

## **6-2 CONCEPTOS BÁSICOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUENTES**

Se define como una actividad de mantenimiento a todo trabajo que se ejecute con el fin de conservar las funciones originales del puente desde su construcción hasta su reposición. En esta sección se describe el contenido de diversas actividades de mantenimiento, clasificandolas y presentando una explicación de la misma.

## **6-3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN INGENIERÍA DE PUENTES**

Debemos recordar que un inspector de mantenimiento de puentes no siempre es un experto en ingeniería de puentes. Es por esta razón que la Guía presenta una serie de definiciones de la terminología que usualmente está relacionada con mantenimiento de puentes, para el buen entendimiento del tema por todo inspector que no esté al tanto de la "ingeniería de puentes".

En el presente estudio se ha preparado también un listado de puentes para el mantenimiento, esto con la finalidad de agruparlos clasificandolos estructuralmente para poder codificarlos e introducir sus datos a los archivos computacionales. La mencionada terminología es explicada de acuerdo al orden de su respectivo número codificador.

## **6-4 PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE LAS INSPECCIONES PERIÓDICAS**

Existen dos clases de inspecciones de puentes, estas son: la inspección periódica y la inspección especializada (o detallada). La inspección periódica se efectúa cada cierto intervalo de tiempo, y comprende a todos los puentes existentes; este tipo de inspección enfoca principalmente los siguientes tres aspectos:

1. Estudio del grado de deterioro mediante una inspección visual.
2. Medición de las dimensiones del puente, levantamiento general.
3. Toma de fotografías.

## **6-5 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

La evaluación del estado de deterioramiento de un puente es la tarea más importante de una inspección periódica, pero es evaluación tiene tendencia a grandes diferencias por errores humanos, pues los criterios de evaluaciones difieren de inspector a inspector. Es por esto que con el fin de evitar esta clase de errores y procurando hacer objetiva la obtención de exhaustivas evaluaciones estándar, este estudio ha elaborado una lista de los criterios de evaluación, explicando a su vez las características de cada tipo de deterioro conjuntamente con los procedimientos estándar de inspección.

## **6-6 MÉTODOS ESTÁNDAR DE REHABILITACIÓN**

El Ministerio de Obras Públicas de la República de Chile, tiene desarrolladas las especificaciones técnicas de métodos estándar para la ejecución de obras civiles. La Guía preparada en este estudio, describe métodos de construcción estándar seleccionados de acá para aplicarlos en la rehabilitación de puentes.

## **6-7 PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE LAS INSPECCIONES ESPECIALIZADAS**

En base a la inspección especializada (o detallada) que se llevó a cabo durante este estudio, esta sección hace una descripción de los procedimientos estándar para la ejecución de inspecciones especializadas, los cuales incluyen la aplicación de instrumentos de inspección especiales tales como el Martillo de Schmidt y otros instrumentos para la medición de deformaciones. Al mismo tiempo, se hace una introducción de algunos métodos que aunque no se utilizaron en esta oportunidad, podrían ser necesarios en futuras inspecciones.

## **6-8 EJEMPLOS DE MÉTODOS DE REHABILITACIÓN**

Con el objeto de ilustrar objetivamente los métodos estándar de rehabilitación presentados en el inciso 6-6, en esta sección se presenta una explicación detallada de algunos métodos de rehabilitación de puentes cuya aplicación podría ser adoptada en muchos casos para los puentes actuales de Chile.



## 7. SINOPSIS DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PUENTES

### 7-1 COMPOSICIÓN BÁSICA DEL SISTEMA

Éste es un sistema de apoyo (herramienta) destinado a la planificación científica y racional de la rehabilitación de puentes. Para esto, utiliza un microcomputador para el almacenamiento de los datos relacionados al estudio de puentes creando una "Base de datos".

El sistema fue diseñado de tal forma de poder confeccionar un plan de inspecciones, diagnóstico y prioridades de rehabilitación. La composición básica del sistema está ilustrada por el diagrama de flujo de la Figura 7-1.

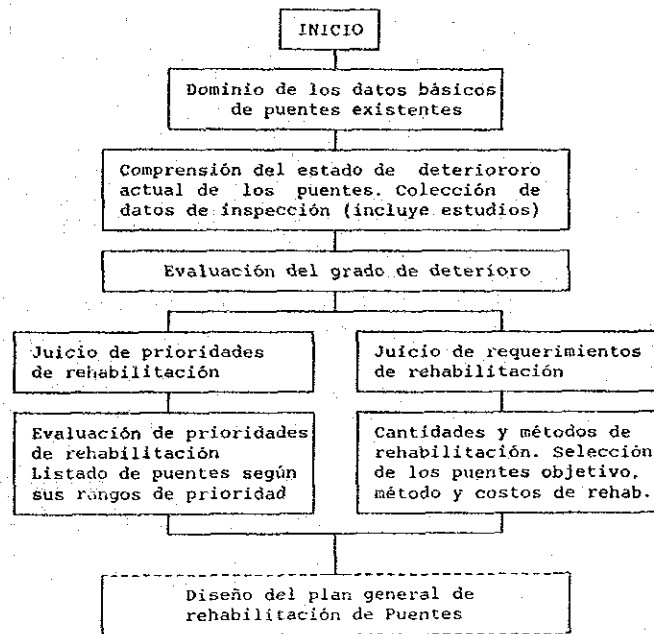


Figura 7-1 : COMPOSICIÓN BÁSICA DEL SISTEMA

Si ilustramos la composición del sistema por medio de diagramas de flujo, obtendremos el diagrama de la Figura 7-2 para el sistema "software", y el de la Figura 7-3 para el sistema "hardware".

(1) Diagramas de la composición del sistema

1) Composición del software

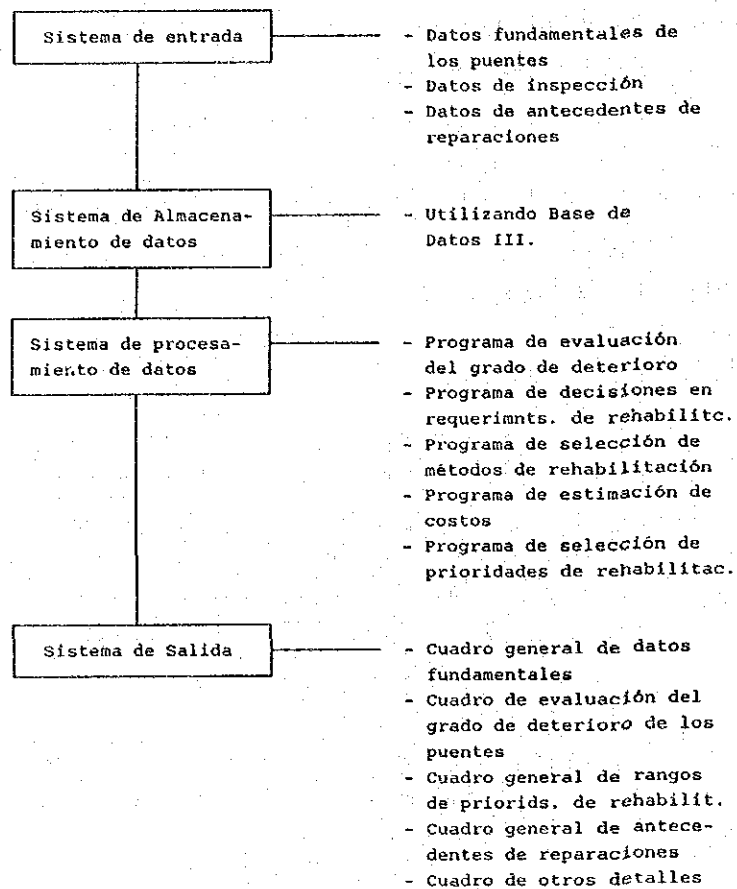


Figura 7-2 : COMPOSICIÓN DEL SOFTWARE

## 2) Composición del Hardware

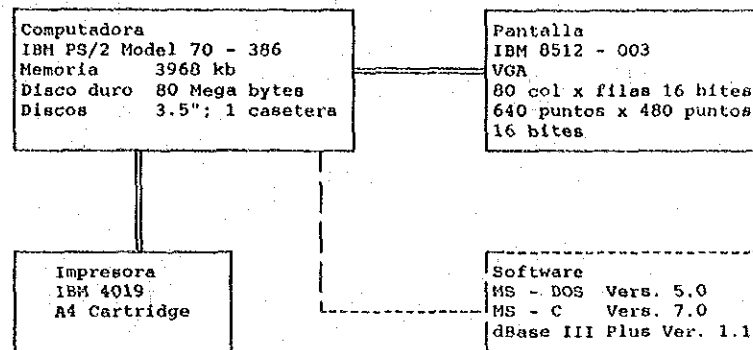


Figura 7-3 : COMPOSICIÓN DEL HARDWARE

### (2) Diagrama de bloques del sistema de procesamiento

Si representamos la estructura del "sistema software" del procesamiento del sistema de administración de rehabilitaciones mediante un diagrama de bloques, obtendremos el diagrama que se muestra en la Figura 7-4.

Por otra parte, en el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 7-5, se describen la composición de los subprogramas divididos en bloques de entrada, almacenamiento, procesamiento, y salida de datos.

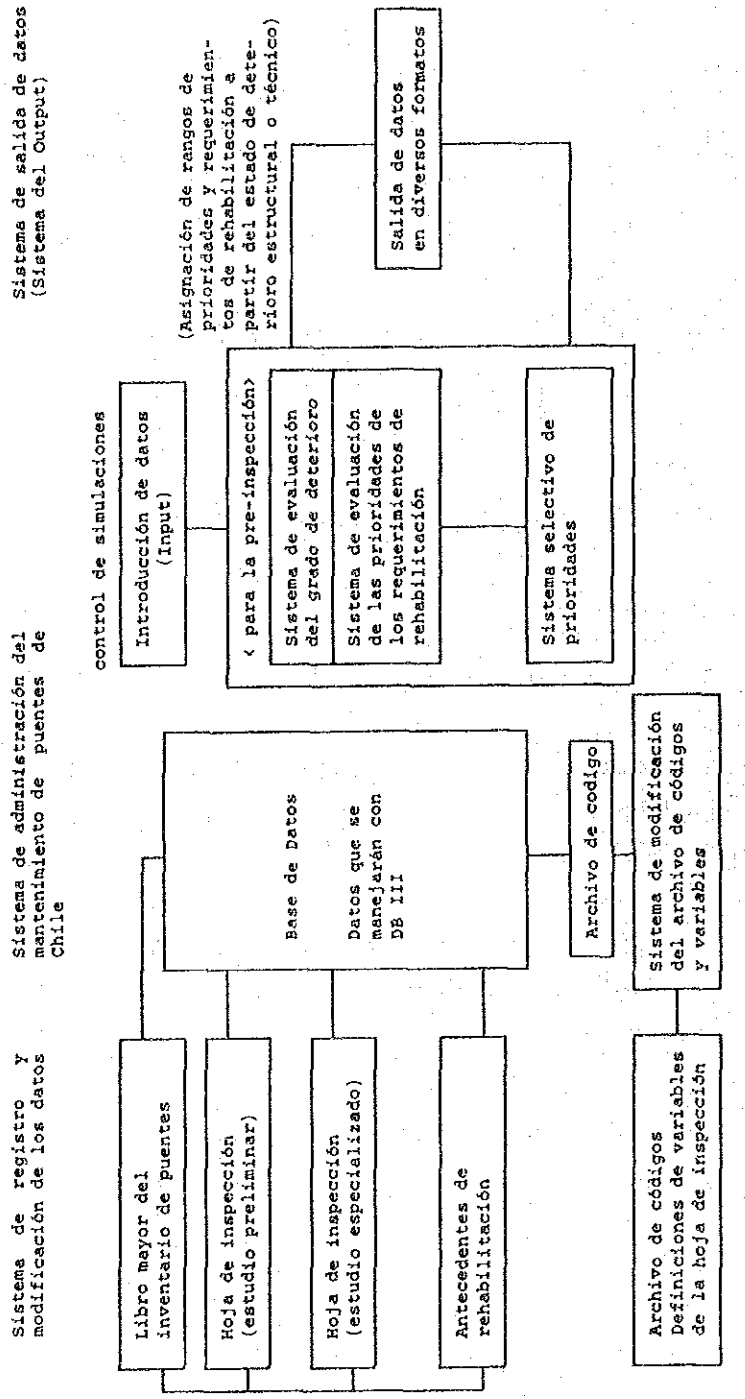


Figura 7-4 : DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESAMIENTO EN EL "SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PUENTES"

