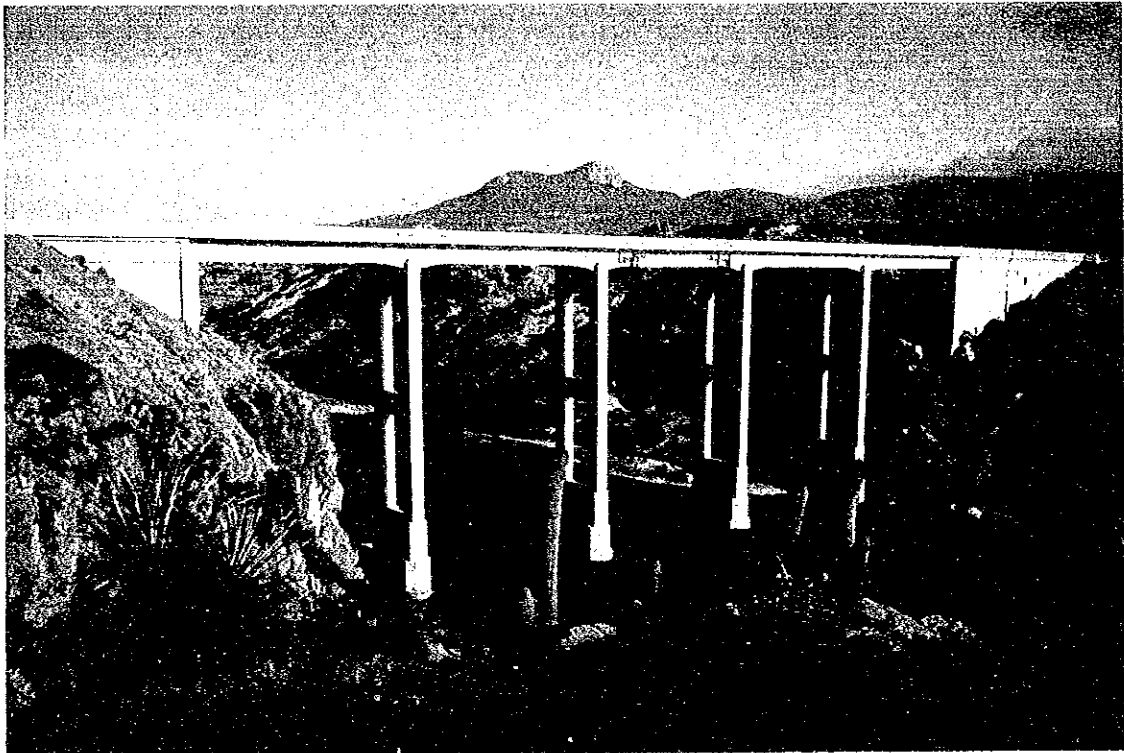


# Proyecto de Rehabilitación y Conservación de Puentes en la República de Chile



Informe Final

Marzo de 1993

Agencia de Cooperación Internacional de Japón

SSF

JR

93-034



JICA LIBRARY



1104638101

24985



**Proyecto de Rehabilitación  
y  
Conservación de Puentes  
en  
la República de Chile**

**Informe Final**

**Marzo de 1993**

**Agencia de Cooperación Internacional de Japón**

国際協力事業団

24985

## PROLOGO

En respuesta a la solicitud presentada por el Gobierno de la República de Chile, el Gobierno de Japón decidió la ejecución del estudio para el "Proyecto de Rehabilitación y Conservación de Puentes en la República de Chile", y encomendó esto a la "Agencia de Cooperación Internacional de Japón"(JICA).

Para este efecto, JICA envió tres veces un equipo de investigación dirigido por el Sr. Ing. Katsuyuki HIOKI Chodai Co.Ltda, para que ejecute el estudio durante el periodo Octubre de 1991 a Febrero de 1993.

El equipo de investigación sostuvo reuniones con los representantes del Gobierno de la Republica de Chile , en las reparticiones concernientes al proyecto, y condujo la ejecución de estudios en el terreno en el area comprendida por éste. Una vez que este equipo retornó a Japón, realizó otros estudios avanzados y finalmente fue preparado el presente informe.

Quiero hacer presente mi más profundo deseo por que el contenido de éste informe sirva para la implementacion del programa requerido, y que contribuya además, a fomentar y fortificar los lazos de amistad que relacionan a nuestros dos países.

Deseo expresar mi gratitud y el más sincero aprecio por los funcionarios representantes del Gobierno de la Republica de Chile que participaron en el proyecto, por su estrecha y esforzada cooperación que presentaron al equipo de investigacion.

Marzo de 1993



Kensuke YANAGIYA  
Presidente

Agencia de Cooperacion Internacional de Japón (JICA)





## INDICE

### CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1-1	ANTECEDENTES .....	1
1-2	SINOPSIS DEL ESTUDIO .....	2
1-2-1	OBJETIVO .....	2
1-2-2	RESUMEN DEL ESTUDIO .....	2
1-3	ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO .....	5
1-4	ESTRUCTURA DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS .....	5
1-4-1	ORGANIZACIÓN CENTRAL DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS .....	6
1-4-2	ORGANIZACIÓN DE LA OFICINA REGIONAL DEL MOP .....	6
1-4-3	ORGANIZACIÓN DE LA DIVISIÓN DE CAMINOS REGIONALES .....	8
1-5	REGIONES COMPRENDIDAS EN EL ESTUDIO .....	8
1-6	CONDICIONES ACTUALES Y PROBLEMAS EN LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES EN LAS REGIONES COMPRENDIDAS EN EL ESTUDIO	10

### CAPÍTULO 2. ESTUDIO PRELIMINAR DE PUENTES

2-1	ESTUDIO DE PUENTES .....	13
2-1-1	RESUMEN DEL ESTUDIO PRELIMINAR .....	13
2-1-2	PUENTES OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	15
2-1-3	MÉTODO DEL ESTUDIO PRELIMINAR .....	47
2-1-4	RESULTADOS DEL ESTUDIO .....	56
2-2	ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	67
2-2-1	CARACTERÍSTICAS DE LOS RÍOS DE CHILE .....	67
2-2-2	PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA HIDROLOGÍA .....	71
2-2-3	ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA LA REPARACIÓN DE LOS PUENTES ACTUALMENTE EXISTENTES	72

### CAPÍTULO 3. ESTUDIO ESPECIALIZADO DE PUENTES

3-1	ESTUDIO ESPECIALIZADO DE PUENTES .....	77
3-1-1	RESUMEN DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO .....	77
3-1-2	SELECCIÓN DE LOS PUENTES CANDIDATOS PARA EL ESTUDIO ESPECIALIZADO .....	86
3-1-3	MÉTODO DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO .....	92
3-1-4	RESULTADOS Y COMENTARIOS DEL ESTUDIO .....	102
3-2	ENSAYO DE CARGAS .....	123
3-2-1	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE CARGAS .....	123
3-2-2	DESCRIPCIÓN DEL PUENTE SELECCIONADO PARA EL ENSAYO .....	124
3-2-3	MÉTODO DE EJECUCIÓN .....	127
3-2-4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	140

## CAPÍTULO 4. DISEÑO DE REHABILITACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

4-1	INTRODUCCIÓN .....	161
4-2	DISEÑO DE REPARACIÓN DE PUENTES .....	168
4-2-1	NORMAS BÁSICAS DE DISEÑO .....	168
4-2-2	CRITERIO DE DISEÑO PARA LAS REPARACIONES Y RESULTADOS DEL ESTUDIO .....	169
4-2-3	DISEÑO PRELIMINAR DE REHABILITACIÓN PARA LOS DIEZ PUENTES .....	179
4-3	PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN .....	205
4-3-1	SINOPSIS DE LAS ACTIVIDADES .....	205
4-3-2	MÉTODOS CONSTRUCTIVOS .....	207
4-3-3	MATERIALES, CALIDAD Y SUPERVISIÓN .....	221
4-3-4	MEDIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE .....	227
4-4	ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	229
4-4-1	COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN .....	229
4-4-2	PRECIOS UNITARIOS .....	230
4-4-3	RESUMEN DE COSTOS Y PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN .....	232

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

5-1	CRITERIOS DE LA PROPOSICIÓN .....	241
5-1-1	PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES EN CHILE .....	241
5-1-2	PROPOSICIÓN DEL PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES .....	242
5-1-3	ELEMENTOS DE JUICIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE REHABILITACIÓN .....	245
5-2	SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO .....	247
5-3	DECISIONES ENTRE REPOSICIÓN O REHABILITACIÓN DE UN PUENTE .....	248
5-4	EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS PRIORIDADES .....	250
5-5	EVALUACIÓN A PARTIR DE UN PUNTO DE VISTA SOCIO-ECONÓMICO .....	251
5-5-1	PLANTEAMIENTO BÁSICO .....	251
5-5-2	ÍTEMES DE EVALUACIÓN .....	252
5-6	VOLÚMENES DE TRÁNSITO POR LAS RUTAS TRONCALES .....	253
5-7	PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA EVALUACIÓN TOTAL (TE) EN EL ANÁLISIS DE LOS GRADOS DE PRIORIDAD DE REHABILITACIÓN .....	258

## CAPÍTULO 6. SINOPSIS DE LA GUÍA

6-1	INTRODUCCIÓN .....	267
6-2	CONCEPTOS BÁSICOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUENTES .....	268
6-3	DEFINICIONES DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN INGENIERÍA DE PUENTES .....	268
6-4	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE LAS INSPECCIONES PERIÓDICAS .....	268
6-5	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN .....	269
6-6	MÉTODOS ESTÁNDAR DE REHABILITACIÓN .....	269
6-7	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE LAS INSPECCIONES ESPECIALIZADAS .....	269
6-8	EJEMPLOS DE MÉTODOS DE REHABILITACIÓN .....	269

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

7-1	COMPOSICIÓN BÁSICA DEL SISTEMA .....	271
7-2	FUNCIÓNES BÁSICAS DEL SISTEMA .....	276
7-2-1	FUNCIÓNES RELACIONADAS CON LA BASE DE DATOS .....	276
7-2-2	FUNCIÓNES DEL PROCESAMIENTO DE CÁLCULO DE DATOS .....	279

## CAPÍTULO 8. DISEÑO DEL SISTEMA

8-1	SISTEMA DE ENTRADA .....	281
8-1-1	SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS .....	281
8-1-2	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE ARCHIVOS .....	286
8-2	SISTEMA DE PROCESAMIENTO .....	288
8-2-1	SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO .....	288
8-2-2	PROCESAMIENTO DEL CÁLCULO DE COSTOS ESTIMADOS DE REHABILITACIÓN (Sub-R-3) .....	292
8-3	EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DE LOS PUENTES .....	303
8-3-1	DETERMINACIÓN DE LOS GRADOS DE IMPORTANCIA (PESOS) UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN .....	303
8-3-2	DETERMINACIÓN DE LOS RANGOS DEL "GRADO DE DETERIORO" DE LOS PUENTES ..	308
8-4	SISTEMA DE JUICIO DEL GRADO DE PRIORIDAD DE REHABILITACIÓN Y REPOSICIÓN DE LOS PUENTES .....	310
8-4-1	RESUMEN DEL SISTEMA .....	310
8-4-2	ÍTEMES DE EVALUACIÓN Y SUS RESPECTIVOS PESOS .....	311
8-4-3	MÉTODO DE EVALUACIÓN .....	313

## CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9-1	CONCLUSIONES .....	319
9-2	RECOMENDACIONES .....	322



## Lista de Tabla

Tabla 2-1:	PUENTES UBICADOS EN LA 4 REGIÓN
Tabla 2-2:	PUENTES UBICADOS EN LA 5 REGIÓN
Tabla 2-3:	PUENTES UBICADOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA
Tabla 2-4:	PUENTES UBICADOS EN LA 6 REGIÓN
Tabla 2-5:	PUENTES UBICADOS EN LA 7 REGIÓN
Tabla 2-6:	PUENTES UBICADOS EN LA 8 REGIÓN
Tabla 2-7:	PUENTES UBICADOS EN LA 9 REGIÓN
Tabla 2-8:	PUENTES UBICADOS EN LA 10 REGIÓN
Tabla 2-9:	PUENTES UBICADOS FUERA DE LA RUTA 5
Tabla 2-10:	HOJA DE INSPECCIÓN
Tabla 2-11(1):	EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO
Tabla 2-11(2):	EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO
Tabla 2-11(3):	EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO
Tabla 2-11(4):	EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO
Tabla 2-11(5):	EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO
Tabla 2-12:	RÍOS DE LA REGIÓN SEPTENTRIONAL
Tabla 2-13:	RÍOS DE LA REGIÓN CENTRAL
Tabla 2-14:	RÍOS DE LA REGIÓN CENTRAL-SUR
Tabla 2-15:	RÍOS DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS Y LAGUNAS
Tabla 2-16:	RÍOS DE LA REGIÓN DE LOS CANALES
Tabla 3-1:	PUENTES OBJETIVO DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO
Tabla 3-2:	PROBLEMAS DE LOS PUENTES
Tabla 3-3:	SELECCIÓN DE PUENTES PARA EL ESTUDIO ESPECIALIZADO
Tabla 3-4:	ÍTEMES DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO PARA LA SUPERESTRUCTURA
Tabla 3-5:	ÍTEMES DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO PARA LA INFRAESTRUCTURA
Tabla 3-6:	CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE PUENTES
Tabla 3-7:	ESCALA DE EVALUACIÓN DE OXIDACIÓN
Tabla 3-8:	RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA MEDICIÓN MEDIANTE INSTRUMENTOS ESPECIALES
Tabla 3-9:	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN MEDIANTE EL MARTILLO DE SCHMIDT
Tabla 3-10:	RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROFOMETER
Tabla 3-11:	RESULTADOS DE LA DUREZA DEL ACERO OBTENIDOS MEDIANTE EL EQUOTIP
Tabla 3-12:	RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARBONATACIÓN DEL HORMIGÓN
Tabla 3-13:	RESUMEN DE LAS CAUSAS DE DEFORMACIONES
Tabla 3-14:	CAUSAS QUE PRODUCEN LAS DEFORMACIONES EN CADA PUENTE
Tabla 3-15:	UBICACIÓN Y OBJETIVO DE LOS CALIBRADORES
Tabla 3-16:	CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS SEGÚN EL PESO POR EJE ; DATOS DEL SUB-DEPARTAMENTO DE PESAJE
Tabla 3-17:	TENSIONES EN LA VIGA PRINCIPAL
Tabla 3-18:	TENSIONES EN LAS RIOSTRAS Y EN EL ATIESADOR DE CARGA
Tabla 3-19:	DEFORMACIONES DE VIGA Y LOSA, REGISTRADAS MEDIANTE EL ENSAYO DE CARGAS - MÉTODO ESTÁTICO

Tabla 3-20:	RANGOS BÁSICOS DE TENSIONES ADMISIBLES
Tabla 3-21:	CLASIFICACIÓN DE RESISTENCIAS
Tabla 3-22:	RESULTADOS ESTIMATIVOS DE LA VIDA DE FATIGA(en años)
Tabla 3-23:	DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE TENSIONES
Tabla 3-24:	VOLÚMENES DE TRÁFICO(en veh/día)
Tabla 3-25:	DISTRIBUCIÓN DE PESOS DE VEHÍCULOS
Tabla 3-26:	TENSIONES EN LOS ELEMENTOS ESTUDIADOS POR EL MÉTODO DEL ENSAYO DE CARGAS ESTÁTICO
Tabla 3-27:	TENSIONES EN LOS ELEMENTOS ESTUDIADOS POR EL MÉTODO DEL ENSAYO DE CARGAS DINÁMICO
Tabla 3-28:	TENSIONES EN LOS ELEMENTOS ESTUDIADOS POR EL MÉTODO DEL ENSAYO DE CARGAS DINÁMICO
Tabla 3-29:	DEFORMACIONES EN LOS ELEMENTOS ESTUDIADOS POR EL MÉTODO DEL ENSAYO DE CARGAS DINÁMICO(mm) (Motoniveladora : Peso neto = 14.68 tn)
Tabla 4-1:	RESUMEN DEL ESTADO DE LOS PUENTES
Tabla 4-2:	VOLÚMENES DE TRAFICO EN LOS PUENTES SELECCIONADOS
Tabla 4-3:	DETERIORO Y CONTRAMEDIDAS NECESARIAS
Tabla 4-4:	FACTORES INHERENTES AL DISEÑO
Tabla 4-5:	PARTES VULNERABLES A MOVIMIENTOS SÍSMICOS
Tabla 4-6:	TIPOS DE DEFORMACIONES OBSERVADAS
Tabla 4-7:	RUTAS ALTERNATIVAS
Tabla 4-8:	CONTRAMEDIDAS PARA ESTRUCTURAS DEFINITIVAS
Tabla 4-9:	MÉTODOS DE REPARACIÓN Y REFUERZOS PARA LOS 10 PUENTES
Tabla 4-10:	RESUMEN DE PRECIOS UNITARIOS BÁSICOS
Tabla 4-11:	RESUMEN DE PRECIOS DE REHABILITACIÓN
Tabla 5-1:	PUENTES CUYA REHABILITACIÓN ES DE EMERGENCIA ABSOLUTA
Tabla 5-2:	PUENTES QUE REQUIEREN URGENTE REHABILITACIÓN
Tabla 8-1:	CUADRO DE INGRESO DE DATOS IA
Tabla 8-2:	CUADRO DE INGRESO DE DATOS IB
Tabla 8-3:	CUADRO DE INGRESO DE DATOS IC
Tabla 8-4:	ÍTEMES DE EVALUACIÓN CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CUATRO
Tabla 8-5:	ÍTEMES DE EVALUACIÓN CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CINCO
Tabla 8-6:	MÉTODOS DE REHABILITACIÓN (Y CÓNDIGOS) CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CUATRO
Tabla 8-7:	MÉTODOS DE REHABILITACIÓN (Y CÓNDIGOS) CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CINCO
Tabla 8-8:	ECUACIONES DE CÁLCULOS VOLUMÉTRICOS PARA REHABILITACIONES CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CUATRO
Tabla 8-9:	ECUACIONES DE CÁLCULOS VOLUMÉTRICOS PARA REHABILITACIONES CON RESPECTO DEL DAÑO EVALUADO EN RANGO CINCO
Tabla 8-10:	VALORES DE EVALUACIÓN ABSOLUTA
Tabla 8-11:	VALORES DE EVALUACIÓN RELATIVA Y GRADOS DE IMPORTANCIA (PESOS) DE LAS PARTES ESTRUCTURALES DE UN PUENTE
Tabla 8-12:	VALORES DE EVALUACIÓN ABSOLUTA
Tabla 8-13:	GRADOS DE IMPORTANCIA

## Lista de Figura

- Figura 1-1: ORGANIGRAMA DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO
- Figura 1-2: ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE PUENTES DE LA OFICINA DE VIALIDAD DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
- Figura 1-3: REGIONES COMPRENDIDAS EN EL ESTUDIO
- Figura 2-1: PUENTES UBICADOS EN LA 4a REGION
- Figura 2-2: PUENTES UBICADOS EN LA 5a REGION
- Figura 2-3: PUENTES UBICADOS EN LA REGION METROPOLITANA
- Figura 2-4: PUENTES UBICADOS EN LA 6a REGION
- Figura 2-5: PUENTES UBICADOS EN LA 7a REGION
- Figura 2-6: PUENTES UBICADOS EN LA 8a REGION
- Figura 2-7: PUENTES UBICADOS EN LA 9a REGION
- Figura 2-8: PUENTES UBICADOS EN LA 10a REGION
- Figura 2-9: HOJA DE MENSURA (1)
- Figura 2-10: HOJA DE MENSURA (2)
- Figura 2-11: HOJA DE MENSURA (3)
- Figura 2-12: HOJA DE MENSURA (4)
- Figura 2-13: HOJA DE MENSURA (5)
- Figura 2-14: FOTOGRAFÍAS FUNDAMENTALES (1)
- Figura 2-15: FOTOGRAFÍAS FUNDAMENTALES (2)
- Figura 2-16: JUNTAS DE EXPANSIÓN
- Figura 2-17: TERRAPLENES
- Figura 2-18: MÉTODOS DE ENSANCHAMIENTO DE CALZADA
- Figura 2-19: DEFECTOS EN ARTICULACIONES GERBER
- Figura 2-20: CEPAS TIPO COLUMNA DE PUENTES EN ARCO
- Figura 2-21: CONSTRUCCIÓN DE TRAVESAÑOS
- Figura 2-22: ALTURAS MÁXIMAS DE SOCAVACIÓN EN CEPAS
- Figura 3-1: PLANO DE UBICACIÓN DE LOS PUENTES OBJETIVO DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO
- Figura 3-2: PLANO GENERAL DEL PUENTE AMOLANAS
- Figura 3-3: PLANO GENERAL DEL PUENTE PULLALLY
- Figura 3-4: PLANO GENERAL DEL PUENTE MAIPO
- Figura 3-5: PLANO GENERAL DEL PUENTE CLARO
- Figura 3-6: PLANO GENERAL DEL PUENTE LONCOMILLA
- Figura 3-7: PLANO GENERAL DEL PUENTE BIO-BIO ANTIGUO
- Figura 3-8: PLANO GENERAL DEL PUENTE RAMADILLAS
- Figura 3-9: PLANO GENERAL DEL PUENTE MALLECO
- Figura 3-10: PLANO GENERAL DEL PUENTE PICHYO
- Figura 3-11: PLANO GENERAL DEL PUENTE CAYUMAPU
- Figura 3-12: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE AMOLANAS
- Figura 3-13: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE PULLALLY
- Figura 3-14: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE MAIPO
- Figura 3-15: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE CLARO

- Figura 3-16: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE LONCOMILLA
- Figura 3-17: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE BIO-BIO ANTIGUO
- Figura 3-18: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE RAMADILLAS
- Figura 3-19: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE MALLECO
- Figura 3-20: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE PICHYO
- Figura 3-21: PUNTOS DE ENSAYO DEL PUENTE CAYUMAPU
- Figura 3-22: VELORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN (MARTILLO DE SCHMIDT)
- Figura 3-23: DISTRIBUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PARA CADA PUENTE (MARTILLO DE SCHMIDT)
- Figura 3-24: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE PULLALLY
- Figura 3-25: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE LONCOMILLA
- Figura 3-26: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE BIOBIO(1)
- Figura 3-27: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE BIOBIO(2)
- Figura 3-28: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE MALLECO
- Figura 3-29: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE PICHYO(1)
- Figura 3-30: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE PICHYO(2)
- Figura 3-31: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE CAYUMAPU(1)
- Figura 3-32: RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE SUELOS:PUENTE CAYUMAPU(2)
- Figura 3-33: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE CARGAS
- Figura 3-34: PLANO GENERAL DEL PUENTE PEUCO
- Figura 3-35: INSTALACIÓN DE CALIBRADORES Y MEDIDORES
- Figura 3-36: PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE LOS CALIBRADORES
- Figura 3-37: DETALLE DE LOS CALIBRADORES UTILIZADOS Y PUENTE ELÉCTRICO
- Figura 3-38: CROQUIS DE LA INSTALACIÓN DE LOS MEDIDORES
- Figura 3-39: SISTEMA DE MEDICIONES DEL ENSAYO
- Figura 3-40: VEHÍCULOS DE ENSAYO UTILIZADOS
- Figura 3-41: POSICIONES DE CARGA UTILIZADOS EN EL ENSAYO
- Figura 3-42: REGISTRO Y CONTEO DE LOS RANGOS DE TENSIONES POR EL MÉTODO DE "RAINFLOW"
- Figura 3-43: DIAGRAMAS DE TENSIONES EN DIVERSAS SECCIONES DE LA VIGA PRINCIPAL
- Figura 3-44: FLECHA DE VIGA Y LOSA
- Figura 3-45: TENSIONES Y DEFORMACIONES EN EL ENSAYO DE CARGAS-DINÁMICO
- Figura 3-46: CURVAS PARA EL CÁLCULO DE FATIGA(CURVAS S-N)
- Figura 3-47: TENSIONES "HOTSPOT"
- Figura 3-48: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA VIDA DE FATIGA
- Figura 3-49: CROQUIS DE LOS PUNTOS ESTUDIADOS
- Figura 4-1: DIQUES GUÍA
- Figura 4-2: PROTECTORES CONTRA SOCAVACIÓN
- Figura 4-3: PROTECTORES CONTRA SOCAVACIÓN
- Figura 4-4: INCREMENTO DE LA ALTURA DE FUNDACIÓN DE LAS CEPAS



- Figura 4-5: RUTAS ALTERNATIVAS
- Figura 4-6: REPARACIONES DEL PUENTE AMOLANAS
- Figura 4-7: REPARACIONES DE LA SUPERSTRUCTURA DEL PUENTE PULLALLY
- Figura 4-8: REPARACIONES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE PULLALLY
- Figura 4-9: REPARACIONES DEL PUENTE MAIPO
- Figura 4-10: REPARACIONES MEDIANTE ARCOS PARA EL PUENTE CLARO
- Figura 4-11: REPARACIONES DE PAREDES LATERALES DEL PUENTE CLARO
- Figura 4-12: REPARACIONES DE LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE LONCOMILLA
- Figura 4-13: CONTRAMEDIDAS ANTISÍSMICAS
- Figura 4-14: REPARACIONES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE RAMADILLAS
- Figura 4-15: ANALISIS VIBRACIONAL DEL PUENTE MALLECO PARA EL CASO DE CEPAS REFORZADAS
- Figura 4-16: REPARACIONES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE PICHROY
- Figura 4-17: MÉTODOS DE REPARACION ESTANDER PARA ARTICULACIONES GERBER
- Figura 4-18: INSTALACION DE TUBOS DE INYECCIÓN
- Figura 4-19: SELLADO DE FISURAS
- Figura 4-20: INYECCION DE MORTEROS
- Figura 4-21: ADHESIÓN DE PLACAS POR COMPRESION
- Figura 4-22: REPUERZO DEL SOPORTE DE LA LOSA
- Figura 4-23: REPARACION DE LAS PAREDES MEDIANTE REVESTIMIENTOS DE PIEDRA
- Figura 4-24: REPARACION DE LOS ARCOS DEL PUENTE CLARO
- Figura 4-25: CONTRAMEDIDAS ANTISÍSMICAS
- Figura 4-26: EQUIPO DE SONDEO
- Figura 4-27: REFUERZO DE LA INFRAESTRUCTURA MEDIANTE PILOTES VACIADOS EN SITIO
- Figura 4-28: REPOSICION DE CEPAS
- Figura 5-1(1): VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 4
- Figura 5-1(2): VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 5,RM,6
- Figura 5-1(3): VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 7,8
- Figura 5-1(4): VOLUMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 9,10
- Figura 5-1(5): VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA RUTA 5, REGIÓN: 10
- Figura 7-1: COMPOSICIÓN BÁSICA DEL SISTEMA
- Figura 7-2: COMPOSICIÓN DEL SOFTWARE
- Figura 7-3: COMPOSICIÓN DEL HARDWARE
- 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"
- Figura 7-6: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ESTRUCTURA DE LAS FUNCIONES DE SALIDA AJUSTABLE
- Figura 8-1: PROCEDIMIENTO DEL REGISTRO DE DATOS FUNDAMENTALES DE LOS PUENTES
- Figura 8-2: PROCEDIMIENTO DEL REGISTRO DE DATOS DE INSPECCIONES PRELIMINARES
- Figura 8-3: PROCEDIMIENTO DEL REGISTRO DE DATOS CONCERNIENTES A LOS ANTECEDENTES DE REHABILITACIONES
- Figura 8-4: PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO POR PARTES DEL PUENTE

- Figura 8-5: PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO POR PARTES DEL PUENTE
- Figura 8-6: PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO DE COSTOS DE REHABILITACIÓN
- Figura 8-7: JERARQUÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS GRADOS DE IMPORTANCIA (PESOS)
- Figura 8-8: VALORES DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO Y SUS RANGOS

- Tabla 8-14: RANGOS UTILIZADOS EN LA INSPECCIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS
- Tabla 8-15: RANGOS UTILIZADOS EN LA INSPECCIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOCAVACION
- Tabla 8-16: GRADOS DE PRIORIDAD DE REHABILITACIÓN



## SINOPSIS

### I. GENERALIDADES

El territorio continental de Chile está situado en el borde sud-oeste del Continente Sudamericano, en una larga y estrecha franja territorial se extiende por más de 4000 kilómetros, entre las longitudes 18° y 56° Sud. Limita al norte con Perú, al este con Bolivia y Argentina a lo largo de la Cordillera de los Andes y al oeste con el Océano Pacífico. Sus características geográficas se reflejan en el planteamiento de su red vial troncal, la cual consiste de la ruta nacional Ruta 5 (conocida también como la Autopista Panamericana) cual si fuera su columna vertebral, corriendo de norte a sud y otras arterias que se conjuncionan a ésta, por lo que es esta ruta la que concentra casi todo el tráfico nacional.

Existen aproximadamente 8000 puentes en toda la red del sistema vial de Chile, cuya longitud total da una suma de más de 150km. De éstos 8000 puentes casi un 50% están contruidos utilizando madera para el tablero, vigas, fundaciones, etc. Cerca de la mitad del resto de los puentes, o sea de los 50% restantes, corresponden a puentes cuya fecha de construcción data de hace más de 40 años. Esto quiere decir que muchos de los puentes en Chile se encuentran en la selinidad de su vida útil.

Debido a que geológicamente Chile es un país con intensa actividad volcánica, existen 55 volcanes activos en todo el país, es frecuentemente afectado por sísmos o terremotos; y además, es afectado también por temporales rápidos y pesadas descargas de los ríos, cuyo origen proviene de la Cordillera de Los Andes y la Cordillera de la Costa, que han erosionado y socavado las fundaciones de los puentes dejando como resultado severas deficiencias en éstos.

La mencionada selinidad de la vida útil del puente, y las deficiencias estructurales de los puentes camineros en Chile, representan un gran obstáculo para el desarrollo de la red del sistema vial y para el progreso del país entero. Como consecuencia de esto, las funciones y en sí, el papel que desempeña el Ministerio de Obras Públicas es primordial para la conservación de la seguridad y la fluidez del tráfico, mediante un apropiado mantenimiento de los puentes, y previniendo el colapso de éstos.

Sin embargo, el conservar todos los puentes, mediante trabajos de rehabilitación y reposición, en deseables condiciones y niveles de servicio, podría significar el tener que sufragar con enormes y elevados costos, y además sería prácticamente imposible su implementación en cortos períodos de tiempo. Consecuentemente es indispensable la obtención y almacenamiento de datos e informaciones que sirvan para poder implementar un apropiado sistema de administración de mantenimiento, con el principal objeto de contribuir con el desarrollo y mejoramiento efectivo de la red vial, utilizando óptimamente los reducidos recursos financieros con que se cuentan.

