.

Las especificaciones del hardware y software son mostradas a continuación.

Hardware		Software
- UCP Pentium	200 MHz	- Visual Basic Versión 5.0
- Memoria RAM	64 MB	- MS-Office PRO for Windows 95
- Disco Duro	2.0 GB	- Auto CAD R13 for Windows 95
- Monitor	17 pulgadas	
- Impresora	Tamaño A3	
- Plotter	Tamaño A1	

## 2. Programa CADD

### (1) Especificaciones de diseño

De acuerdo a lo acostumbrado en Chile, los estándares de diseño de la American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO) son los adoptados con el diseño sísmico que considera un coeficiente de aceleración de 0,15.

- Método de Diseño: Tensiones Admisibles
- Carga de Diseño: 100% camión HS 20-44
- Sismos: Categoría B mediante el método espectral del modo único

### (2) Tipos de Puentes

La viga PC (Hormigón Pre-comprimido) y la viga de acero son las más comunes para tramos cortos a medianos de los puentes en Chile. Por lo tanto, se adoptaron para el diseño de la superestructura en el sistema CADD, de acuerdo a la longitud del tramo, las vigas PC pretensadas y postensadas tipo I, y las vigas de acero laminadas tipo H, y las armadas. Por razones económicas, se adoptó la viga compuesta (vigas PC o de acero con la losa de hormigón armado).

Para la infraestructura, el programa utiliza el diseño de estribo y cepa más común (el tipo "T" invertida y la cepa tipo muro respectivamente). Para la fundación se consideró la fundación directa con dado de hormigón (ver Figura 18). No se utilizó la fundación con pilotes

### (3) Perfil del sistema de programas CADD Ver Figura 19

### (4) Ingreso y salida de los datos

Se adoptó un método de ingreso de datos que hace correcciones mediante cuadros de diálogo y que compara los datos con puentes similares almacenados en el computador. Con este método, el diseñador puede proceder mientras se verifican los resultados de los cálculos de sus propios datos ingresados; produciendo un resultado o salida como producto final: hojas de cálculos de diseños, hojas con cálculos de volúmenes, y planos de diseño.