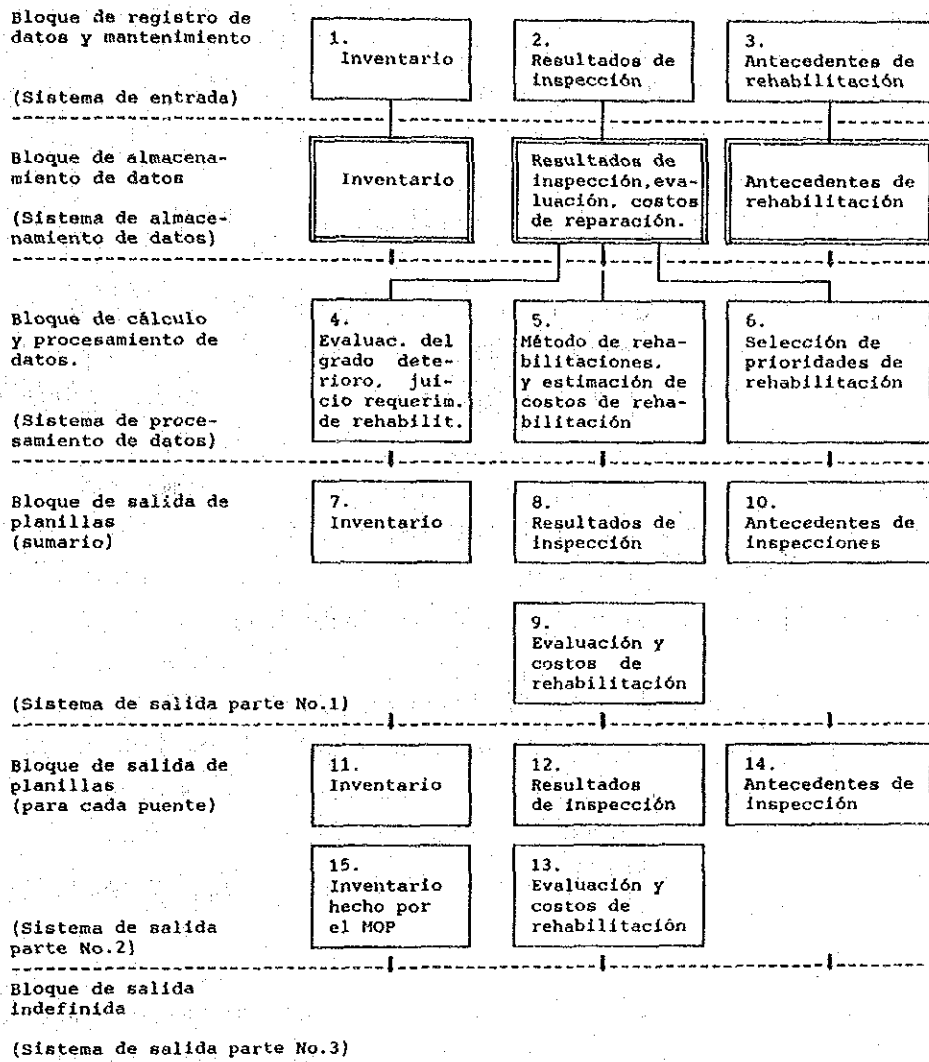


Figura 7-5 : DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ESTRUCTURA DEL "SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PUENTES"



## **7-2 FUNCIONES BÁSICAS DEL SISTEMA**

Las funciones básicas de éste sistema se dividen en funciones de la "Base de datos" y funciones del procesamiento de cálculo de datos.

### **7-2-1 FUNCIONES RELACIONADAS CON LA BASE DE DATOS**

Las funciones relacionadas con la base de datos se pueden clasificar en: funciones de renovación del registro de datos, funciones de almacenamiento y conservación de datos, y funciones de referencia de salida de datos. A continuación se hace una breve explicación de éstas.

#### **(1) Funciones de renovación de registros de datos**

Las funciones de renovación de registros de datos son las siguientes:

1. Renovación del registro de datos fundamentales de los puentes.
2. Renovación del registro de datos de inspección del estudio preliminar.
3. Renovación del registro de datos de inspección del estudio especializado.
4. Renovación del registro de datos de antecedentes de rehabilitación.
5. Renovación del registro de datos correspondientes a parámetros destinados a la administración del sistema.

Las funciones de los casos del 1. al 4. pueden ejecutarse por medio de un "batch-program", o directamente en la pantalla; pero, en el caso 5. sólo se puede ejecutar en la pantalla.

#### **(2) Funciones de almacenamiento y conservación de datos**

Las funciones de almacenamiento y conservación de datos se ejecutan utilizando el software Data Base III-PLUS/V.3,5. Esto se hace utilizando la pantalla de renovación de datos y la de salida, por medio del Data Base III y un software inter-fase que sirva de acceso a las mismas.

Las funciones de almacenamiento y conservación de datos está compuesta por las siguientes funciones:

1. Almacenamiento y conservación de datos por medio de una "Base de datos interrelacionados" (especialmente los datos particulares del puente)
2. Almacenamiento y conservación de datos por medio de "archivos secuenciales" (especialmente los datos de código y los archivos de trabajo)

### (3) Funciones de referencia de salida de datos

Éstas están conformadas por dos tipos de funciones; las cuales son:

1. Funciones de salida normalizada o pre-determinada de referencias. Éstas se realizan normalmente en oficinas para casos de archivos, y consisten tan solo en determinar un código por pantalla y producir la salida de las referencias.
2. Funciones de salida ajustable (o elegible) de referencias. Éstas consisten en la libre utilización de ciertas reglas que determinen las condiciones e ítemes de salida, y las condiciones para editar libremente los datos que sean requeridos de la "Base de datos".

A continuación se explican brevemente éstas dos funciones aplicando a nuestro estudio.

#### 1) Funciones de salida normalizada

Las salidas normalizadas que pueden prepararse son las siguientes:

- Planilla general:

1. Resumen general de puentes
2. Resumen de los antecedentes de inspección
3. Resumen de la evaluación del grado de deterioro
4. Resumen de antecedentes de rehabilitación

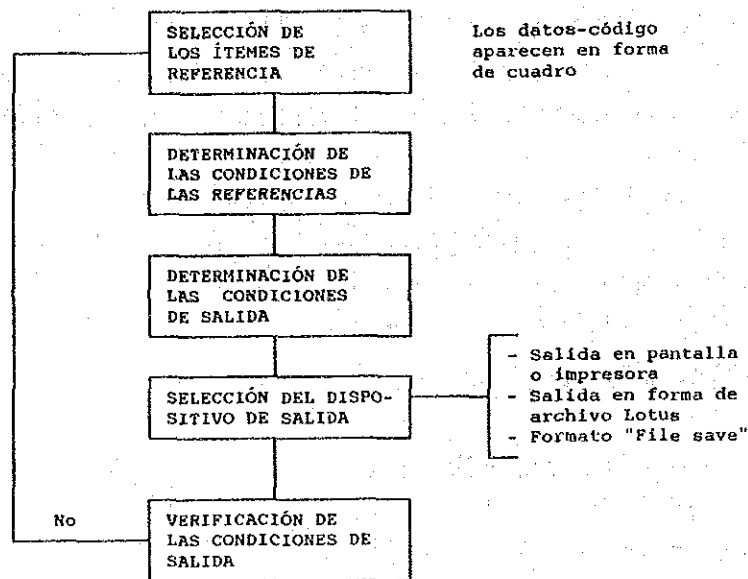
- Planilla para cada puente:

5. Libro mayor del inventario
6. Hoja de inspección del estudio preliminar
7. Evaluación del grado de deterioro
8. Antecedentes de rehabilitación
9. Libro mayor del inventario de puentes (formato de MOP)

## 2) Funciones de salida ajustable

Las funciones de salida ajustable muestran sólo los ítems específicos que están registrados en la "Base de datos interrelacionados" (Data Base III). Sin embargo, el procedimiento para la creación o establecimiento de las condiciones de referencia siguen un determinado procedimiento.

Por otra parte, la cantidad de datos de referencia producidos, la cantidad de ítems producidos, el formato de la salida, el dispositivo en el que se produce la salida, etc. se pueden seleccionar de acuerdo a ciertas limitaciones predeterminadas. Estas limitaciones están claramente definidas en la etapa del diseño detallado; y a continuación, describiremos las funciones de salida ajustable o libre.



**Figura 7-6 : DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ESTRUCTURA DE LAS FUNCIONES DE SALIDA AJUSTABLE**

## **7-2-2 FUNCIONES DEL PROCESAMIENTO DE CÁLCULO DE DATOS**

Las funciones del procesamiento de cálculo de datos son aquellas que ejecutan los cálculos específicos con los datos acumulados en la "Base de datos", o con los datos que se introduzcan, cumpliendo así, con el objetivo pre-establecido de la función mediante programas de aplicación.

Tal como definimos en la Figura 7-4, nuestro sistema se compone de dos bloques de cálculo.

### **(1) Sistema de evaluación del grado de deterioro**

El sistema de evaluación del grado de deterioro es un sistema que en base a los datos de inspección efectúa una evaluación del grado de deterioro de los puentes, y determina el requerimiento de trabajos de rehabilitación.

El sistema se compone de un programa con las siguientes 3 subrutinas:

- (a) Programa de procesamiento de la evaluación del grado de deterioro en cada parte del puente.
- (b) Programa de procesamiento de la evaluación del grado de deterioro en todo el puente.
- (c) Programa para la selección del método de rehabilitación, y para el cálculo de costos estimados.

### **(2) Sistema de evaluación del grado de prioridad para rehabilitaciones o reposiciones**

Este sistema de evaluación prioridades es un sistema que utilizando el resultado de la evaluación del grado de deterioro (1), hace una evaluación general del conjunto de puentes (por ejemplo, todos los puentes sobre la carretera N°5) desde el punto de vista económico, social, técnico, político, etc. clasificando los puentes por rangos del grado de prioridad de rehabilitación.



## **8. DISEÑO DEL SISTEMA**

### **8-1 SISTEMA DE ENTRADA**

El sistema de entrada está compuesto por un sistema de registro de datos y uno de administración de archivos.

#### **8-1-1 SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS**

Los datos que se pueden registrar con éste sistema, son los siguientes:

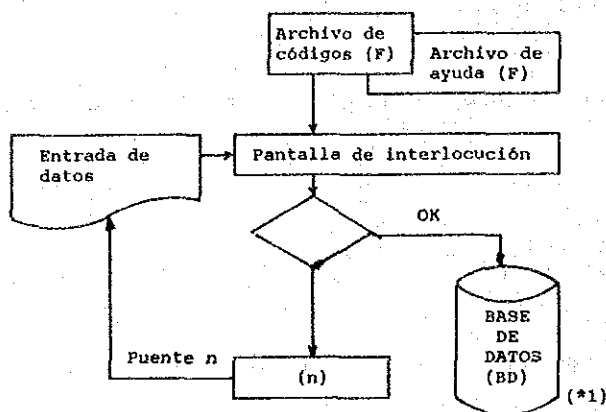
- Datos fundamentales del puente; como ser el nombre del puente, ubicación, tipo, largo, etc.
- Datos de inspecciones preliminares, basados en estudios periódicos del estado de deterioro.
- Antecedentes de trabajos de rehabilitación efectuados, especificando el tipo de reparación.

Éstos tres tipos de datos conforman el registro del historial completo de rehabilitaciones.

A continuación se hace una explicación de la secuencia del registro de datos y el contenido de éstos para los tres tipos de registros mencionados.

(1) **Datos fundamentales de los puentes**

- 1) Planilla de entrada de datos (Formato). Véase el cuadro de ingreso IA que se muestra en la Tabla 8-1.
- 2) Secuencia del proceso de registro (Figura 8-1).



(\*1) La estructura de la B.D. se divide por regiones.

Figura 8-1 : **PROCEDIMIENTO DEL REGISTRO DE DATOS FUNDAMENTALES DE LOS PUENTES**

**Función.-**

- : Tipo de interlocución por pantalla
- : En lo posible, se ingresarán los datos utilizando códigos. (región, provincia, oficina administrativa, nombre de la carretera, etc.)
- : Los códigos se administran con archivos de datos.
- : La función "Ayuda" (Help) es una ayuda para recordar las operaciones (en el sistema en el que se está operando) o para mostrar el contenido del archivo
  - Para llamar un archivo, listado de archivos, listado de códigos.
  - Corrección de datos equivocados, parada del procesamiento, retorno al menú inicial, etc.
- : La planilla de salida se hace en el formato del cuadro de ingreso IA.