## II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El principal objetivo de este estudio es el abordar y resolver aquellos problemas concernientes con el mantenimiento de puentes. El alcance del estudio, cubre todos los puentes ubicados sobre la Ruta 5 y otras vías principales de todo el territorio nacional continental, exceptuando las Regiones 1ª, 2ª, 3ª, 11ª, y 12ª. Específicamente se pueden enumerar los siguientes objetivos.

1. Proponer un método de administración de mantenimiento de puentes, adecuado para la República de Chile.
2. Ejecutar inspecciones en el terreno, coleccionar datos e informaciones referentes a mantenimiento de puentes, y plantear un método de rehabilitaciones de puentes.
3. Preparar un inventario de puentes, y crear una Base de Datos.
4. Promover la transferencia de tecnología con respecto a la inspección de mantenimiento y rehabilitación de puentes.

## III. PRINCIPIOS PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO

A fin de lograr el cumplimiento de los objetivos del estudio arriba mencionados, este se ejecutó dividiéndose conceptualmente en tres partes, las cuales son:

1. Estudio del estado actual de los puentes en general, planteamiento y evaluación económica de un programa de rehabilitación de puentes.
2. Preparación de una guía de inspecciones de mantenimiento de puentes.
3. Preparación de un sistema de administración de mantenimiento.

A su vez, el estudio de puentes se dividió en un estudio preliminar y otro especializado (o detallado), los cuales se resumen a continuación:

### 1) Estudio preliminar de puentes

Este estudio, inicialmente fue planificado para un total de 240 puentes comprendidos entre la 4ª y 10ª Región. Finalmente en el curso del inicio del estudio, esta cifra se incrementó a 246 puentes ubicados sobre la Ruta 5 y otros 10 puentes ubicados en otras rutas consideradas principales, entre las mencionadas regiones. Debido a que casi todos éstos puentes no cuentan con plano de diseño, ni especificaciones, los datos para el inventario de puentes fueron insuficientes, por lo que las inspecciones se programaron para obtener la siguiente información de cada puente:

1. Datos mediante inspección visual (vejez y obsolescencia, grado de deterioro, deformaciones).
2. Medición de las dimensiones básicas.
3. Datos para el inventario.
4. Fotografías

En base a este estudio se prepararon los planos estructurales generales, comentarios acerca de los problemas y características estructurales, y la evaluación del grado de deterioro o daños de todos los puentes objetivo.

## 2) Estudio especializado (o detallado)

En base a los resultados obtenidos en el estudio preliminar, y su respectivo análisis, se seleccionaron 10 puentes que fueron considerados como los puentes objetivo del estudio especializado. Para este efecto se sostuvieron reuniones consultivas con la contraparte Chilena siguiendo los siguientes criterios de selección:

1. Puentes cuyo grado de deterioro es crítico y la urgencia de reparación es elevada.
2. Los daños registrados son representativos para los puentes de Chile.
3. La importancia social o económica del puente es grande.
4. Los métodos de rehabilitación que se propongan, podrían corroborar con la transferencia de tecnología

Por otra parte, los ítemes del estudio especializado fueron los siguientes:

1. Estudio de las propiedades de los materiales estructurales, como ser el hormigón, acero, etc., y estudio de su deterioramiento.
2. Mediciones y estudio de deformaciones del puente e instalaciones aledañas.
3. Estudio geológico y de suelos del terreno de fundación.

## 3) Estudio hidrológico

Paralelamente al estudio de puentes, se realizó también un estudio de los problemas estructurales de los puentes enfocados desde un punto de vista hidrológico, estudiando los efectos de los ríos en la estructura. Los resultados de este estudio fueron incluidos en el planteamiento del programa de rehabilitaciones.

Éstas inspecciones y estudio de los ríos, revelaron que la mayoría de los puentes que fueron estudiados tiene una gran variedad de defectos, y se llegó a la conclusión de que muchos de ellos requieren su rehabilitación o inclusive hasta su reposición completa.

#### 4) Métodos y diseño de rehabilitaciones

Basándose en los resultados del estudio especializado, el presente estudio propone la aplicación de métodos estándar de rehabilitación de acuerdo a la naturaleza, escala, y grado de los defectos, tomando en cuenta las siguientes consideraciones. Vale aclarar que debido al corto tiempo del cronograma en que se realizó el estudio y a las limitaciones y otras condiciones, puede ser necesaria la ejecución de estudios complementarios en el caso de llevarse a cabo la implementación de los trabajos de *rehabilitación*.

1. Rehabilitar el puente para restaurar sus funciones básicas originales y no para superar ni mejorarlas.
2. Diseñar un plan de rehabilitaciones, sin basarse en el cálculo estructural individual de los materiales estructurales que componen los puentes.
3. Diseñar un plan de rehabilitaciones no enmarcado en la consideración de los defectos de las partes estructurales, sino que también diversas condiciones naturales y de tráfico alrededor del puente.

Correlativamente con el plan de rehabilitación estándar se efectuó la estimación de costos de los trabajos de rehabilitación para los 10 puentes que fueran seleccionados para el estudio especializado.

Asimismo, a fin de estudiar e identificar diversas características estructurales, se realizó el ensayo de cargas en el Puente Peuco. En esta oportunidad se hizo una presentación de diversos casos al personal Chileno concerniente en este ramo.

#### 5) Plan de rehabilitaciones

Para poder formular este mencionado plan, se requiere de la instalación de un sistema computacional mediante el cual se pueda almacenar y manejar cuantitativa y cualitativamente toda la información y datos posibles. Por esta razón se ha elaborado en el estudio, un plan de rehabilitaciones estándar mediante una clasificación de elementos estructurales de acuerdo con el grado de los defectos del puente. Al mismo tiempo, se han estimado los precios unitarios correspondientes. Toda la información y datos incorporados en estas planillas y métodos fueron codificados para facilitar su inclusión en el sistema computacional. Entonces, la estimación de costos para los puentes sobre la Ruta 5 podría ser llevada a cabo por éstos medios.



En cuanto al plan de rehabilitaciones, se puede decir que es casi imposible elaborar un plan para todos los puentes al mismo tiempo; por tanto, la selección de los puentes con prioridad de rehabilitación fué ejecutada mediante los criterios de evaluación del estado de deterioramiento de los puentes. Luego de dicha selección, la priorización de la rehabilitación de los puentes que fueran seleccionados, se realizó desde un punto de vista de ingeniería; fué entonces, que se hizo una revisión mediante un juicio exhaustivo de prioridades, complementando con el análisis de otros factores tales como los volúmenes de tráfico, costos y otros factores socio-económicos. Es así como se formuló el plan de rehabilitaciones.

#### 6) Guía de inspecciones de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se definen como aquellos trabajos que estimados para conservar las funciones originales de un puente desde su construcción hasta su reposición. Para que éstos trabajos sea efectuados correcta y adecuadamente, se preparó una guía de inspecciones de mantenimiento, dirigida a servir de referencia a aquel personal técnico encargado de ejecutar dichos trabajos. Ésta guía está compuesta por los siguientes ítemes:

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

#### 7) Sistema de mantenimiento

Para el planteamiento de un sistema racional y científico de mantenimiento de puentes, incluyendo diversas clases o tipos de puentes, ubicados a lo largo de una gran extensión de regiones, es primordial e importante el establecimiento de un sistema computacional adecuado, así como el que se plantea en uno de los ítemes de este estudio. Este sistema, compuesto por un micro-computador sirve como una herramienta de ayuda para el plan de mantenimiento, y fué integrado por subsistemas tales como el sistema de la Base de Datos, sistema de evaluación del deterioramiento, sistema de evaluación de prioridades, sistema de selección de métodos de rehabilitación, y el sistema de estimación de costos aproximados. El sistema de mantenimiento de puentes fué preparado y presentado en forma manual.

## 8) Recomendaciones

Así como se mencionó en los párrafos anteriores el estudio propone métodos de evaluación del estado de deterioramiento, y rehabilitación, y ha preparado también una guía de inspecciones, y un manual para el uso del sistema de mantenimiento; todo, basado en la inspección de 256 puentes de entre 8000 que existen en todo el país, y finalmente presenta un plan tentativo de mantenimiento para los puentes de la Ruta 5. Cabe mencionar que debido a que el mantenimiento de puentes requiere de enormes presupuestos dentro del sistema vial entero, la planificación de éste debe estar estrechamente relacionada no solamente a las políticas de desarrollo de la infraestructura, sino que también con los de desarrollo socio-económicos de un país. Consecuentemente, es recomendable que todos los resultados del estudio sean completamente utilizados y mejorados para toda la variedad de casos registrados en el país, y desarrollado hasta establecer un verdadero sistema de mantenimiento de los puentes de la República de Chile.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1-1 ANTECEDENTES

La República de Chile se extiende de norte a sur en una franja costera de 4.270 km. Limitado al este por la Cordillera de Los Andes y en la franja del Océano Pacífico por la Cordillera de la Costa. En el sentido Este-Oeste, el territorio es muy angosto, en su sección más ancha tiene apenas 150 km., y en la más angosta 80 km. El 80% de su superficie está cubierta por montañas y, especialmente en el norte y centro, hay una serie de picos altos.

Para el desarrollo económico regional de Chile es imprescindible contar con una red de transporte y comunicaciones que una los puertos de exportación con las zonas productoras, es decir las regiones productoras deben estar al alcance de los consumidores. En este momento, la República de Chile está recibiendo ayuda económica de organismos internacionales tales como el Banco Mundial y el BID para crear una infraestructura vial apropiada. Dentro de esta estructura es especialmente importante la carretera Panamericana que recorre todo el territorio de Norte a Sur y que está entrelazada por varias carreteras que la atraviesan y que conforman el núcleo de la red de transporte y exportaciones. Sin embargo, hay un gran número de puentes viejos que están sufriendo los efectos del paso del tiempo y que ponen en peligro la efectividad de la mencionada red de transporte.

Los puentes que conforman la red vial chilena empezaron a construirse en los años 1930 y en la actualidad hay unos 8.000 puentes. Sin embargo, con 55 volcanes activos, Chile es uno de los países más afectados por los terremotos. Este es un problema grave dado que acorta la vida útil de los puentes. Este problema, junto con el de los ríos cuyo origen está en la cordillera y que tienen una corriente fuerte que va socavando las fundaciones, son dos de los problemas más graves que deben tenerse en cuenta en la administración del mantenimiento de los puentes.

El Ministerio de Obras Públicas está realizando un nuevo inventario de puentes a lo largo de la carretera Panamericana, para proceder a mejorar su mantenimiento. A partir de este inventario, se podrá empezar a crear un sistema de administración para el mantenimiento y rehabilitación de todos los puentes. Además, para que la administración del mantenimiento de los puentes se pueda ejecutar en forma más efectiva, será necesario contar con una información detallada de cada puente en una "Base de Datos" estructurada en un sistema de información completo, que describa la estructura y características de cada uno de los puentes en el territorio nacional. Hasta ahora, el libro mayor del inventario de puentes, el libro mayor de inspecciones, el registro de rehabilitaciones, etc. han sido compilados individualmente. Su

incorporación en un sistema general de puentes permitirá racionalizar la relación costos-prestaciones para optimizar la administración del mantenimiento de puentes.

Es dentro de este contexto que el Ministerio de Obras Públicas ha encomendado al Japón el estudio geológico, topográfico y de resistencia a los terremotos de los puentes que conforman la red vial nacional, debido a que su tecnología es la más apropiada dados sus similares problemas volcánicos.

## **1-2 SINOPSIS DEL ESTUDIO**

### **1-2-1 OBJETIVO**

La presente investigación ha sido encomendada por el Gobierno de la República de Chile, para estudiar "in situ" los puentes sobre la carretera Panamericana y sobre los caminos principales de la red vial, en todo el territorio nacional excepto las regiones 11 y 12; con el fin de establecer un plan de inspecciones de mantenimiento y rehabilitación de los puentes, preparando un sistema unificado de administración con la ayuda de computadoras y de un sistema de base de datos.

En general podemos clasificar estos objetivos en:

1. Establecimiento de una metodología de administración del mantenimiento de puentes que sea el más apropiado para la República de Chile.
2. Estudio de los puentes "in situ", toma y clasificación de los datos para la administración de puentes, y establecimiento de un plan de reparaciones.
3. Actualización del libro mayor del inventario de puentes y creación de una base de datos.
4. Transferencia tecnológica a la contraparte chilena para la administración, inspección y mantenimiento de los puentes, mediante la ejecución de este estudio.

### **1-2-2 RESUMEN DEL ESTUDIO**

Las investigaciones a realizar se pueden clasificar en los siguientes tres estudios.

1. Inspección del estado actual de los puentes, confección de un plan de rehabilitación de puentes.
2. Preparación de una guía de inspección para mantenimiento de puentes.
3. Creación de un sistema de administración y mantenimiento de puentes.

**(1) Estudio del estado actual de los puentes, confección de un plan de rehabilitación**

El estudio del estado actual de los puentes consiste de un estudio preliminar y un estudio especializado.

**1) Estudio preliminar**

Este estudio comprende de los estudios que se muestran a continuación, tomando como objetivo los 256 puentes ubicados sobre la Ruta No.5 y caminos principales entre la 4ª y la 10ª Región.

1. Inspección visual (deformaciones, deterioro y estado de envejecimiento).
2. Medición de las dimensiones básicas del puente.
3. Toma de fotografías.

A partir de este estudio se prepararon los planos generales de los puentes, y se efectuó la evaluación del estado de deterioro y características estructurales, además en lo concerniente a la administración del mantenimiento de puentes, se hizo un listado de los comentarios al respecto de los problemas observados.

**2) Estudio especializado**

En base a los resultados del estudio preliminar y su respectivo análisis, se eligieron 10 puentes para efectuar el estudio especializado, el cual está compuesto por los siguientes puntos.

1. Inspección del estado de envejecimiento de los materiales de que están conformados los puentes, tales como acero, hormigón, etc.
2. Estudio de deformaciones y mensuramiento de los puentes y obras alcañas.
3. Estudio geológico y de suelos.

En el caso de puentes ubicados sobre ríos, se realizó el estudio hidrológico y de los efectos que causan a los puentes, y un examen de las contramedidas apropiadas al respecto. Por otra parte, se realizó el ensayo de cargas en el puente Peuco. Los ensayos efectuados en el puente Peuco, tuvieron por objeto el verificar las particularidades de este puente, recolectar los datos para examinar las probabilidades de falla por fatiga, y de hacer una presentación de las últimas técnicas al respecto del ensayo de cargas a los técnicos chilenos.

### 3) Confeción de un plan de rehabilitación de puentes

Utilizando los resultados del estudio especializado se planteó una metodología de rehabilitación. Para esto se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones.

1. El propósito del plan es de restituir, no de mejorar, las funciones originales para las que fue construido el puente.
2. Este plan comprende el diseño de reparaciones que no toma en cuenta los cálculos estructurales de cada parte del puente.
3. No tomar en cuenta solo los daños de la estructura, sino también otros factores que afecten al puente, tales como las condiciones naturales, volúmenes de tráfico, y otros.

### (2) **Preparación de una guía de inspección para mantenimiento de puentes**

La finalidad del mantenimiento de puentes es de conservar las funciones del puente, desde el momento de su construcción hasta que su reposición se juzgue necesaria. Por esta razón, se ha preparado una "Guía de Mantenimiento de Puentes" para que sirva de referencia a los técnicos encargados de obras y para promover las actividades de la administración en mantenimiento de puentes. Esta Guía incluye los siguientes aspectos.

1. Definiciones de las palabras empleadas en la administración del mantenimiento de puentes.
2. Método de inspección visual.
3. Método y criterios de evaluación de los resultados de la inspección.
4. Métodos estándar de rehabilitación.
5. Metodología del estudio especializado.
6. Ejemplos de métodos de rehabilitación.

### (3) **Creación de un sistema de administración y mantenimiento de puentes**

Un computador es absolutamente necesario si es que se quiere establecer un plan racional y científico para la rehabilitación de todos los puentes del sistema vial. El presente estudio pretende utilizar un microcomputador para la creación de una "Base de Datos" sobre las especificaciones de todos los puentes y para crear un sistema para la evaluación del grado de deterioro, y prioridades de rehabilitación, y cálculo de costos de rehabilitación.

### 1-3 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

La ejecución del presente estudio se llevó a cabo parcialmente en la República de Chile y parcialmente en Japón. La organización del estudio estuvo conformada por un equipo de investigación organizado por JICA, y por una contraparte designada por los organismos gubernamentales chilenos.

La figura 1-1 muestra el organigrama de esta organización.

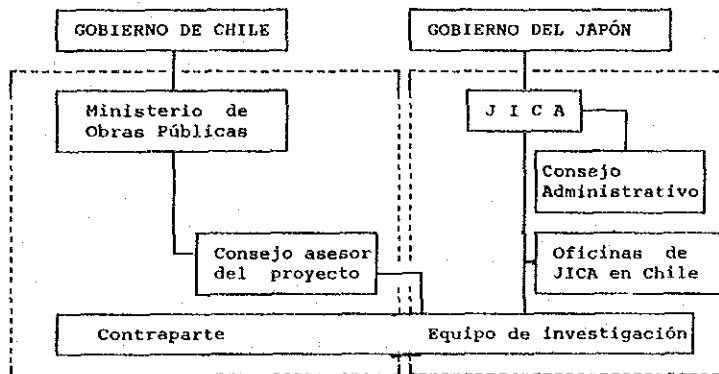


Figura 1-1: ORGANIGRAMA DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

### 1-4 ESTRUCTURA DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Todos los aspectos relacionados con las Obras Públicas de la República de Chile, desde la etapa de planificación, pasando por el desarrollo y la administración para el mantenimiento están a cargo del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Además, el MOP se encarga de la red vial y elementos accesorios, puertos, aeropuertos, sistema de irrigación, etc. A continuación describiremos la organización y funciones del Ministerio de Obras Públicas.

#### **1-4-1 ORGANIZACIÓN CENTRAL DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

Las estructuras políticas del Gobierno de Chile y del Gobierno del Japón son parecidas, pero el Ministerio de Obras Públicas de Chile cumple funciones más amplias que el Ministerio de Construcción del Japón. El MOP tiene una Oficina de Obras Públicas y una Oficina de Suministro de Agua. La Oficina de Obras Públicas a su vez consiste de las siguiente 5 oficinas.

1. Oficina de vialidad
2. Oficina de puertos
3. Oficina de aeropuertos
4. Oficina de irrigación
5. Oficina de construcciones

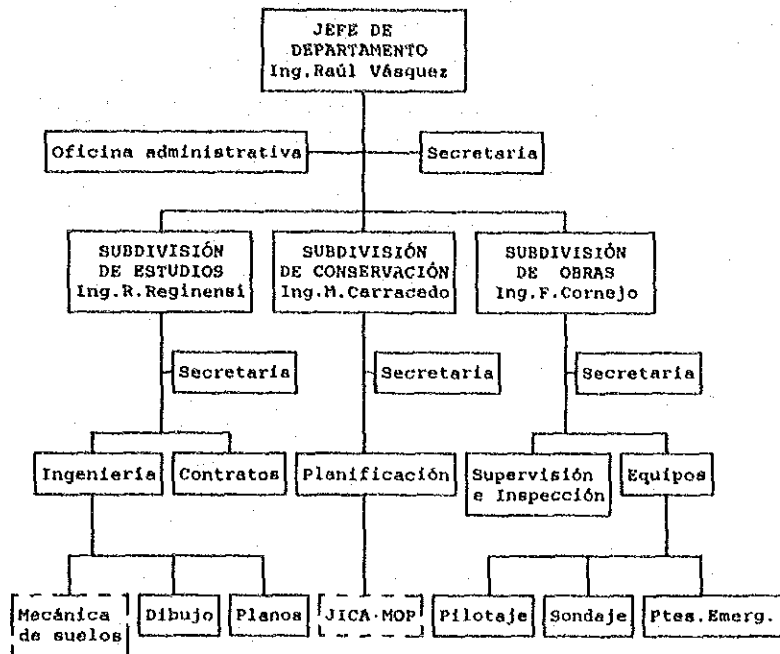
El Ministerio de Obras Públicas tiene su sede en la ciudad de Santiago y la Oficina de Vialidad es el organismo que está directamente a cargo de este proyecto. Esta a su vez, tiene un Departamento de Puentes que se encarga del planeamiento, diseño, construcción y administración del mantenimiento, de todos los puentes instalados en los caminos nacionales, regionales, urbanos y demás vías de transporte. El Departamento de Puentes tiene una estructura descrita por la Figura 1-2.

#### **1-4-2 ORGANIZACIÓN DE LA OFICINA REGIONAL DEL MOP**

El Ministerio de Obras Públicas ha dividido el país en 13 regiones y cada región está a cargo de una Oficina Regional del MOP. Cada oficina tiene a su vez, su propio Departamento de Obras Públicas y su Departamento de Recursos Acuíferos. El departamento de Obras Públicas se compone de las siguientes 6 divisiones:

1. División de caminos regionales
2. División de aeropuertos regionales
3. División de construcción regional
4. División de puertos regionales
5. División de planeamiento urbano regional
6. División de irrigación





**Figura 1-2 : ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE PUENTES DE LA OFICINA DE VIALIDAD DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

### **1-4-3 ORGANIZACIÓN DE LA DIVISIÓN DE CAMINOS REGIONALES**

La división de caminos regionales tiene la misma estructura que el propio ministerio y se compone de las siguientes 6 secciones.

1. Asuntos generales
2. Planeamiento
3. Diseño
4. Asuntos legales
5. Caminos regionales
6. Construcción

Sus funciones principales son:

1. Administración de los registros de los caminos y accesorios.
2. Enlace en las comunicaciones e información proveniente de reparticiones en cada zona o sub-región.
3. Administración del personal de la oficina regional y reparticiones en las distintas zonas y sub-regiones.
4. Inspección e informe de la evaluación de los puentes y demás estructuras.
5. Se encarga de los trabajos en proyectos de menor escala.

Cuando se quiere hacer cargo de un proyecto en escala mayor, deberá hacer un informe previo al Ministerio y el jefe de la sección de caminos de la oficina regional deberá describir la estructura adoptada para su puesta en práctica y la forma de administrar el proyecto, para recibir previamente el visto bueno del Ministerio.

### **1-5 REGIONES COMPRENDIDAS EN EL ESTUDIO**

El estudio comprende a todos los puentes ubicados a lo largo de la Ruta No.5 (carretera Panamericana) y caminos principales de todo el territorio nacional, excepto de las regiones 1, 2, 3 al norte y las regiones 11 y 12 al sur (Figura 1-3).

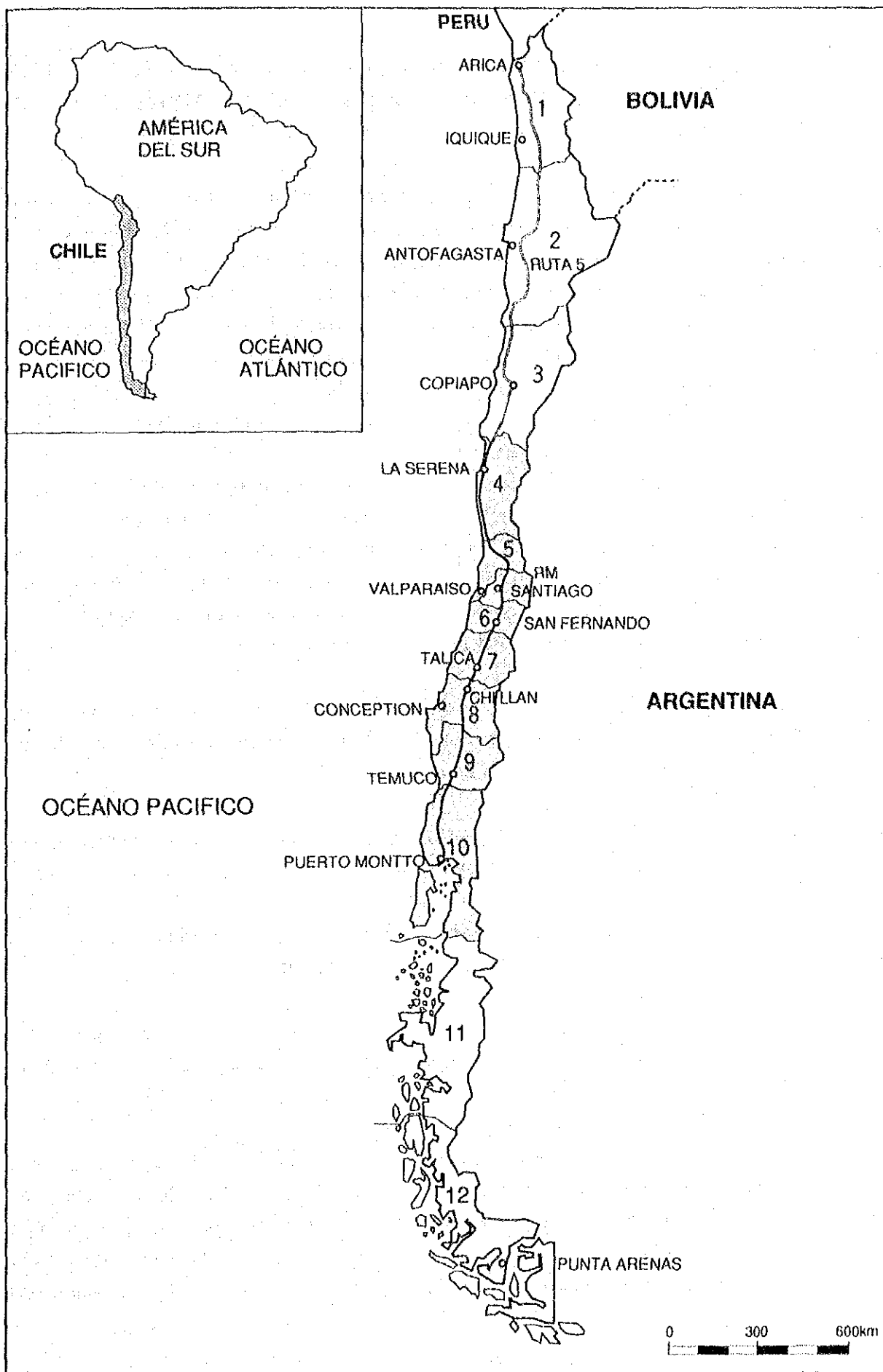


Figura 1-3 : REGIONES COMPRENDIDAS EN EL ESTUDIO

## 1-6 CONDICIONES ACTUALES Y PROBLEMAS EN LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES EN LAS REGIONES COMPRENDIDAS EN EL ESTUDIO

La República de Chile tiene una extensión Norte-Sur de más de 4.000 km de longitud. Es un territorio que es largo y angosto que en términos generales se puede dividir en tres regiones. La región norte, zona desértica con precipitaciones pluviales anuales muy reducidas, pero que tiene abundantes recursos minerales que hacen de esta región uno de los soportes principales de la industria y la economía nacional. La región central, de un clima templado y con grandes precipitaciones pluviales, tiene una variedad de industrias, y es la región con mayor densidad poblacional. Y la región del sur, que es la zona glacial, una región forestal con grandes recursos madereros.

Se deberán tener en cuenta las características climatológicas de cada región mencionada y la existencia de ríos con cauces muchas veces torrenciales que vienen de regiones montañosas y que desembocan en la costa marítima. De la misma forma en que Japón sufre los efectos desastrosos de los maremotos, Chile también está en una zona volcánica y es afectada por muchos terremotos, y éste es otro factor importante que deberá tomarse en cuenta en la administración del mantenimiento de puentes.

Por otra parte, debido al estado de la economía chilena, no se han realizado grandes trabajos de rehabilitación de puentes en los últimos 30 años, por lo cual la mayoría de los puentes se encuentran en un estado crítico de deterioro.

Dentro de las condiciones mencionadas anteriormente, para el caso del mantenimiento de puentes en la República de Chile, deben tomarse en cuenta especialmente lo siguiente:

1. Existencia de muchos ríos con cauces torrentosos que ocasionan problemas de socavación, arrastre de los taludes en terraplenes, etc.
2. La gran frecuencia de los terremotos hace que se produzcan grietas y asentamientos de la infraestructura. Se puede considerar que se debe a una mala selección del tipo de fundaciones.
3. Muchos puentes que fueron construidos hace ya muchos años, y se encuentran funcionalmente viejos; y además, con el crecimiento actual del tráfico vehicular, no cubren con los requerimientos básicos actuales de la capacidad portante para cargas estándar especificadas en la AASHTO. Y puede considerarse que aproximadamente un 60% del total de los puentes se encuentran en esta situación.

4. Las condiciones climatológicas difieren sustancialmente de región a región; por esta razón, es necesaria una cuidadosa planificación del estudio, considerando el período de ejecución, los instrumentos a utilizar y la metodología de investigación de acuerdo a la zona en la que se encuentren los puentes.
5. El gran interés, por parte de los ingenieros de puentes de la contraparte chilena, para el óptimo aprendizaje de técnicas y conocimientos de geología, topografía, así como de técnicas nuevas de investigación o de técnicas de administración en mantenimiento de puentes.
6. En términos de recursos financieros, el país necesita la ayuda de las instituciones financieras internacionales, para lo cual es necesario contar con información racional y científica y un plan de inversiones claramente establecido con la introducción de un sistema de administración bien estructurado.



## 2. ESTUDIO PRELIMINAR DE PUENTES

### 2-1 ESTUDIO DE PUENTES

#### 2-1-1 RESUMEN DEL ESTUDIO PRELIMINAR

El estudio preliminar fué ejecutado por tres grupos de investigación. Inicialmente el estudio comprendía un total de 240 puentes ubicados sobre la Ruta 5 entre la IV y la X Región, según los requerimientos del Ministerio de Obras Públicas (MOP); luego en reunión previa a las inspecciones, se adicionó la condicional de que los puentes objetivo estarán comprendidos por todos los puentes cuya longitud sea mayor o igual a 10m. Por esta razón, existe una ligera diferencia entre la lista inicial de los puentes objetivo del estudio, y la de los que en realidad se estudiaron. En las Tablas 2-1 a 2-9 se muestran los nombres de los puentes que fueron estudiados; las Tablas 2-1 a 2-8 (246 puentes) corresponden a los ubicados sobre la Ruta 5, y en la Tabla 2-9 los que no están sobre la Ruta 5 (10 puentes), formando un total de 256 puentes para el estudio.

Al respecto de los puentes ubicados sobre la Ruta 5, se observó que en muchos casos se estuvieron efectuando trabajos de reparación, ampliación o que junto al antiguo puente ya se construyó uno nuevo de otro tipo, por lo cual al contabilizar en lugar de 1 puente resultaban ser 2 puentes, etc. Consecuentemente existió la necesidad de definir lo que se consideraría como una unidad de puente para las inspecciones.