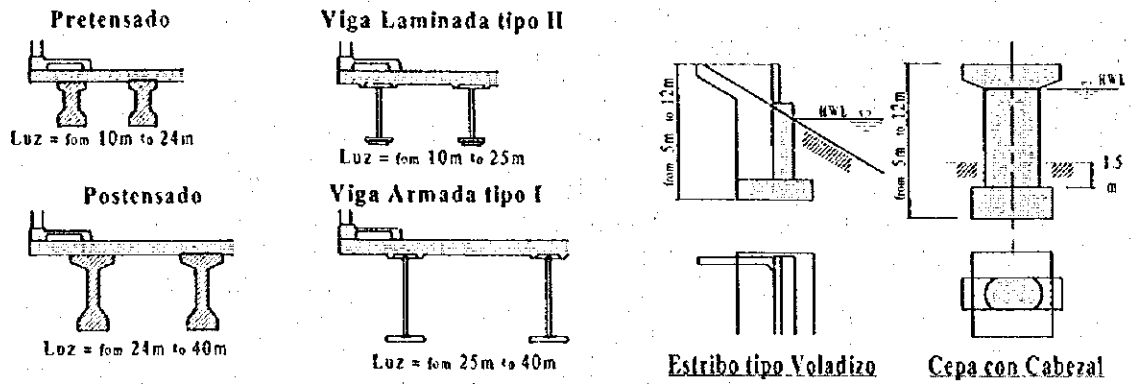


Figura 18 Tipos de Puentes del Programa CADD

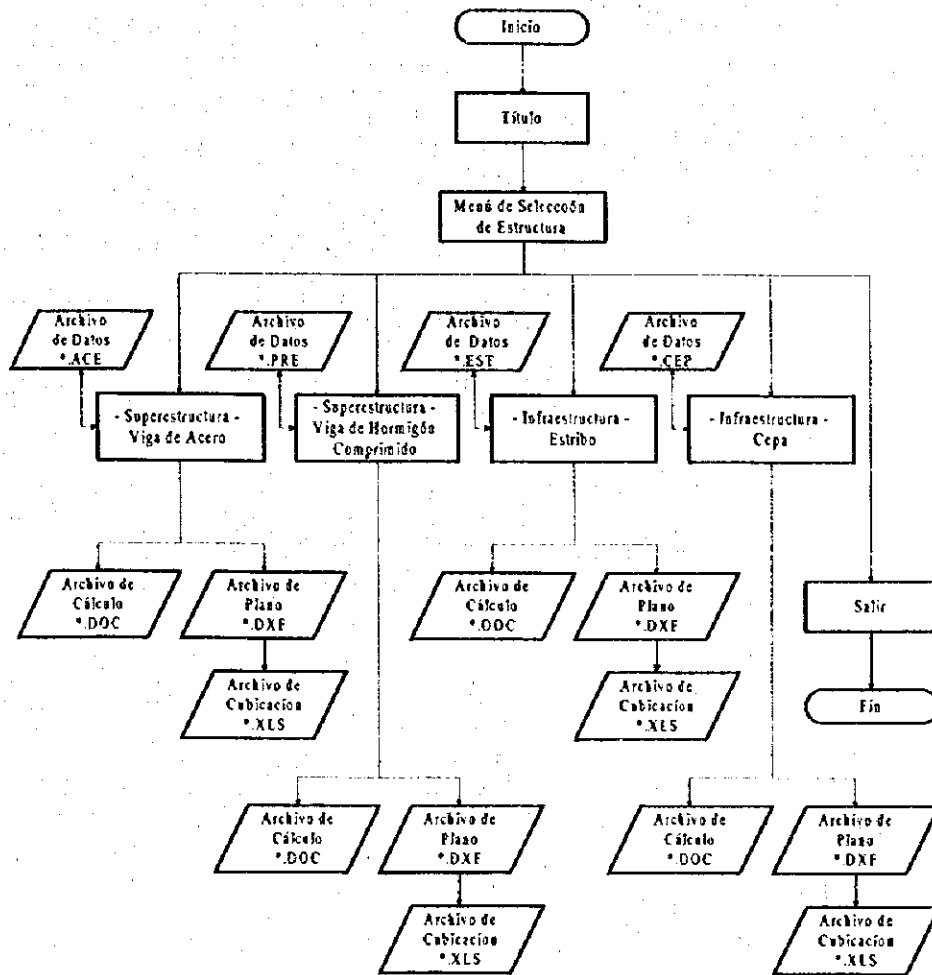


Figura 19 Perfil del Sistema Total de Programas CADD

1. Planos de Diseño Estándar

Los planos estándar fueron preparados usando el sistema CADD antes mencionado. Los planos entregados para puentes con vigas acero o de hormigón PC de una o dos pistas (ver Figura 20), con longitudes de tramos que varían entre los 14 y los 36 m, con 2 metros de diferencia para cada longitud siguiente.

Los planos estándar y el programa CADD son usados de diferentes maneras. Los planos estándar son utilizados para encontrar un puente adecuado, y si uno adecuado es encontrado, es utilizado en la planificación del puente. Además, en caso de no encontrar un puente que coincida con el criterio del puente es cuestión, se comienza el ingreso de los datos, y mediante la corrección de los datos usando el programa CADD, el puente puede ser diseñado efectivamente. Los planos estándar de diseño están compilados separadamente en el Volumen 8/8, pero un ejemplo es mostrado en las páginas siguientes.

2. Longitud de tramos aplicados

Las longitudes de los tramos en los planos estándares fueron determinadas por la elección más económica de acuerdo el tipo de estructura, tal como se muestra en la Tabla 20 siguiente.

Tabla 20 Longitudes de tramos Aplicables

Tipo de Puente	Longitud de Tramo o Altura Aplicables
Superestructura	
Viga Pretensada PC tipo I	14 m ~ 24 m (2 m de diferencia)
Viga Postensada PC tipo I	24 m ~ 36 m (2 m de diferencia)
Viga Acero Laminada Tipo II	14 m ~ 24 m (2 m de diferencia)
Viga Acero Armada	26 m ~ 36 m (2 m de diferencia)
Infraestructura	
Estribo (fundación directa)	5 m y 12 m
Cepa (fundación directa)	5 m y 15 m

Además, tanto los planos como la programación del CADD asume puentes rectos sin esviajes, pero con la inventiva del diseñador, los diseños para puentes diagonales o curvos también son posibles.