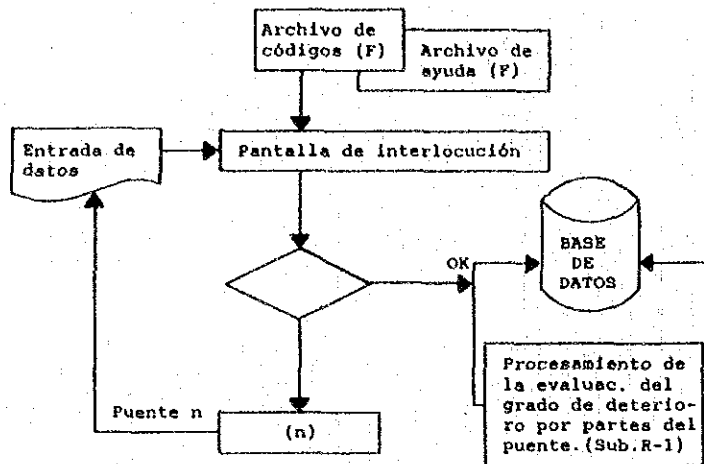
Tabla 8-1: CUADRO DE INGRESO DE DATOS IA

NOMBRE DEL PUENTE		KILOMETRO		NOMBRE DE LA VIA		ROL DE LA RUTA		PROVINCIA Y REGION		CODIGO DEL PUENTE	
7. DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA SUPERESTRUCTURA											
TRAMO	SENCILLO O CONTINUO	TIPO DE VIGA (CODIGO)	N° DE VIGAS	LUZ TOTAL (m)							
8. INFRAESTRUCTURA											
9. FUNDACIONES											
ESTRIBO CEPA N°	TIPO (CODIGO)	ALTURA (m)	TIPO (CODIGO)	DIAMETRO (m)	LARGO (m)	N°					
ESTRIBO 2											
10. ALAS DE ESTRIBO											
ESTRIBO : SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>											
ESTRIBO 2 : SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>											
11. TIPO DE JUNTAS (CODIGO)											
12. TIPO DE APOYOS (CODIGO)											
13. ESTRUCTURA ANTI-SISMICA											
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>											
14. ESTRUCTURAS ADICIONALES											
15. MARGEN DE ALTURA											
m. 16. GALBO											
17. ANCHO DE LOS ACCESOS											
m. 18. LONGITUD DEL DESVIO											
19. NO DE VIAS DE CIRCULACION											
20. GAVIONES O ENROCADOS											
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>											
21. PROTECCION MEDIANTE MUROS											
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>											
22. TRANSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA) Pasadas / Dia											
ANO											
TOTAL											
CAMIONES											
LOC.COLECTIVA											
1. DATOS PRINCIPALES DEL PUENTE											
NOMBRE DE LA OFICINA ADMINISTRADORA											
CODIGO DE LA OFICINA											
PROYECTISTA											
CONTRATISTA											
CARGA DEL DISEÑO											
AÑO DE CONSTRUCCION											
POR CARGA											
POR ALTURA											
POR ANCHO											
LIMITACIONES											
DISTANCIA AL MAR											
2. CARACTERISTICAS DEL CRUCE											
TIPO (CODIGO)											
NOMBRE											
ESVIAJE											
ADMINISTRADOR											
3. DATOS FLUVIAES											
NIVELES DE AGUAS MAXIMAS											
m.											
ANCHO PROMEDIO DEL RIO											
m.											
PENDIENTE PROMEDIO DEL LECHO											
MATERIAL DEL LECHO											
ROCA <input type="checkbox"/> GRAVA <input type="checkbox"/> ARENA <input type="checkbox"/> LIMO <input type="checkbox"/> ARCILLA <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> (DIAMETRO mm)											
FORMA DE LAS RIVERAS											
DIRECTA <input type="checkbox"/> POCA CURVA <input type="checkbox"/> MEANDRO <input type="checkbox"/>											
PROTECTORES DE SOCAVACION											
HAY <input type="checkbox"/> NO HAY <input type="checkbox"/> NO SE SABE <input type="checkbox"/>											
MATERIAL DE FUNDACION											
ROCA <input type="checkbox"/> GRAVA <input type="checkbox"/> ARENA <input type="checkbox"/> LIMO <input type="checkbox"/> ARCILLA <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>											
4. LOSA											
MATERIALES											
TIPO (CODIGO)											
ESPESOR											
5. RODADO (CODIGO)											
6. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL PUENTE											
LONG. TOTAL	ANCHO TOTAL	CALLZADA	FASILLAS	N° DEVIAS							
m.	m.	m.	m.	m.							
EJE DEL PUENTE (CODIGO)											
DERECHA <input type="checkbox"/> IZQUIERDA <input type="checkbox"/>											
ANGULO DEL PUENTE											
ANGULO* <input type="checkbox"/> (R* m)											
ANGULO* <input type="checkbox"/>											



**(2) Datos de inspecciones preliminares**

- 1) Planilla de entrada de datos (Formato). Véase el cuadro de ingreso IB que se muestra en la Tabla 8-2.
- 2) Secuencia del proceso de registro (Figura 8-2).



**Figura 8-2: PROCEDIMIENTO DEL REGISTRO DE DATOS DE INSPECCIONES PRELIMINARES**

Función.-

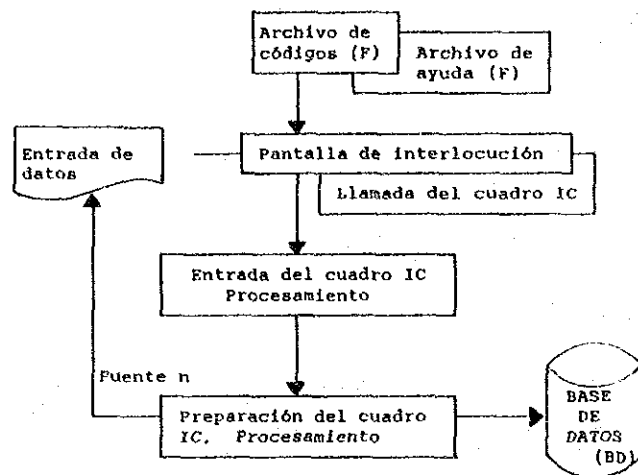
- : Tipo de interlocución por pantalla
- : En lo posible, se ingresarán los datos en código.
- : Los códigos se administran con archivos de datos.
- : La función "Ayuda" (Help) es igual que el caso anterior.
- : Cuando se efectúa la corrección de un dato de entrada, el resultado de la evaluación del grado de deterioro se corrige automáticamente mediante la Subrutina R-1.
- : La planilla de salida se hace en el formato del cuadro de ingreso IB.

Tabla 8-2: CUADRO DE INGRESO DE DATOS IB

NOMBRE DEL PUENTE		KILOMETRO	NOMBRE DE LA VIA		ROL DE LA RUTA		PROVINCIA Y REGION	CODIGO DEL PUENTE
COMENTARIOS								
1.	PAVIMENTO	ITEM GRADO O CANTO	1. ALABEO	TIPO DE DAÑO O DETERIORO Y SU CANTIDAD			5 OTROS	
			2. ENSURCADO O CASILES	3. FISURAMIENTO	4. ASENTAMIENTO			
2.	BARANDAS	ITEM GRADO O CANTO	1. DEFORMACION	2. OXIDAMIENTO	3. CORROSION	4. FISURAMIENTO	5. ARMAZURA AL ASE	6. OTROS
3.	JUNTAS DE EXPANSION	ITEM GRADO O CANTO	1. SONDOS EXTERNOS	2. FILTRACION DE AGUAS	3. DEFORMACION	4. MOVIMIENTOS VERTICALES	5. JUNTAS OBTURADAS	6. OTROS
4.	LOSA	ITEM GRADO O CANTO	1. FISURAS EN UNA DIRECCION	2. FISURAMIENTO EN RED	3. DESCASCARAMIENTO	4. ARMAZURA AL ASE	5. NUDOS DE PIEDRAS	6. EFLORES. CENCAS
5.	RIOSTRAS (PTES. DE ACERO)	ITEM GRADO O CANTO	1. OXIDAMIENTO	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. ROTURA DE LAS LAMINAS	5. ROTURA DE ATRICESTRAMIENTOS	6. OTROS
6.	VIGAS PRINCIPAL DE ACERO (EN CHERCHAS)	ITEM GRADO O CANTO	1. OXIDAMIENTO	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. PERDIDA DE PENAS	5. FISURAS EN SOLAJAS	6. OTROS
7.	RIOSTRAS (PTES. CONCRETO)	ITEM GRADO O CANTO	1. FISURAS EN UNA DIRECCION	2. FISURAMIENTO EN RED	3. DESCASCARAMIENTO	4. ARMAZURA AL ASE	5. NUDOS DE PIEDRAS	6. EFLORES. CENCAS
8.	VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM GRADO O CANTO	1. FISURAS EN UNA DIRECCION	2. FISURAMIENTO EN RED	3. DESCASCARAMIENTO	4. ARMAZURA AL ASE	5. NUDOS DE PIEDRAS	6. EFLORES. CENCAS
9.	APOYOS	ITEM GRADO O CANTO	1. ROTURA DEL APOYO	2. ROTURA DE ACCESORIOS	3. SALIDA DE ANCLAJES	4. ROTURA DEL OSO	5. DEFORMACIONES PARAS	6. OTROS
10.	ESTRIBOS	ITEM GRADO O CANTO	1. GRIETAS O DESCASCARAM	2. FISURAS A PASTA APOYO	3. ROTURA DEL PAREDITO	4. INCLINACIONES	5. SOCAVACIONES	6. OTROS
11.	CEPAS	ITEM GRADO O CANTO	1. GRIETAS O DESCASCARAM	2. FISURAS A PASTA APOYO	3. DEFORM. DE CANTILEVER	4. INCLINACIONES	5. SOCAVACIONES	6. OTROS
12.	PINTURA	ITEM GRADO O CANTO	1. DESCOLORACION	2. OXIDAMIENTO	3. AMPOLLAMIENTO	4. DESCASCARAM	5. OTROS	
13.	ARTICULACIONES DE VIGAS GERBER	ITEM GRADO O CANTO	1. FISURAS EN UNA DIRECCION	2. FISURAMIENTO EN RED	3. ASENTAMIENTO	4. ARMAZURA AL ASE	5. NUDOS DE PIEDRAS	6. EFLORES. CENCAS
14.	OTROS	ITEM GRADO O CANTO	1. FERRISSE "ALD. ESTRIBO	2. DAJOS POR IMPACTO ROCA	3. DAJOS EN CASCAYAS	4. SEPTIC. REPARACION	5. OTROS	
COMENTARIOS ESPECIALES		1. EXISTEN DESBORDAMIENTOS a. SI b. NO c. NO SE SABE		2. EXISTEN EMPRESITOS DE MATERIAL a. SI b. NO				
		EVALUACION		GRADO DE DETERIORO		SOCAVACION		
		1.		NO EXISTE DAÑO ALGUNO		NO EXISTE SOCAVACION		
		2.		DAÑO S. EN UNO O DOS PUNTOS		TENDENCIA A SOCAVAR		
		3.		DAÑO S. EN MUCHOS PUNTOS		EXIST. SOC. PERO NO HAY PELIGRO		
		4.		MENOS DE LA MITAD DAÑADO		SOCAVACION PELIGROSA		
		5.		CASI TODO DAÑADO		SITUACION DE EMERGENCIA		
		FECHA INSPECCION		NOMBRE INSPECTOR		FIRMA		

(3) **Datos de antecedentes de rehabilitación**

- 1) Planilla de entrada de datos (Formato). Véase el cuadro de ingreso IB que se muestra en la Tabla 8-3.
- 2) Secuencia del proceso de registro (Figura 8-3).



**Figura 8-3: PROCEDIMIENTO DEL REGISTRO DE DATOS CONCERNIENTES A LOS ANTECEDENTES DE REHABILITACIONES**

Función.-

- : Tipo de interlocución por pantalla
- : Los datos relacionados con ítemes estandar de rehabilitación se ingresarán en código.
- : Los precios unitarios del cuadro IC serán ajustados en base a los precios unitarios estandar de los ítemes estandar de rehabilitación.

### 8-1-2 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE ARCHIVOS

Este sistema archiva todos los registros de los pesos obtenidos para cada ítem de evaluación del cuadro IB, utilizados para la evaluación del grado de deterioro. La evaluación de los daños, ítemes, y métodos van codificados para poder ser adecuadamente administrados. Un sistema para este tipo de registros será preparado.

REPUBLICA DE CHILE  
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
 DIRECCION DE VIALIDAD  
 DEPARTAMENTO DE PUENTES  
 SUB. DEPTO. CONSERVACION DE PUENTES  
 ① REHABILITACION 0 ② CABLOW

HISTORIA  
 REHABILITACION

PUENTE  
 ROL DE VIA  
 KILOMETRO  
 PROVINCIA  
 REGION  
 CODIGO PUENTE  
 FECHDATA

ITEM	DESIGNACIONES	UNIDAD	CANTIDAD	VALORES		
				UNITARIO	PARCIALES	TOTALES
I.(ii)	I <u>REFUERZO INFRAESTRUCTURA PTE RAUCO</u>					
.						
.						
.						
I.(ii=n)						
(1. 271	Hormigon para pavimento	m <sup>3</sup> )				
	II. <u>SUPERESTRUCTURA</u>					
I. II j						
.						
I. II j=n						
	III. <u>VARIOS</u>					
I. III k						
.						
I. III k=						

Tabla 8-3: CUADRO DE INGRESO DE DATOS IC

## 8-2 SISTEMA DE PROCESAMIENTO

La técnica utilizada en la evaluación del grado de deterioro de los puentes se muestra en detalle en el inciso 8-3.

A continuación se presenta la estructuración y los conceptos básicos del sistema.

### 8-2-1 SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO

La evaluación del grado de deterioro se efectúa por medio de las dos siguientes subrutinas.