1. Los puentes cuyos carriles de ida (hacia Santiago) y de vuelta (desde Santiago) son de otro tipo o son completamente independientes, o sea que no están separados tan solo por una junta longitudinal, etc., son considerados separadamente como 1 puente, y se denominan con el nombre original del mismo más el calificativo de "Oriente" o "Poniente", o sino de "No.1" o "No.2".
2. Los puentes cuyos carriles de ida y vuelta no son independientes, o sea están separados tan solo por una junta longitudinal, pero el material (hormigón, acero, etc.) es el mismo, son considerados como uno solo. En el caso contrario (o sea, si el puente antiguo es de acero y el nuevo o su ampliación es de hormigón) se consideran separadamente como un puente cada uno.
3. Los puentes cuyos carriles de ida y vuelta son completamente independientes, o que su ampliación es de otro tipo, o de otro material son considerados por separado, como un puente cada uno.
4. Los puentes cuyos carriles están completamente separados, pero el año de construcción, material, o tipo, es el mismo y que ambos son soportados por una misma infraestructura, son considerados como uno solo.





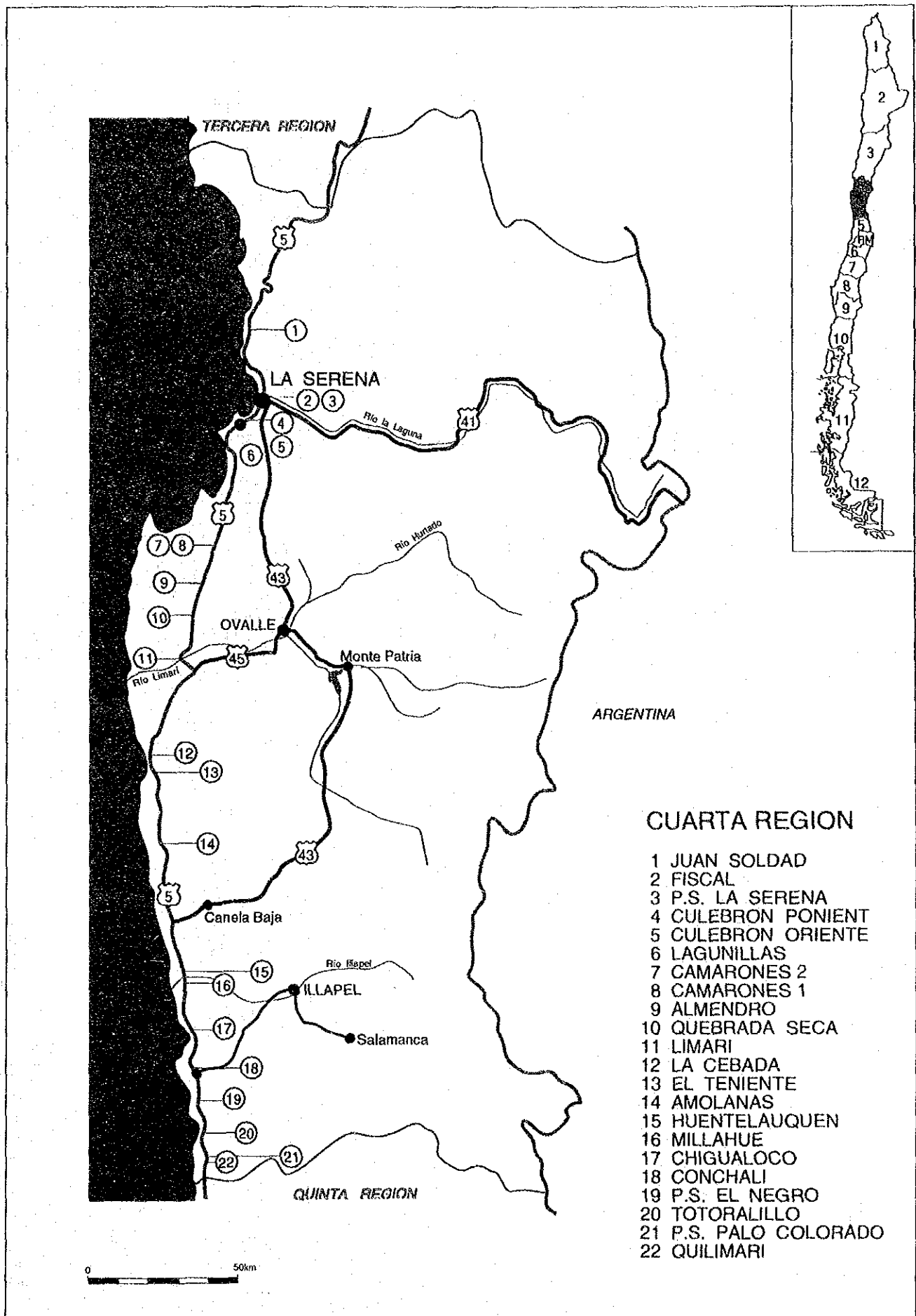


Figura 2-1 : PUENTES UBICADOS EN LA 4a REGION



Tabla 2-1 : PUENTES UBICADOS EN LA 4ª REGIÓN

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	JUAN SOLDADO	503.6	142.5	8.0	11
2	FISCAL	474.1	120.3	7.1	6
3	P.S LA SERENA	473.9	195.4	7.1	13
4	CULEBRON PONIENTE	463.5	40.5	11.5	3
5	CULEBRON ORIENTE	463.5	60.0	6.0	5
6	LANGUNILLAS	442.4	50.0	7.2	6
7	CAMARONES 2	417.0	32.7	6.9	3
8	CAMARONES 1	416.0	56.0	7.0	3
9	ALMENDRO	411.9	24.9	7.0	3
10	QUEBRADA SECA	396.7	67.4	7.3	7
11	LIMARI	378.1	198.1	7.1	12
12	LA CEBADA	337.9	20.0	10.0	1
13	EL TENIENTE	335.1	91.6	10.0	6
14	AMOLANAS	310.0	230.2	7.0	13
15	HUENTELAUQUEN	263.0	234.1	7.0	11
16	MILLAHUE	261.5	36.3	7.2	4
17	CHIGUALOCO	244.6	50.0	7.1	4
18	CONCHALI	229.3	55.0	7.1	2
19	P.S. EL NEGRO	218.5	47.7	7.0	7
20	TOTORALILLO	211.1	74.0	7.1	5
21	P.S. PALO COLORADO	202.7	36.5	8.1	3
22	QUILIMARI	200.6	97.2	7.1	5



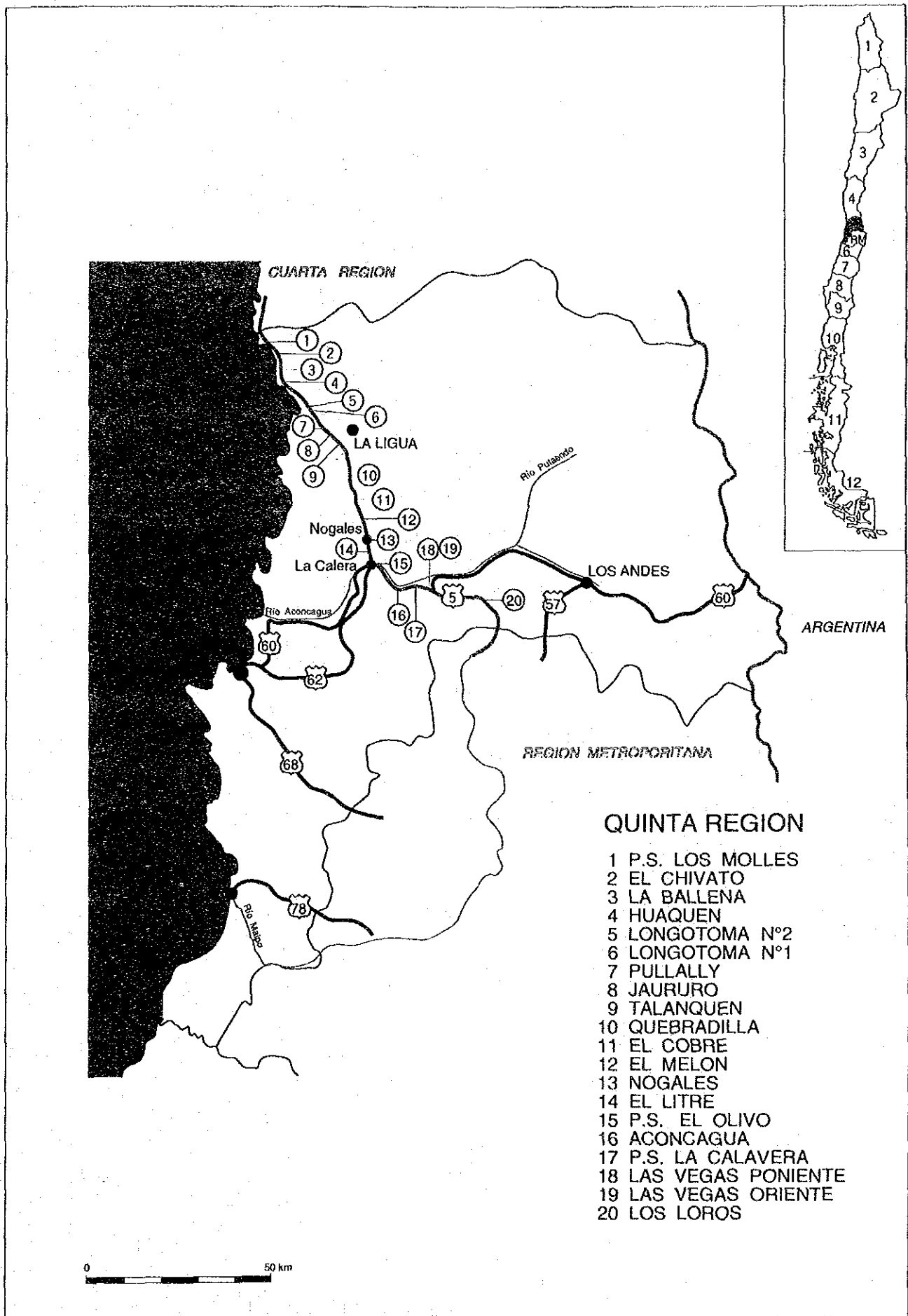


Figura 2-2 : PUENTES UBICADOS EN LA 5a REGION

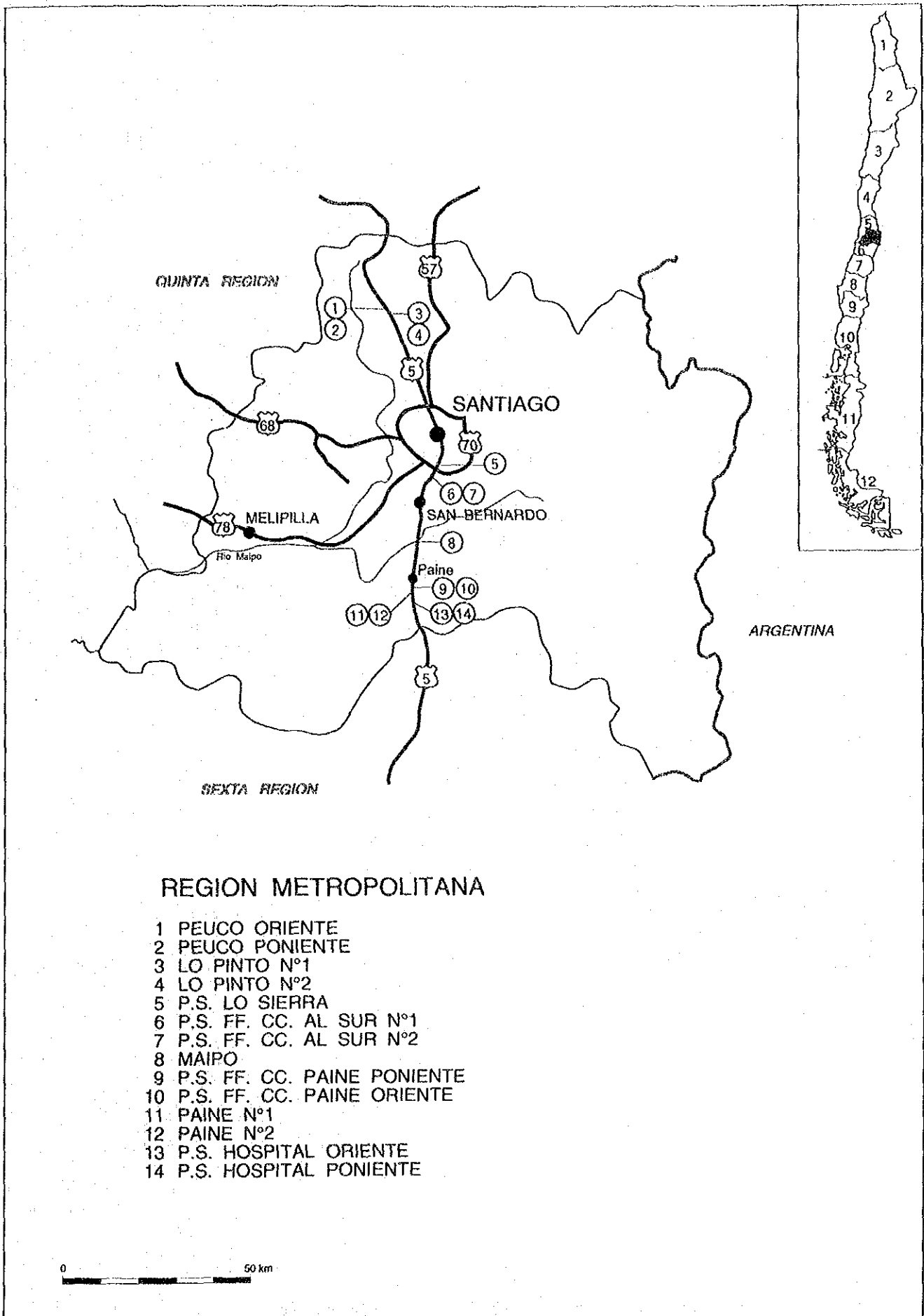


Tabla 2-2 : PUENTES UBICADOS EN LA 5ª REGIÓN

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	P.S. LOS MOLLES	188.0	18.3	9.0	3
2	EL CHIVATO	185.3	46.9	7.0	3
3	LA BALLENA	180.2	15.0	10.1	2
4	HUAQUEN	171.4	72.6	7.1	5
5	LONGOTOMA No.2	163.2	122.4	7.1	8
6	LONGOTAMA No.1	163.0	14.9	10.1	2
7	PULLALLY	155.2	147.7	8.0	7
8	JAURO	152.9	24.3	8.1	3
9	TALANQUEN	149.3	12.2	8.0	2
10	QUEBRADILLA	145.9	33.7	8.1	4
11	EL COBRE	123.4	48.0	10.1	6
12	EL MELON	120.3	108.0	8.0	12
13	NOGALES	116.0	112.0	7.0	7
14	EL LITRE	112.6	46.0	8.1	3
15	P.S. EL OLIVO	108.0	45.0	7.1	2
16	ACONCAGUA	100.0	156.0	7.0	7
17	P.S. LA CALAVERA	94.2	97.0	7.0	6
18	LAS VEGAS PONIENTE	88.4	24.1	11.0	1
19	LAS VEGAS ORIENTE	88.4	24.1	11.0	3
20	LOS LOROS	77.8	19.4	14.6	2







**REGION METROPOLITANA**

- 1 PEUCO ORIENTE
- 2 PEUCO PONIENTE
- 3 LO PINTO N°1
- 4 LO PINTO N°2
- 5 P.S. LO SIERRA
- 6 P.S. FF. CC. AL SUR N°1
- 7 P.S. FF. CC. AL SUR N°2
- 8 MAIPO
- 9 P.S. FF. CC. PAINE PONIENTE
- 10 P.S. FF. CC. PAINE ORIENTE
- 11 PAINE N°1
- 12 PAINE N°2
- 13 P.S. HOSPITAL ORIENTE
- 14 P.S. HOSPITAL PONIENTE

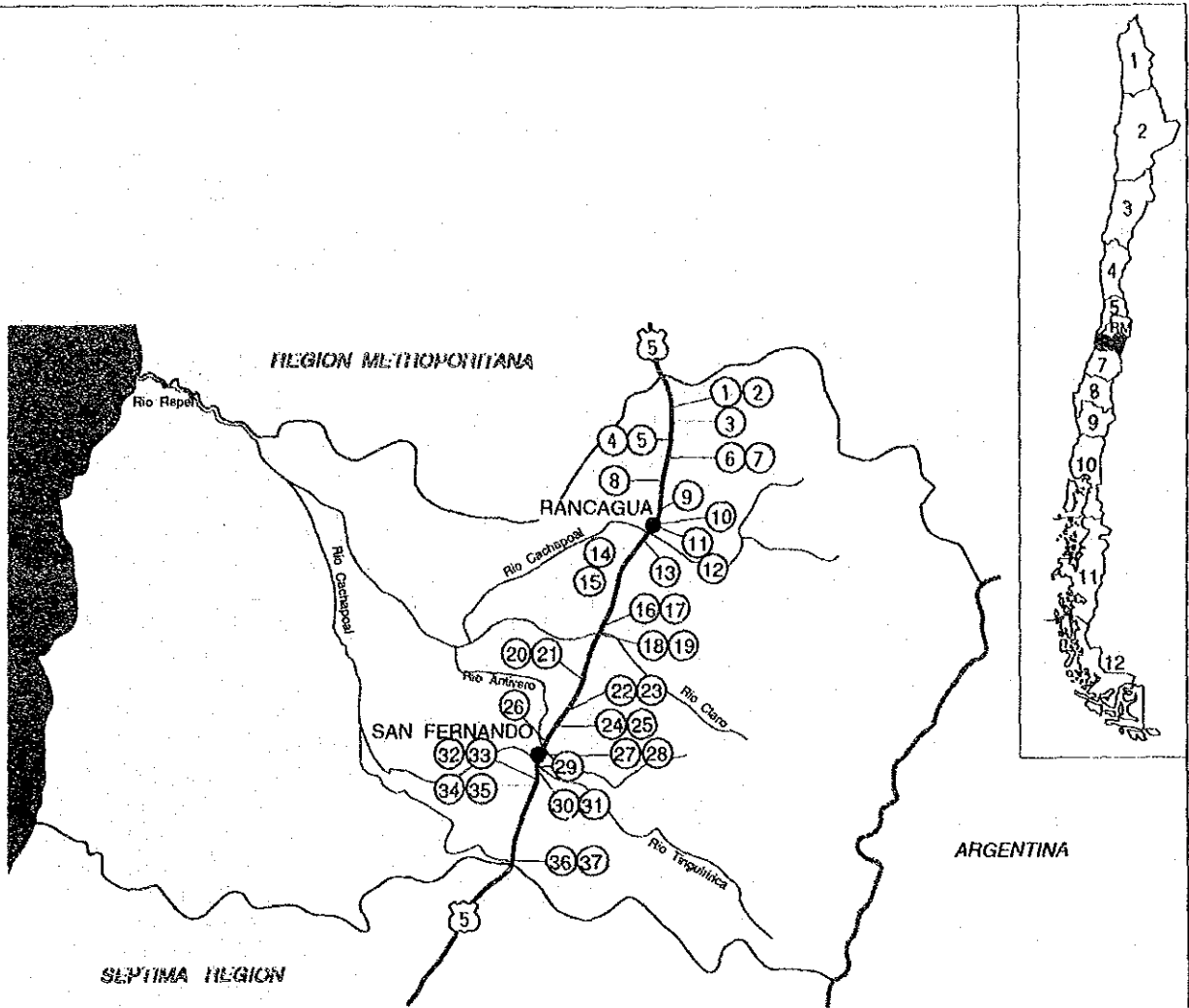
**Figura 2-3 : PUENTES UBICADOS EN LA REGION METROPOLITANA**



**Tabla 2-3 : PUENTES UBICADOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	PEUCO ORIENTE	41.5	16.3	8.0	2
2	PEUCO PONIENTE	41.5	16.3	8.0	2
3	LO PINTO No.1	22.0	13.2	9.1	2
4	LO PINTO No.2	22.0	13.5	12.2	1
5	P.S. LO SIERRA	13.2	22.6	32.1	2
6	P.S. FF.CC. AL SUR No.1	13.7	11.0	35.0	1
7	P.S. FF.CC. AL SUR No.2	13.7	12.0	35.0	1
8	MAIPO	31.1	450.0	17.6	14
9	P.S: FF.CC. PAINE PONIENTE	45.3	34.5	8.1	2
10	P.S. FF.CC. PAINE ORIENTE	45.3	23.0	8.1	3
11	PAINE No.1	48.3	18.4	8.0	1
12	PAINE No.2	48.3	18.4	9.3	1
13	P.S.HOSPITAL ORIENTE	51.2	73.3	8.0	2
14	P.S.HOSPITAL PONIENTE	51.2	73.3	8.0	4





### SEXTA REGION

- |                         |                         |                      |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 PEUCO ORIENTE         | 15 P.S. LOS LIRIOS PON. | 29 P.S. TERMAS       |
| 2 PEUCO PONIENTE        | 16 TIPAUME N°1          | 30 TINGUIRIRICA ORI. |
| 3 TRONCO                | 17 TIPAUME N°2          | 31 TINGUIRIRICA PON. |
| 4 STA BLANCA PONIENTE   | 18 CLARO N°1            | 32 DESCARGA N°1 ORI. |
| 5 STA BLANCA ORIENTE    | 19 CLARO N°2            | 33 DESCARGA N°1 PON. |
| 6 BENITO N°1            | 20 P.S. PELEQUEN PON.   | 34 DESCARGA N°2 ORI. |
| 7 BENITO N°2            | 21 P.S. PELEQUEN ORI.   | 35 DESCARGA N°2 PON. |
| 8 CADENA                | 22 RIGOLEMU ORI.        | 36 PEOR ES NADA ORI. |
| 9 P.S. ALAMEDA          | 23 RIGOLEMU PON.        | 37 PEOR ES NADA PON. |
| 10 P.S. MACHALI         | 24 CHARQUICAN ORI.      |                      |
| 11 P.S. EL TTE. N°1     | 25 CHARQUICAN PON.      |                      |
| 12 P.S. EL TTE. N°2     | 26 P.S. SAN FERNANDO    |                      |
| 13 CACHAPOAL            | 27 ANTIVERO ORIENTE     |                      |
| 14 P.S. LOS LIRIOS ORI. | 28 ANTIVERO PONIENTE    |                      |

0 50 km

Figura 2-4 : PUENTES UBICADOS EN LA 6a REGION



Tabla 2-4 : PUENTES UBICADOS EN LA 6ª REGIÓN

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	PEUCO ORIENTE	61.9	99.4	8.0	3
2	PEUCO PONIENTE	61.9	92.4	6.0	5
3	TRONCO	66.5	25.3	19.0	3
4	STA BLANCA PONIENTE	71.5	32.4	10.1	3
5	STA BLANCA ORIENTE	71.5	28.3	10.1	5
6	BENITO No.1	74.8	14.5	9.2	2
7	BENITO No.2	74.8	20.0	11.0	2
8	CADENA	80.3	24.8	11.0	3
9	P.S. ALAMEDA	87.3	27.5	21.0	2
10	P.S. MACHALI	87.9	12.5	21.0	1
11	P.S. EL TENIENTE No1	88.9	34.5	8.3	4
12	P.S. EL TENIENTE No2	88.9	34.5	8.0	4
13	CACHAPOAL	91.5	248.4	13.9	9
14	P.S. LOS LIRIOS ORIENTE	96.7	55.4	10.0	2
15	P.S. LOS LIRIOS PONIENTE	96.7	71.3	7.3	5
16	TIPAUME No.1	113.3	39.2	7.9	3
17	TIPAUME No.2	113.3	38.9	10.1	3
18	CLARO No.1	114.5	70.9	10.0	4
19	CLARO No.2	114.5	70.5	10.0	4
20	P.S. PELEQUEN PONIENTE	125.6	24.0	8.0	1
21	P.S. PELEQUEN ORIENTE	125.6	24.0	8.0	1
22	RIGOLEMU ORIENTE	126.3	53.3	7.1	4
23	RIGOLEMU PONIENTE	126.3	51.9	10.1	2
24	CHARQUICAN ORIENTE	133.0	20.0	10.1	1
25	CHARQUICAN PONIENTE	133.0	20.0	10.1	1
26	P.S. SUNFERNANDO	137.8	15.0	16.0	1
27	ANTIVERO ORIENTE	140.2	157.4	8.1	4
28	ANTIVERO PONIENTE	140.2	157.4	8.1	9
29	P.S. TERMAS	140.4	9.7	27.7	1
30	TINGUIRIRICA ORIENTE	143.3	229.8	7.1	6
31	TINGUIRIRICA PONIENTE	143.3	229.8	7.1	11
32	DESCARGA No.1 ORIENTE	144.4	25.3	7.1	2
33	DESCARGA No.1 PONIENTE	144.4	25.3	7.1	2
34	DESCARGA No.2 ORIENTE	144.5	25.5	7.2	2
35	DESCARGA No.2 PONIENTE	144.5	25.5	7.2	4
36	PEOR ES NADA ORIENTE	164.5	78.0	7.0	5
37	PEOR ES NADA PONIENTE	164.5	78.0	7.0	3





## SEPTIMA REGION

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| 1 ENDESA             | 19 MAULE PONIENTE |
| 2 TENO               | 20 MAULE ORIENTE  |
| 3 GUAQUILLO ORI.     | 21 LAS VERTIENTES |
| 4 GUAQUILLO PON.     | 22 P.S. BOBADILLA |
| 5 P.S. MAQUEHUA ORI. | 23 QUILPIN        |
| 6 P.S. MAQUEHUA PON. | 24 PUTAGAN        |
| 7 LONTUE ORI.        | 25 ANCOA N°1      |
| 8 LONTUE PON.        | 26 ANCOA N°2      |
| 9 PIRIHUIN           | 27 ACHIBUENO      |
| 10 SECO              | 28 LIGUAY         |
| 11 CLARO             | 29 LONGAVI        |
| 12 CHARGRES          | 30 HUACARNECO     |
| 13 PANGUE            | 31 PIGUCHEN       |
| 14 LIRCAY N°1        | 32 P.S. COPIHUE   |
| 15 LIRCAY N°2        | 33 COPIHUE        |
| 16 P.S. SAN CLEMENTE | 34 COLLIGUAY      |
| 17 P.S. LIRCAY       | 35 PARRAL         |
| 18 PIDUCO            | 36 LA VEGA        |

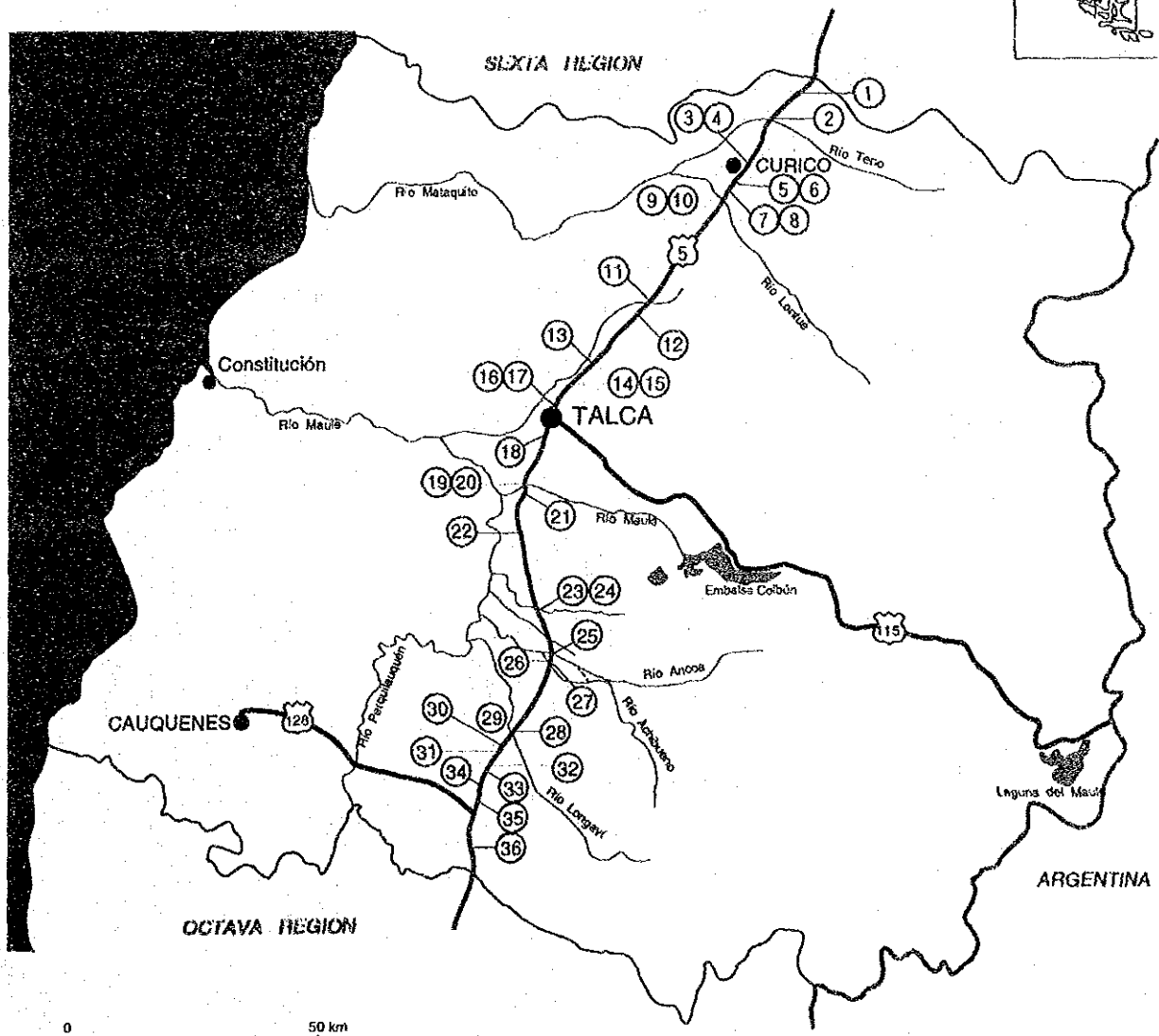
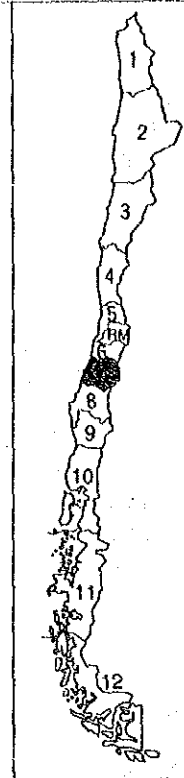