3. Tabla exhaustiva de los planos estándar

Todas las especificaciones principales de los puentes (separación entre vigas, altura de las vigas, sección transversal de las vigas, volúmenes de los principales materiales, etc.) están listados en los planos (del Volumen 8/8) en orden a asegurar la efectividad de su uso en el diseño preliminar.

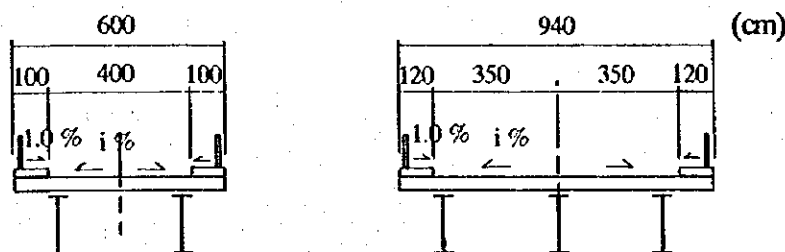
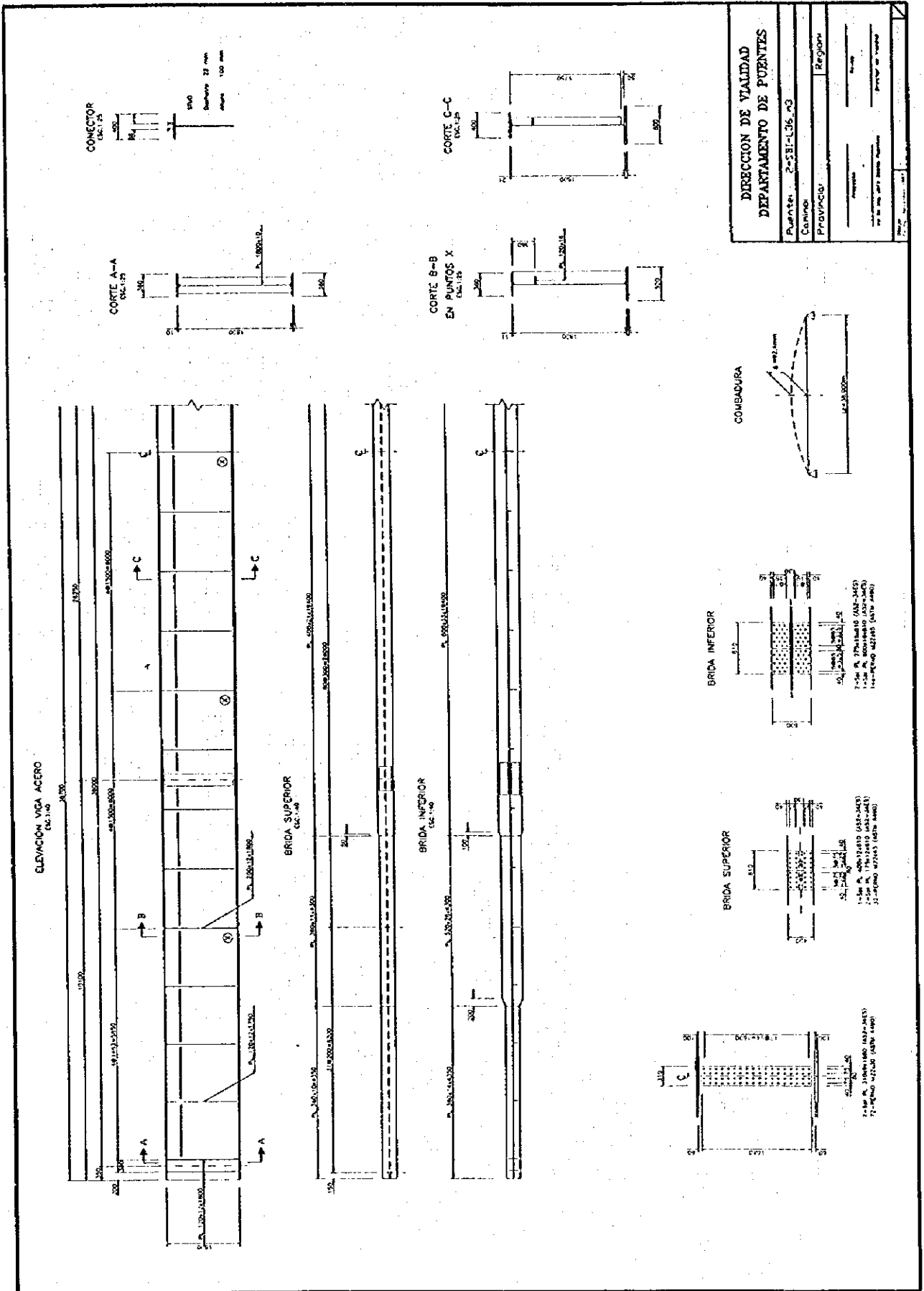
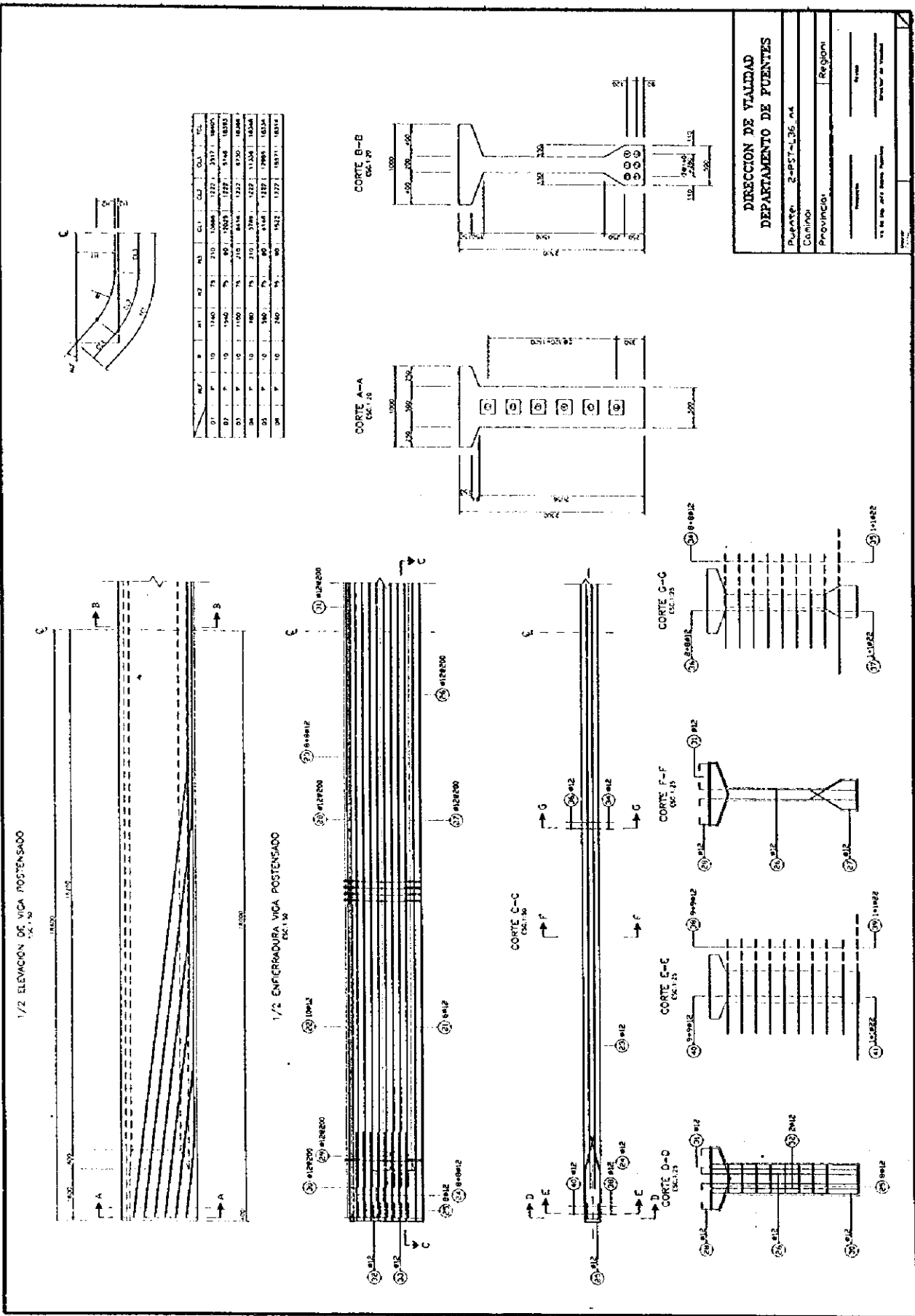