1. Evaluación del grado de deterioro por partes: Sub-R-1.
2. Evaluación del grado de deterioro del puente en general: Sub-R-2.

#### (1) Evaluación del grado de deterioro por partes: Sub-R-1

##### 1) Contenido del sistema

**Objetivo:** Ejecutar el cálculo de la evaluación utilizando los resultados de la inspección que se registraron en el cuadro IC, para cada parte del puente. La evaluación consiste de cinco rangos. Se utiliza para la selección de métodos estandar de rehabilitación.

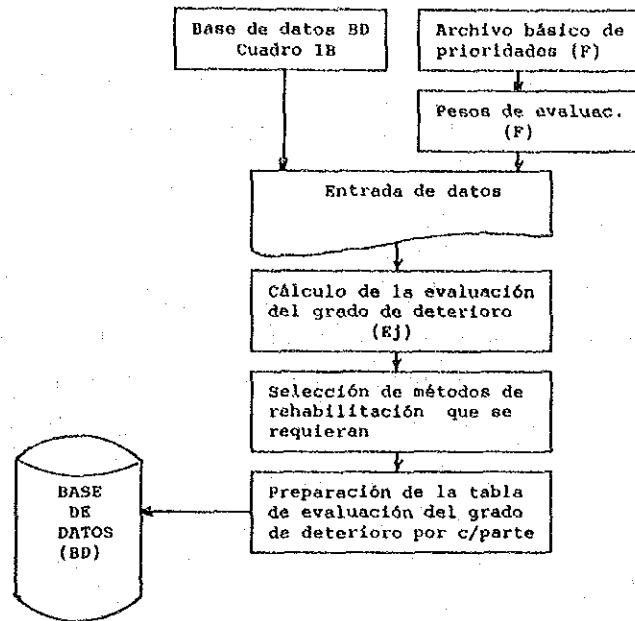
**Formula:** Para la selección del método de rehabilitación, cuando hay un solo ítem de inspección, adoptese el valor de éste como valor de evaluación para toda la parte considerada. Cuando hay 2 o "n" ítems de inspección, se hará una ponderación utilizando la Ecuación 8-1 que considera los pesos de importancia, para obtener un valor de evaluación del grado de deterioro para cada una de las partes.

$$E_j = (W_{jk} \times S_{jk}) / \sum (W_{jk} \times S_{jk}) ; \text{ o } E_j = S_j \quad (\text{Ecuación 8-1})$$

Donde,

- $E_j$  : Valor de la evaluación del grado de deterioro de la parte "j".  
 $W_{jk}$  : Peso de importancia correspondiente a la parte "j" con respecto del ítem de inspección "k".  
 $S_{jk}$  : Valor asignado en la inspección del ítem "k" (por el inspector) (referirse al cuadro IB).

2) Procesamiento del sistema (Figura 8-4)



**Figura 8-4 : PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO POR PARTES DEL PUENTE**

**Función.-**

- : Todas las variables serán tratadas de un modo general.
- : La tabla de evaluación del grado de deterioro por partes se hace tomando como referencia el cuadro IB.
- : La función "ayuda" (help) muestra los pesos de importancia y los valores de evaluación de la inspección.

**(2) Evaluación del grado de deterioro del puente en general: Sub-R-2**

**1) Contenido del sistema**

**Objetivo:** Efectuar un análisis del grado de deterioro y asignar un rango de evaluación general a cada puente.

Éstos rangos de evaluación son obtenidos a partir de la distribución (función de densidades probabilísticas) de los "rangos del daño o deterioro general", tomando como dominio de la función, el total de puentes ubicados sobre la Ruta No.5 y asignando cinco rangos de evaluación para relacionados a respectivos intervalos de la función de densidades acumuladas.

**Fórmula:** La evaluación general del grado de deterioro de todo el puente se hace a partir un análisis escalonado de jerarquías aplicado a los rangos de daños inspeccionados.

Para este efecto, se divide la estructura del puente en tres niveles de jerarquía, correspondientes a los accesorios, superestructura, e infraestructura; y se asignan grados de importancia (pesos) de acuerdo a las funciones estructurales de sus componentes.

2) Procesamiento del sistema (Figura 8-5)

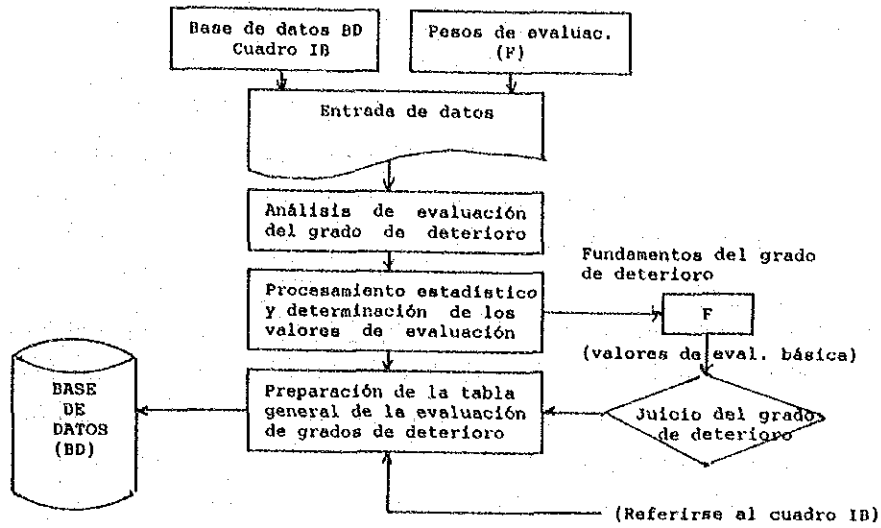


Figura 8-5 : PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO POR PARTES DEL PUENTE

Función.-

- : Todas las variables serán tratadas de un modo general.
- : La tabla general de evaluaciones del grado de deterioro, es preparada combinando las hojas de salida con el cuadro 2-2 de la evaluación por partes (refierase al cuadro IB).
- : La función "ayuda" (help) muestra los pesos de importancia y los valores de evaluación de la inspección.



## 8-2-2 PROCESAMIENTO DEL CÁLCULO DE COSTOS ESTIMADOS DE REHABILITACIÓN (Sub-R-3)

### (1) Contenido del sistema

**Objetivo:** Realizar un procesamiento del cálculo de costos estimados de rehabilitación de las respectivas partes del puente, para cuando se utilizan métodos de reparación normales.

**Fórmula:** Puesto que el propósito de éste sistema es la selección de prioridades de rehabilitación y la proposición de planes a mediano plazo, los costos calculados con él, son costos referidos a métodos de rehabilitación estandar y seleccionados en base a los resultados de inspecciones.

Cabe señalar, que los métodos de rehabilitación seleccionados y los costos de éstos trabajos no son concretamente los que se utilizarán para la construcción. La selección de los métodos y el cálculo de costos, se hace puente por puente, o parte por parte; sin embargo, además deberán tomarse en cuenta otros criterios para evaluar los requerimientos de rehabilitación; consecuentemente, una vez determinados los métodos y costos es necesario examinar aún con más detalle todos los elementos de decisión.

En resumen, la función de este sistema se limita al cálculo estimativo del costo tomando los precios unitarios para las cantidades correspondientes a cada parte, y los trabajos globales de rehabilitación.

(2) **Ecuación de cálculo de costos de rehabilitación por partes de puente**

Fórmula para el cálculo de costos de reparación para cada parte del puente:

$$P_x = V_i \times N_i \times n_i \times P_i \quad (\text{Ecuación 8-2})$$

donde,

- $P_x$  : Costo de rehabilitación por pieza o parte.  
 $V_i$  : Precio unitario para el volumen (unitario) reparado de la pieza "i" utilizando métodos de rehabilitación estandar (por ejemplo: \$/m<sup>2</sup>).  
 $N_i$  : Volumen total de rehabilitación para la pieza "i" (por ejemplo: una losa por cada puente; o en el caso de la infraestructura, por cada ceca o estribo).  
 $n$  : Número de piezas correspondientes al caso "i" (Por ejemplo: vías de tráfico, n=2)  
 $P_i$  : Coeficiente de disminución del volumen de rehabilitación en caso de que el valor de la evaluación del grado de deterioro sea igual a 4.

En realidad, para tener una idea concreta, podría calcularse siguiendo el cuadro IC de la Tabla 8-3; sin embargo, para un mejor ordenamiento se sigue el procedimiento que se muestra a continuación para: la selección del método, el cálculo de volúmenes y precios de rehabilitación.

1. Selección del método de rehabilitación de acuerdo a cada ítem (cuadro IB), como se muestra en las Tablas 8-4 y 8-5.
2. Selección del método de rehabilitación para cada parte o pieza del puente según el grado de daño o deterioro, como se muestra en las Tablas 8-6 y 8-7.
3. Cálculo de los volúmenes de rehabilitación para los ítems básicos de cada puente, como se muestra en las Tablas 8-8 y 8-9.

(3) Procesamiento del sistema(Figura 8-6)

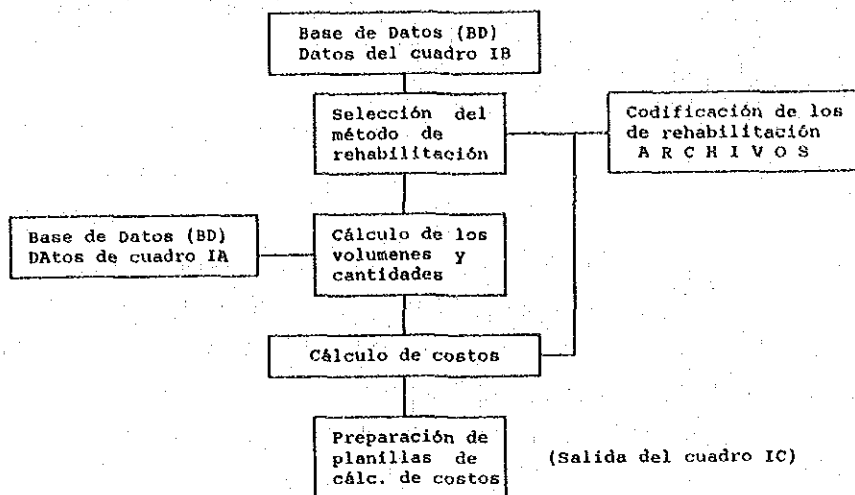


Figura 8-6 : PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO DE COSTOS DE REHABILITACIÓN

Función.-

: La salida del cuadro IC edita dos tipos de informaciones; la primera corresponde a los volúmenes y precios unitarios de rehabilitación que utiliza el MOP, y la segunda corresponde a los volúmenes y costos de construcción para la rehabilitación, que se introducen voluntariamente.

Tabla 8-4 : ÍTEMES DE EVALUACIÓN CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CUATRO

Parte a ser reparada		Cod.	Ítemes de evaluación
Pavimento		805	Evaluar con todos los ítemes de pavimento
		810	ídem
		815	ídem
		880	ídem
Juntas de expansión		820	Evaluar con todos los ítemes de juntas
Barandado		850	Evaluar con todos los ítemes del barandado
Apoyos		860	Evaluar con todos los ítemes de los apoyos
Pintura		343	Evaluar con todos ítemes de pinturas
Losa		835	Evaluar con los ítemes 1,2 y 6 de la losa
		840	Evaluar con los ítemes 3,4 y 5 de la losa
Apoyos Gerber			Evaluar con todos los ítemes de apoy.Gerber
Vigas	acero		Evaluar con todos los ítemes de vigas
	hormigón	835	Evaluar con los ítemes 1,2 y 6 de vigas
		840	Evaluar con los ítemes 1,2 y 6 de vigas
Soporte de losa	acero		Evaluar con todos los ítemes de sop.losa
	hormigón	835	Evaluar con los ítemes 1,2 y 6 de sop.losa
		840	Evaluar con los ítemes 3,4 y 5 de sop.losa
Estribos	paredes	840	Evaluar con los ítemes 1,2 y 3 de estribos
	inclinaciones y asentamientos	244	Evaluar con el ítem 4 de estribos
		251	ídem
		261	ídem
		275	ídem
	socavación	153	Evaluar con el ítem 5 de estribos
		531	ídem
Cepas	paredes	840	Evaluar con los ítemes 1,2 y 3 de cepas
	inclinaciones y asentamientos	244	Evaluar con el ítem 4 de cepas
		251	ídem
		261	ídem
		275	ídem
	socavación	153	Evaluar con el ítem 4 de cepas
		531	ídem

Tabla 8-5 : ÍTEMES DE EVALUACIÓN CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CINCO

Parte a ser reparada		Cod.	Ítemes de evaluación
Pavimento		805	Evaluar con todos los ítemes de pavimento
		810	ídem
		815	ídem
		880	ídem
Juntas de expansión		820	Evaluar con todos los ítemes de juntas
Barandado		251	Evaluar con los ítemes 4 y 5 del barandado
		261	ídem
		274	ídem
		352	Eval. con ítemes 1,2 y 3 de baran.(PASI>0.1)
		354	Eval. con ítemes 1,2 y 3 de baran.(PASI<0.1)
		890	Evaluar con los ítemes 4 y 5 del barandado
Apoyos		356	Evaluar con todos los ítemes de los apoyos
		840	Evaluar con todos los ítemes de los apoyos
Pintura		343	Evaluar con todos ítemes de pinturas
Losa		251	Evaluar con todos los ítemes de la losa
		261	ídem
		275	ídem
		511	ídem
		521	ídem
Apoyos Gerber		251	Evaluar con todos los ítemes de apoyos Gerber
		261	ídem
		262	ídem
		511	ídem
		521	ídem
Vigas	acero	341	Evaluar con todos los ítemes de vigas
		342	ídem
		343	ídem
		511	ídem
		521	ídem
	hormigón	251	Evaluar con los ítemes 1,2 y 6 de vigas
		261	ídem
		275	ídem
		511	ídem

(continúa)

(continuación de Tabla 8-5: ÍTEMES DE EVALUACIÓN.....)