Figura 2-5 : PUENTES UBICADOS EN LA 7a REGION



Tabla 2-5 : PUENTES UBICADOS EN LA 7ª REGIÓN

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	ENDESA	177.1	24.8	23.5	2
2	TENO	178.0	323.1	7.0	13
3	GUAIQUILLO ORIENTE	194.0	101.8	7.0	5
4	GUAIQUILLO PONIENTE	194.0	148.0	7.0	4
5	P.S. MAQUEHUA ORIENTE	194.6	87.5	7.0	8
6	P.S. MAQUEHUA PONIENTE	194.6	75.5	7.0	3
7	LONTUE ORIENTE	197.0	229.0	6.1	9
8	LONTUE PONIENTE	197.0	238.2	6.1	7
9	PIRIHUIN	200.0	25.7	8.0	5
10	SECO	201.1	25.0	8.0	1
11	CLARO	218.4	117.7	7.3	7
12	CHARGRES	223.4	27.8	8.1	3
13	PANGUE	245.0	133.4	7.1	7
14	LIRCAY No.1	251.3	150.5	6.0	8
15	LIRCAY No.2	251.8	100.0	10.1	3
16	P.S. SAN CLEMENTE	252.8	29.4	8.0	3
17	P.S. LIRCAY	255.8	51.0	7.2	3
18	PIDUCO	257.4	36.7	8.1	4
19	MAULE PONIENTE	269.5	442.8	3.1	8
20	MAULE ORIENTE	269.5	442.8	3.2	8
21	LAS VERTIENTES	270.0	58.0	7.2	4
22	P.S. BOBADILLA	271.8	45.9	7.1	3
23	QUILIPIN	294.9	30.2	8.0	3
24	PUTAGAN	295.7	120.7	6.0	6
25	ANCOA No.1	303.7	94.9	7.1	6
26	ANCOA No.2	304.8	115.4	7.1	7
27	ACHIBUENO	305.5	306.2	7.1	13
28	LIGUAY	316.6	100.6	6.0	5
29	LONGAVI	320.5	319.8	8.0	16
30	HUACARNECO	320.5	20.0	10.1	1
31	PIGUCHEN	320.5	20.3	9.1	3
32	P.S. COPIHUE	331.4	46.7	8.1	3
33	COPIHUE	332.5	24.2	8.0	3
34	COLLIGUAY	335.9	12.7	9.1	2
35	PARRAL	339.0	16.6	9.2	1
36	LA VEGA	347.4	19.1	10.1	3



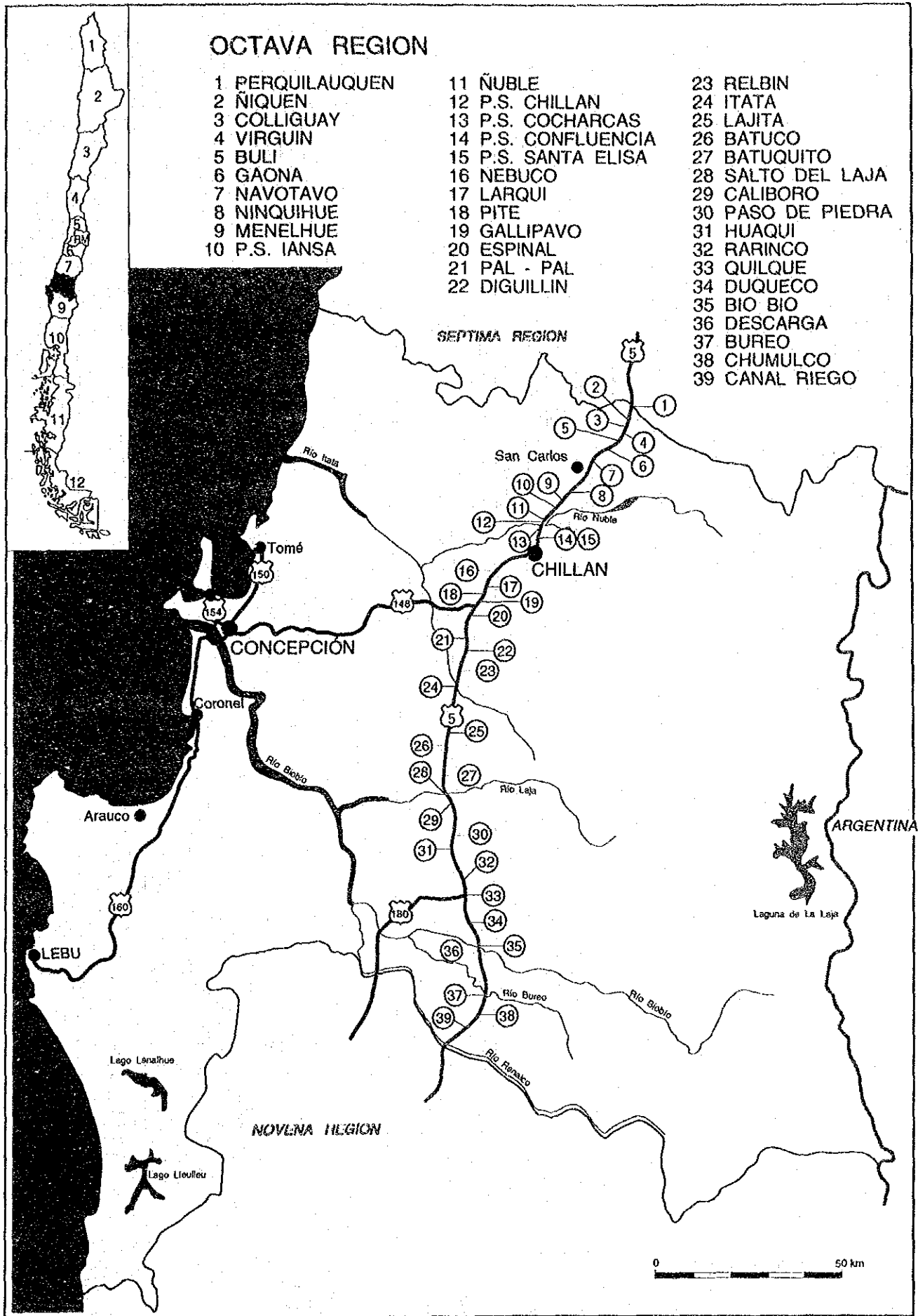


Figura 2-6 : PUENTES UBICADOS EN LA 8a REGION



Tabla 2-6 : PUENTES UBICADOS EN LA 8ª REGIÓN

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	PERQUILAUQUEN	351.6	422.0	6.0	19
2	NIQUEN	359.6	26.3	9.1	4
3	COLLIGUAY	361.7	11.8	6.9	2
4	VIRGUIN	365.8	11.0	6.9	2
5	BULI	369.4	12.3	9.1	2
6	GAONA	373.5	12.2	10.1	2
7	NAVOTAVO	378.2	33.4	8.1	4
8	NINQUIHUE	387.5	20.0	9.3	3
9	MENELHUE	390.5	23.9	8.1	4
10	P.S. IANSA	393.6	11.0	9.0	1
11	NUBLE	397.7	887.2	10.2	23
12	P.S. CHILLAN	405.7	55.6	8.0	1
13	P.S. COCHARCAS	406.9	15.2	16.7	1
14	P.S. CONFLUENCIA	410.0	21.3	8.1	1
15	P.S. SANTA ELISA	410.5	14.1	10.0	1
16	NEBUCO	414.9	156.3	8.1	7
17	LARQUI	425.6	73.3	7.0	5
18	PITE	426.8	19.7	10.1	3
19	GALLIPAVO	429.7	33.6	8.2	4
20	ESPINAL	433.7	20.2	10.1	3
21	PAL-PAL	440.3	29.9	8.0	1
22	DIGUILLIN	444.3	77.7	7.2	4
23	RELBUN	448.3	49.8	7.2	4
24	ITATA	455.3	77.6	7.1	3
25	LAJITA	474.8	30.4	8.0	1
26	BATUCO	483.6	33.0	8.1	4
27	BATUQUITO	484.6	16.7	7.0	3
28	SALTO DEL LAJA	486.4	92.7	10.0	4
29	CALIBORO	488.0	20.5	10.0	3
30	PASO DE PIEDRA	493.5	15.0	6.0	3
31	HUAQUI	501.8	36.6	6.0	3
32	RARINCO	508.1	32.5	6.0	4
33	QUILQUE	514.0	14.1	9.6	2
34	DUQUECO	524.0	124.1	8.1	4
35	BIO BIO	531.8	206.9	6.0	5
36	DESCARGA	531.9	92.0	8.0	10
37	BUREO	545.6	140.4	8.2	5
38	CHUMULCO	551.6	24.0	7.2	3
39	CANAL RIEGO	554.8	10.5	8.1	1





# NOVENA REGION

- |               |                        |                    |
|---------------|------------------------|--------------------|
| 1 ESPERANZA   | 11 CHANCO              | 21 QUEPE PONIENTE  |
| 2 MININCO     | 12 QUINO               | 22 QUEPE ORIENTE   |
| 3 MALLECO     | 13 EL SALTO            | 23 HUILQUILCO      |
| 4 P.S. PIDIMA | 14 P.S. PUA            | 24 PELALES         |
| 5 HUEQUEN     | 15 QUILLEM             | 25 P.S. FREIRE N°1 |
| 6 CHAMICHACO  | 16 PUMALAL             | 26 TOLTEN          |
| 7 DUMO        | 17 CAUTIN              | 27 CHADA           |
| 8 COLO        | 18 METRENCO            | 28 DONGUIL         |
| 9 TRAIGUEN    | 19 PICHÍ QUEPE ANTIGUO | 29 P.S. LONCOCHE   |
| 10 TRICAUCO   | 20 PICHÍ QUEPE NUEVO   | 30 LO VASQUEZ N°2  |
|               |                        | 31 LO VASQUEZ N°3  |

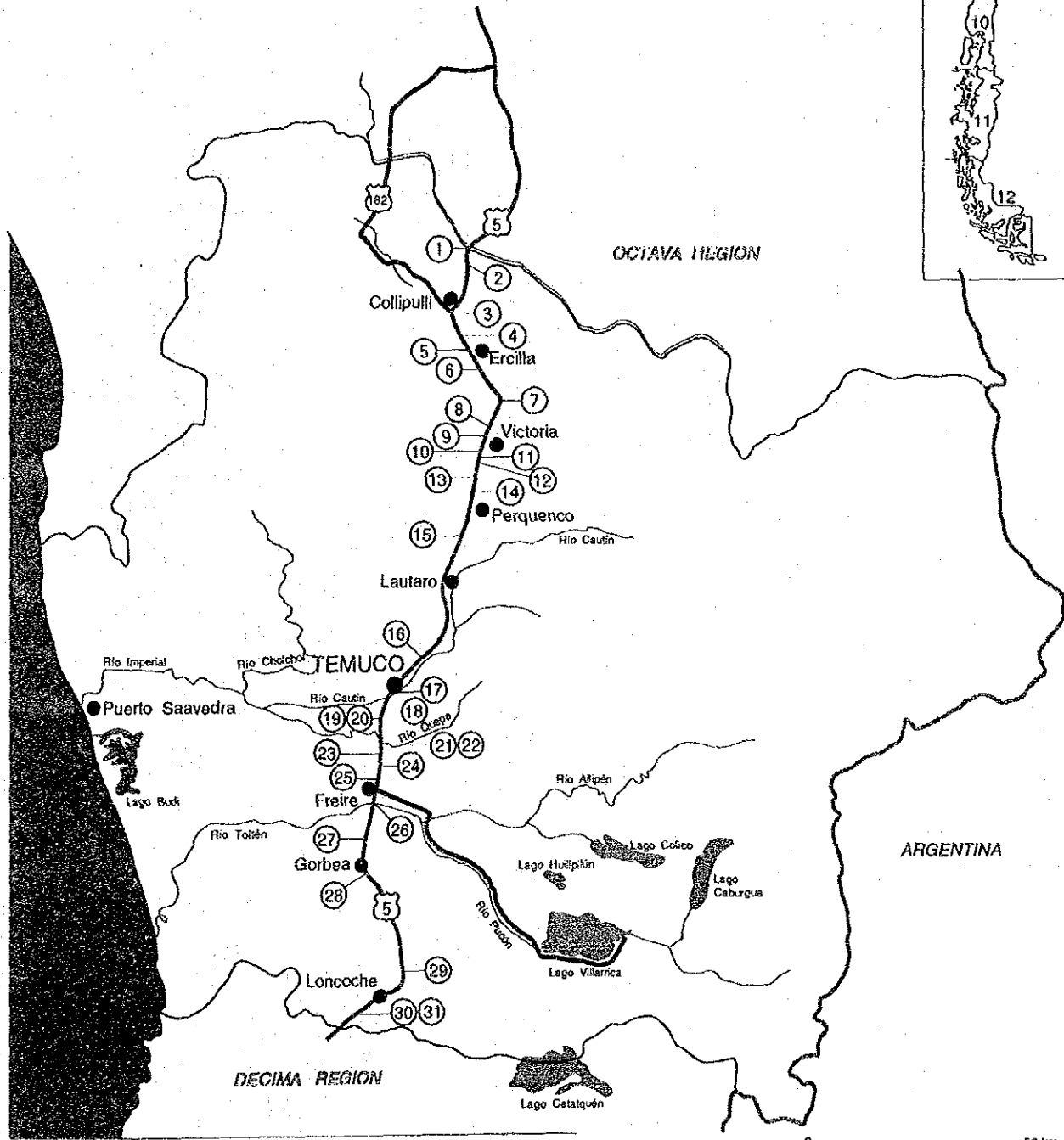
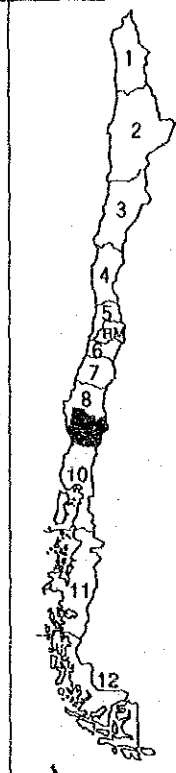


Figura 2-7 : PUENTES UBICADOS EN LA 9a REGION



Tabla 2-7 : PUENTES UBICADOS EN LA 9ª REGIÓN

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	ESPERANZA	561.7	94.3	7.1	5
2	MININCO	564.1	54.4	7.1	3
3	MALLECO	576.7	344.1	18.4	10
4	P.S. PIDIMA	584.5	25.6	8.0	1
5	HUEQUEN	589.0	23.5	8.0	3
6	CHAMICHACO	590.8	16.8	8.8	1
7	DUMO	600.9	29.8	8.0	3
8	COLO	608.2	58.0	8.2	3
9	TRAIGUEN	609.2	30.0	8.0	1
10	TRICAUCO	614.2	20.3	8.0	1
11	CHANCO	618.0	20.3	8.0	1
12	QUINO	619.5	57.8	8.0	1
13	EL SALTO	621.2	20.3	8.0	1
14	P.S. PUA	622.0	26.2	10.0	3
15	QUILLEM	639.5	54.6	8.0	3
16	PUMALAL	665.4	67.0	8.0	3
17	CAUFIN	677.9	140.7	12.0	8
18	METRENCO	687.1	24.0	8.0	2
19	PICHI QUEPE ANTIGUO	689.9	18.5	9.4	1
20	PICHI QUEPE NUEVO	689.9	18.5	8.0	1
21	QUEPE PONIENTE	690.3	80.0	8.0	4
22	QUEPE ORIENTE	690.3	80.0	8.0	4
23	HUILQUILCO	693.3	20.3	8.0	1
24	PELALES	696.6	20.3	8.0	1
25	P.S. FREIRE No.1	699.3	13.5	10.0	1
26	TOLTEN	704.0	392.2	6.0	16
27	CHADA	713.0	24.0	7.4	3
28	DONGUIL	721.0	75.0	10.0	3
29	P.S. LONCOCHE	756.4	133.4	10.0	7
30	LO VASQUEZ No.2	759.5	15.4	10.8	1
31	LO VASQUEZ No.3	759.9	14.9	10.8	2



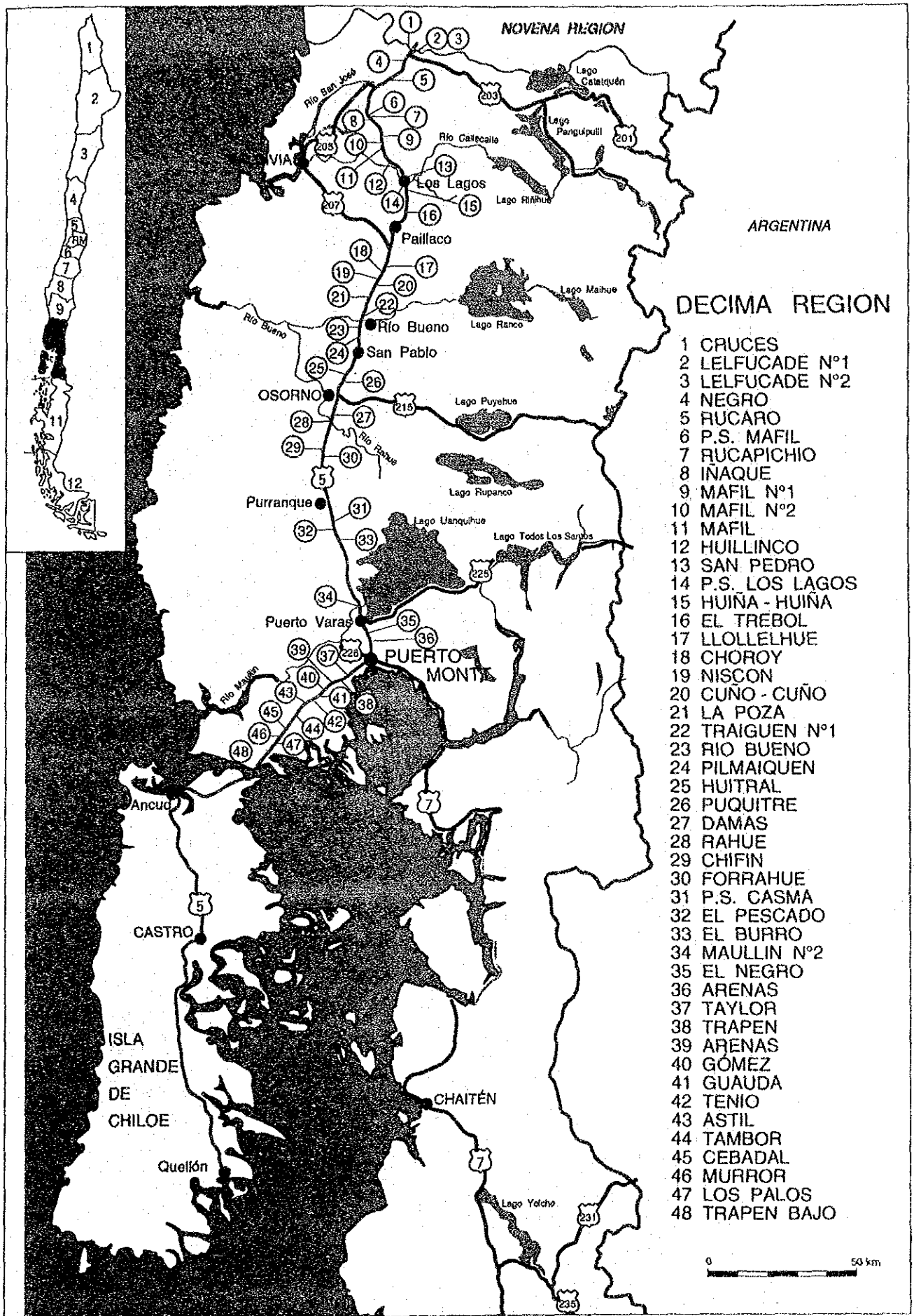


Figura 2-8 : PUENTES UBICADOS EN LA 10a REGION



Tabla 2-8 : PUENTES UBICADOS EN LA 10ª REGIÓN

No.	Nombre de puente	Ubic.	Long.	Calz.	Tramos
1	CRUCES	767.9	90.2	6.0	6
2	LELFUCADE No.1	770.8	62.3	7.1	4
3	LELFUCADE No.2	771.4	11.0	10.2	1
4	NEGRO	775.8	130.0	8.1	7
5	RUCACO	787.0	148.1	8.1	8
6	P.S. MAFIL	799.7	27.0	10.0	2
7	RUCAPICHIO	800.7	51.1	10.0	2
8	INAQUE	804.0	70.0	10.0	2
9	MAFIL No.1	808.3	20.6	10.1	1
10	MAFIL No.2	808.5	20.7	10.0	1
11	MAFIL	808.8	50.6	10.1	2
12	HUILLINCO	825.1	60.1	10.1	2
13	SAN PEDRO	831.8	232.3	16.0	5
14	P.S. LOS LAGOS	831.8	12.6	16.0	1
15	HUINA-HUINA	833.5	48.2	8.0	3
16	EL TREBOL	844.5	44.8	10.0	1
17	LLOLLELHUE	869.2	54.4	8.1	2
18	CHOROY	870.6	27.2	8.1	1
19	NISCON	872.5	27.2	8.1	1
20	CUNO-CUNO	873.4	27.1	8.1	1
21	LA POZA	883.3	27.1	8.1	1
22	TRAIGUEN No1	887.1	60.5	8.1	3
23	RIO BUENO	889.2	325.1	8.1	7
24	PILMAIQUEN	895.0	99.7	8.1	3
25	HUITRAL	938.5	24.0	10.0	3
26	PUQUITRE	941.7	20.0	10.0	3
27	DAMAS	949.4	60.0	8.0	2
28	RAHUE	959.4	148.0	8.0	2
29	CHIFIN	973.8	40.0	8.0	3
30	FORRAHUE	977.1	45.0	8.0	3
31	P.S. CASMA	996.9	18.6	10.0	1
32	EL PESCADO	997.7	31.8	9.8	1
33	EL BURRO	1002.9	13.8	10.0	1
34	MAULLIN No.2	1028.6	56.0	8.0	2
35	EL NEGRO	1044.2	20.0	10.0	3
36	ARENAS	1044.4	24.4	9.9	3
37	TAYLOR	1064.2	13.8	10.0	2
38	TRAPEN	1066.0	38.0	8.1	5
39	ARENAS	1068.9	12.2	10.0	2
40	GOMEZ	1077.0	38.8	7.9	5
41	GUAUDA	1077.2	14.2	10.0	2
42	TENIO	1085.0	14.0	10.0	2
43	ASTIL	1087.8	13.5	10.0	2
44	TAMBOR	1088.7	36.1	2.0	4
45	CEBADAL	1089.6	13.5	10.0	2
46	MURROR	1091.4	14.0	10.0	2
47	LOS PALOS	1096.0	13.2	10.0	2
48	TRAPEN BAJO	1097.0	36.0	8.0	4

**Tabla 2-9 : PUENTES UBICADOS FUERA DE LA RUTA 5**

No	NOMBRE DE PUENTE	REGION	NOTA
1	EL MONTE	RM	
2	ESPERANZA	RM	
3	LONCOMILLA	7	
4	QUEBRADA HONDA	8	CONCEPCION
5	RAMADILLAS	8	
6	QUILLON	8	CONCEPCION
7	BIO BIO ANTIGUO	8	CONCEPCION
8	PICHOY	10	VALDIVIA
9	CAYUMAPU	10	VALDIVIA
10	CRUCES CALLE CALLE	10	VALDIVIA



## **2-1-3 MÉTODO DEL ESTUDIO PRELIMINAR**

Puesto que el estudio se realizó con tres grupos de investigación, quienes distribuidos a lo largo de 2000km de norte a sur deberían inspeccionar, evaluar el estado de deterioro, tomar las dimensiones fundamentales, y fotografiar los puentes, el uniformizar la información fué un trabajo clave del estudio. Para este efecto, a fin de evitar diferencias entre los datos obtenidos por cada grupo, se preparó una hoja de inspección estándar previamente al trabajo en el terreno; luego, se efectuaron inspecciones conjuntas e intercambio de opiniones hasta uniformizar criterios. Finalmente, para el estudio preliminar se prepararon los formularios que se muestran a continuación:

### **(1) Hoja de inspección**

Con el objeto de evitar que las partes e ítemes a inspeccionar varíen según el inspector encargado, se preparó la "hoja de inspección" que se muestra en la Tabla 2-10. Los ítemes comprendidos en esta hoja coinciden con los del formulario del inventario de puentes, y con los de la matriz de evaluación que se utilizó en la evaluación del estado de deterioro. Cabe señalar que para la preparación esta hoja se recurrió al intercambio de opiniones entre todos los grupos lográndose la selección de ítemes requeridos, etc.

### **(2) Hoja de mensura**

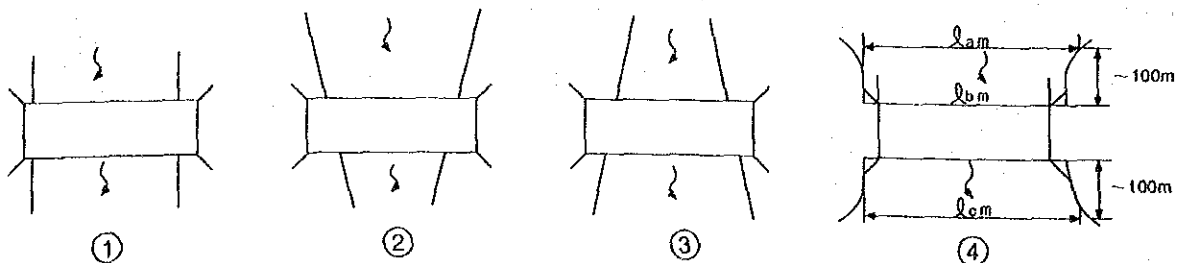
Debido a la inexistencia de planos de una gran mayoría de los puentes correspondientes al estudio, y a la incertidumbre de muchos datos requeridos para la "Base de Datos", se procedió a la medición de las dimensiones básicas de todos los puentes del estudio. Para esto, y para uniformizar las mediciones se elaboraron las "hojas de mensura" que se muestran en las Figuras 2-9 a 2-13.

### **(3) Hoja instructiva para el trabajo fotográfico**

Las fotografías constituyen una valiosa información en este estudio. Por esta razón, para uniformizar las partes a fotografiar se estableció una secuencia estándar, Figura 2-6 y 2-7, para que por medio de éstas fotografías se pueda conocer la estructura o los daños del puente en general o de la superficie de rodado, vigas, losa, travesaños, estribos, cepas y otras partes que sean de importancia. Básicamente se determinó utilizar un film de 24 exposiciones por puente. Las fotografías obtenidas en esta sección fueron incluidas en el álbum del inventario de puentes.