Figura 20 Ancho de Diseño Estándar





DIRECCION DE VIALIDAD	
DEPARTAMENTO DE PUENTES	
Puentes: 2-581-L36. #3	
Cambio	Region
PROVINCIA	
Proyecto	
Por el Ing. [Nombre]	Por el Ing. [Nombre]
[Fecha]	[Fecha]



## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El objetivo del Estudio es el de asistir a Chile tecnológicamente en la rehabilitación de puentes rurales distribuidos por todo el país. El sistema de inventario desarrollado en el Estudio puede ser utilizado no sólo para puentes rurales sino que para todos los puentes en general.

Las conclusiones y recomendaciones de los tres temas principales del Estudio son descritos a continuación.

- Establecimiento de un método de rehabilitación de puentes
- Inspección Detallada de Puentes y preparación de los diseños de rehabilitación
- Desarrollo del sistema de puentes CADD y preparación de los planos del puente estándar.

### **1. Plan de rehabilitación de los puentes**

El plan de rehabilitación está compuesto de tres sistemas, denominados el sistema de inventario de puentes, el sistema de estimación de costos de rehabilitación, y el sistema de prioridades de rehabilitación. El plan del proyecto de inversiones para la rehabilitación fue preparado con la información recolectada de los tres sistemas.

#### **(1) Sistema de inventario de puentes**

##### **Conclusión**

Fue propuesto un sistema de inventario de puentes computadorizado, siendo necesario obtener la situación actual de los puentes existentes, especialmente de los datos del inventario mantenidos por el MOP. Los datos del inventario incluyen la ubicación, tipo estructural, dimensiones, etc., de los puentes, siendo datos esenciales y fundamentales para la rehabilitación. Además de los datos del inventario de puentes, datos como los de población, ingresos y volúmenes de tránsito fueron recolectados como índices mediante los cuales la necesidad de un puente puede ser medida, y puede ser definida como parte del inventario de puentes en un sentido más amplio.

##### **Recomendaciones**

El sistema de inventario de puentes fue desarrollado como un sistema universal que puede ser aplicado a todos los tipos de puentes y no sólo como una herramienta para los datos que se aplican al plan de rehabilitación de puentes en este Estudio. Una de las ventajas de utilizar el sistema es que una vez que sea establecida una red que una a las organizaciones regionales y que en las oficinas centrales del MOP se centralice los datos del inventario de puentes, el trabajo de mantenimiento de los puentes puede ser llevado a cabo efectivamente y el plan de rehabilitación puede ser preparado o cambiado rápidamente.

#### **(2) Estimación de los costos de rehabilitación**

##### **Conclusión**

El método de rehabilitación (reparación o reconstrucción) fue juzgado de la combinación de datos del tipo de estructura de puente, escala (ancho y capacidad de carga), y el grado de daños que proviene de los datos del inventario. El costo de la rehabilitación fue calculado de acuerdo a los métodos seleccionados para la rehabilitación.

##### **Recomendaciones**

Los elementos que son considerados en el Estudio para la estimación de costos de cada puente son el ancho y la longitud del puente, a pesar de que el promedio de costos de construcción fue establecido

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

para procesar muchos datos del puente. Por lo tanto, los datos tales como la ubicación para la reconstrucción, tipo de puente, longitud de tramos e información sobre los pilotes, etc., cuyos costos no se pueden calcular sino hasta que el puente es planificado, no están incluidos. Como dato principal para la rehabilitación de los puentes (topografía horizontal en la dirección del río, calidad geológica de lecho del río, etc.) están incluidos en los datos del inventario, aunque no en detalle, siendo posible una estimación más precisa si otros datos tales como la ubicación para la reconstrucción, tipo de puente, longitud de tramos e información de los pilotes, son agregados a los del ancho y longitud del puente. Otros tipos de datos que puedan ser necesitados serán recomendados por el MOP.