Parte a ser reparada		Cod.	Ítemes de evaluación
Soporte de losa	acero	341	Evaluar con todos los ítemes de sop.loso
		342	ídem
		343	ídem
	hormigón	251	Evaluar con todos los ítemes de sop.loso
		261	ídem
		275	ídem
Estribos	hormigón	251	Evaluar con los ítemes 1,2 y 3 de estribos
		261	ídem
		275	ídem
	inclinaciones y asentamientos	244	Evaluar con el ítem 4 de estribos
		251	ídem
		261	ídem
		275	ídem
	socavación	153	Evaluar con el ítem 5 de estribos
		243	ídem
		531	ídem
Cepas	hormigón	251	Evaluar con los ítemes 1,2 y 3 de cepas
		261	ídem
		275	ídem
	inclinaciones y asentamientos	244	Evaluar con el ítem 4 de cepas
		251	ídem
		261	ídem
		275	ídem
	socavación	153	Evaluar con el ítem 4 de cepas
		243	ídem
		531	ídem

**Tabla 8-6 : MÉTODOS DE REHABILITACIÓN (Y CÓDIGOS)  
CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN  
RANGO CUATRO**

Parte del puente		No	Método	Código del método
Pavimento		1	Reparación del pavimento	805, 810, 815, 880
Juntas de expansión		2	Reparación de juntas y placas covertoras	820
Barandado y veredas		3	Platachado con mortero, pintado de protectores, reparación de la sección	850
Apoyos		4	Reposición del aparato de apoyo, reparación con mortero	860
Pintura		5	Limpiado y repintado	343
Losa		6	Reparación de fisuras y grietas, inyecciones	835 y/o 840
Apoyos Gerber		7	Reparación con placas de acero	no determinado
Vigas	acero	8	Refuerzo por partes, con perfiles o placas de acero	no determinado
	hormigón	9	Reparación de fisuras y grietas, inyecciones	835 y/o 840
Soporte de losa	acero	10	Refuerzo por partes, con perfiles o placas de acero	no determinado
	hormigón	11	Reparación de fisuras y grietas, inyecciones	835 y/o 840
Estribos	paredes	12	Inyección de resinas (o morteros) en las fisuras, reparación de la sección	835 y/o 840
	incl/asent	13	Adición de pilotes, ampliación de zapatas	244, 251, 261, 275
	socavación	14	Construcción de protectores	153, 531
Cepas	paredes	15	Inyección de resinas (o morteros) en las fisuras, reparación de la sección	835, 840
	incl/asent	16	Adición de pilotes, ampliación de zapatas	244, 251, 261, 275
	socavación	17	Construcción de protectores	153, 531
Revest.de protección		18	Construcción de escolleras	151

**Tabla 8-7 : MÉTODOS DE REHABILITACIÓN (Y CÓDIGOS) CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CINCO (\*)**

Parte del puente		No	Método	Código del método
Pavimento		1	Reparación del pavimento	805, 810, 815, 880
Juntas de expansión		2	Reposición de juntas	855
Barandado y veredas		3	Reposición de barandas y veredas (y/o aceras)	251, 261, 274, 352, o 354, 890
Apoyos		4	Reposición del aparato de apoyo, reparación con mortero	356, 840
Pintura		5	Repintado	845
Losa		6	Reposición de losa (*)	251, 261, 275, 511, 521 (*)
Apoyos Gerber		7	Reposición de todo el conjunto Gerber	251, 261, 275, 511, 521 (*)
Vigas	acero	8	Reposición de vigas (**)	341, 342, 343, 511, 521 (**)
	hormigón	9	Refuerzo de la sección con fierro y hormigón	251, 261, 275
Soporte de losa	acero	10	Reposición de vigas, adición de travesaños	341, 342, 343
	hormigón	11	Refuerzo de la sección con fierro y hormigón	251, 261, 275
Estribos	paredes	12	Refuerzo de la sección con fierro y hormigón	251, 261, 275
	incl/asent	13	Adición de pilotes, ampliación de zapatas	244, 251, 261, 275
	socavación	14	Construcción de protectores	153, 243, 531
Cepas	paredes	15	Refuerzo de la sección con fierro y hormigón	251, 261, 275
	incl/asent	16	Adición de pilotes, ampliación de zapatas	244, 251, 261, 275
	socavación	17	Construcción de protectores	153, 243, 531, 760
Revest.de protección		18	Construcción de escolleras	151

**Observaciones:**

- (\*) La reposición de la losa implica también la reposición del pavimento, barandados, y juntas de expansión.
- (\*\*) La reposición del Gerber implica también la reposición de la losa, pavimento, barandado, y juntas de expansión correspondiente a ése sector.
- (\*\*\*) Conjuntamente con la remoción y reposición de las vigas deberá efectuarse la reposición de la losa, pavimento, barandado, y juntas de expansión.
- (\*\*\*\*) Los métodos o ítemes No.541, No.551, y No.885 son inherentes a los trabajos de construcción, por lo tanto deben ser incluidos en los costos.



**Tabla 8-8: ECUACIONES DE CÁLCULOS VOLUMÉTRICOS PARA REHABILITACIONES CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CUATRO**

Parte a ser reparada		Cod.	Ecuación de cálculo	Unidad
Pavimento		805	LONG	Nos.
		810	CALZ x LONG x 0.5	m <sup>2</sup>
		815	CALZ x LONG x 0.5	m <sup>2</sup>
		880	10	ml
Juntas de expansión		820	CALZ x 2 x SKEW x (TRAM + 1)	ml
Barandado		850	LONG x 2	ml
Apoyos		860	TRAM + 1	Sis
Pintura		343	ANCH x LONG x 0.2(t)	t
Losa		835	LONG x 3	ml
		840	ANCH x LONG x 0.2	m <sup>2</sup>
Apoyos Gerber			TRAM - 1	Nos.
Vigas	acero		1	Nos.
	hormigón	835	LONG x 3	ml
		840	ANCH x LONG x 0.1	m <sup>2</sup>
Soporte de losa	acero		1	Nos.
	hormigón	835	ANCH x (TRAM + 1)	ml
		840	ANCH x (TRAM + 1) x 0.1	m <sup>2</sup>
Estribos	hormigón	835	ANCH x 2 x 2	ml
		840	ANCH x (ALTR(1) + ALTR(7)) / 2 x 0.2	m <sup>2</sup>
	inclinaciones y asentamientos	244	20(Nos) x 20(m)	ml
		251	(ANCH + 3(m)) x 2(m)	m <sup>2</sup>
		261	(ANCH x 3(m)) x 2(m) x 50(kg)	kg
		275	(ANCH x 3(m)) x 2(m)	m <sup>3</sup>
	socavación	153	ANCH x 3(m) x 2(m)	m <sup>3</sup>
		531	ANCH x 10(m)	m <sup>2</sup>
Cepas	hormigón	835	ANCH x 2 x 2 x (TRAM - 1) / 2	ml
		840	ANCH x (ALTR(2) + ALTR(6)) / (TRAM-1) x 0.2	m <sup>2</sup>
	inclinaciones y asentamientos	244	20(Nos) x 20(m)	ml
		251	(ANCH + 5(m)) x 2(m)	m <sup>2</sup>
		261	(ANCH x 5(m)) x 2(m) x 50(kg)	kg
		275	(ANCH x 5(m)) x 2(m)	m <sup>3</sup>
	socavación	153	ANCH x 5(m) x 2(m)	m <sup>3</sup>
		531	ANCH x (LONG - 10(m))	m <sup>2</sup>

Tabla 8-9 : ECUACIONES DE CÁLCULOS VOLUMÉTRICOS PARA EHABILITACIONES CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CINCO

Parte a ser reparada		Cod.	Ecuación de cálculo	Unidad
Pavimento		805	LONG	Nos.
		810	CALZ x LONG	m <sup>2</sup>
		815	CALZ x LONG	m <sup>2</sup>
		880	10	ml
Juntas de expansión		855	CALZ x 2 x SKEW x (TRAM + 1)	ml
Barandado		251	LONG x 2 x 2 x 0.3(m)	m <sup>2</sup>
		261	(LONG x 2 x 0.3(m) x 0.4(m)) x 50(kg)	kg
		274	LONG x 2 x 0.3(m) x 0.4(m)	m <sup>3</sup>
		352	LONG x 2	ml
		354	LONG x 2	ml
		890	LONG x 2 x 0.5(m) x 0.2(m)	m <sup>3</sup>
Apoyos		356	TRAM + 1	Nos.
		840	ANCH x 1(m) x (TRAM + 1)	m <sup>2</sup>
Pintura		343	ANCH x LONG x 0.2(l)	t
Losa		251	LONG x ANCH	m <sup>2</sup>
		261	ANCH x LONG x 0.25(m) x 130(m)	kg
		275	ANCH x LONG x 0.25(m)	m <sup>3</sup>
		511	1	Gl.
		521	1	Gl.
Apoyos Gerber		251	(ANCH x 2(m)) x 5(m) x (TRAM - 1) / 2	m <sup>2</sup>
		261	ANCH x 5(m) x 0.5(m) x (TRAM - 1) / 2 x 100(kg)	kg
		262	ANCH x 5(m) x 0.5(m) x (TRAM - 1) / 2	m <sup>3</sup>
		511	1	Gl.
		521	1	Gl.
Vigas	acero	341	ANCH x LONG x 0.2(l)	t
		342	ANCH x LONG x 0.2(l)	t
		343	ANCH x LONG x 0.2(l)	t
		511	1	Gl.
		521	1	Gl.
	hormigón	251	LONG x (1.0(m) + ANCH x 0.3)	m <sup>2</sup>
		261	LONG x 0.5(m) x ANCH x 0.3 x 150(kg)	kg
		275	LONG x 0.5(m) x ANCH x 0.3(m)	m <sup>3</sup>
		511	1	Gl.

(continúa)

(continuación de Tabla 8-9: ECUACIONES DE CÁLCULOS.....)

Parte a ser reparada		Cod.	Ecuación de cálculo	Unidad
Soporte de losa	acero	341	$ANCH \times LONG \times 0.05(t)$	t
		342	$ANCH \times LONG \times 0.05(t)$	t
		343	$ANCH \times LONG \times 0.05(t)$	t
	hormigón	251	$(1.0(m) \times ANCH) \times TRAM$	m <sup>2</sup>
		261	$(0.3(m) \times 0.5(m)) \times ANCH \times TRAM \times 150(kg)$	kg
		275	$(0.3(m) \times 0.5(m)) \times ANCH \times TRAM$	m <sup>3</sup>
Estribos	hormigón	251	$(ANCH + 1(m)) \times (ALTR(1) + ALTR(7))$	m <sup>2</sup>
		261	$ANCH \times (ALTR(1) + ALTR(7)) \times 0.3(m) \times 100(kg)$	kg
		275	$ANCH \times (ALTR(1) + ALTR(7)) \times 0.3(m)$	m <sup>3</sup>
	inclinaciones y asentamientos	244	$20(Nos) \times 20(m) \times 2$	ml
		251	$(ANCH + 3(m)) \times 2(m) \times 2$	m <sup>2</sup>
		261	$(ANCH \times 3(m)) \times 2(m) \times 50(kg) \times 2$	kg
		275	$(ANCH \times 3(m)) \times 2(m) \times 2$	m <sup>3</sup>
	socavación	153	$ANCH \times 3(m) \times 2(m)$	m <sup>3</sup>
		243	$(ANCH + 5(m)) \times 2 / 0.3 \times 10(m)$	ml
		531	$ANCH \times 10(m)$	m <sup>2</sup>
Cepas	hormigón	251	$(ANCH \times 2(m)) \times (ALTR(2) + ALTR(6)) / (TRAM - 1)$	m <sup>2</sup>
		261	$ANCH \times (ALTR(2) + ALTR(6)) \times 0.6(m) \times 100(kg)$	kg
		275	$ANCH \times (ALTR(2) + ALTR(6)) \times 0.6(m)$	m <sup>3</sup>
	inclinaciones y asentamientos	244	$20(Nos) \times 20(m) \times (TRAM - 1)$	ml
		251	$(ANCH + 5(m)) \times 2(m) \times (TRAM - 1)$	m <sup>2</sup>
		261	$(ANCH \times 5(m)) \times 2(m) \times 50(kg) \times (TRAM - 1)$	kg
		275	$(ANCH \times 5(m)) \times 2(m) \times (TRAM - 1)$	m <sup>3</sup>
	socavación	153	$ANCH \times 5(m) \times 2(m) \times (TRAM - 1)$	m <sup>3</sup>
		243	$(ANCH + 5(m)) \times 2 / 0.5 \times 10(m) \times (TRAM - 1)$	ml
		531	$ANCH \times (LONG - 10(m))$	m <sup>2</sup>

### 8-3 EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DE LOS PUENTES

#### 8-3-1 DETERMINACIÓN DE LOS GRADOS DE IMPORTANCIA (PESOS) UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN

##### (1) Valores de evaluación absoluta

Los valores de evaluación absoluta para cada parte de un puente, y para cada tipo de daño o deterioro, fueron asignados en base a la media ponderada del resultado obtenido de una encuesta realizada a tres ingenieros del Ministerio de Obras Públicas de Chile, y a tres ingenieros del equipo consultor japonés.