**Tabla 2-10 : HOJA DE INSPECCIÓN**

CODIGO DEL PUENTE		NOMBRE		NOMBRE DEL CRUCE		NOMBRE DEL RIO	
Lugar de inspección		Nombre del inspector			Página No.		dc
TIPO DE DAÑO O DETERIORO Y SU CANTIDAD							
PAVIMENTO	ITEM	1 ALABEO	2 ENSUCADO O CARRILES	3 FISURAMIENTO	4 ASENTAMIENTO	5 OTROS	
	GRADO O CANTID						
BARANDAS	ITEM	1 DEFORMACION	2 OXIDAMIENTO	3 CORROSION	4 FISURAMIENTO	5 ARMADURA AL AIRE	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
JUNTAS DE EXPANSION	ITEM	1 SONDOS EXTRAÑOS	2 FILTRACION DE AGUAS	3 DEFORMACION	4 MOVIMIENTOS VERTICALES	5 JUNTAS OBSTRUIDAS	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
LOSA	ITEM	1 FISURAS EN UNA DIRECCION	2 FISURAMIENTO EN RED	3 DESCASCARAMIENTO	4 ARMADURA AL AIRE	5 NIDOS DE PIEDRAS	6 EFLORES. CENCIAS
	GRADO O CANTID						
RIOSTRAS (PTES. DE ACERO)	ITEM	1 OXIDAMIENTO	2 CORROSION	3 DEFORMACION	4 ROTURA DE LAS UNIONES	5 ROTURA DE ARRIOSTRAMIENTOS	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
VIGAPRINCIPAL DE ACERO (EN CHERCHAS)	ITEM	1 OXIDAMIENTO	2 CORROSION	3 DEFORMACION	4 PERDIDA DE PERNOS	5 FISURAS EN SOLADURAS	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
RIOSTRAS (PTES. CONCRETO)	ITEM	1 FISURAS EN UNA DIRECCION	2 FISURAMIENTO EN RED	3 DESCASCARAMIENTO	4 ARMADURA AL AIRE	5 NIDOS DE PIEDRAS	6 EFLORES. CENCIAS
	GRADO O CANTID						
VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM	1 FISURAS EN UNA DIRECCION	2 FISURAMIENTO EN RED	3 DESCASCARAMIENTO	4 ARMADURA AL AIRE	5 NIDOS DE PIEDRAS	6 EFLORES. CENCIAS
	GRADO O CANTID						
APOYOS	ITEM	1 ROTURA DEL APOYO	2 ROTURA DE ACCESORIOS	3 SALIDA DE ANCLAJES	4 ROTURA DEL DISCO	5 DEFORMACIONES RARAS	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
ESTRIBOS	ITEM	1 GRIETAS O DESCASCARAM	2 FISURAS A PARTIR APOYO	3 ROTURA DEL PARAPETO	4 INCLINACIONES	5 SOCAVACIONES	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
CEPAS	ITEM	1 GRIETAS O DESCASCARAM	2 FISURAS A PARTIR APOYO	3 DEFORM. DE CANTILEVER	4 INCLINACIONES	5 SOCAVACIONES	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
PINTURA	ITEM	1 DECOLORACION	2 OXIDAMIENTO	3 AMPOLLAMIENTO	4 DESCASCARAM.	5 OTROS	
	GRADO O CANTID						
ARTICULACIONES DE VIGAS GERBER	ITEM	1 FISURAS EN UNA DIRECCION	2 FISURAMIENTO EN RED	3 AGRIETAMIENTO	4 ARMADURA AL AIRE	5 NIDOS DE PIEDRAS	6 EFLORES. CENCIAS
	GRADO O CANTID						
OTROS	ITEM	1 DERUMBES TALUD, ESTRIBO	2 DAÑOS POR IMPACTO ROCAS	3 DAÑOS EN CABO VIGAS	4 SE EFECTUO REPARACION?	5 OTROS	
	GRADO O CANTID						
COMENTARIOS ESPECIALES	1 EXISTIERON DESBORDAMIENTOS a. SI    b. NO    c. NO SE SABE			2. EXISTEN EMPRESTITOS DE MATERIAL a. SI    b. NO			



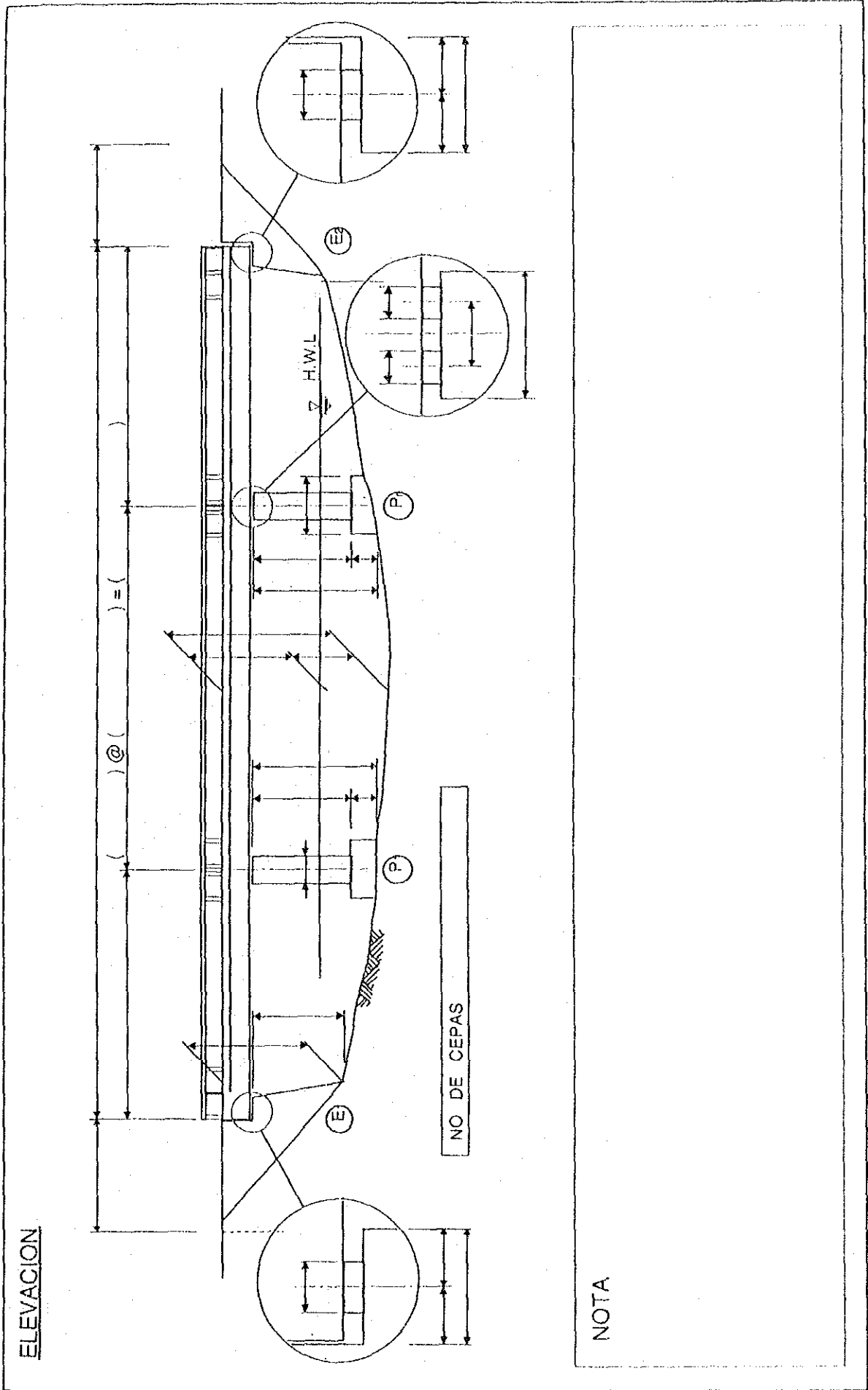


Figura 2-9 : HOJA DE MENSURA (1)

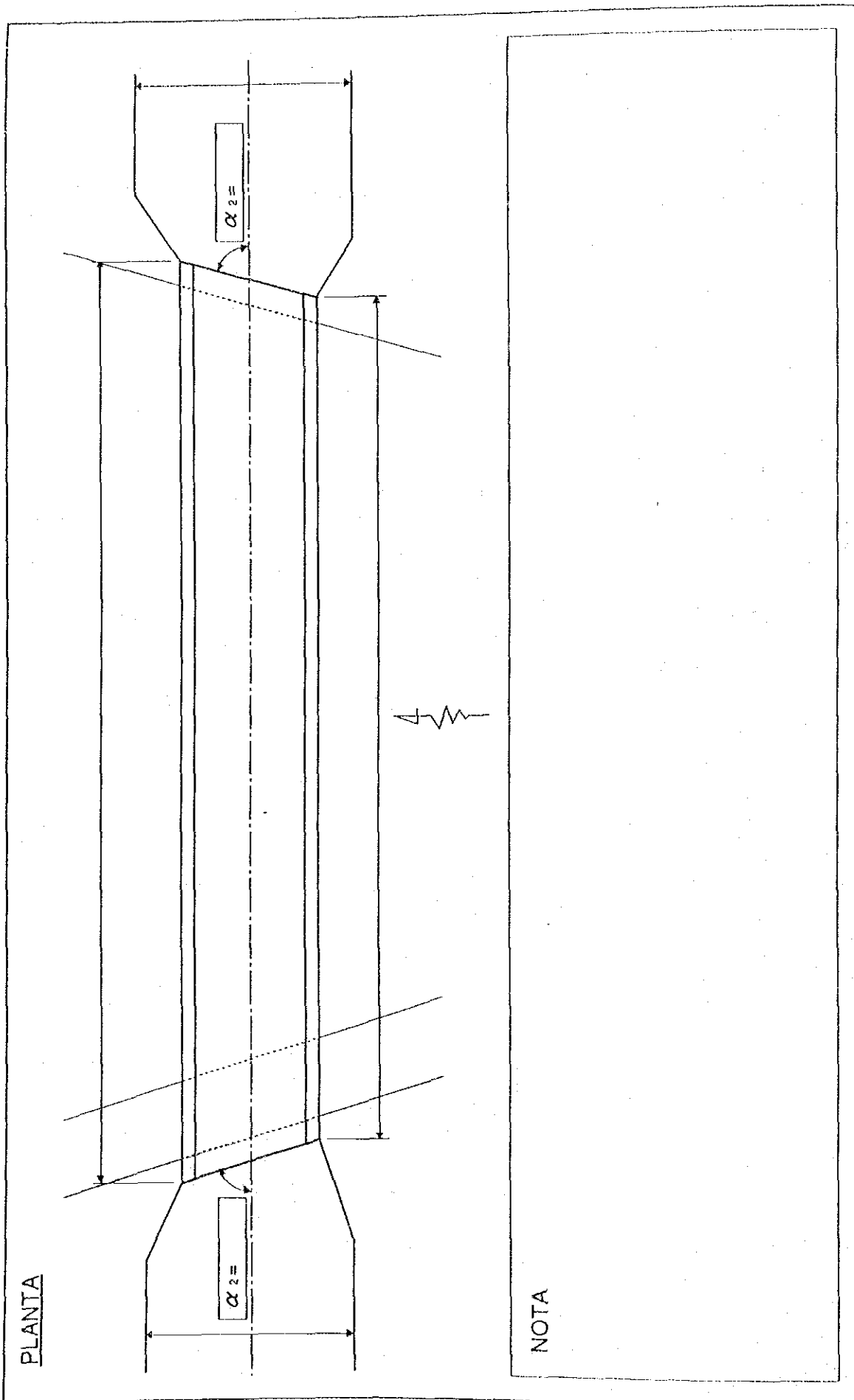
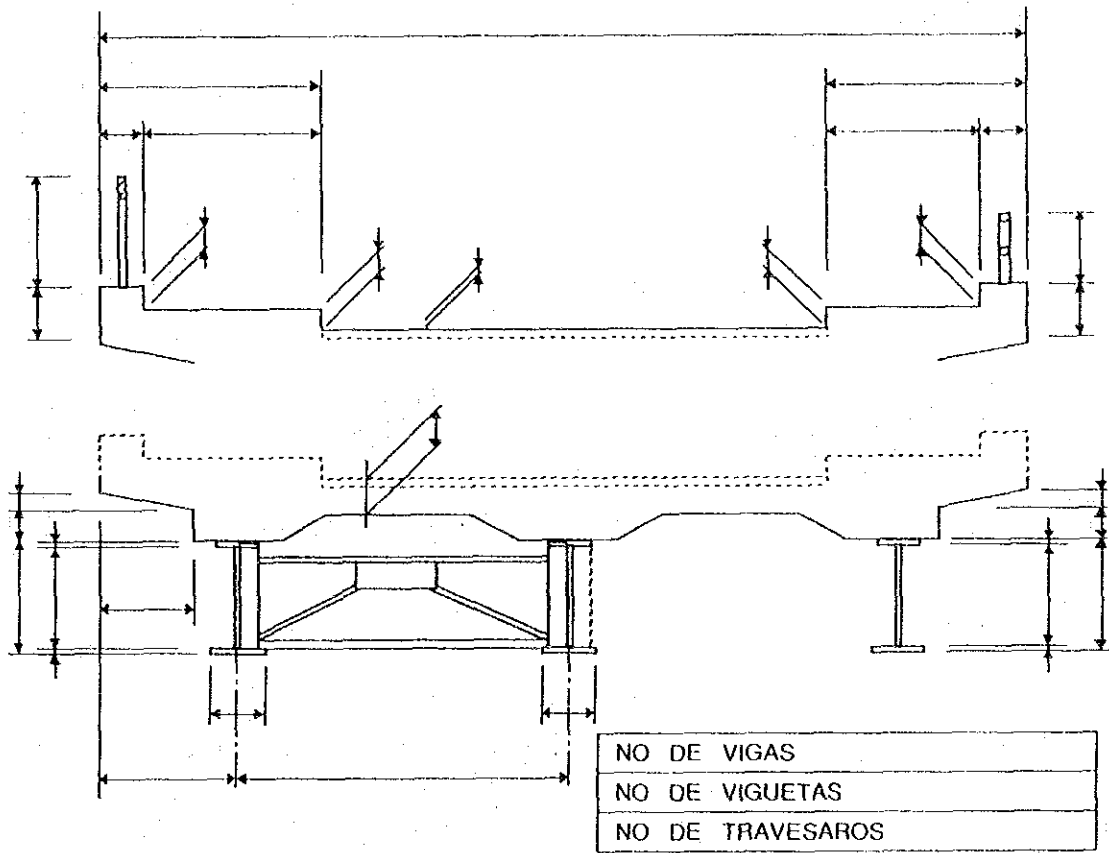


Figura 2-10 : HOJA DE MENSURA (2)

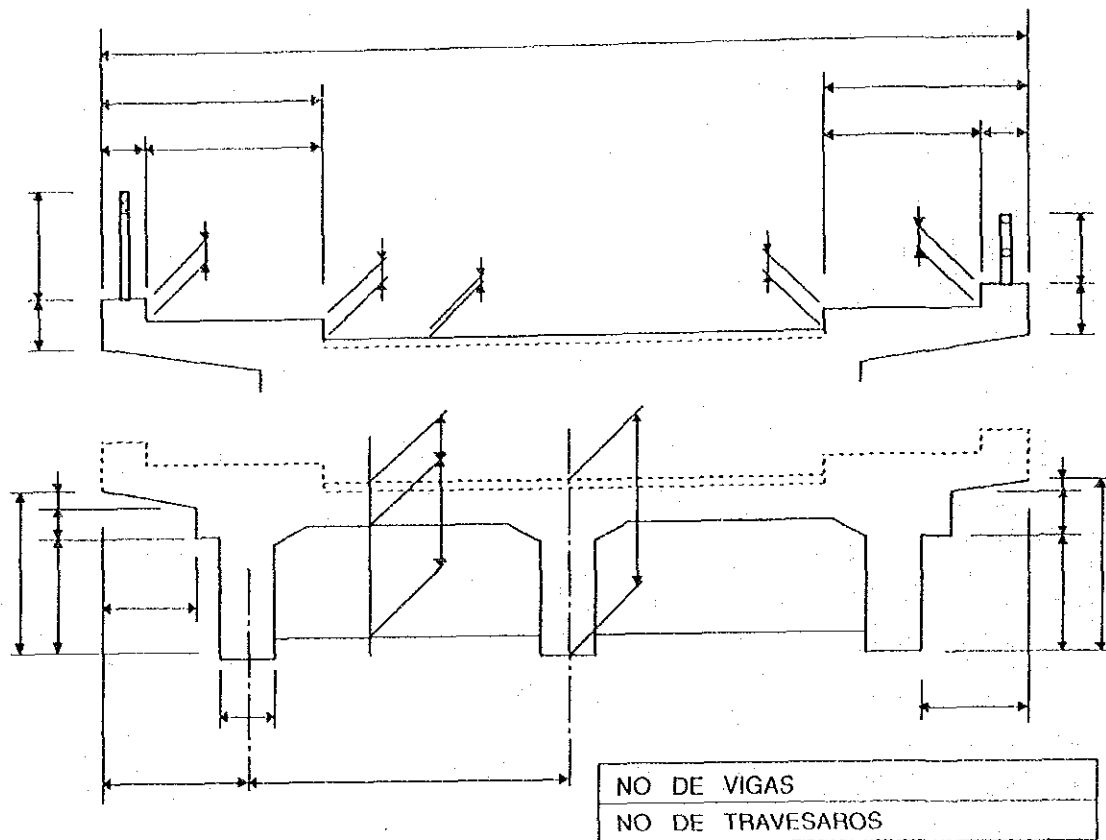
SECTION TRANSVAERSAL - PUENTE METALICO



NOTA

Figura 2-11 : HOJA DE MENSURA (3)

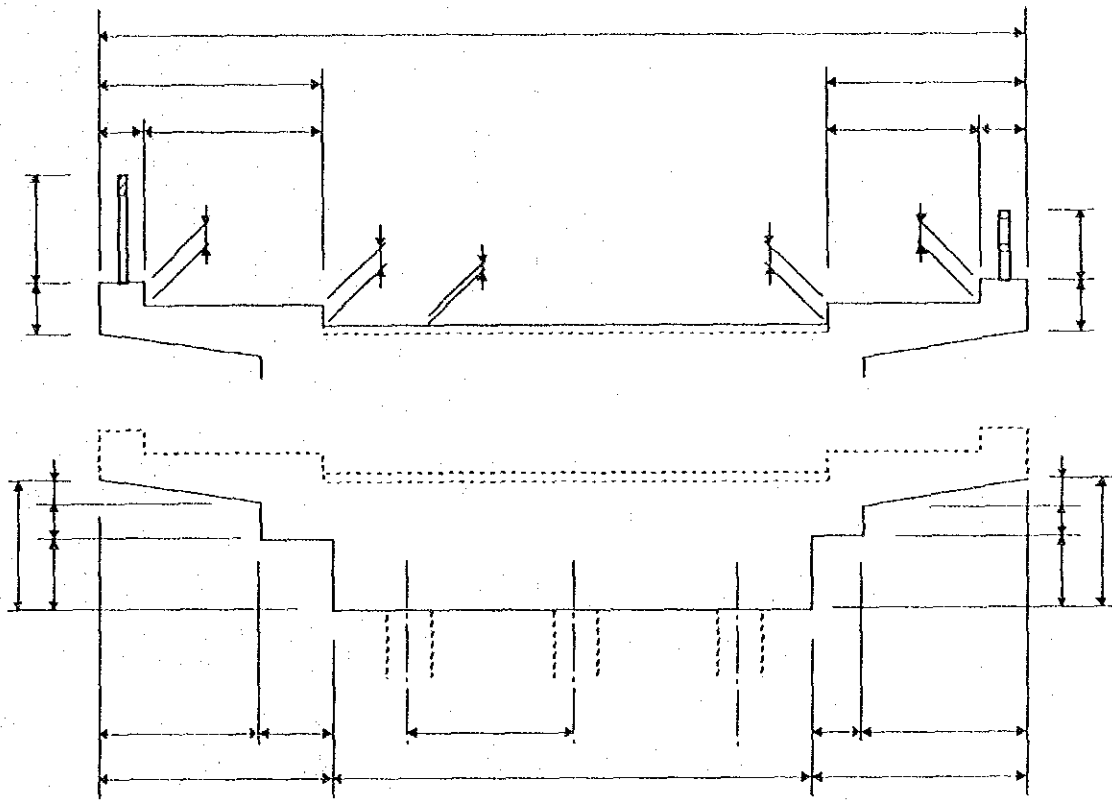
# SECTION TRANSVAERSAL - PUENTE DE HORMIGON



NOTA

Figura 2-12 : HOJA DE MENSURA (4)

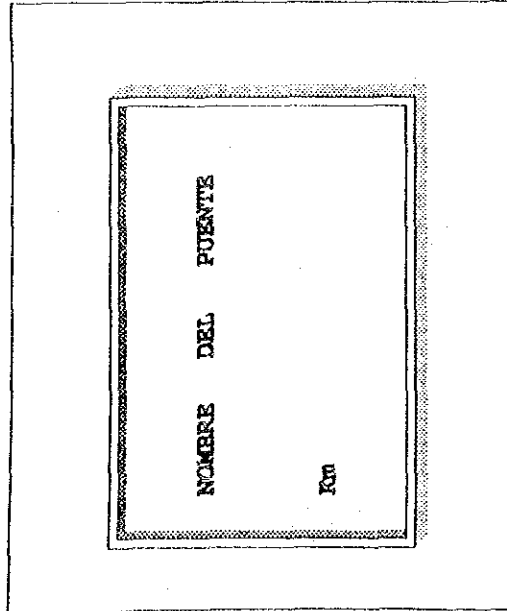
SECTION TRANSVAERSAL - PUENTE LOSA



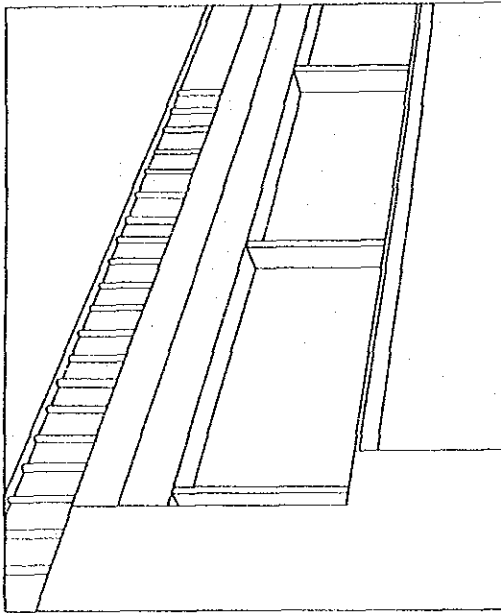
NOTA

Figura 2-13 : HOJA DE MENSULA (5)

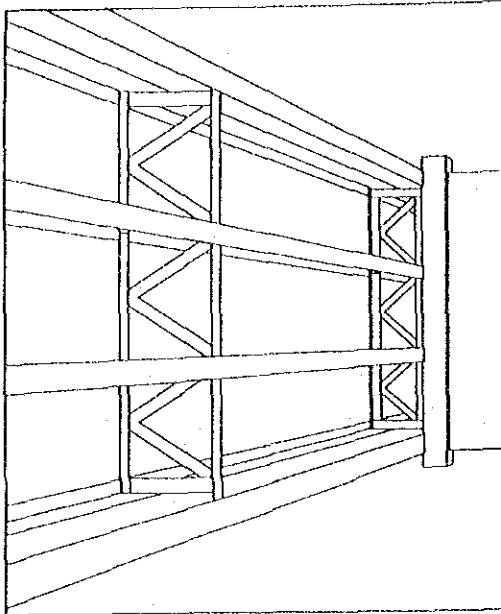
INDICE FOTOGRAFICO



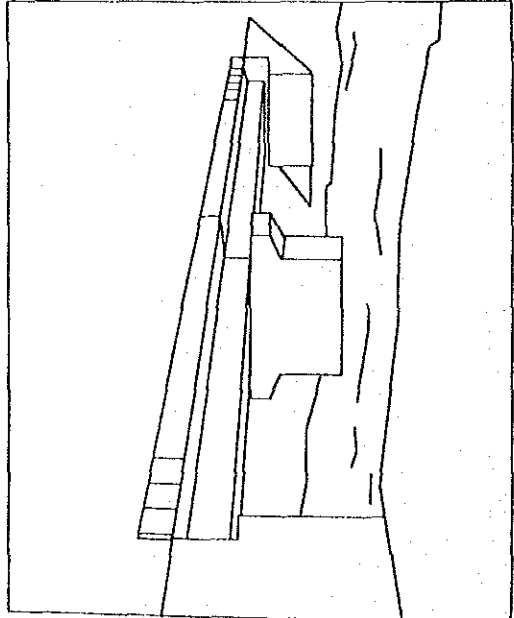
VIGA PRINCIPAL



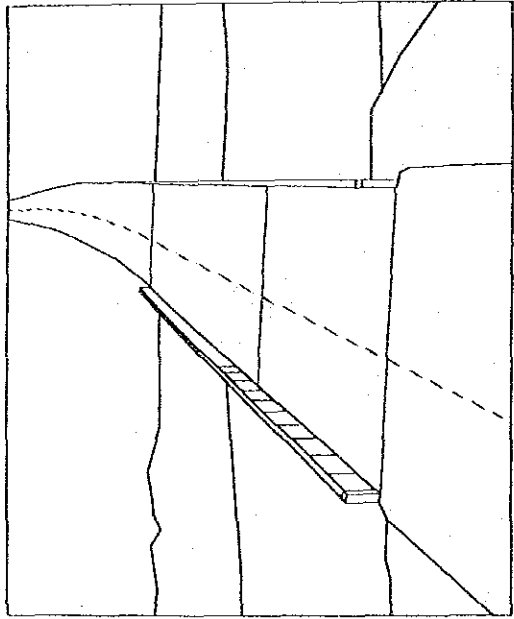
TRAVESAÑO



VISTA GENERAL



SUPERFICIE DE RODADO



APOYO

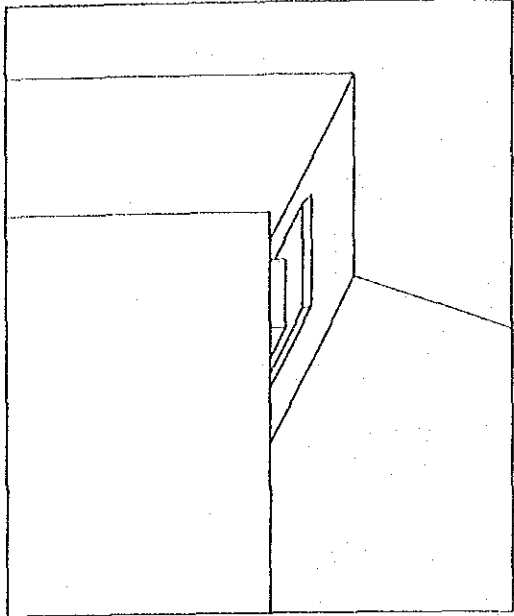
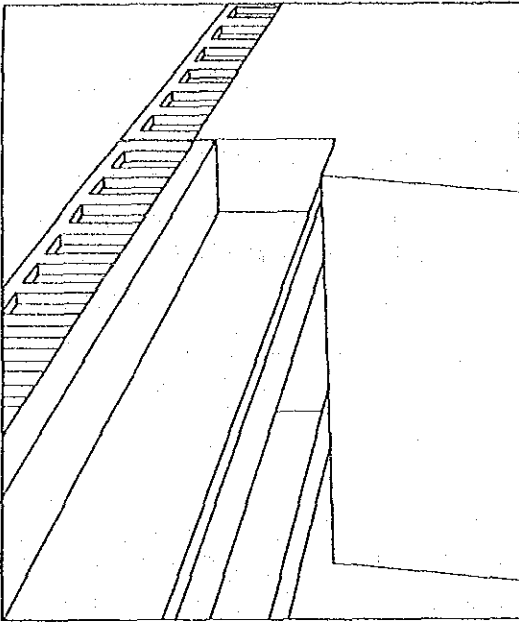


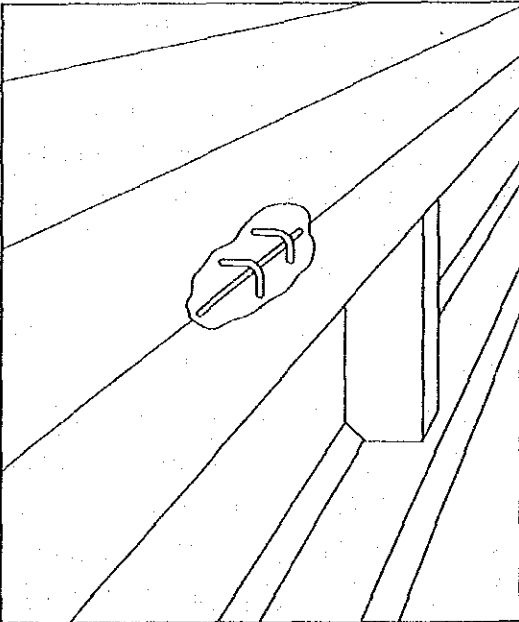
Figura 2-14 : FOTOGRAFÍAS FUNDAMENTALES (1)



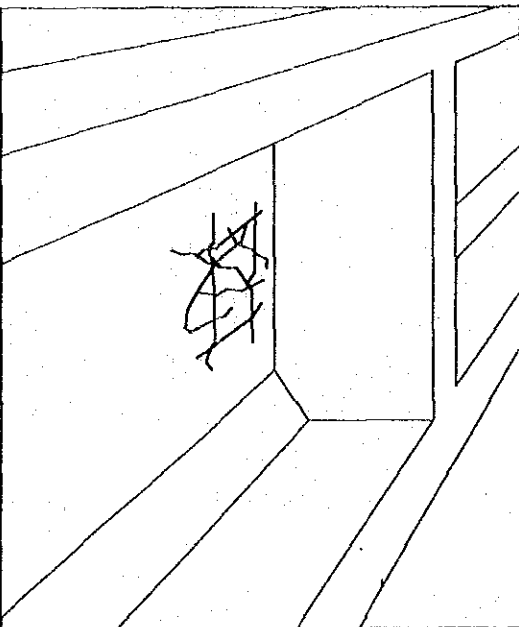
ESTRIBOS



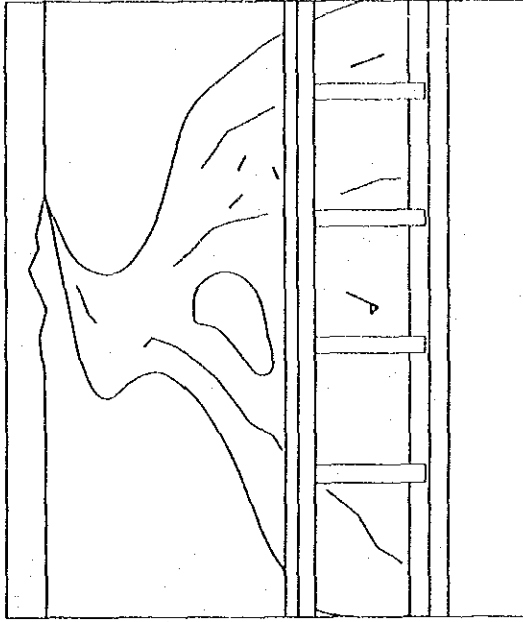
ZONA DE DANO



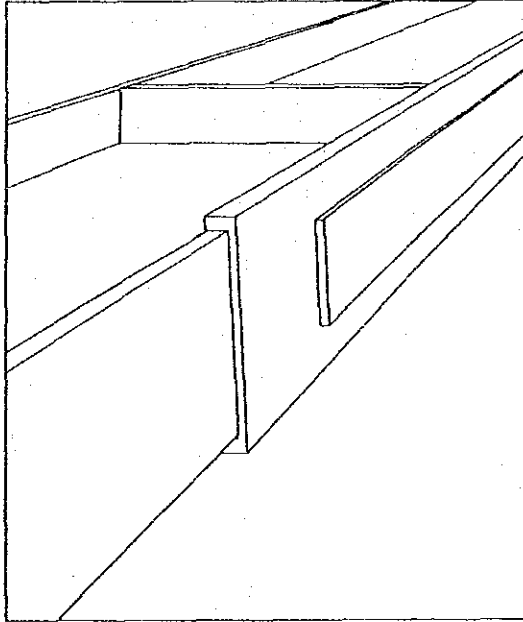
TABLERO



CAUCE DE ESCURRIMIENTO



PROBLEMA ESTRUCTURAL



CEPA

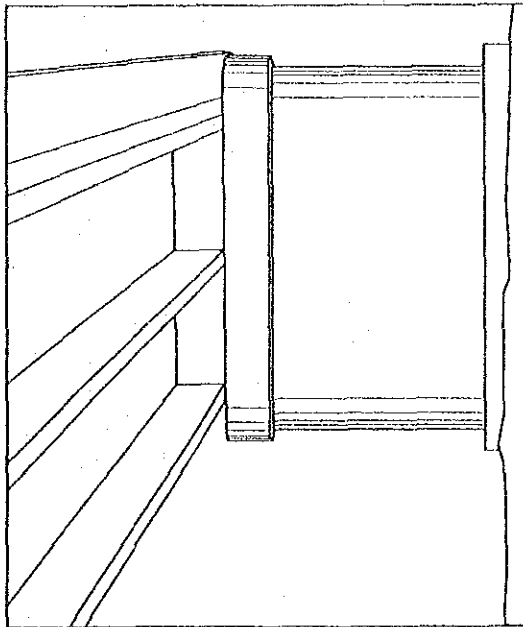


Figura 2-15 : FOTOGRAFIAS FUNDAMENTALES (2)

## 2-1-4 RESULTADOS DEL ESTUDIO

### (1) PROBLEMAS GENERALES DE LOS PUENTES EN CHILE

A continuación se mencionan los problemas que generalmente que se observaron durante la inspección.

#### 1) Problemas Comunes

##### 1. Apoyo

Los puentes recién construidos tienen placas de apoyo de neopreno; sin embargo, los puentes con más de 10 años desde su construcción, no tienen un buen sistema de apoyo. Por esta razón, el impacto se transmite directamente a la infraestructura y las partes comprendidas en el punto de apoyo de la superestructura en la infraestructura (denominadas como apoyo normal) están dañadas considerablemente. Por otra parte, casi no se observaron apoyos que permitan el movimiento horizontal a la superestructura, factor que afecta mucho a las articulaciones de las vigas Gerber, etc. que fueron bastante utilizados en los puentes de Chile, y al puente en general.

##### 2. Juntas de expansión

La mayoría de las juntas de expansión en Chile están compuestas por cantoneras con tapas metálicas (cover plate) soldadas en un extremo. Por lo observado, se cuestiona la confiabilidad de la fabricación de las juntas y de la soldadura de las tapas. Se observaron daños en casi todas las juntas de expansión, inclusive en aquellas que fueron construidas hace dos años, por lo tanto, se duda de su durabilidad. Además, se vio que debido a la mala calidad de fabricación se generan sonidos extraños, incremento del impacto, etc.