### **(3) Juicio de la prioridad de rehabilitación**

#### **Conclusión**

En orden a establecer el sistema para juzgar la prioridad de rehabilitación, se definieron tres índices, que son: el índice económico (volumen de tránsito/costo de rehabilitación), índice de seguridad (grado de daños del puente), y el índice social (diferencias en el ingreso). Primero que nada se calcularon estos tres índices, obteniéndose luego el valor del índice total mediante la suma de los tres índices ponderados. A continuación, los puentes fueron asignados dentro de cada "sector de camino", y el máximo valor del índice total de todos los puentes que pertenecen a un mismo "sector de camino" representa al conjunto. Una lista de costos de rehabilitación fue preparada mediante la disposición de los "tramos" desde el valor más alto de los índices, para cada región.

#### **Recomendaciones**

Los tres índices de evaluación mencionados anteriormente fueron recomendados sobre la base de que los conceptos fundamentales de seguridad y de consideraciones socioeconómicas deben realizarse en las inversiones públicas y no dando prioridad sólo a la factibilidad económica, especialmente si se considera las grandes cantidades de puentes en áreas rurales donde quizás la recuperación de la inversión sea baja. Estas recomendaciones están en conjunción con la política del MOP. En casos en donde hay un cambio en la situación de los puentes regionales, o donde se aplique a un puente típico, el MOP debe hacer las correcciones.

### **(4) Plan de inversión para la rehabilitación**

#### **Conclusiones**

Los "tramos de caminos" (o puentes) están asignados dentro del programa de rehabilitación de cada año fiscal en orden de prioridad en la tabla de costos de rehabilitación. La asignación fue hecha de manera tal que el costo total de rehabilitación es aproximadamente el mismo cada año.

#### **Recomendaciones**

El período del proyecto de rehabilitación se supone de 10 años (primer y segunda fase de 5 años). El período de rehabilitación fue así establecido para que el MOP pudiera completar el proyecto de rehabilitación para cada año dentro de su presupuesto y organización. Fue estimado del volumen conjeturado de rehabilitación para todas las regiones basándose en los datos recolectados en la región modelo del estudio (IX), que 10 años serían suficientes para el período de rehabilitación. Se recomienda que después del primer período de 5 años sea examinado todo el plan de rehabilitación incluyendo los principios de rehabilitación sobre el análisis de las rehabilitaciones alcanzadas hasta

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

entonces, puesto que 10 años es un período largo, y durante ese tiempo la situación económica y la demanda de tránsito en los caminos rurales podría cambiar.

### **2. Diseño de Rehabilitación de los Puentes**

#### Conclusiones

Los diseños de rehabilitaciones de los puentes fueron preparados en orden a mostrar ejemplos de la tecnología actual que podrían ser útiles para cuando el MOP decida aplicar un método de rehabilitación basado en los resultados actuales de la inspección. El Equipo de Estudio seleccionó veinte puentes en conjunto con la contraparte del MOP y condujo una inspección y análisis del monto de los daños así como de los diseños para el método de rehabilitación.

Además de la inspección del puente mismo, se realizó un estudio ambiental para estimar el efecto que podría tener en los alrededores la aplicación de la rehabilitación de los puentes. Fue recomendado un método estandarizado y simplificado para el estudio ambiental, obviamente después de intercambiar opiniones con el equipo del Departamento Ambiental del MOP, sobre la necesidad y procedimiento del estudio ambiental para puentes rurales de pequeña escala.

#### Recomendaciones

Hasta la fecha no parece ser que muchos puentes hayan sido inspeccionados y reforzados en gran escala en Chile. Además, más dinero y esfuerzo han sido dispuestos para la reconstrucción más que para la reparación. De este modo, muchos puentes no han sido reconocidos en el inventario o mantenidos por un largo período. En orden a mantener los puentes sistemáticamente, es más importante descubrir los daños tan pronto como sea posible y hacer las reparaciones apropiadas sin demora. Se recomienda, por lo tanto, que intencional y activamente se mantengan y reparen los puentes dañados mediante el efectivo uso de los métodos de inspección propuestos por el Estudio.

A pesar de que la intención del MOP sea reemplazar los puentes de madera con estructuras más permanentes como las de hormigón o acero, el elemento tiempo debe ser considerado. Construir un puente de madera nuevo es difícil en estos días desde los puntos de vista económicos y ambientales, pero por otra parte aún está la ventaja de la fácil reparación; por lo tanto, el MOP debe mantener su tecnología sobre los puentes de madera y no descartarla.