La mencionada encuesta consistió en la asignación de los valores de evaluación absoluta a los diferentes ítems considerados para efectuar la evaluación, de acuerdo al criterio profesional de cada ingeniero y utilizando la escala de valores que se muestra en la Tabla 8-10.

El resultado de la media ponderada de los valores asignados para los daños o deterioros se muestra en la Tabla 8-12.

Tabla 8-10 : VALORES DE EVALUACIÓN ABSOLUTA

Rango	Definición
1	Sin mayor importancia
2	Regularmente importante
3	Importante
4	Muy importante
5	Demasiado importante

##### (2) Cálculo de los grados de importancia (pesos)

El análisis de evaluación del grado de deterioro se efectuó en base al método de jerarquización denominado "Proceso analítico de jerarquías".

Para cálculo de los grados de importancia primeramente se calculan los valores de evaluación relativa, y luego se construye una matriz como la que se muestra en la Tabla 8-11. Seguidamente se determinan los auto-vectores de la matriz, los cuales determinan a su vez los grados de importancia (pesos) de cada ítem considerado.

Los valores de evaluación relativa se calcularon utilizando la siguiente ecuación:

$$IR(A:B) = I(A) - I(B) + 1 \quad (\text{para } I(A) > I(B))$$

donde,

IR(A:B) : Valor de evaluación relativa de A con respecto de B

I(A) : Valor de evaluación absoluta de A

I(B) : Valor de evaluación absoluta de B

Si  $I(A) < I(B)$ , entonces  $IR(B:A) = 1/[I(A:B)]$

Por ejemplo, sea el caso en que el ítem A tiene un valor de evaluación absoluta igual 5, y el ítem B uno igual a 3; entonces el valor de evaluación relativa de A con respecto de B será igual a  $5-3+1=3$ . En el caso inverso, o sea el valor de evaluación relativa de B con respecto de A será igual a  $1/3$ .

**Tabla 8-11 : VALORES DE EVALUACIÓN RELATIVA Y GRADOS DE IMPORTANCIA (PESOS) DE LAS PARTES ESTRUCTURALES DE UN PUENTE**

	Accesorios	Superestr.	Infraestr.	Autovect.	Pesos
Accesorios	1	1/3	1/4	0.437	0.122
Superestructura	3	1	1/2	1.145	0.320
Infraestructura	4	2	1	2.000	0.558

De la misma manera, se determinaron los valores de evaluación absoluta y relativa, para los ítemes de tipo de daños o deterioros, y los resultados se muestran en las Tablas 8-12 y 8-13 respectivamente.

### (3) Evaluación del grado de deterioro

Para efectuar la evaluación de los grados de importancia de cada parte del puente, se dividieron los ítemes en tres niveles de jerarquía (ver Figura 8-7). En el primer nivel de jerarquía (Jerarquía 1) se divide funcionalmente el puente en sus tres elementos estructurales: accesorios, superestructura, e infraestructura. El segundo nivel (Jerarquía 2) divide específicamente el puente en sus partes principales, igual que en la Tabla 8-2 (cuadro IB). Y el tercer nivel (Jerarquía 3), hace una división al igual que el caso anterior y evalúa los tipos de daños para cada parte.

Tabla 8-12 : VALORES DE EVALUACIÓN ABSOLUTA

Grupo estructural	Parte dañada	1	2	3	4	5	6	
ACCESORIOS	Pavimento		Ensurcado	Fisuramiento	Asentamientos	Otros		
		3.5	3.0	4.2	4.0			
	Barandas		Oxidamiento	Corrosión	Fisuramiento	Armadura al aire	Otros	
		2.5	2.4	4.0	2.8	3.4		
	Juntas de expans.		Filtrac.de aguas	Deformaciones	Mov. verticales	Juntas obstruidas	Otros	
		3.7	3.0	3.4	3.8	3.6		
	Losa		Fisuras una direc	Descascaramiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias	
		4.0	3.0	4.0	3.6	3.0	3.8	
	Riostras (de acero)		Oxidamiento	Corrosión	Rotur. de uniones	Rotura arriostr.	Otros	
		3.3	2.6	4.0	4.6	4.2		
SUPERESTRUCTURA	Vigas (de acero)		Corrosión	Deformación	Rotur. de uniones	Rotura arriostr.	Otros	
		4.5	2.8	3.6	4.2	4.6		
	Riostras(hormigón)		Fisuras una direc	Descascaramiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias	
		3.2	2.6	3.8	3.2	2.6	3.6	
	Vigas (hormigón)		Fisuras una direc	Descascaramiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias	
		4.7	2.8	4.0	3.4	4.2	3.2	
	Apovos		Rotura de apovo	Rotura accesorios	Salida de anclajes	Rotura del disco	Deformac. raras	Otros
		3.0	4.6	3.0	3.8	3.6	2.8	
	Pintura		Decoloración	Oxidamiento	Ampollamiento	Descascaramiento	Otros	
		2.5	1.8	3.0	3.4	3.8		
INFRAESTRUCTURA	Geobet		Fisuras una direc	Agrietamiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias	
		4.8	2.6	3.4	4.0	3.8	3.4	
	Estribos		Grietas, descasc.	Fis. desde apovo	Rotura parapeto	Inclinaciones	Socavación	Otros
		4.8	3.2	2.8	3.0	4.8	4.4	
	Ceapas		Grietas, descasc.	Fis. desde apovo	Deform.Cantiliev.	Inclinaciones	Socavación	Otros
	5.0	3.2	3.0	3.4	4.6	5.0		

Tabla 8-13: Grados de importancia

Grupo estructural	Parte dañada	1	2	3	4	5	6
ACCESORIOS	Pavimento	Alabeo	Ensurcado	Fisuramiento	Asentamientos	Otros	
		0.161	0.161	0.362	0.315		
	Barandas	Deformación	Oxidamiento	Corrosión	Fisuramiento	Armadura al aire	Otros
		0.120	0.138	0.343	0.160	0.239	
	Juntas de expans.	Sonidos extraños	Filtrac.de aguas	Deformaciones	Mov. verticales	Juntas obstruidas	Otros
		0.151	0.131	0.204	0.276	0.238	
	Losa	Fisuras una direc	Fisuras en red	Descascaramiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias
		0.106	0.219	0.219	0.162	0.106	0.188
	Riostras (de acero)	Oxidamiento	Corrosión	Deformación	Rotur. de uniones	Rotura arriost.	Otros
	Vigas (de acero)	Oxidamiento	Corrosión	Deformación	Rotur. de uniones	Rotura arriost.	Otros
SUPERESTRUCTURA	Riostras(hormigón)	Fisuras una direc	Fisuras en red	Descascaramiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias
		0.099	0.228	0.149	0.228	0.099	0.197
	Vigas (hormigón)	Fisuras una direc	Fisuras en red	Descascaramiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias
		0.095	0.220	0.143	0.252	0.124	0.166
	Apoyos	Rotura de apoyo	Rotura accesorios	Salida de anclajes	Rotura del disco	Deformac. raras	Otros
		0.353	0.127	0.219	0.190	0.111	
	Pintura	Decoloración	Oxidamiento	Ampollamiento	Descascaramiento	Otros	
		0.103					
	Gerber	Fisuras una direc	Fisuras en red	Agrietamiento	Armadura al aire	Nidos de piedras	Eflorescencias
		0.069	0.154	0.240	0.209	0.154	0.154
INFRAESTRUCTURA	Estribos	Grietas, descasc.	Fis. desde apoyo	Rotura parapeto	Inclinaciones	Socavación	Otros
		0.139	0.106	0.121	0.352	0.281	
	Ceñas	Grietas, descasc.	Fis. desde apoyo	Deformi.Cantilev.	Inclinaciones	Socavación	Otros
		0.121	0.106	0.139	0.281	0.352	
		0.510					

Nota: Estos valores de este ejemplo corresponden a un tipo de puente con vigas de hormigón armado y provisto de articulaciones Gerber.

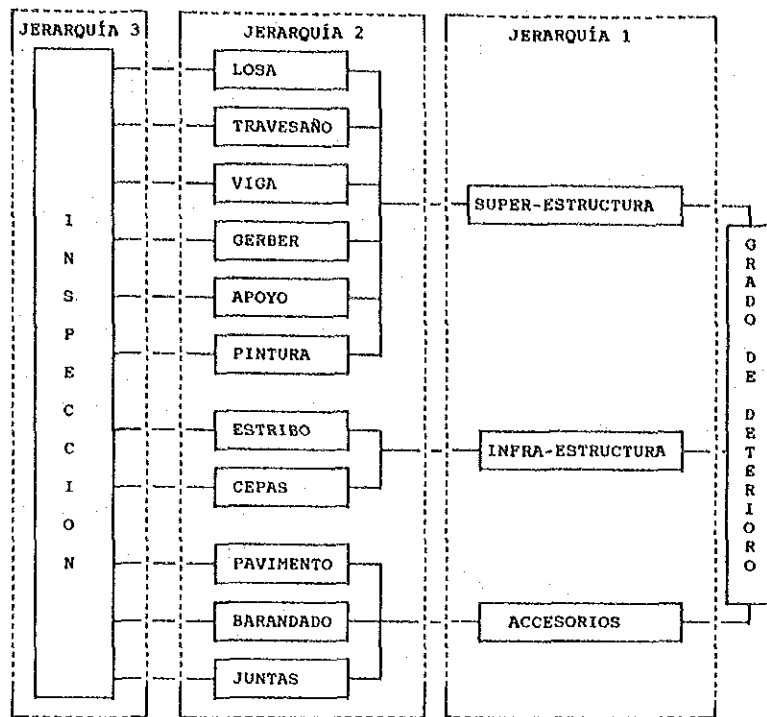


Figura 8-1 : JERARQUÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS GRADOS DE IMPORTANCIA (PESOS)

Como se puede observar en el diagrama de jerarquías, para el cálculo del grado de deterioro de todo el puente, los grados de importancia calculados se van acumulando hacia el nivel de jerarquía inferior.

Entonces, los pesos totales de los diferentes ítems son calculados mediante la siguiente ecuación:

$$W_i = W_1 \times W_2 \times W_3$$

donde,

W1: Peso del daño en Jerarquía 1

W2: Peso del daño en Jerarquía 2

W3: Peso del daño en Jerarquía 3

Luego, el grado de deterioro del puente en general puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$R = \sum (W_i \times I_i)$$

donde,

R : Grado de deterioro del puente en general.

W<sub>i</sub> : Peso total del ítem de deterioro "i", calculado mediante el análisis de jerarquías.

I<sub>i</sub> : Valor o rango del grado de daño asignado durante la inspección.



### 8-3-2 DETERMINACIÓN DE LOS RANGOS DEL "GRADO DE DETERIORO" DE LOS PUENTES

En este estudio, para la inspección y respectiva evaluación in situ de los daños, se utilizaron los rangos que se muestran en la Tabla 8-14; asimismo, para la evaluación del estado de las fundaciones con respecto de la socavación, se utilizaron los rangos de la Tabla 8-15.

Siguiendo las etapas de cálculo para determinar el grado total de deterioro, se aplican los grados de importancia o pesos de cada ítem de daño a su respectivo valor del rango asignado durante la inspección en terreno, y se calcula el total acumulado; sin embargo, puede observarse, que los valores obtenidos del grado total de deterioro no reflejan en sí, una escala de 5 rangos. Por ésta razón, y con el objeto de determinar éstos 5 rangos de evaluación final del grado de deterioro del puente en general, se da un tratamiento estadístico a los resultados obtenidos de todo el conjunto de puentes.