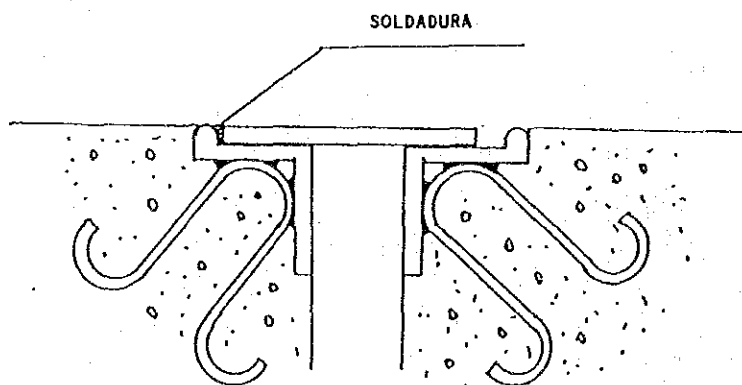


Figura 2-16 : JUNTAS DE EXPANSIÓN

### 3. Terraplenes

Los taludes de los muros de protección en los estribos, por lo general se encuentran en mal estado. Por esta razón, debido a que se producen deslizamientos de tierra del relleno de los taludes, se presenta la posibilidad de hundimientos de la parte frontal del terraplén, ya sean los estribos de tipo pared o con contrafuertes, que son bastante utilizados. Por lo tanto es importante se estudie el método de protección de los terraplenes.

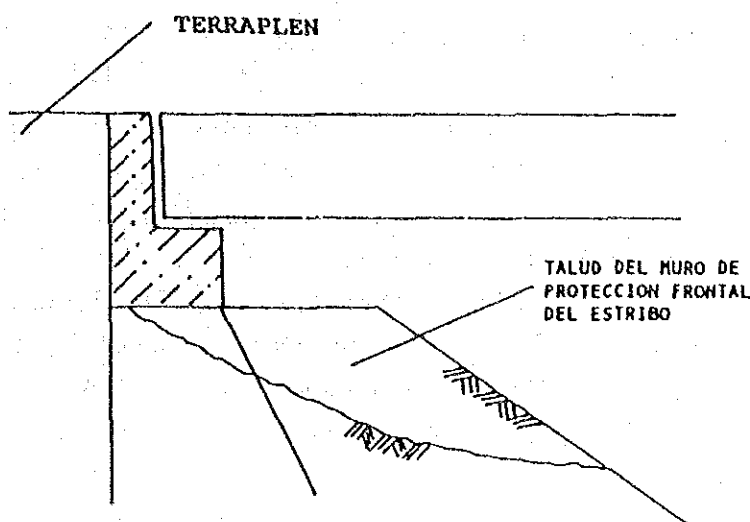


Figura 2-17 : TERRAPLENES

### 4. Fundaciones

Se tienen varios casos tales como las fundaciones de los puentes Maipo, Malleco, etc. que dan la impresión de no ser fundaciones destinadas a soportar actividad sísmica. Por otra parte, se observaron fundaciones, tales como el caso del puente Maule, con problemas de socavación crítica y con escasa profundidad de fundación.

En términos generales, se pudo observar que de alguna manera, muchos puentes pudieron resistir el efecto de los sismos; sin embargo, puede considerarse que para los puentes de las regiones del sur, en especial la 10ª Región, debido a la insuficiente capacidad portante del suelo, sería importante desarrollar un estudio de los suelos de fundación para la ejecución de proyectos de construcción de puentes.

## 5. Diseño

Los métodos de diseño utilizados en Chile, básicamente se reducen al diseño unidimensional, aún en los casos en que la calzada o ancho de diseño es grande. El método de entramado o emparrillado, que es muy conocido, aún no se ha generalizado en Chile. Por esta razón, es importante destacar que en la mayoría de los casos no se cuenta con travesaños que distribuyan transversalmente las cargas, y se están ignorando las tensiones transversales. Por otra parte, se usan vigas Gerber produciendo zonas débiles donde la instalación de una viga continua sería mucho más adecuada.

## 6. Métodos de rehabilitación y reconstrucción

Debido al gran crecimiento actual de los volúmenes de tráfico, el ancho de calzada de los puentes viejos resulta ser insuficiente y su ensanchamiento necesario. Al respecto de la ampliación de las calzadas, se registraron dos métodos, para puentes que originalmente tenían 2 carriles de tráfico con doble circulación, a puentes con 4 carriles, o sea dos carriles para cada sentido de circulación. Éstos son, la construcción de un puente nuevo de dos carriles paralelo al puente antiguo (Caso 1), y la construcción de un puente de dos carriles adjunto al viejo y separado solo por una junta longitudinal (Caso 2).

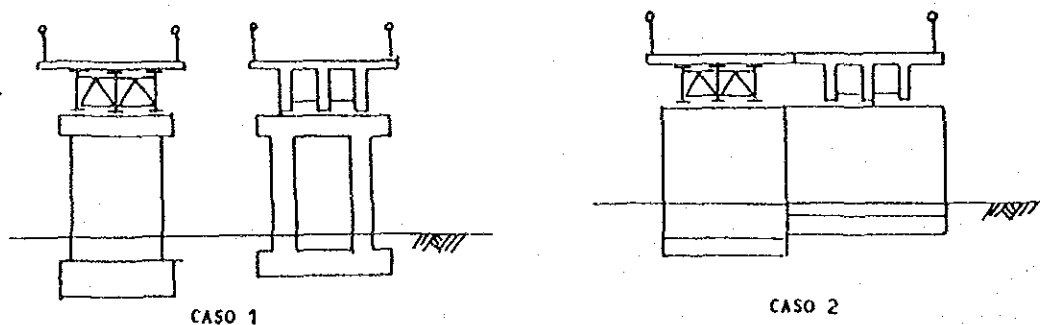


Figura 2-18 : MÉTODOS DE ENSANCHAMIENTO DE CALZADA

## 2) Problemas en puentes de hormigón

### 1. Calidad del hormigón

En general, se puede decir que la calidad del hormigón utilizado no es de muy buena. En especial, se puede pensar que se tienen problemas en la construcción de encofrados o moldajes, es común observar que los encofrados no fueron removidos en su totalidad. Además, se observó que existen problemas constructivos para el terminado de las líneas de encofrado, hormigonado de las esquinas o recodos, etc.

Por otra parte, debido a malos trabajos de hormigonado, se produjeron excesivamente defectos constructivos tales como nidos de piedra, armaduras al aire, etc., generándose así puntos débiles en la estructura.

### 2. Puentes con vigas continuas de hormigón armado

Se observó una gran cantidad de casos en los cuales se utilizaron articulaciones Gerber en este tipo de puentes. Uno de los problemas que se presentan en este caso, es la creación de puntos estructuralmente débiles debido al uso innecesario de este tipo de articulaciones, tal es el caso de vigas con luces menores a los 20 m. Por otra parte, se tiene que la aplicación de éstas articulaciones se efectuó aplicando una construcción estructuralmente débil (Figura 2-11). Finalmente, se pudo verificar la existencia de casos de agrietamiento a partir de los apoyos intermedios, desde el pavimento, y en forma perpendicular al eje del puente.

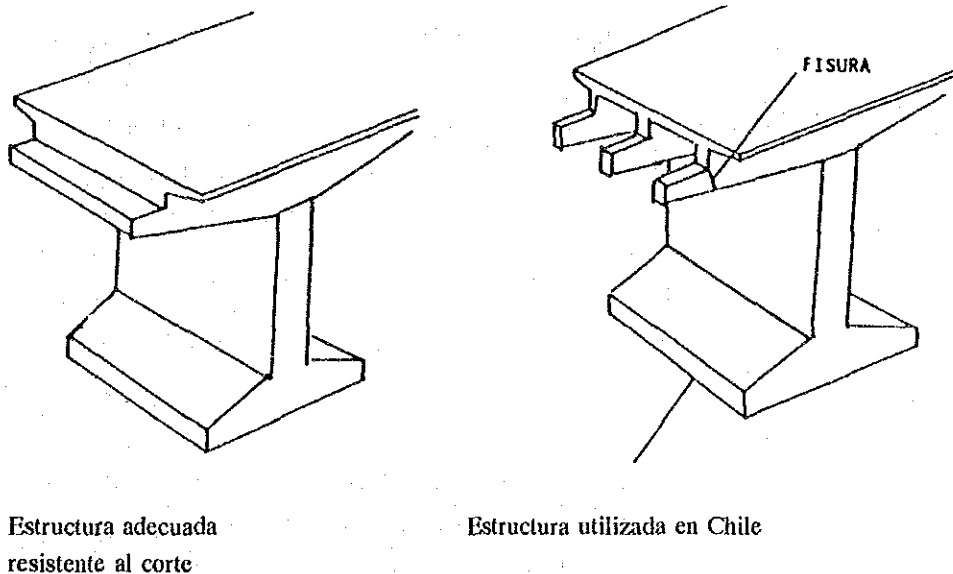


Figura 2-19 : DEFECTOS EN ARTICULACIONES GERBER

### 3. Cepas columna de puentes en arco de hormigón armado

Se observó la aplicación de cepas tipo columnas demasiado esbeltas, lo que hace dudar al respecto de su rigidez; por ejemplo, una cepa con 30 mts. de altura pero sólo 70 cm. de ancho de sección y que además no posee travesaños ni riostra diagonales intermedias. Por otra parte, por el daño que presentan estas cepas esbeltas, puede considerarse aparentemente que no se están considerando las deformaciones elásticas en el diseño. En estas cepas se registraron daños considerables. (Figura 2-20)

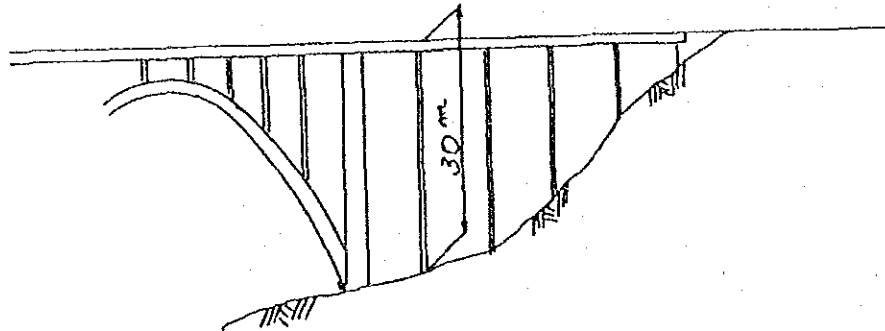


Figura 2-20 : CEPAS TIPO COLUMNA DE Puentes EN ARCO

### 4. Construcciones de hormigón

Son varios los casos registrados en los cuales se presenta debilidad estructural debido a un mal tratamiento en las juntas de un hormigón viejo con uno nuevo.

#### 3) **Problemas en puentes de acero**

##### 1. Travesaños

En general los travesaños utilizados, no son ni cumplen con la función de vigas transversales, y son tan sólo simples arriostramientos diagonales de la plataforma. Además, están soldadas in situ a la viga principal; por otra parte, se puede decir que el trabajo de soldadura no fué hecho adecuadamente. Se registraron por lo menos 10 casos en los cuales las uniones estaban desoldadas o reparadas.

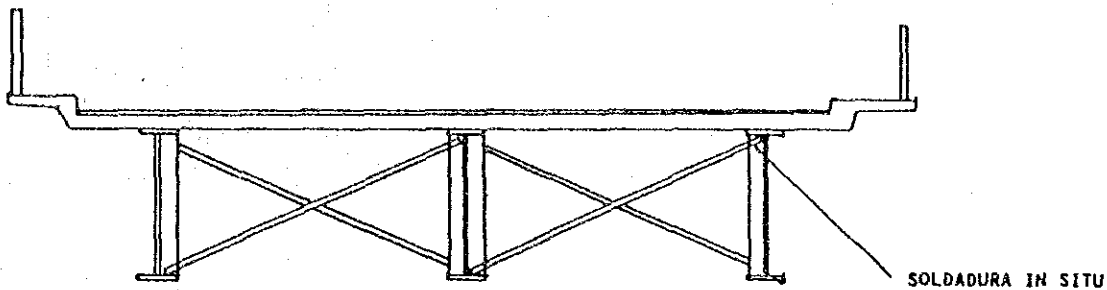


Figura 2-21 : CONSTRUCCIÓN DE TRAVESAÑOS

## 2. Viga principal

Las vigas por lo general presentan un aumento brusco de la sección de las platabandas del sector central, esto pone a la estructura en una situación de falla por fatiga. Además cabe destacar que en varios casos se observó que no se proporcionó una contraflecha o que presentan flechas excesivas.

### (2) Evaluación del grado de deterioro o daños

Primeramente se realizó una evaluación por partes utilizando la hoja de inspección que se muestra la Tabla 2-10. Luego, adoptando como método de evaluación el conocido método del "Análisis de Jerarquización", se crearon 3 grupos o niveles de jerarquía; un primer nivel de jerarquía compuesto por la evaluación para cada grupo estructural del puente, un segundo nivel compuesto por la evaluación de las partes comprendidas en la superestructura, infraestructura y accesorios, y finalmente un tercer nivel compuesto por la evaluación de los daños o grados de deterioro del puente en general. En el capítulo No.8 se presenta una explicación detallada al respecto de este método de evaluación. Los resultados de esto se muestran en las Tablas 2-11(1) a (5).

Tabla 2-11(1): EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO

No.	Bridge Name	Type	State	Floor	Accessory	Super	Sub	Total
130	PS SANTA ELISA	HA-	8	0.098	0.155	0.336	0.557	1.049
128	PS COCHARCAS	HA-	8	0.110	0.151	0.397	0.557	1.105
109	HUACARNECO	HPO	7	0.142	0.260	0.403	0.557	1.221
127	PS CHILLAN	ACE	8	0.082	0.210	0.350	0.668	1.227
215	FORRAHUE	ACE	10	0.077	0.177	0.327	0.758	1.263
224	ARENAS2	HA-	10	0.159	0.189	0.503	0.658	1.350
227	TENIO	LOS	10	0.291	0.158	0.407	0.784	1.350
228	ASTIL	LOS	10	0.258	0.131	0.550	0.758	1.438
94	LIRCAY2	HPO	7	0.134	0.204	0.467	0.789	1.460
129	PS CONFLUENCIA	LOS	8	0.344	0.226	0.636	0.617	1.479
223	TRAPEN	HA-	10	0.168	0.302	0.509	0.707	1.517
212	DAMAS	HPO	10	0.091	0.207	0.348	0.967	1.521
85	PS MAQUEHUAPON	HPO	7	0.100	0.260	0.370	0.895	1.525
229	TAMBOR	LOS	10	0.329	0.156	0.621	0.758	1.535
83	GUAIQUELLOPONI	HPO	7	0.131	0.253	0.399	1.002	1.654
145	PASO DE PIEDRA	LOS	8	0.225	0.190	0.517	0.948	1.655
226	GAUDA	HA-	10	0.183	0.207	0.734	0.758	1.699
174	PICHIQUEPINUEV	MIX	9	0.060	0.227	0.510	0.968	1.705
220	RIONEGRO	LOS	10	0.373	0.182	0.665	0.858	1.705
173	PICHIQUEPANTI	ACE	9	0.193	0.320	0.508	0.898	1.726
199	PS LOS LAGOS	ACE	10	0.115	0.338	0.490	0.948	1.775
201	EL TREBOL	ACE	10	0.137	0.403	0.582	0.792	1.776
225	GOMEZ	HA-	10	0.185	0.136	0.697	0.949	1.782
216	PS CASMA	ACE	10	0.120	0.219	0.701	0.870	1.791
231	MURROR	LOS	10	0.533	0.386	0.650	0.755	1.791
183	PS LONCOCHE	MIX	9	0.119	0.385	0.645	0.766	1.796
222	TAYLOR	HA-	10	0.153	0.296	0.845	0.660	1.801
196	MAFIL 3	ACE	10	0.169	0.315	0.928	0.557	1.801
182	DONGUIL	ACE	9	0.120	0.289	0.665	0.862	1.816
87	LONTUEPONIENTE	HPO	7	0.167	0.312	0.540	0.966	1.818
206	LA POZA	ACE	10	0.167	0.276	0.733	0.839	1.848
114	PARRAL	HPO	7	0.142	0.344	0.560	0.948	1.852
80	ENDESA	ACE	7	0.155	0.456	0.508	0.898	1.862
89	ESTEROSCO	HPO	7	0.141	0.341	0.506	1.048	1.895
221	ARENAS	LOS	10	0.485	0.217	0.777	0.911	1.905
136	PAL PAL	HPO	8	0.152	0.382	0.518	1.054	1.954
119	VIRGUIN	LOS	8	0.345	0.338	0.637	0.992	1.967
210	HUITRAL	LOS	10	0.564	0.287	0.680	1.014	1.982
118	COLLIGUAY	LOS	8	0.500	0.254	0.792	0.940	1.985
232	LOS PALOS	LOS	10	0.428	0.435	0.623	0.942	1.999
9	EL ALMENDRO	MIX	4	0.286	0.143	0.694	1.171	2.007
217	PESCADO	ACE	10	0.069	0.307	0.748	0.968	2.022
202	LLOLLELHUE	ACE	10	0.231	0.268	0.595	1.174	2.038
115	LA VEGA	HA-	7	0.171	0.452	0.611	0.976	2.039
208	RIOBUENO	HPO	10	0.295	0.302	0.688	1.062	2.052
8	CAMARONESI	MIX	4	0.256	0.143	0.707	1.205	2.055
211	PUQUITRE	LOS	10	0.453	0.304	0.570	1.210	2.083
74	DESCARGA ORIE	HA-	8	0.177	0.259	0.654	1.171	2.084
5	CULEBRONORIENT	HA-	4	0.173	0.256	0.673	1.171	2.099
73	TINGUIRIRICAO	HPO	6	0.173	0.256	0.673	1.171	2.099



Tabla 2-11(2): EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO

No.	Bridge Name	Type	State	Floor	Accessory	Super	Sub	Total
68	PSSAN FERNANDO	HPO	6	0.173	0.256	0.673	1.171	2.099
63	PSPELEQUENORI	HPO	6	0.173	0.256	0.673	1.171	2.099
69	ANTIVEROORIENT	HPO	6	0.173	0.256	0.673	1.171	2.099
76	DESCARGA2 ORIE	HA-	6	0.195	0.259	0.671	1.171	2.101
47	STA. BLANCA ORI	LOS	6	0.427	0.259	0.672	1.171	2.102
7	CAMARONES2	MIX	4	0.298	0.196	0.746	1.171	2.113
194	MAFIL 1	ACE	10	0.085	0.252	0.933	0.930	2.116
75	DESCARGA1 PONI	HA-	6	0.195	0.278	0.671	1.171	2.120
235	PEUCOPONIENTE	ACE	13	0.159	0.259	0.691	1.171	2.121
121	GAONA	LOS	8	0.521	0.372	0.741	1.039	2.152
12	LA CEBADA	ACE	4	0.159	0.270	0.716	1.171	2.157
19	PSEL NEGRO	LOS	4	0.427	0.327	0.672	1.171	2.170
67	CHARQUICANPONI	HA-	6	0.195	0.333	0.671	1.171	2.175
131	NEBUCO	HAG	8	0.1714	0.313	0.808	1.054	2.175
6	LAGUNILLAS	HA-	4	0.221	0.312	0.697	1.171	2.180
77	DESCARGA2 PONI	LOS	6	0.427	0.272	0.672	1.240	2.184
65	RIGOLEMUPONIEN	ACE	6	0.188	0.279	0.745	1.171	2.195
46	STA. BLANCA PON	HA-	6	0.195	0.324	0.702	1.171	2.197
4	CULEBRONPONIEN	ACE	4	0.174	0.276	0.753	1.171	2.199
62	PSPELEQUENPON	ACE	6	0.205	0.297	0.732	1.171	2.200
218	EL BURRO	ACE	10	0.107	0.380	0.716	1.105	2.201
133	PITE	LOS	8	0.575	0.389	0.926	0.887	2.202
18	CONCHALI	HPO	4	0.191	0.352	0.691	1.171	2.213
246	PSHOSPITALORI	HPO	13	0.189	0.357	0.688	1.171	2.216
66	CHARQUICANORIE	HA-	6	0.173	0.376	0.673	1.171	2.219
20	TOTALILLO	HAG	4	0.125	0.302	0.753	1.171	2.225
207	TRAIQUEN	ACE	10	0.198	0.323	0.996	0.909	2.228
192	RUCAPICHIO	ACE	10	0.128	0.326	0.771	1.138	2.236
153	CHUMULCO	HA-	8	0.201	0.382	0.738	1.118	2.238
96	PSLIRCAY	HAG	7	0.1105	0.321	0.614	1.308	2.244
3	PSLA SERENA	MIX	4	0.389	0.164	0.807	1.276	2.247
126	NUBLE	HPO	8	0.207	0.350	0.782	1.116	2.247
93	LIRCAY1	HA-	7	0.176	0.342	0.751	1.168	2.262
135	ESPINAL	LOS	8	0.565	0.444	0.682	1.154	2.280
26	HUAQUEN	HA-	5	0.219	0.348	0.774	1.171	2.293
191	PSMAFIL	ACE	10	0.112	0.321	0.776	1.203	2.300
21	PSPALO COLORAD	HA-	4	0.229	0.291	0.804	1.205	2.300
219	MAULLIN	HPO	10	0.173	0.396	0.873	1.042	2.311
193	INAQUE	ACE	10	0.253	0.431	0.960	0.920	2.312
56	PSLIRIOSORIEN	ACE	6	0.174	0.318	0.828	1.171	2.317
37	PSEL OLIVO	ACE	5	0.173	0.285	0.533	1.506	2.323
214	CHIFIN	ACE	10	0.204	0.375	1.012	0.942	2.329
48	BENITOPONIENTE	HA-	6	0.232	0.283	0.890	1.171	2.344
184	LO VASQUEZ2	HA-	9	0.132	0.338	0.799	1.222	2.359
71	PSLAS TERMAS	LOS	6	0.460	0.256	0.880	1.230	2.366
64	RIGOLEMUDRIENT	HAG	6	0.125	0.279	0.925	1.171	2.375
195	MAFIL 2	ACE	10	0.150	0.303	0.943	1.134	2.380
198	SAN PEDRO	ACE	10	0.148	0.328	0.687	1.381	2.396
237	LO PINTO 1 PON.	HA-	13	0.222	0.281	0.715	1.405	2.401
144	CALIBORO	LOS	8	0.395	0.536	0.660	1.205	2.401

Tabla 2-11(3): EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO

No.	Bridge Name	Type	State	Floor	Accessory	Super	Sub	Total
78	PEOPRESNADA PO	HPO	6	0.204	0.344	0.717	1.348	2.408
187	LELFUCADE1	HAG	10	0.2158	0.473	0.797	1.142	2.413
1	JUAN SOLDADO	ARN	4	0.226	0.370	0.702	1.340	2.413
197	HUILLINCO	ACE	10	0.204	0.319	1.149	0.946	2.414
11	LIMARI	ARN	4	0.242	0.310	0.902	1.205	2.417
27	LONGOTOMA2	HA-	5	0.197	0.311	0.797	1.348	2.456
59	TIPAUMEPONIENT	HA-	6	0.232	0.402	0.708	1.348	2.458
204	NISCON	ACE	10	0.172	0.384	0.884	1.192	2.460
113	COLLIGUAY	LOS	7	0.513	0.360	0.863	1.239	2.462
112	COPIHUE	LOS	7	0.472	0.493	0.764	1.208	2.465
61	CLAROPONIENTE	HA-	6	0.334	0.308	0.811	1.348	2.466
230	CEBADAL	LOS	10	0.635	0.418	0.856	1.200	2.473
52	PSMACHALI	ACE	6	0.255	0.392	0.921	1.171	2.483
60	CLARORIENTE	HAG	6	0.197	0.319	0.821	1.348	2.488
186	CRUCES	HAG	10	0.1225	0.428	0.824	1.238	2.490
84	PSMAQUEHUAORI	HAG	7	0.2011	0.410	1.034	1.047	2.491
164	TRICAUCO	ACE	9	0.212	0.427	0.952	1.114	2.493
49	BENITOORIENTE	LOS	6	0.674	0.350	0.919	1.233	2.503
13	EL TENIENTE	HAG	4	0.137	0.311	0.807	1.389	2.506
58	TIPAUMEORIENTE	HAG	6	0.125	0.369	0.794	1.348	2.511
209	PILMAIQUEN	HPO	10	0.268	0.437	0.738	1.340	2.515
200	HUINA HUINA	ACE	10	0.210	0.434	1.096	0.987	2.517
53	PS TENIENTEPON	HA-	6	0.282	0.410	0.939	1.171	2.519
243	PS PAINE PONIEN	ACE	13	0.168	0.364	0.993	1.171	2.527
162	COLO	ARS	9	0.800	0.491	0.800	1.239	2.529
163	TRAIGUEN	ACE	9	0.175	0.451	0.962	1.123	2.536
205	CUNOCUNO	ACE	10	0.204	0.405	1.017	1.115	2.537
24	CHIVATO	HAG	5	0.145	0.355	0.883	1.301	2.540
169	QUILLEM	HAG	9	0.21	0.498	0.977	1.070	2.545
16	MILLAHUE	LOS	4	0.574	0.372	0.819	1.361	2.552
190	RUCACO	ACE	10	0.195	0.371	0.946	1.235	2.553
132	LARQUI	HAG	8	0.2012	0.240	0.957	1.358	2.554
242	PS PAINE ORIENT	HA-	13	0.251	0.350	1.035	1.171	2.555
2	FISCAL	HAG	4	0.115	0.350	0.718	1.491	2.559
241	MAIPO	HPO	13	0.222	0.386	0.720	1.453	2.559
50	CADENA	LOS	6	0.553	0.591	0.798	1.171	2.559
247	PSHOSPITALPON	MIX	13	0.381	0.190	1.075	1.306	2.571
51	PSALAMEDA	ACE	6	0.249	0.378	0.950	1.250	2.579
120	BULI	LOS	8	0.659	0.341	0.892	1.345	2.579
15	HUENTELAUQUEN	MIX	4	0.420	0.143	1.055	1.382	2.581
154	CANAL RIEGO	ACE	8	0.231	0.363	0.822	1.407	2.592
189	NEGRO	ACE	10	0.184	0.300	1.069	1.238	2.608
57	PSLIRIOSPONIE	HAG	6	0.115	0.336	1.034	1.240	2.610
234	PEUCOORIENTE	LOS	13	0.555	0.275	0.975	1.362	2.612
91	CHAGRES	HA-	7	0.167	0.303	0.813	1.505	2.621
170	PUMALAL	MIX	9	0.145	0.489	1.065	1.070	2.623
36	EL LITRE	ACE	5	0.266	0.323	0.532	1.769	2.625
179	PSFREIRE	LOS	9	0.658	0.464	0.892	1.271	2.626
148	QUILQUE	LOS	8	0.494	0.441	0.780	1.414	2.634
95	PSSAN CLEMENTE	HA-	7	0.310	0.372	1.049	1.217	2.638

Tabla 2-11(4): EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO

No.	Bridge Name	Type	State	Floor	Accessory	Super	Sub	Total
180	TOLTEN	ARN	9	0.271	0.514	0.860	1.298	2.672
45	PSTRONCO	LOS	6	0.573	0.293	0.993	1.394	2.680
55	CACHAPOAL	ACE	6	0.173	0.333	0.811	1.542	2.687
81	TENO	HAG	7	0.1477	0.406	1.154	1.130	2.690
92	PANGUE	HAG	7	0.1491	0.350	0.973	1.379	2.702
177	HUILQUILCO	ACE	9	0.176	0.376	1.204	1.133	2.713
125	PSIANSÁ	LOS	8	0.669	0.388	0.959	1.388	2.735
39	PSLA CALAVERA	MIX	5	0.393	0.259	0.905	1.578	2.742
43	PEUCOPONIENTE	MIX	6	0.379	0.186	0.978	1.579	2.744
82	GUAQUILOORIE	HAG	7	0.1536	0.511	0.717	1.532	2.760
86	LONTUEORIENTE	HAG	7	0.1892	0.323	1.014	1.424	2.761
139	ITATA	ARS	8	0.800	0.579	0.800	1.410	2.790
238	PSLO SIERRA	ACE	13	0.221	0.354	0.887	1.551	2.792
10	QUEBRADASECA	LOS	4	0.498	0.262	0.743	1.791	2.796
35	NOGALES	HAG	5	0.155	0.402	0.816	1.584	2.801
41	LAS VEGAS OR	MIX	5	0.391	0.132	0.879	1.791	2.801
40	LAS VEGAS PO	MIX	5	0.391	0.132	0.879	1.791	2.801
32	QUEBRADILLA	LOS	5	0.506	0.278	0.926	1.598	2.802
111	PSCOPIHUE	HAG	7	0.1375	0.462	0.940	1.407	2.809
79	PEOPRESNADA OR	HAG	6	0.205	0.398	0.877	1.542	2.817
203	CHOROY	ACE	10	0.191	0.414	0.982	1.428	2.824
185	LO VASQUEZ3	LOS	9	0.653	0.366	0.863	1.595	2.825
30	JAURURO	LOS	5	0.575	0.349	0.996	1.481	2.826
104	ANCOA 1	HAG	7	0.1755	0.441	0.956	1.443	2.839
165	CHANCO	ACE	9	0.304	0.467	1.197	1.200	2.864
107	LIGUAY	HA-	7	0.206	0.504	0.928	1.446	2.878
167	EL SALTO	ACE	9	0.186	0.417	0.975	1.488	2.879
28	LONGOTOMA 1	LOS	5	0.732	0.262	1.152	1.469	2.884
103	PUTAGAN	HA-	7	0.218	0.402	0.867	1.625	2.893
54	PS TENIENTE ORI	ACE	6	0.308	0.454	1.144	1.297	2.895
147	RARINCO	HA-	8	0.301	0.524	0.842	1.533	2.899
105	ANCOA 2	HAG	7	0.1755	0.445	0.956	1.505	2.905
244	PAINEPONIENTE	ACE	13	0.265	0.412	1.034	1.464	2.911
101	PSBOBADILLA	HAG	7	0.211	0.511	1.230	1.186	2.926
239	FFCC SURLOSA	LOS	13	0.606	0.354	1.027	1.569	2.949
122	NAVOTAVO	LOS	8	0.846	0.406	1.136	1.409	2.951
42	LOS LOROS	LOS	5	0.508	0.299	0.928	1.728	2.956
151	DESCARGA	LOS	8	0.641	0.510	1.001	1.448	2.959
100	LAS VERTIENTES	HAG	7	0.1536	0.527	1.016	1.418	2.961
90	CLARO	ARS	7	1.380	0.271	1.380	1.311	2.962
149	DUQUECO	HPO	8	0.281	0.301	1.003	1.660	2.963
22	QUILIMARI	HAG	4	0.137	0.346	0.805	1.823	2.975
29	PULLALLY	ACE	5	0.225	0.347	0.941	1.688	2.977
88	PIRIHUIN	LOS	7	0.846	0.457	1.219	1.303	2.979
17	CHIGUALOCO	HAG	4	0.191	0.383	1.137	1.465	2.985
158	PSPIDIMA	ACE	9	0.197	0.508	1.080	1.406	2.994
106	ACHIBUENO	HAG	7	0.1997	0.424	0.892	1.681	2.998
102	QUILIPIN	ACE	7	0.163	0.429	0.816	1.755	3.000
175	QUEPEANTIGUO	ACE	9	0.240	0.436	0.961	1.606	3.003
117	NIQUEN	LOS	8	0.795	0.343	1.278	1.387	3.008