Con respecto a la calidad del hormigón, se propone que el MOP haga un esfuerzo para mejorar la calidad de la implementación del hormigón. El problema de la calidad del hormigón no es un tema meramente de construcción en terreno. Si el problema no es adecuadamente tratado, Chile terminará con muchos puentes de hormigón de pobre calidad, consecuentemente aumentando el riesgo de deterioro de los puentes rurales en general. El comienzo del plan de rehabilitación es una oportunidad de presentar puentes de alta calidad para los futuros usuarios.

En orden a obtener los problemas ambientales que acompañan la rehabilitación de un puente, se recomienda comenzar con la Descripción de Proyecto y la Descripción del Emplazamiento o Sitio. Lo siguiente es una investigación, el examen ambiental inicial (EAI), que es realizada usando los formularios de inspección para consideraciones ambientales. En caso de que se reconozca un impacto ambiental obvio, se lleva a cabo la evaluación preliminar de impacto ambiental (EIA-Pre), en donde se consideran los métodos de mitigación de los impactos negativos más destacados causados por la rehabilitación. Procediendo con el estudio en el orden descrito anteriormente, es fácil comprender la

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

existencia de los pocos problemas ambientales de los puentes pequeños y tomar las medidas para superarlos.

### **3. Programa CADD de Puentes Estándar**

#### **Conclusiones**

El programa CADD de puentes desarrollado en el Estudio está basado en las especificaciones AASHTO, las cuales son usualmente adoptadas por el MOP. Los tipos representativos de puentes a ser desarrollados así como también el hardware y software fueron seleccionados de acuerdo a los resultados de la investigación del diseño y construcción de puentes, y del uso de computadoras en Chile.

Los programas desarrollados son los siguientes;

#### **Superestructura**

- Viga pretensada de hormigón pre-comprimido (PC)
- Viga postensada (PC)
- Viga de acero laminada tipo H
- Viga armada de acero

Todas las vigas mencionadas son del tipo compuesta con la losa de hormigón.

#### **Infraestructura**

- Estribo tipo T invertida con fundación directa (dado de fundación).
- Cepa tipo muro con fundación directa (dado de fundación).

Los planos estándar fueron preparados mediante el uso del programa CADD para los puentes de una o dos pistas con longitudes de tramos de entre 14 y 36 m.

El programa CADD y los planos estándar pueden ser aplicados a puentes típicos con un alineamiento recto y una sección transversal simétrica, y no a puentes esviados o curvos.

Debido al hecho que los estándares de la AASHTO no son específicos respecto de los pernos conectores de alta resistencia para vigas de acero o respecto de la ubicación de los cables de postensado, la tecnología de diseño que normalmente es aplicada en Japón fue interpuesta siguiendo las conversaciones sobre aspectos tecnológicos sostenidas con el MOP.

#### **Recomendaciones**

La verificación y el examen de los resultados del programa CADD así como la toma de las decisiones es de responsabilidad del usuario. Por lo tanto, el programa fue desarrollado de manera que el usuario pueda compilar los resultados de acuerdo a sus propósitos. Es posible usar el sistema fuera del alcance de sus especificaciones originales y extenderlas dependiendo de la capacidad creativa del diseñador.

Al realizar un programa de este tipo no es necesariamente ventajoso desarrollar cada uno de los detalles, en una era en que la tecnología de las computadoras progresa tan rápidamente, es así entonces como fueron utilizados softwares de aplicación existentes. En orden a mantener el mejor estado de las computadoras en el tiempo, se debe mantener en mente la renovación regular de nuevas versiones de software y hardware. Al mismo tiempo, el programa en si debe ser mantenido y mejorado para mantener la última versión de los estándares de diseño.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

Se recomienda que el sistema sea ampliamente utilizado en el país. Para el personal técnico del MOP a cargo de la planificación de puentes, el uso básico recomendado del programa es para la estimación del tamaño aproximado del puente planeado. Mientras que, para los diseñadores ya sean del MOP de firmas privadas, el programa podría ser usado más en aplicaciones profesionales para la identificación de parámetros de diseño adecuados y para la preparación de los planos de diseño estructural dentro de la capacidad del programa.









JICA