Tabla 8-14 : RANGOS UTILIZADOS EN LA INSPECCIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS

Rango	Grado del daño
1	No hay daños
2	Daños en 2 o 3 puntos
3	Daños en varios puntos
4	Casi la mitad del puente dañado
5	Casi todo el puente dañado

Tabla 8-15 : RANGOS UTILIZADOS EN LA INSPECCIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOCAVACION

Rango	Grado de socavación
1	No hay socavación
2	Hay tendencia
3	Hay socavación, pero no peligrosa
4	Hay socavación y es peligrosa
5	Emergencia

En este estudio, las características de la distribución de los datos obtenidos del grado de deterioro, fueron estudiadas con la siguiente ecuación:

$$F(x) = \exp(-\exp(-a(x-u)))$$

donde,

$F(x)$  : Acumulada de la función distributiva de "x" (x es el rango del grado de deterioro).

a : Parámetro que representa a la inversa de la desviación de la dispersión de la variable "x".

u : Valor máximo característico de la variable "x".

Por medio de ésta función acumulativa de densidades probabilísticas, se pueden determinar los rangos de deterioro requeridos. Por ejemplo, asignamos dos intervalos de confianza simétricos en la función de densidades probabilísticas, uno de 50% y otro de 90% (o sea, intervalos ubicados de tal manera que tengamos a la izquierda de la curva 25% y 5% de probabilidad acumulada respectivamente); determinando así cinco sectores o áreas. Seguidamente, los grados totales de deterioro comprendidos en éstas áreas quedarían agrupados, y con un valor final de evaluación, definiendo así los cinco "Rangos de deterioro".

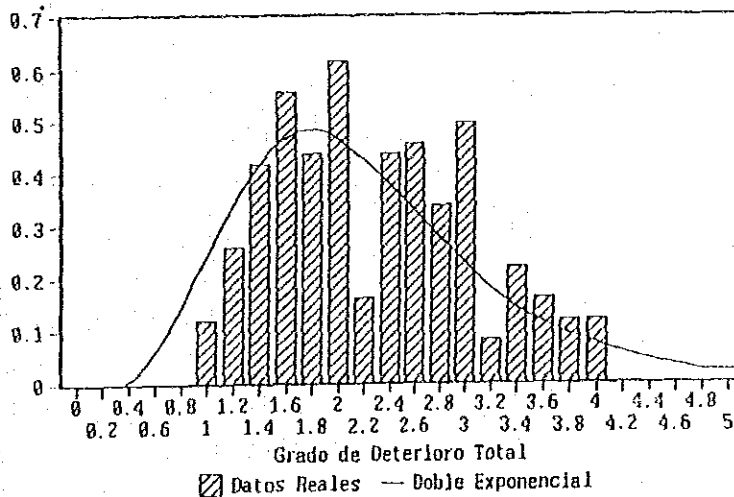


Figura 8-8 : VALORES DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO Y SUS RANGOS

## 8-4 SISTEMA DE JUICIO DEL GRADO DE PRIORIDAD DE REHABILITACIÓN Y REPOSICIÓN DE LOS PUENTES

### 8-4-1 RESUMEN DEL SISTEMA

Los ítemes de evaluación que determinan el grado de prioridad de rehabilitación y reposición de puentes, varían de acuerdo a la región, o según las medidas administrativas o el objetivo de la administración, etc., haciendo variar también el grado de importancia (peso) de los ítemes de evaluación en la determinación de prioridades consideradas. Por consiguiente, en este estudio se examina también la proporción del grado de importancia de otros ítemes de evaluación de prioridades además del grado de deterioro.

Al respecto, hasta ahora se han propuesto varios y diferentes métodos de juicio en la evaluación de prioridades de rehabilitación y reposición. En éste estudio, se establece un sistema de evaluación escalonada por categorías. En éste sistema se utiliza una estructura de jerarquías que examina los pesos de ítemes en dos niveles o categorías. En el primer nivel, se consideran ítemes que influyen en las prioridades de rehabilitación y reposición tomando en cuenta también su relación mutua. En el segundo nivel, se examinan los ítemes considerados en el nivel anterior con más detalle considerando sub-ítemes.

Por otra parte, se determina como la condición por la cual la suma total de los pesos de los sub-ítemes no sobrepasen el peso del ítem titular en el nivel superior. Por ejemplo, si el peso del ítem que considera el grado de daño del puente (o sea, "Deficiencia por el estado estructural") es igual a 50, éste debe ser el valor límite de los sub-ítemes involucrados, que son: "condición de la losa", "condición de la superestructura", y "condición de la infraestructura". Los cuales se evalúan tomando los valores del estado de deterioro conseguidos en el inciso 8-3, multiplicados por los pesos totales respectivos. A propósito, cabe señalar que esto no precisamente muestra el grado de prioridad de rehabilitación, o el grado de urgencia.

Es muy importante enfatizar que los pesos fueron asignados de tal manera que los daños o deficiencias, en los ítemes considerados de vital importancia, influyan notablemente en el total de la evaluación. Esto porque, por ejemplo, sea el supuesto caso en que la infraestructura se encuentra en una situación críticamente peligrosa, y debido a esto es necesario que se adopten contramedidas urgentes; y sea el caso en que tanto la losa como la infraestructura y superestructura comparativamente están tan poco deterioradas, que no se requiere de una rehabilitación urgente; sin embargo, no obstante a esto, existe la posibilidad de que en el cálculo del estado de deterioro del puente en general, se obtengan valores más bajos para el primer caso mencionado.

## 8-4-2 ÍTEMES DE EVALUACIÓN Y SUS RESPECTIVOS PESOS

A continuación se definen los ítemes de evaluación:

- 1) Deficiencias por el estado estructural ..... (D<sub>ec</sub>)
  - a) Condición de la losa ..... (C<sub>ul</sub>)
  - b) Condición de la superestructura ..... (C<sub>ds</sub>)
  - c) Condición de la infraestructura ..... (C<sub>di</sub>)
- 2) Deficiencias por la capacidad de carga ..... (D<sub>cc</sub>)
- 3) Deficiencias por el estado funcional ..... (D<sub>ef</sub>)
  - a) Condición del ancho útil de calzada ..... (C<sub>au</sub>)
  - b) Condición de la holgura vertical útil .... (C<sub>hu</sub>)
- 4) Deficiencias por el tipo de diseño ..... (D<sub>td</sub>)
- 5) Deficiencias por la vida útil remanente ..... (D<sub>vu</sub>)
- 6) Deficiencias por el emplazamiento ..... (D<sub>pc</sub>)
  - a) Condición de escurrimiento ..... (C<sub>de</sub>)
  - b) Condición del trazado del camino ..... (C<sub>tc</sub>)

La estructura jerárquica y los pesos de los ítemes arriba mencionados se muestran en la Tabla 8-16.

Para el análisis de evaluación, los ítemes que en el nivel o categoría No.2 no contienen otros sub-ítemes, como por ejemplo, las deficiencias por capacidad de carga, se evalúan directamente desde el nivel No.1. La evaluación de las deficiencias por el estado estructural, proviene como un resultado de la evaluación de los sub-ítemes del nivel No.2, eso sí debe aclararse que éste resultado no debe sobrepasar el peso del ítem titular en el nivel No.1.

Por ejemplo, si el peso evaluado para las condiciones en que se encuentra la losa, la superestructura y la infraestructura, son de 50, 30 y 40 respectivamente; no obstante que la suma total es igual a 120, el peso del ítem de deficiencias por condición de la estructura será considerada igual a 100. Así, pese a que existieran partes que están en buen estado, por seguridad, la prioridad se otorga a los casos críticos.

Los ítemes de evaluación y sus respectivos pesos, fueron determinados conjuntamente con profesionales del MOP; sin embargo, los resultados no se muestran aún en éste informe. Puede considerarse, que para completar el sistema, se necesita una revisión general, en especial se necesita examinar la asignación de pesos o grados de importancia.

**Tabla 8-16 : GRADOS DE PRIORIDAD DE REHABILITACIÓN**

Ítem de evaluación	Nivel 1	Nivel 2
1.- Dcc (Estado estructural) a) Cdl b) Cds c) Cdi	100	40 50 50
2.- Dcc (Capacidad de carga)	40	
3.- Def (Estado funcional) a) Cau b) Chu	30	20 10
4.- Dtd (Tipo de diseño)	30	
5.- Dvu (Vida útil)	10	
6.- Dpe (Emplazamiento) a) Cde c) Cte	20	10 20
<b>Evaluación total</b>	<b>230</b>	

### 8-4-3 MÉTODO DE EVALUACIÓN

Las ecuaciones utilizadas para la determinación de los niveles de evaluación también están siendo investigadas; pero para este estudio, se adoptaron en lo posible las más sencillas. Esto debido a que actualmente en Chile, la normas en cuanto a la construcción de caminos (anchos, determinación de línea, cargas, etc.) se refiere, no tienen especificaciones detalladas; o bien, las informaciones y datos colectados no cuentan con una buena precisión. Entonces, el planteamiento de ecuaciones de cálculo más detalladas, carecería de sentido. Además, se consideró que se pueden ofrecer suficientes datos, que administrativamente podrían ser utilizados como material de juicio.

#### (1) Deficiencias por el estado estructural

$$D_{ec} = C_{dl} + C_{ds} + C_{di} < 50$$

donde,

$$C_{dl} = C_{dlmax} \times k \quad (C_{dlmax} = 40)$$

$$C_{ds} = C_{dsmax} \times k \quad (C_{dsmax} = 50)$$

$$C_{di} = C_{dimax} \times k \quad (C_{dimax} = 50)$$

Valor de evaluación	Coefficiente k	$C_{dl}$	$C_{ds}$	$C_{di}$
1	0.0	0	0	0
2	0.1	4	5	5
3	0.3	12	15	15
4	0.7	28	35	35
5	1.0	40	50	50

#### (2) Deficiencias por la capacidad de carga

$$D_{cc} = P_{cc} \times [1 - (C_{cm} / C_{dr})] < 40$$

donde,

$P_{cc}$  : Valor máximo de ponderación por capacidad de carga ( $P_{cc} = 50$ )

$C_{cm}$  : Capacidad de carga media (ton)

$C_{dr}$  : Capacidad de diseño requerida (ton)

Clasificación del camino	Tipo	Carga de diseño
Autopista	O	HS20-44+20%
Nacional	A	HS20-44+20%
Regional principal	B	HS20-44
Regional secundario	C	HS20-44
Comunal	D	HS15-44
Urbano	U	

Nota: La carga de diseño corresponde a la carga recomendada en éste estudio

### (3) Deficiencias por el estado funcional

$$D_{ef} = C_{au} + C_{hu} < 30$$

donde,

$C_{au}$ : Condición por ancho útil de calzada

$C_{hu}$ : Condición por holgura vertical

#### 1) Condición por ancho útil de calzada

$$C_{cc} = P_{ac} \times [(A_r - A_c)/(A_r - A_{ma})] < 20$$

donde,

$P_{ac}$ : Ponderación por ancho de calzada ( $P_{ac} = 20$ )

$A_r$ : Ancho de diseño (m)

$A_c$ : Ancho existente (m)

$A_{ma}$ : Ancho mínimo necesario (m)

Clasificación del camino	Ancho (m)	
	de diseño ( $A_r$ )	mínimo ( $A_{ma}$ )
Autopista	27.0	26.0
Nacional	13.0	11.0
Regional principal	11.0	9.0
Regional secundario	10.0	8.0
Comunal	9.0	8.0
Urbano	-	-

Nota: El ancho de diseño corresponde al ancho recomendado en éste estudio

2) Condición de la holgura útil vertical

$$C_{hu} = P_{hu} \times [(H_r - H_e)/(H_r - H_{ma})] < 10$$

donde,

$P_{hu}$ : Ponderación por holgura útil vertical ( $P_{hu} = 10$ )

$H_r$ : Holgura vertical de diseño (m)

$H_{ma}$ : Holgura vertical mínima (m)

$H_e$ : Holgura vertical existente (m)

Clasificación del camino	Holgura (m)	
	de diseño ( $H_r$ )	mínima ( $H_{ma}$ )
Autopista	5.0	4.7
Nacional	5.0	4.7
Regional principal	5.0	4.7
Regional secundario	5.0	4.7
Comunal	5.0	4.7
Urbano	5.0	4.7

Nota: La holgura de diseño corresponde a la holgura recomendada en éste estudio

(4) Deficiencias por el tipo de diseño

$$D_{id} = P_{tp} \times K_{tp} < 30$$

donde,

$P_{tp}$ : Ponderación por el tipo de puente ( $P_{tp} = 30$ )

$K_{tp}$ : Coeficiente por el tipo de puente

Tipo de puente	$K_{tp}$
Puente de vigas Fink	1.0
Puente colgante	1.0
Puente de madera	0.6
Puente con vigas Gerber	0.3
Puente de celosía	0.2
Puente de hormigón	0.0



(5) Deficiencias por la vida útil remanente

$$D_{vu} = P_{vr} \times [1 - (V_u - E_p)/10] < 10$$

donde,

$P_{vr}$ : Ponderación por la vida útil remanente ( $P_{vr} = 10$ )

$V_u$ : Vida útil del puente (años)

$E_p$ : Edad del puente desde su construcción (años)

Material utilizado en el puente	$V_u$
Puentes de acero	40
Puentes de hormigón	50
Puentes de madera	8
Puentes de piedra	50
Puentes de bloques (ladrillo)	30

Nota: La vida útil considerada en este cuadro adopta el mínimo valor entre la vida de los materiales utilizados para la infraestructura, vigas, y losa.