Tabla 2-11(5): EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO

No.	Bridge Name	Type	State	Floor	Accessory	Supor	Sub	Total
31	TALAUQUEN	LOS	5	0.448	0.362	0.869	1.781	3.013
44	PEUCOORIENTE	ACE	6	0.249	0.400	1.141	1.473	3.014
25	LA BALLENA	LOS	5	0.550	0.290	0.971	1.761	3.022
155	ESPERANZA	HAG	9	0.2042	0.434	0.982	1.609	3.025
72	TINGUIRIRICAP	HAG	6	0.165	0.371	1.090	1.575	3.037
171	CAUTIN	HAG	9	0.198	0.466	1.095	1.491	3.053
172	METRENCO	HA-	9	0.279	0.440	1.155	1.463	3.059
176	QUEPENUEVO	MIX	9	0.147	0.264	0.942	1.859	3.064
157	MALLECO	ACE	9	0.235	0.460	1.125	1.502	3.088
116	PERQUILAUQUEN	HAG	8	0.1611	0.567	1.156	1.376	3.098
233	TRAPENBAJO	LOS	10	0.852	0.447	1.335	1.341	3.123
33	EL COBRE	LOS	5	0.690	0.295	1.110	1.722	3.127
178	PERALES	ACE	9	0.141	0.456	1.070	1.652	3.177
236	LO PINTO 1 ORI.	LOS	13	0.739	0.349	1.159	1.669	3.177
23	PSLOS MOLLES	LOS	5	0.643	0.389	1.064	1.737	3.190
124	MENELHUE	LOS	8	0.775	0.480	1.229	1.482	3.191
161	DUMO	ARS	9	1.314	0.477	1.314	1.408	3.199
188	LELFUCADE2	ACE	10	0.328	0.493	1.173	1.535	3.201
168	PSPUA	LOS	9	0.858	0.510	1.273	1.438	3.221
240	PSSURACERO	ACE	13	0.254	0.483	1.142	1.601	3.226
181	CHADA	LOS	9	0.813	0.464	1.046	1.717	3.227
140	LAJITA	ACE	8	0.239	0.476	1.278	1.476	3.230
34	EL MELON	LOS	5	0.666	0.329	1.086	1.815	3.230
14	AMOLANAS	ARN	4	0.369	0.419	1.108	1.715	3.242
160	CHAMICHACO	HA-	9	0.364	0.480	1.017	1.750	3.247
38	ACONCAGUA-OCOA	HAG	5	0.149	0.441	1.011	1.804	3.256
108	LONGAVI	ACE	7	0.240	0.504	1.102	1.653	3.260
70	ANTIVEROPONIEN	HAG	6	0.264	0.440	1.287	1.542	3.269
138	RELBUN	HAG	8	0.1995	0.506	1.078	1.742	3.326
156	MININCO	HAG	9	0.1922	0.479	1.343	1.544	3.366
134	GALLIPAVO	LOS	8	0.823	0.505	1.252	1.616	3.373
152	BUREO	HAG	8	0.2528	0.517	1.108	1.794	3.420
110	PIGUCHEN	LOS	7	0.834	0.551	1.215	1.695	3.461
141	BATUCO	LOS	8	0.950	0.493	1.240	1.729	3.462
142	BATUQUITO	LOS	8	0.801	0.524	1.152	1.805	3.481
143	SALTO DEL LAJA	ACE	8	0.310	0.548	1.300	1.662	3.509
150	BIO-BIO	HAG	8	0.2011	0.602	1.118	1.796	3.517
245	PAINEORIENTE	ACE	13	0.382	0.462	1.039	2.097	3.598
123	NINQUIHUE	LOS	8	0.790	0.468	1.218	1.983	3.669
166	QUINO	ARN	9	0.327	0.488	1.162	2.060	3.710
97	PIDUCO	LOS	7	0.956	0.405	1.371	1.965	3.740
213	RAHUE	ARN	10	0.410	0.414	1.397	1.942	3.754
99	MAULE ORIENTE	ACE	7	0.242	0.465	1.378	1.969	3.812
159	HUEQUEN	LOS	9	0.896	0.512	1.332	2.041	3.885
98	MAULE PONIENTE	MIX	7	0.341	0.586	1.349	2.019	3.954
137	DIGUILLIN	HA-	8	0.323	0.559	1.358	2.050	3.967

## 2-2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 2-2-1 CARACTERÍSTICAS DE LOS RÍOS DE CHILE

Los ríos de Chile en general se dividen en cinco grupos, éstos son: ríos de la parte septentrional, central, centro-sur, de la zona de lagos y lagunas, y de la región de los canales. A su vez, los ríos del centro-sur se subdividen en ríos caudalosos por efecto de la fusión de nieves en primavera, ríos de descarga de nieves derretidas en general, y ríos por precipitaciones pluviales normales.

Los datos impresos más recientes corresponden a la publicación: "CAUDALES MEDIOS, MENSUALES DE LOS RÍOS DE CHILE", que fue editado en base a los datos recopilados hasta 1970 y publicado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, que ofrece, entre otros, datos acerca de superficies de cuencas, caudales medios mensuales, niveles de aguas máximas, etc.

A continuación, se hace una descripción de las características correspondientes a cada división:

#### (1) Ríos de la región septentrional

Los caudales de la Tabla 2-12 incluyen los originados por la fusión de las nieves. Pese a que éstos caudales son pequeños, sirven para sustentar la vida de los habitantes de la región. Para prevenir la carencia de aguas en la época seca, se construyeron varias presas y embalses, de los cuales los principales son: Lautaro, La Paloma, Recoleta, Cogotí, La Laguna y Culimo.

En el río Molles, afluente del río Limarí existe una planta hidroeléctrica.

Tabla 2-12 : RÍOS DE LA REGIÓN SEPTENTRIONAL

Río	Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /seg)
Copiapó	18.130	3.7
Huasco	11.480	6.7
Elqui	9.020	10.4
Limarí	11.670	14.0
Choapa	8.000	27.0
Petorca y La Ligua	4.060	5.4

## (2) Ríos de la región central

Los caudales de la Tabla 2-13 corresponden a los ríos que irrigan la parte central de Chile, éstos son de corriente rápida y reciben el aporte de la fusión de las nieves andinas en verano.

Éstas aguas son utilizadas para la agricultura a través de canales de riego. Se crearon cerca de 100 canales de riego a lo largo del Río Aconcagua, irrigando aproximadamente a 70.000 hectáreas de terreno. Asimismo, desde este río se suministra agua a los acueductos de Valparaíso y Viña del Mar, y también a la compañía petrolera de Concon.

Tanto el Río Maipo como su afluente Mapocho atraviesan la Zona Metropolitana, irrigando aproximadamente 200.000 hectáreas de terreno. Existen las represas de El Yeso, Laguna Negra, y Viscacha.

Existen también varias centrales hidroeléctricas, tales como Florida, Maitenes, etc.

El río Rapel que reúne las aguas de los ríos Cachapoal y El Tinguiririca, cuya área de irrigación es de aproximadamente de 250.000 hectáreas. Tiene tres plantas hidroeléctricas, éstas son el Sauzal, Sauzalito y Rapel.

Tabla 2-13: RÍOS DE LA REGIÓN CENTRAL

Río	Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /seg)
Aconcagua	7.640	40
Maipo	15.000	102
Rapel	13.520	161
Mataquito	6.050	53

## (3) Ríos de la región central-sur

Estos ríos se caracterizan por los grandes caudales que descargan como consecuencia de los deshielos de nieves en primavera (Tabla 2-14), por el contrario, los caudales en verano son muy reducidos.

El río Maule nace del Lago del mismo nombre, ubicado a 2.233m sobre el nivel del mar, y a lo largo del cual se construyeron las plantas hidroeléctricas del Complejo Colbún-Machicura, Cipreses y La Isla. Su cuenca abarca una superficie de aproximadamente 21.690 km<sup>2</sup>, siendo la tercera cuenca más importante de Chile.

Los afluentes de este río son numerosos, entre ellos están los ríos Claro, Loncomilla, Melado y Longaví. El área de irrigación del río Maule ofrece terrenos aptos para el cultivo de uvas, y también de otros como girasoles, remolacha azucarera (para la industria aceitera y azucarera), etc.

El río Biobío es el segundo más importante después del río Loa, y tiene una extensa cuenca que abarca una superficie de aproximadamente 23.920 km<sup>2</sup>. Existen a lo largo de éste, plantas hidroeléctricas como la de El Toro (400.000 kw) y El Abanico (136.000 kw). Su principal afluente es el río Laja.

Entre los ríos de la región central-sur de Chile, están también aquellos que reciben el aporte de caudales originados por los deshielos en Los Andes y por las precipitaciones pluviales. Entre éstos están los ríos Toltén e Imperial que se caracterizan por su brusca variación del caudal. El último es navegable por pequeñas embarcaciones desde la desembocadura de su afluente Cautín hasta el Carahue. El río Toltén y su afluente Allipén nacen del Lago Villa Rica, el que a su vez, reúne las aguas de los ríos Pucón, Quilque, etc.

Tabla 2-14 : RÍOS DE LA REGIÓN CENTRAL-SUR

Río	Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /seg)
Maule	21.690	380
Itata	11.480	140
Bio-bio	23.920	900

#### (4) Ríos de la zona de los lagos y lagunas

Es la zona de más alto valor turístico en Chile. Los ríos de esta región se caracterizan por ser de caudal casi constante, debido a la existencia de numerosos lagos (Tabla 2-15); y además por estar rodeados de hermosos paisajes.

El río Valdivia nace en la provincia del mismo nombre, y proviene de la unión de los ríos Calle-Calle y Cruces. Este río es navegable hasta desembocar en el mar cerca de la ciudad de Corral. Por su parte, el río Calle-Calle recibe el aporte de los lagos Pirihueico, Panguipulli, Calafquén, y Riñihue. Y el río Bueno nace de los tres grandes lagos: Ranco, Puyehue y Rupanco; este río es navegable desde Trumao hasta su desembocadura en el mar.

También corresponden a esta división los ríos Rahue, que escurre sus aguas atravesando Osorno y el río Pilmaiquén y tiene una planta hidroeléctrica del mismo nombre; y el río Maullín, que es corto y caudaloso, y nace del lago Llanquihue. Además está el río Petrohué, que es de corriente rápida y nace del lago "Todos Santos" (conocido también como "El Lago Esmeralda" por el color de sus aguas); éste río desemboca en el estuario de Reloncaví.

**Tabla 2-15 : RÍOS DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS Y LAGUNAS**

Río	Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /seg)
Valdivia	11.280	800
Bueno	14.810	1000
Maullín	4.130	72

**(5) Ríos de la región de los canales**

Los ríos de esta región son de corriente rápida (régimen de torrente). Nacen en la parte oriental de las cumbres andinas y desembocan en los profundos fiordos.

El río Baker es el más caudaloso de Chile (Tabla 2-16), por lo cual es navegable hasta aproximadamente 65 kms. aguas abajo. Por su parte, los ríos Cisnes, Bravo, Pascua y Aysén vierten sus aguas hacia las zonas montañosas.

**Tabla 2-16 : RÍOS DE LA REGIÓN DE LOS CANALES**

Río	Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /seg)
Puelo	3.025	670
Yelcho	3.937	760
Palena	6.968	700
Cisnes	5.512	190
Aysen	11.462	515
Baker	21.483	1.500
Bravo	1.725	150
Pascua	15.340	400
Serrano	8.110	150



## **2-2-2 PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA HIDROLOGÍA**

En base a los resultados obtenidos en el estudio de los puentes objetivo del proyecto, en cuanto a las estructuras de los puentes, respecto a la hidrología, se pueden mencionar los siguientes cuatro problemas.

### **(1) Socavación de las fundaciones de estribos y cepas**

Debido a que en general los ríos de Chile tienen fuertes pendientes de escurrimiento, y debido a factores tales como los grandes incrementos de caudal según la estación, tramos de puente de longitudes comparativamente muy cortas, alturas de fundación muy bajas, etc. se registraron numerosos casos de progresiva socavación de las fundaciones de los estribos y cepas.

### **(2) Sección hidráulica transversal insuficiente**

Durante las inspecciones, fueron numerosos los casos en los cuales se observó que con el propósito de reducir en lo posible la longitud total del puente, se construyeron terraplenes para penetrar con el camino hacia ambas riveras del cruce. Además, se observó también, que a fin de abaratar los costos de construcción, se diseñaron puentes con tramos cortos y numerosos, ocasionando con esto, la insuficiencia de sección hidráulica (sección de escurrimiento) de la infraestructura.

Como consecuencia de esto, en caso de riadas o inundaciones, se originan bruscos cambios de nivel aguas arriba y aguas abajo del puente, ocasionando grandes incrementos locales de la velocidad de escurrimiento; esto a su vez origina la socavación y genera presiones hidráulicas en la infraestructura; creando así, imprevistas sollicitaciones horizontales. Consecuentemente, este fenómeno es el causante de una considerable disminución de la capacidad portante de las fundaciones, y por ende, es el causante de asentamientos, inclinaciones y el riesgo de colapso.

Por otra parte, en caso de riadas más intensas, el nivel de aguas podría alcanzar hasta la superestructura. Esto incrementaría aún más el problema de socavación y originaría además el deterioramiento de la superestructura.

### (3) Destrucción del talud de protección de los márgenes

Puesto que en muchos casos, se penetró hacia el cauce con el camino por medio de terraplenes, pudo observarse que para proteger los taludes de éstos del efecto de arrastre de las aguas, se instalaron protectores en ambas riberas utilizando material natural tal como piedras bolón u otros. Sin embargo, si bien se está intentando proteger las riberas con éstas estructuras de gran tamaño y espesor, contrariamente se está ocasionando el cambio de la posición del eje del cauce o flujo, haciendo que el flujo de las aguas se concentre en una parte de la infraestructura y contribuya a la socavación y otros fenómenos de erosión. Por otra parte, se pudo observar que en diversos puentes no se cuenta con protección alguna y las riberas están bastante afectadas.

### (4) Infraestructuras con alturas de fundación insuficientes

Los ríos de Chile por lo general tienen lechos conformados por estratos gravosos, por lo cuál una gran mayoría de los puentes cuentan con fundaciones directas. Sin embargo, se observó que aún en terrenos donde fundaciones directas son admisibles, o aun en los casos en que se hayan instalado fundaciones con pilotes, la altura de fundación de las zapatas es relativamente insuficiente. Esto constituye, al respecto de las fundaciones, un factor muy importante para la disminución de la capacidad portante debido a la socavación, y para la inclinación o riesgo de colapso de la infraestructura, constituyéndose como el causante de que funcionalmente el puente tenga una vida corta de resistencia.

## 2-2-3 ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA LA REPARACIÓN DE LOS PUENTES ACTUALMENTE EXISTENTES

El estudio hidrológico a utilizarse como referencia en el diseño de reparaciones de los puentes actuales, se ejecutó investigando los datos acerca de los ítemes que se muestran a continuación.

Ítemes del estudio hidrológico:

(1) Nombre del río.

(2) Nombre del sitio de construcción del puente:

\_\_\_\_\_, ubicado a \_\_\_\_\_ km del mar

(3) Nivel de aguas máximas: \_\_\_\_\_ m.

(4) Ancho medio del río : \_\_\_\_\_ m.

(5) Pendiente media del lecho: 1/\_\_\_\_\_

(6) Diámetro medio del material del lecho: \_\_\_\_\_ mm.

(7) Tipo de material del lecho:

Roca Grava Arena Limo Arcilla

(8) Eje del dique o forma de la superficie del lecho:

Selección de esquema.

(9) Fotografías del río, aguas arriba y aguas abajo, tomadas desde el puente (para aproximar coeficiente de rugosidad).

#### Notas:

- Nota 1. La distancia del sitio de construcción del puente hasta el mar sirve para conocer si el puente es afectado o no por el flujo y reflujo de la marea y por las olas provenientes del mar.
- Nota 2. El nivel de aguas máximas sirve para calcular la capacidad de la sección hidráulica transversal de la infraestructura. Con relación a la socavación de las fundaciones de las cepas, puede adoptarse como caudal de diseño al caudal con un periodo de retorno probable de 1 año. Sin embargo, debido a la carencia de este tipo de datos, puede aproximarse el nivel de aguas máximas en base a los rastros de pasadas inundaciones alrededor del puente, para formar un juicio sobre el efecto de socavación.
- Nota 3. El ancho medio del río sirve para estudiar la ubicación favorable del puente, con un margen de 1km aguas arriba o abajo del sitio de emplazamiento. La medición puede tener una tolerancia de 10% en base al largo del puente. El valor será determinado utilizando el eje del dique, o plano topográfico del lecho o de la superficie.
- Nota 4. La pendiente media del lecho equivale a la pendiente media de la superficie de agua que se utiliza en la ecuación de Manning para canales. En el presente estudio, se adoptará como pendiente media del lecho a la pendiente media de la superficie del terreno paralelo al río y se calculará en base al mapa topográfico en escala 1:25.000.  
Si en el momento de calcular la velocidad de flujo con la ecuación de Manning, se analizan el nivel de aguas máximas y el plano de la sección transversal, se podrá calcular también el caudal máximo, en base al cual se procede a estudiar la seguridad de la sección hidráulica transversal y la proporción de los tramos.

Nota 5. El diámetro medio de los agregados que conforman el lecho será visualmente observado y registrado en el momento de examinar la socavación, niveles de agua, medición del diámetro de los pilotes, etc.

Nota 6. Los datos del régimen del cauce y las fotografías aguas arriba y aguas abajo tomadas desde el puente sirven para aproximar el coeficiente de rugosidad  $n$ , que es utilizado en la ecuación de Manning, mediante un examen comparativo con las referencias del Ven Te Chow en su libro "Open Channel Hydraulics".

(10) Ecuaciones de cálculo para determinar el caudal máximo

$$Q = A \cdot V$$

donde,

Q : Caudal máximo.

A : Sección hidráulica transversal a calcularse en base al nivel de aguas máximas estimado por los rastros de inundaciones pasadas e informaciones obtenidas de los habitantes del lugar.

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

donde,

n : Coeficiente de rugosidad, determinado mediante inspección visual de fotografías aguas arriba y aguas abajo, comparando con las del libro del Prof. Chon.

$$R = A/B$$

donde,

B : Ancho del río.

I : Pendiente media de la superficie de agua durante las riadas.

(11) Estimación de la altura máxima de socavación en las fundaciones de las cepas

El análisis para determinar la altura máxima de socavación en cepas tiene relación con un sin número de variables y condiciones tales como condiciones del cauce, condiciones del lecho, tipo de cepa, velocidad de escurrimiento, caudales, etc. lo que hace de esto un análisis extremadamente complicado. Sin embargo, utilizando el hábaco de la Figura 2-22, que es está basado en las características hidrológicas de ríos en Japón, e investigaciones experimentales, se pueden aproximar fácilmente los referidos valores de la altura de socavación.

En el gráfico de la Figura 2-22,

$Z$  : Altura máxima de socavación.

$h_o$ : Nivel promedio de aguas en la cepa, aguas arriba.

$D$  : Ancho de la cepa (ancho de la parte que recibe la presión de las aguas).

$d_m$ : Diametro del tamaño medio de los agregados del lecho (puede ser aplicado hasta arenas)

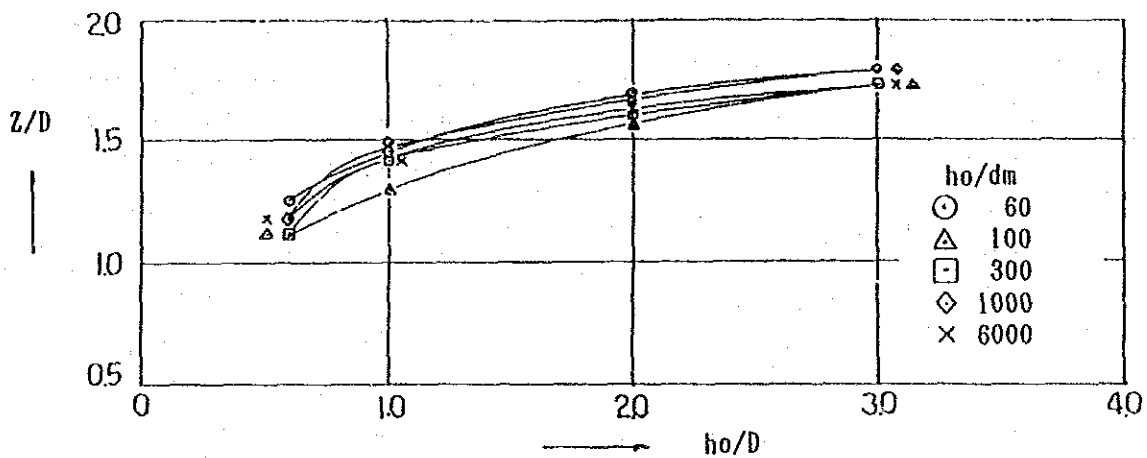


Figura 2-22 : ALTURAS MÁXIMAS DE SOCAVACIÓN EN CEPAS



### **3. ESTUDIO ESPECIALIZADO DE PUENTES**

#### **3-1 ESTUDIO ESPECIALIZADO DE PUENTES**

##### **3-1-1 RESUMEN DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO**

###### **(1) Fundamentos para la selección de los puentes objetivo del estudio especializado**

A continuación se presentan los fundamentos de criterio utilizados para la selección de los puentes objetivo del estudio especializado.

1. Puentes muy dañados que requieren de urgente reparación.
2. Puentes con daños característicos con respecto a los puentes de Chile.
3. Puente de gran importancia social y económica.
4. Puentes cuyos métodos de reparación requeridos representan un aporte de transferencia de tecnología.

En base a estos criterios de selección el equipo de investigación escogió inicialmente 22 puentes, presentándolos como posibles candidatos para el estudio especializado ante el Ministerio de Obras Públicas, quienes a su vez presentaron su propia lista de selección de puentes para efectuar un examen comparativo; finalmente, con el asesoramiento del Consejo Administrativo del Japón, se seleccionaron los 10 puentes que se muestran en la Tabla 3-1 como puentes objetivo del estudio especializado, más uno para el ensayo de cargas. En la Tabla 3-2 se presentan los problemas que atingen a los puentes mencionados; además, en la Figura 3-1 se presentan las ubicaciones de cada uno de ellos. Por otra parte, los planos generales se muestran en las Figuras 3-2 a 3-11.

(2) Puentes objetivo del estudio especializado

Tabla 3-1 : PUENTES OBJETIVO DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO

Nº	PUENTE	REGIÓN	LARGO (m)	TIPO ESTRUCTURAL
1	AMOLANAS	4	235.2	Arco de hormigón armado de 3 tramos continuos
2	PULLALLY	5	148.5	Vigas continuas de acero de tres tramos
3	MAIPO	RM	460.6	Vigas simplemente apoyadas de hormigón postensado
4	PEUCO	RM	-	Vigas de acero simplemente apoyadas
5	CLARO	7	117.7	Arco de mampostería de ladrillo de 7 tramos continuos
6	LONCOMILLA	7	150.0	Vigas continuas de hormigón postensado de 7 tramos
7	BIO-BIO ANTIGUO	8	1455.0	Vigas de acero simplemente apoyadas de 104 tramos
8	RAMADILLAS	8	210.0	Vigas de acero simplemente apoyadas de 14 tramos
9	MALLECO	9	344.1	Vigas continuas de acero, 9 tramos
10	PICHOY	10	80.6	Vigas simplemente apoyadas hormigón armado+vigas simplemente apoyadas de acero
11	CAYUMAPU	10	49.0	Vigas continuas de hormigón armado con articulaciones Gerber; tres tramos



Tabla 3-2 : PROBLEMAS DE LOS PUENTES

Nº	Puente	Problema
1	AMOLANAS	Losa y Pavimento críticamente averiado a consecuencia del impacto de la carga viva del lado de Santiago
2	PULLALLY	El tercer tramo contando desde el lado de La Serena tiene las vigas continuas muy deformadas. La relación "Altura viga .vs. Luz del tramo" es de 1/26, escaso, lo que ocasiona la excesiva vibración cuando pasan los vehículos. Según los registros del MOP el puente ha colapsado ya una vez.
3	MAIPO	No tiene travesaños ni a medio tramo ni en los extremos de las vigas. Las cepas están compuestas por dos columnas, no presentan estabilidad para casos de sismos. Cabezas de fundación a la vista por socavación
4	PEUCO	Puente de dos vigas de acero. Muy inestable para esfuerzos de torsión. Las soldaduras están en pésimo estado
5	CLARO	Puente declarado monumento nacional; esto hace que el mantenimiento sea primordial. Presenta problemas de socavación de sus fundaciones.
6	LONCOMILLA	Zapatas de fundación tanto para los estribos como para las cepas tienen altura de fundación insuficientes. Por lo cual la socavación es crítica; actualmente los pilotes "H-riel" están a la vista. Se observó también inclinación crítica de cepas.
7	BIO-BIO ANTIGUO	Colapso parcial debido al terremoto de 1960. Existe prohibición del paso de vehículos pesados mayor a 8 toneladas. Capacidad de tráfico insuficiente.
8	RAMADILLAS	Tráfico intensivo de vehículos pesados transportando madera. Cabezas de apoyo en cepas agrietadas gravemente.
9	MALLECO	Construido en 1973. Se produjo pandeo de las vigas por torsión antes que entrar en servicio y se tuvo que adicionar atiesadores de rigidez. La superestructura esta compuesta por tres vigas y carece de travesaños intermedios para la distribución de esfuerzos. Notoria flexión de las vigas.
10	PICHOY	Las vigas superiores tienen un desplazamiento horizontal debido al terremoto de Chile, quedando como resultado, cabezas de apoyo angostas; esto es muy peligroso para el caso de otro sismo. Apoyos Gerber muy dañados.
11	CAYUMAPU	Estribos y cepas inclinados a raíz del terremoto.