(6) Deficiencias por el emplazamiento

$$D_{pe} = C_{de} + C_{tc}$$

donde,

$C_{de}$ : Condición de escurrimiento ( $C_{de} = 10$ )

$C_{tc}$ : Condición trazado del camino ( $C_{tc} = 20$ )

1) Condición de escurrimiento

$$C_{de} = P_{es} \times [(A_c - L_{ep}) / (A_c - L_{mp})] < 10$$

donde,

$P_{es}$ : Ponderación por el escurrimiento ( $P_{es} = 10$ )

$A_c$ : Ancho del cauce (m)

$L_{ep}$ : Longitud existente del puente (m)

$L_{mp}$ : Longitud mínima necesaria del puente [ $=0.75 \times A_c$ ] (m)

2) Condición trazado del camino

$$C_{tc} = P_{tc} \times K_{tc} < 20$$

donde,

$P_{tc}$ : Ponderación por trazado del camino ( $P_{tc} = 20$ )

$K_{tc}$ : Coeficiente dependiente del valor de evaluación del trazado del camino  $T_t$

Valor de evaluación por el trazado ( $T_t$ )	$K_{te}$
1	0.0
2	0.2
3	0.4
4	0.7
5	1.0

El valor de evaluación por el trazado ( $T_t$ ), es un parámetro que depende de la pendiente longitudinal y del trazado horizontal del camino de acceso, y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$T_t = T_p + T_c < 5$$

donde,

$T_t$ : Valor de evaluación por el trazado ( $T_{tmax} = 5$ )

$T_p$ : Valor de evaluación por la pendiente ( $T_{pmax} = 2$ )

$T_c$ : Valor de evaluación por el trazado horizontal ( $T_{cmax} = 5$ )

1. Valor de evaluación por la pendiente ( $T_p$ )

Pendiente longitudinal total	Valor de evaluación $T_p$
$0\% \leq P_c < 2\%$	0
$2\% \leq P_c < 4\%$	1
$4\% \leq P_c < 6\%$	2
$6\% \leq P_c < 8\%$	3
$8\% \leq P_c$	4

2. Valor de evaluación por el trazado horizontal (T<sub>c</sub>)

$$T_c = 5 \times [(C_r - C_e)/(C_r - C_{ma})] < 5$$

donde,

C<sub>e</sub>: Radio de la curva horizontal en el puente actual (m)

C<sub>r</sub>: Radio de la curva de diseño (m)

C<sub>ma</sub>: Radio mínimo de la curva (m)

Clasificación del camino	Velocidad de diseño (km/hr)	Radio de la curva (m)	Radio mínimo (m)
Autopista	120	700	530
Nacional	110	530	400
Regional principal	110	530	400
Regional secundario	80	240	125
Urbano	60	125	55

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9-1 CONCLUSIONES**

En el presente estudio, teniendo como puentes objetivo del proyecto a 246 puentes ubicados sobre la Ruta 5, y otros 10 adicionales ubicados sobre otras rutas importantes, sumando un total de 256 puentes, se efectuó el estudio de inspección del estado actual en que se encuentran; asimismo, se preparó el inventario de puentes; y se hizo el planteamiento de un programa de rehabilitación y conservación de puentes. Paralelamente a éstos trabajos, se preparó una "Guía de Inspecciones para Mantenimiento de Puentes", y se desarrolló un sistema computacional (para micro-computadores) para la administración de mantenimiento.

#### **(1) Estudio de puentes y plan de rehabilitaciones**

Debido a la inexistencia de planos de diseño de los puentes considerados en el estudio en los archivos del Ministerio de Obras Públicas, simultáneamente con los trabajos de inspección, se procedió a la toma de fotografías y la medición de las dimensiones básicas de los puentes. De esta manera, se pudo elaborar los planos generales y un inventario de todos los puentes. Los resultados no solamente fueron muy productivos para la formulación del plan de rehabilitaciones, sino que también contribuirán, en el futuro, a todas las actividades de mantenimiento que el Ministerio de Obras Públicas intente.

De todos los puentes inspeccionados sobre la Ruta 5, se seleccionaron como puentes objetivo del plan de rehabilitaciones a aquellos cuyo grado de deterioro está evaluado entre los rangos 4 y 5, y se diseñaron sus respectivos trabajos de rehabilitación. El presupuesto total requerido por el plan, se estimó en aproximadamente 4000 millones de pesos. Cabe señalar que los trabajos de rehabilitación programados en este plan, tienen la finalidad de restaurar las funciones básicas originales de cada puente y no de superarlas o reforzarlas, y para esto se consideran métodos constructivos estándar. Es por esto que no se consideraron casos especiales de rehabilitación a gran escala, pues para estos casos se requiere de mayores investigaciones.

Los puentes objetivo del estudio, incluyen puentes de edad muy avanzada y también puentes de reciente construcción. Esto significa que dependiendo de la época en la que se construyeron, existen grandes diferencias entre los conceptos de diseño y especificaciones, tales como cargas, etc., que se utilizaron para cada uno de ellos. Además, se pueden observar que en muchos casos existen deformaciones en vigas, cepas y otros, que no tienen relación con el año de construcción; vale decir, que no tienen que ver con que sean puentes viejos o nuevos. Lamentablemente, debido a que no se cuenta con los planos originales de diseño de muchos de ellos, el determinar si las deformaciones se originaron al momento de construir o con los años de servicio, y sus probables causas, es un trabajo realmente muy complicado.

Juzgando a partir de éstos hechos, se puede decir que, para futuros programas de implementación, mejoramiento o mantenimiento de puentes en determinada red vial, será necesaria la integración de conceptos de diseño y sus respectivas normas, en coordinación estrecha con aquellas utilizadas en el diseño de caminos. Por este motivo, parece ser que para muchos puentes se debe elevar el nivel de sus funciones básicas, y por esto podría ser que se tengan que reforzar o hasta inclusive reponer totalmente algunos puentes.

El diseño de rehabilitaciones para los 10 puentes que fueron seleccionados como puentes objetivo del estudio especializado, tiene el propósito de mostrar los criterios e ideas básicas de rehabilitación, y no pretenden mostrar criterios de cálculo estructural. El examen de los planos estructurales reproducidos, revela que las alturas de fundación y estudios acerca de las condiciones geológicas y de suelos, etc. son insuficientes. Consecuentemente, nuevos estudios especializados y detallados serán necesarios a tiempo de realizar los trabajos de rehabilitación.

Entre los puentes estudiados, además de detectarse la necesidad de reparar la superestructura, se pudo observar algunos casos en los cuales ya se realizaron deficientes trabajos de rehabilitación utilizando métodos inapropiados. Por otra parte, se observó que algunos puentes a pesar de tener estructuralmente suficiente resistencia, con la vibración horizontal intensa y notoria, atemorizan a los usuarios con la inseguridad (caso del puente Malleco), y también otros puentes que están críticamente deformados (caso del puente Amolanas). Tomando en cuenta estas consideraciones, es recomendable que se haga una revisión de las normas de diseño y de los conceptos, para poder establecer las normas nacionales apropiadas para los requerimientos futuros de tensiones, medidas de deformaciones, etc.

## **(2) Guía de inspección para mantenimiento**

La Guía preparada en esta oportunidad, es una guía de referencia para técnicos relacionados con estudios de inspección de puentes. En esta guía se señalan los puntos que normalmente deben ser inspeccionados, el método de evaluación del grado de deterioro, los métodos de rehabilitación estándar, etc. que básicamente son requeridos para la administración de mantenimiento.

Desafortunadamente, el alcance del estudio comprendía solamente los puentes ubicados sobre la Ruta 5 y no de todas las regiones, por lo que no se pudo incluir en el análisis casos de puentes como ser los de madera, tipo Fink, puentes coigante, etc. Es deseable que en el futuro se pueda elaborar un "Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Puentes" a medida que se vaya utilizando y mejorando la presente guía.

## **(3) Sistema de administración de mantenimiento**

Debido a una práctica y económica aceptación, se utilizó un micro-computador (tipo IBM PS/2, modelo 70-386) para el desarrollo de el sistema de administración de mantenimiento, desarrollando una Base de Datos de las características de los puentes y la respectiva evaluación del grado de deterioro de éstos. El sistema está destinado a ser una herramienta eficiente y de fácil manejo para el cálculo y la estimación de costos de rehabilitación, y las prioridades de ejecución. Pues, la administración de mantenimiento de puentes involucra difíciles problemas concernientes en el modo de ejecución y la distribución de presupuestos. Esto es porque los puentes, como una parte del camino, involucran a su vez una gran cantidad de variables y determinados factores que no precisamente tienen que ver con la ingeniería, como por ejemplo, medidas políticas, planeamiento regional, presupuestos, etc.

Es por esta razón que el presente sistema fué desarrollado para que abastezca y suministre diversos elementos de evaluación. Cabe señalar que desafortunadamente, en el desarrollo de éste o cualquier sistema, es practicamente imposible conseguir éxito completo desde un principio. Es por esto que para poder utilizar eficientemente éste sistema, y a su vez para que en el futuro se pueda ampliar el rango de sus aplicaciones, es necesario que se vaya mejorando y corrigiendo constantemente. Con este fin, y para que los ingenieros y técnicos chilenos puedan realizar este tipo de trabajo de conservación y mejoramiento del sistema, es imprescindible y necesaria la intensificación de la transferencia técnica en este campo.

## **9-2 RECOMENDACIONES**

### **(1) Plan de rehabilitaciones**

Para este efecto, un factor muy importante es tomar en cuenta los enfoques de la política y estrategia nacional dentro de lo que es el plan nacional de desarrollo. Lamentablemente, el plan de rehabilitaciones propuesto en este estudio, no incluye esta clase de consideraciones o enfoques.

Hasta la fecha, debido a limitaciones financieras, la ejecución de los trabajos de mantenimiento de puentes se ha llevado a cabo casi siempre como una medida de emergencia ante problemas suscitados en los puentes que requieren de inmediata rehabilitación, implementándose para éstos, trabajos de reparación temporal que salven la situación. Es por esta razón, que es necesario considerar la planificación del mantenimiento de puentes como una parte del plan de rehabilitación y mantenimiento de la red vial.

Para una implementación adecuada de los trabajos de rehabilitación, es necesario que se identifiquen las causas que originaron las deformaciones y daños. Para este efecto es muy importante que esta información sea recolectada y registrada en forma anual. A este respecto, es necesario que se establezca un apropiado sistema de manutención, conservación y administración de las informaciones y datos obtenidos de las mediciones e inspecciones periódicas y de otro tipo.

### **(2) Aplicación del sistema de administración de mantenimiento de puentes**

Para una efectiva y eficiente utilización o aplicación del sistema de administración de mantenimiento de puentes propuesto en este estudio, es recomendable preparar o seleccionar personal capacitado, ya sea en sistemas computacionales como en ingeniería de puentes. Pero, la disponibilidad inmediata de este tipo de personal actualmente es casi imposible, para lo cual es necesaria la implementación de asistencia técnica y asesoramiento por un largo plazo por parte de personal japonés experto en la materia.

### **(3) Régimen de la administración de mantenimiento**

Actualmente existe un departamento de vialidad en cada oficina regional del Ministerio de Obras Públicas (MOP), y éste es responsable del mantenimiento de los puentes y otras estructuras camineras. Con el fin de que la actual estructura organizativa del MOP, encargada de la administración de mantenimiento de puentes, sea capaz de efectuar eficientes trabajos en este ramo, deben establecerse apropiados procedimientos operacionales y estandarizados,

y deben ser vigentes en todos los departamentos del MOP.

Por otra parte, con la asignación de misiones, responsabilidades y autoridades bien definidas y por medio de la provisión de la "Guía de Inspecciones para Mantenimiento", respectivo equipamiento, instrumentos, herramientas y materiales, etc. el actual régimen de administración de mantenimiento del MOP será capaz de mejorar mucho más el funcionamiento de la administración.

A continuación se hace un bosquejo general de los procedimientos operacionales estándar para las actividades de mantenimiento de puentes:

1. Las inspecciones serán llevadas a cabo por los ingenieros encargados de las oficinas regionales del departamento de vialidad del MOP. El original de los registros de los datos obtenidos, deberá ser conservado por esta oficina regional, y una copia de ésta, más los comentarios al respecto, deberán ser enviados a la oficina central del MOP que corresponda.
2. En la oficina central, la copia recibida será utilizada para la introducción de los datos (input data) al sistema de administración de mantenimiento de puentes, donde se archivan todos los datos para conservar una Base de Datos exhaustiva y actualizada de todos los puentes. La oficina central será la encargada de preparar planes maestros y otros planes de acción para el mantenimiento de puentes.

Se espera encarecidamente que una vez que la red del sistema computacional esté instalada y establecida con las líneas de acceso entre la central y las oficinas regionales del MOP, la existente estructura organizativa sea re-examinada y reorganizada para una mejor estructuración y funcionalidad.







JICA