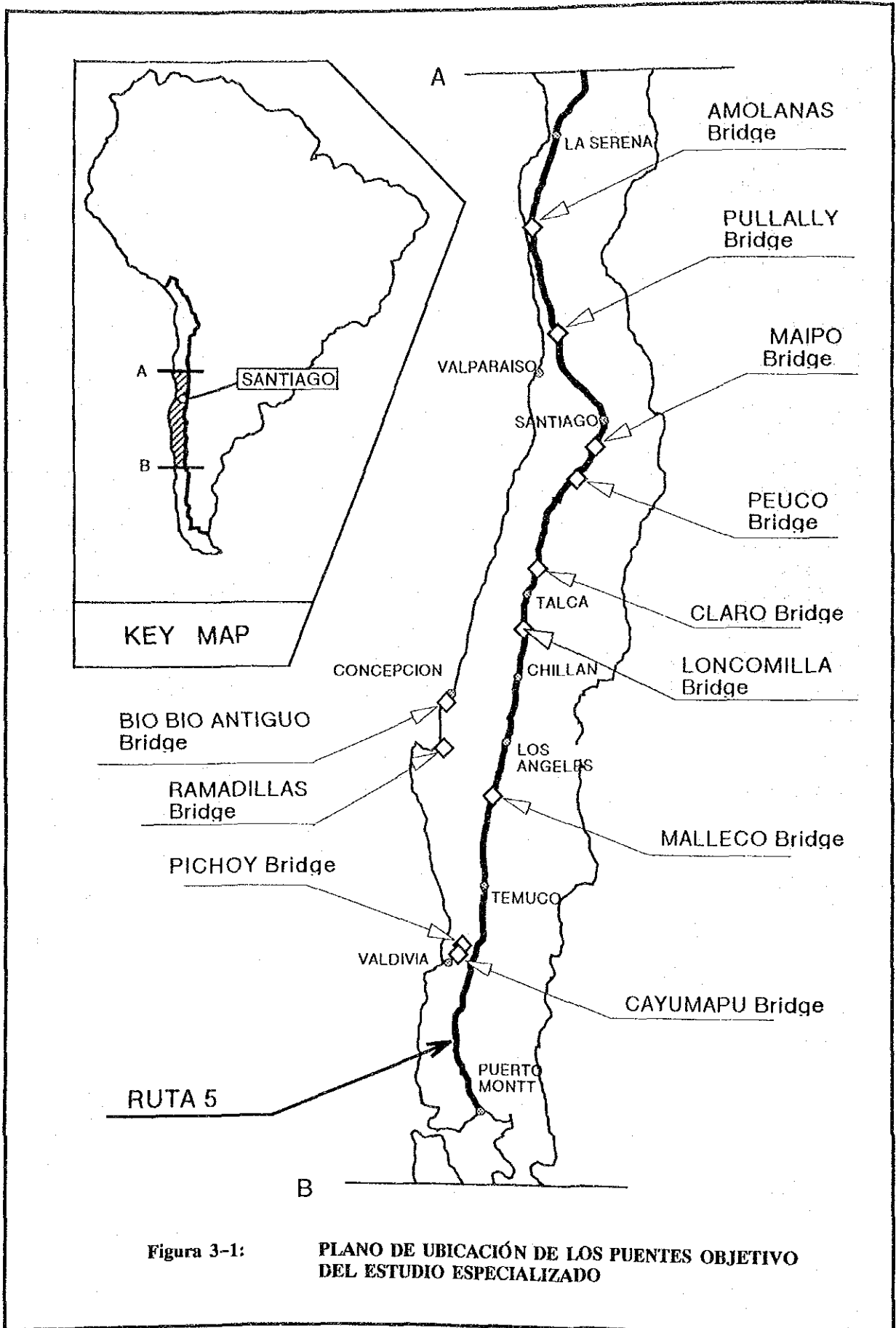


Figura 3-1: PLANO DE UBICACIÓN DE LOS PUENTES OBJETIVO DEL ESTUDIO ESPECIALIZADO

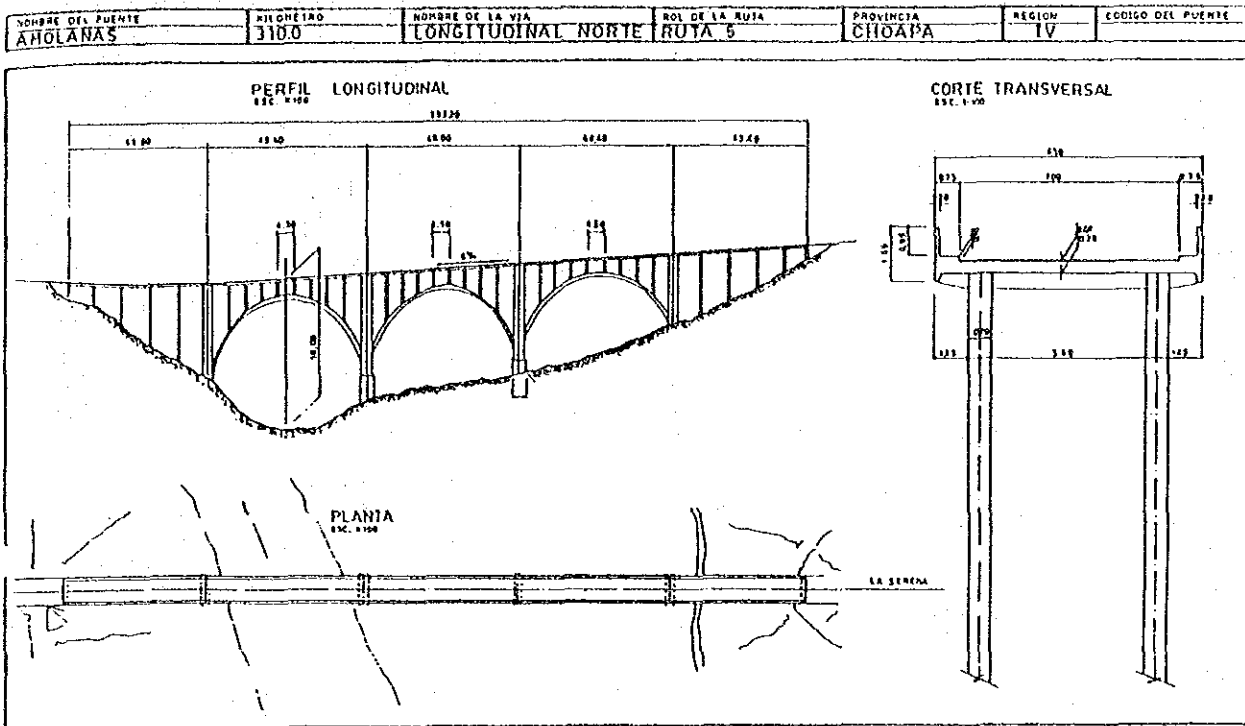


Figura 3-2: PLANO GENERAL DEL PUENTE AMOLANAS

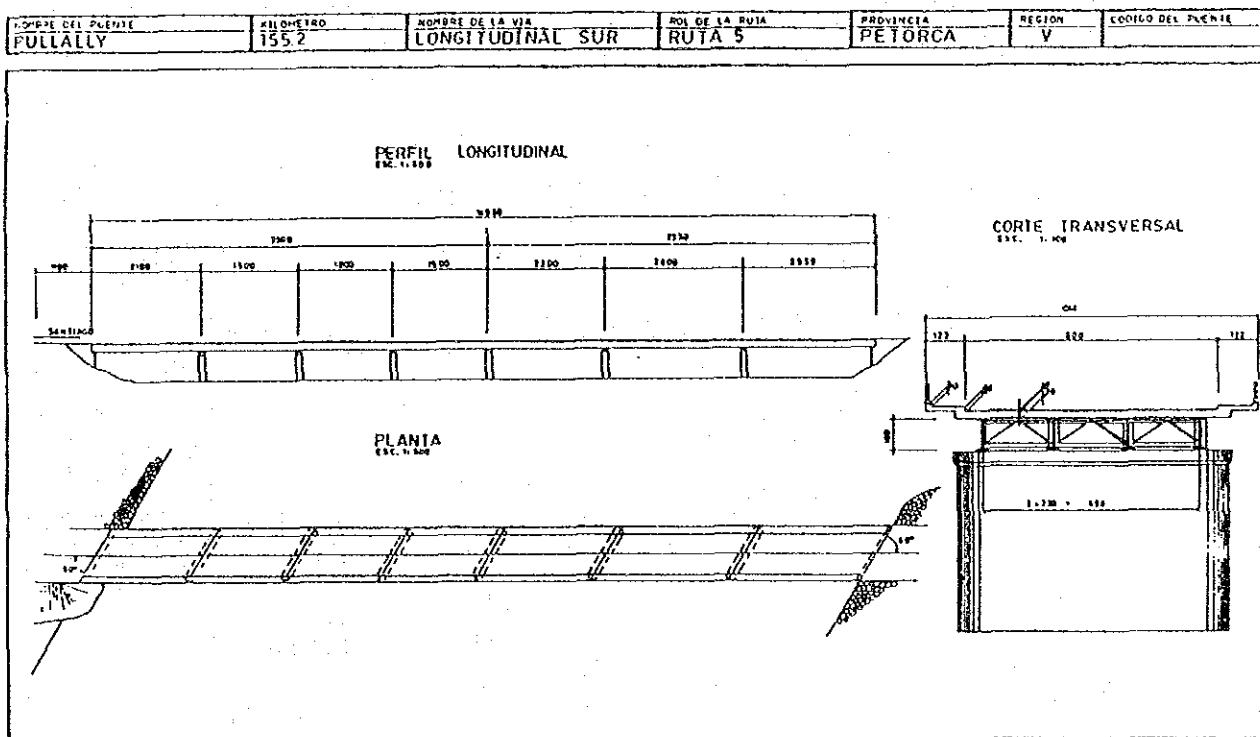
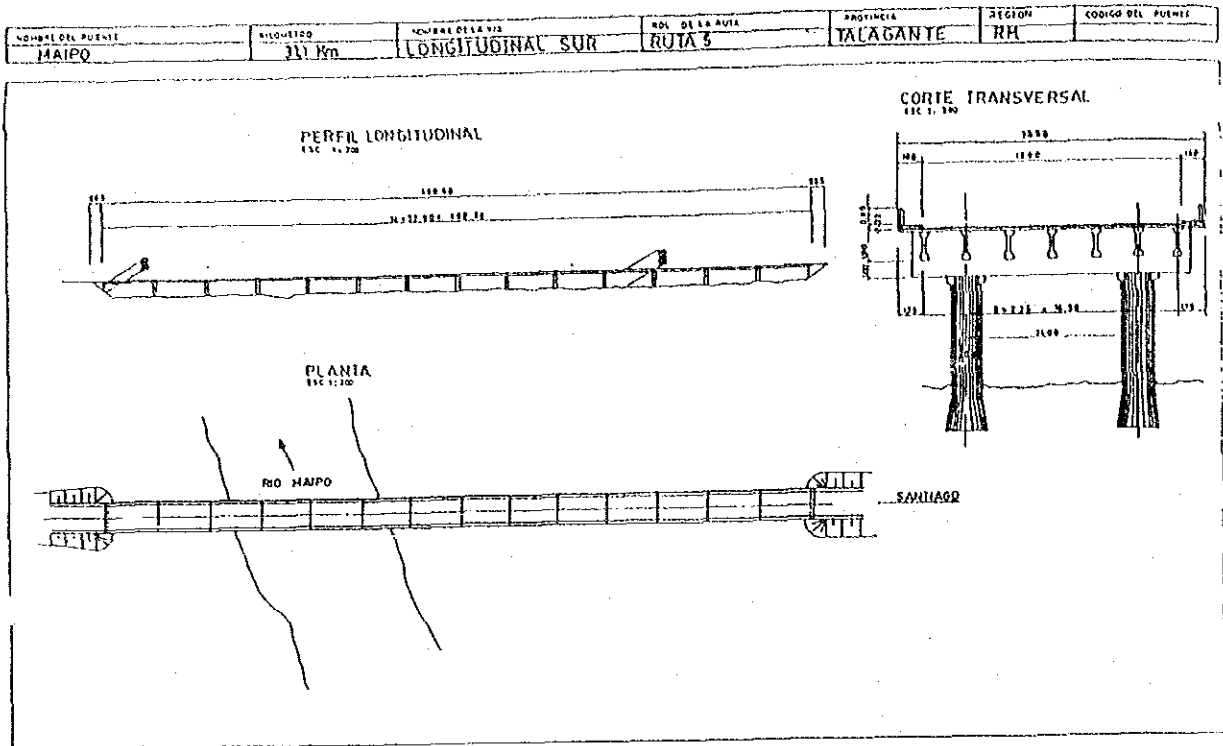
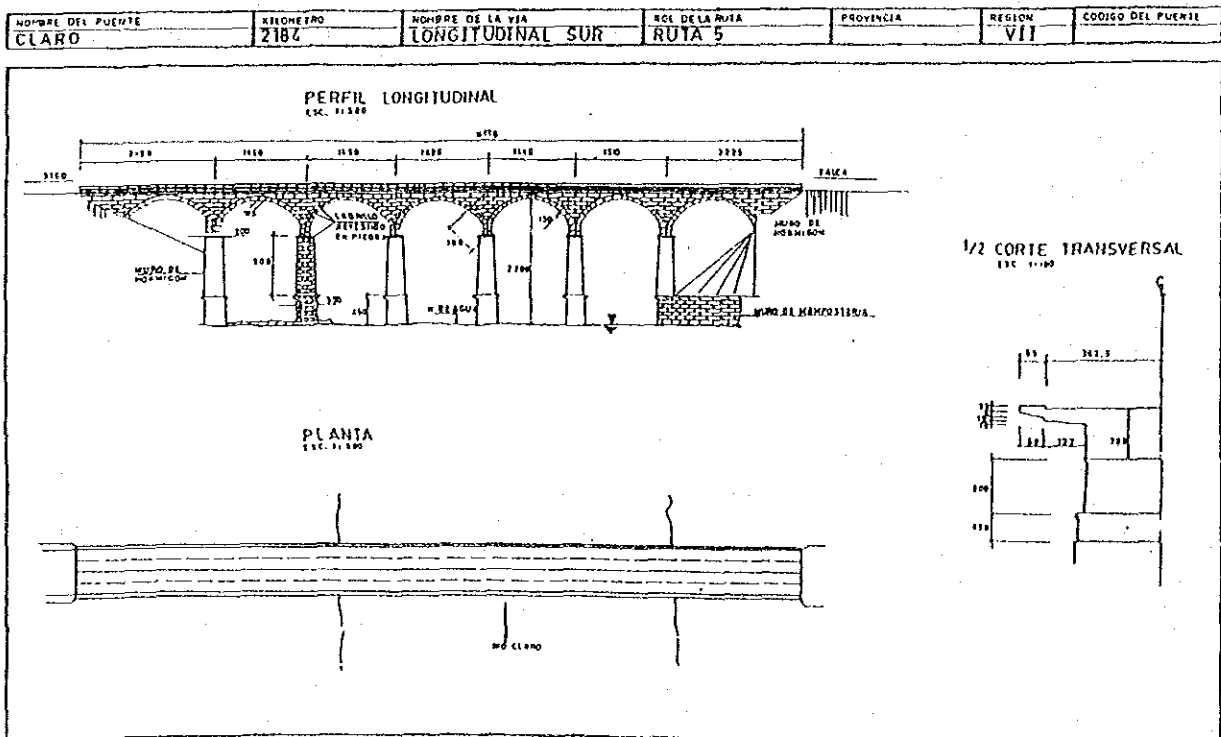


Figura 3-3: PLANO GENERAL DEL PUENTE PULLALLY



**Figura 3-4: PLANO GENERAL DEL PUENTE MAIPO**



**Figura 3-5: PLANO GENERAL DEL PUENTE CLARO**

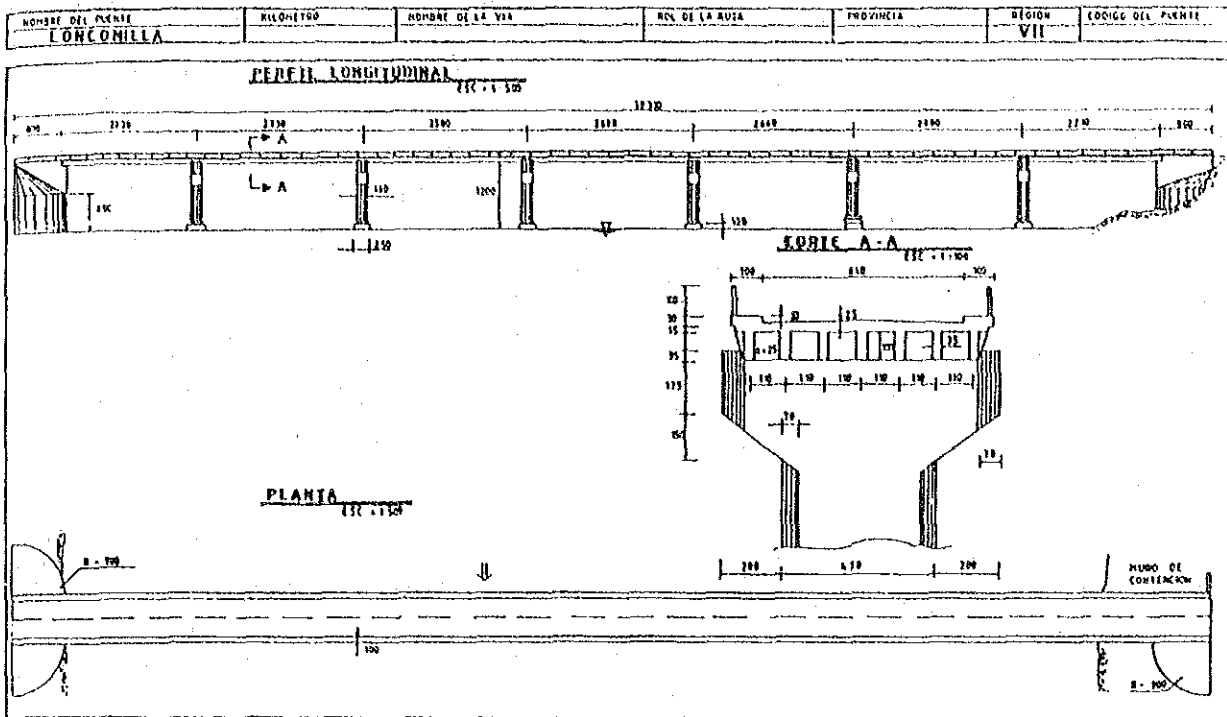


Figura 3-6: PLANO GENERAL DEL PUENTE LONCOMILLA

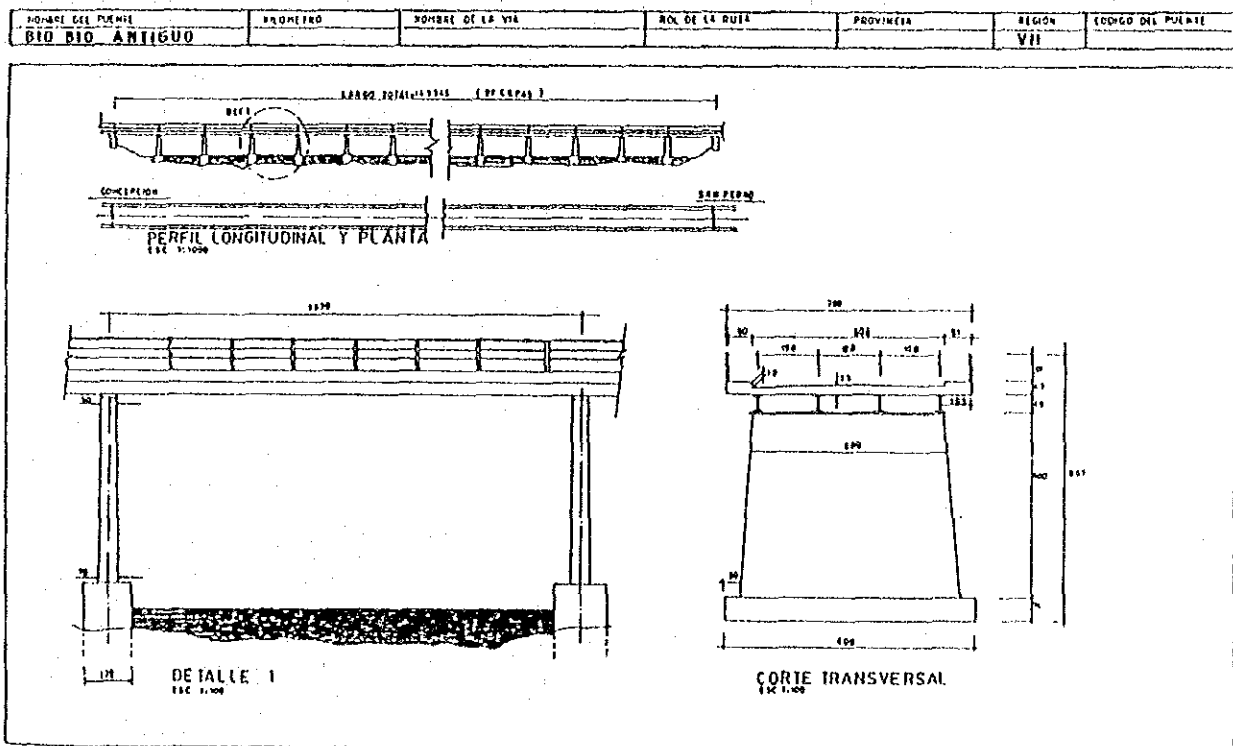
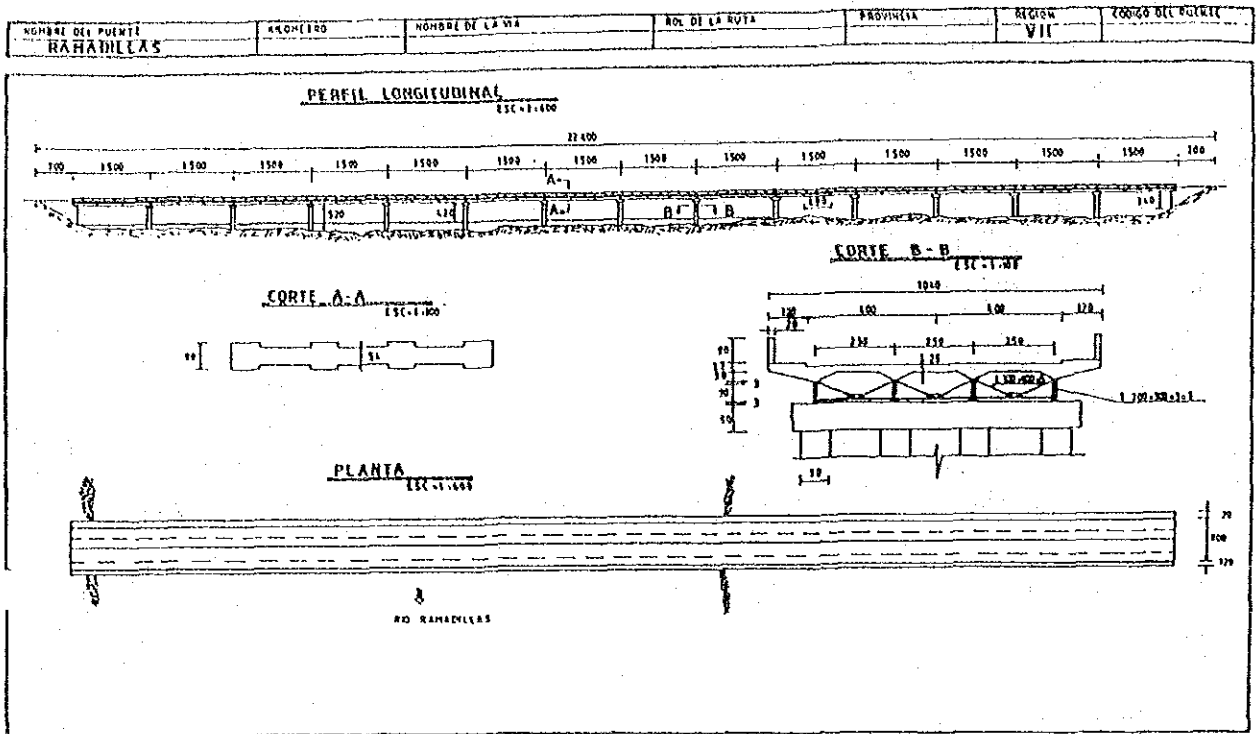
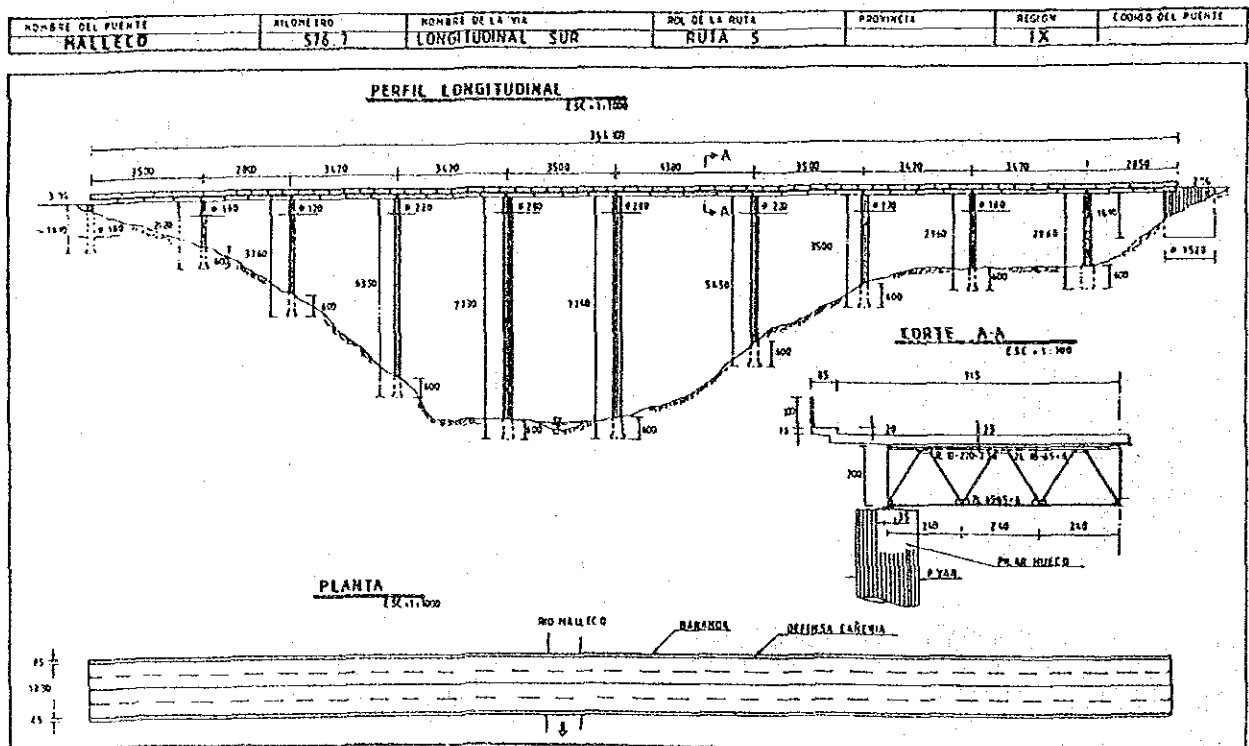


Figura 3-7: PLANO GENERAL DEL PUENTE BIO-BIO ANTIGUO



**Figura 3-8: PLANO GENERAL DEL PUENTE RAMADILLAS**



**Figura 3-9: PLANO GENERAL DEL PUENTE MALLECO**

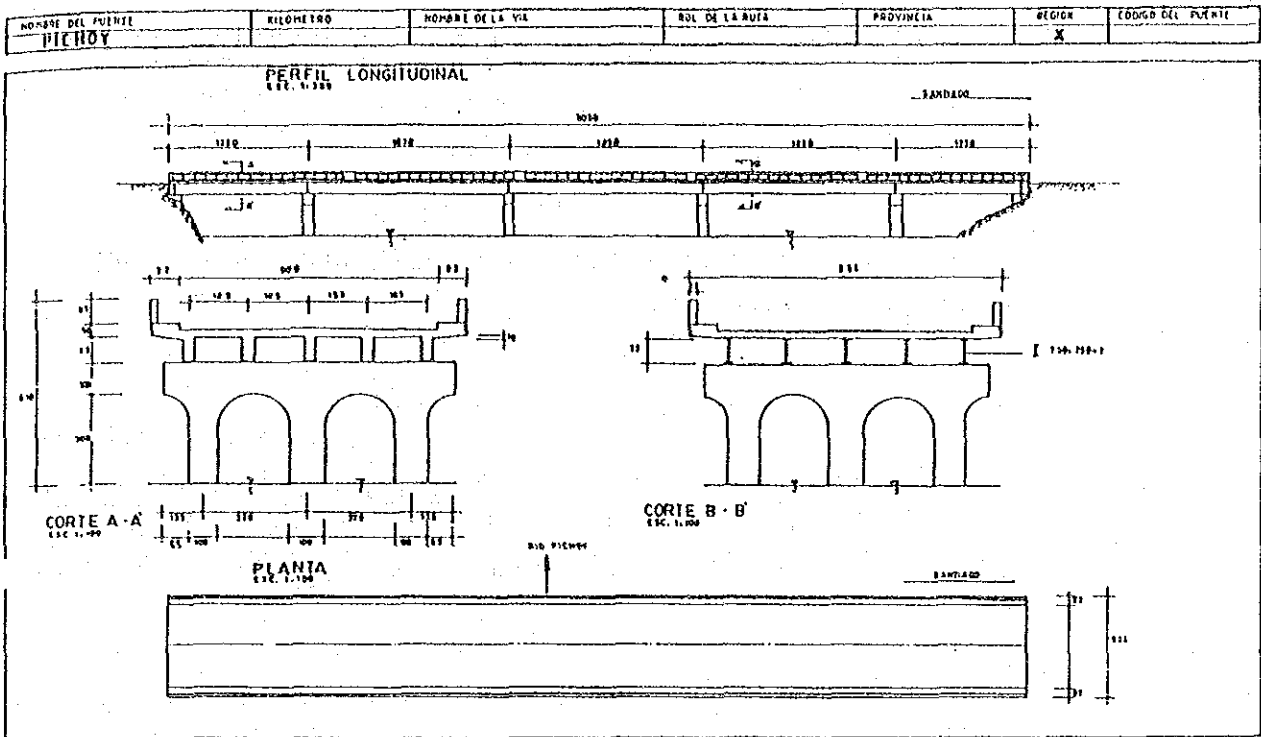


Figura 3-10: PLANO GENERAL DEL PUENTE PICHOY

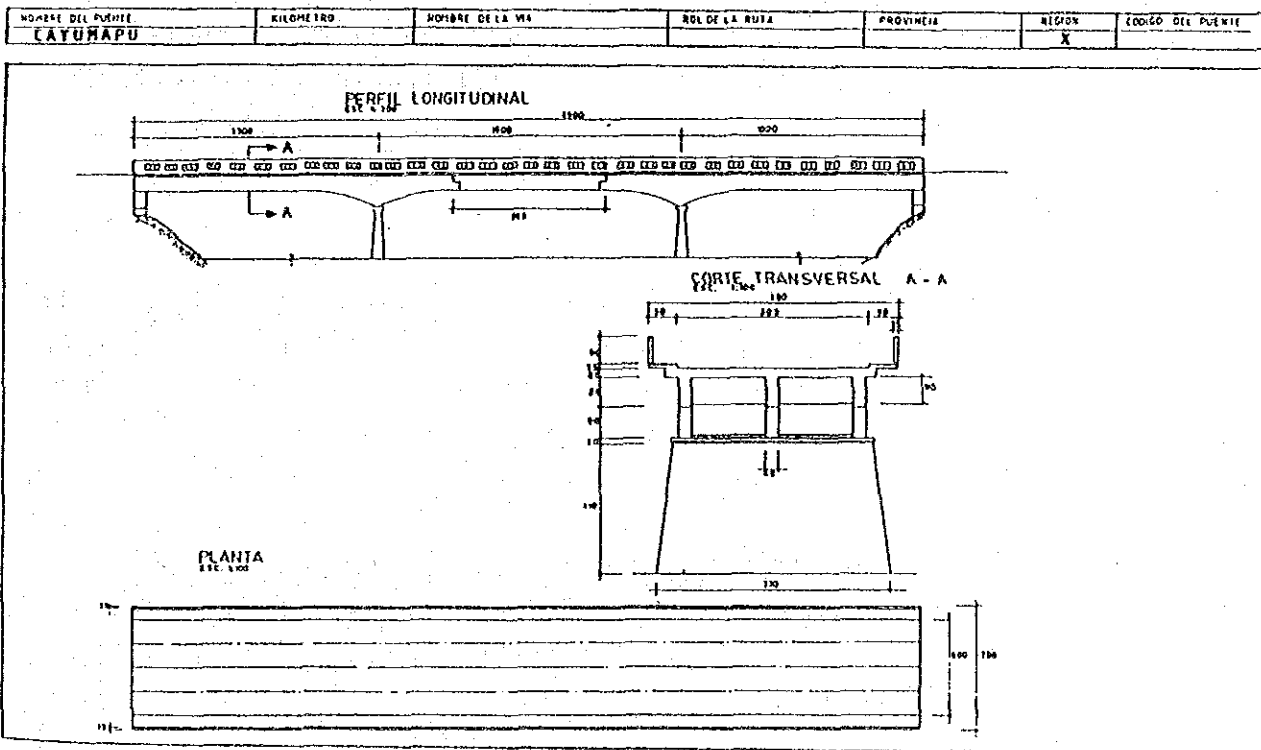


Figura 3-11: PLANO GENERAL DEL PUENTE CAYUMAPU

### **3-1-2 SELECCIÓN DE LOS PUENTES CANDIDATOS PARA EL ESTUDIO ESPECIALIZADO**

#### **(1) Procedimiento de selección**

La selección de los 10 puentes para el estudio especializado se realizó siguiendo con el procedimiento que se muestra a continuación.

##### **1) Primera Etapa**

Inspección y recolección de los datos de evaluación del estado de deterioro o daños de los puentes ubicados sobre la Ruta 5, de la 4ª a la 10ª Región, más los puentes fuera de la Ruta 5 ubicadas en caminos principales cuya inspección fué expresamente solicitada por el Ministerio de Obras Públicas.

##### **(2) Segunda Etapa**

Puentes seleccionados por el equipo de investigación en base a los resultados obtenidos de las inspecciones.

##### **(3) Tercera Etapa**

Presentación y explicación de las razones que motivaron a la selección de los puentes nominados por parte del equipo de investigación, consulta de opiniones a la parte chilena, y realización de reuniones conjuntas con la representación del Ministerio de Obras Públicas.

##### **(4) Cuarta Etapa**

Elaboración de la nomina de puentes en base a los criterios de selección presentados por el equipo de investigación, y en base a las prioridades de selección para el estudio especializado aplicados por el Ministerio de Obras Públicas.

##### **(5) Quinta Etapa**

De acuerdo con el procedimiento anterior se preparó una lista de 28 puentes (Tabla 3-3), y luego, de acuerdo al criterio de selección del equipo de investigación y tomando en cuenta las prioridades propuestas por el Ministerio de Obras Públicas se preparó una nueva nómina de 22 puentes (Tabla 3-4).