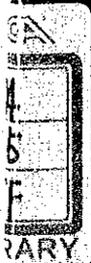


社会開発調査部報告書

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL NUEVO PUNTE BIOTO EN CONCEPCION REPUBLICA DE CHILE



AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
REPUBLICA DE CHILE

No. 52

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL NUEVO PUENTE BIOBIO EN CONCEPCION REPUBLICA DE CHILE



Sinopsis del Informe Final

Octubre 1994



Chodai Co.,Ltd.

Nippon Koei Co.,Ltd.

S S F
CR (3)
94-098(1/3)

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
REPUBLICA DE CHILE

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL
NUEVO PUENTE BIOBIO EN CONCEPCION
REPUBLICA DE CHILE

Sinopsis del Informe Final

Octubre 1994

Chodai Co.,Ltd.

Nippon Koei Co.,Ltd.

Nota

Las siguientes tasas de cambios son
aplicadas en este informe :

US\$ 1,00 = Ch\$ 431 = Yen 105 (Diciembre, 1993)

Ch\$ 1,0 = Yen 0,243

Ch\$: Peso Chileno

PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Chile, el Gobierno del Japón ha decidido llevar a cabo el Estudio de Factibilidad del Nuevo Puente Biobío en Concepción y le ha encargado a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) la realización del Estudio.

En dos oportunidades, entre octubre de 1993 y julio de 1994, JICA envió a la República de Chile un equipo de estudio encabezado por el Ing. Junji Yasui e integrado por miembros de las empresas Chodai Co., Ltd. y Nippon Koei Co., Ltd.

El Equipo mantuvo discusiones con las autoridades competentes del Gobierno de Chile, y realizó estudios de campo en el área de Estudio. Después de que el equipo regresó al Japón, se han realizado otros estudios y se ha preparado el presente informe.

Espero que este informe contribuya a la promoción del proyecto y al fortalecimiento de los lazos de amistad entre nuestros dos países.

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a las autoridades responsables de la República de Chile por la estrecha colaboración brindada al equipo.

Octubre de 1994



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



1127429 [7]

GENERALIDADES DEL ESTUDIO

(1) Antecedentes

El desarrollo de las redes viales que conectan los centros de producción con los centros de embarque y de consumo está en pleno avance en la República de Chile. El éxito de la economía regional y de las exportaciones depende en gran medida del estándar de las redes viales.

Los puentes ubicados en estos caminos están quedando obsoletos. Los efectos de los terremotos, el arrastre del lecho del río causado por las rápidas corrientes que caen desde las empinadas laderas de la cordillera de los Andes, el aumento en el volumen de transporte, como también de las cargas, contribuyen al deterioro de los puentes que están transformándose en un obstáculo para el transporte de carga en los caminos donde se localizan y crean una necesidad aguda de construcción y mantención de puentes.

Concepción es una de las áreas comerciales e industriales más importantes de Chile y es también la ciudad central de la región sul del país. Concepción está dividida en los sectores norte y sur por el río Biobío y el flujo vehicular en la dirección Norte-Sur depende de dos puentes: El Juan Pablo II construido en 1960 y el puente BioBío Antigo construido en los años treinta.

Uno de los puentes, conocido como el puente Biobío Antigo, ha estado en uso desde la década de los treinta y el número de autos que pasan en el puente es de 25.000 vehículos por día, alcanzando recientemente la capacidad de diseño del puente. En el pasado, este puente ha colapsado dos veces debido al tiempo de utilización y deterioros ocurridos en la estructura, estando actualmente bajo reparaciones y trabajos de mantenimiento. Por sus deficiencias, el MOP restringió a 8 toneladas la carga máxima en el puente.

(2) Objetivos del Estudio

El objetivo del estudio es dirigir un estudio de factibilidad para la construcción del nuevo puente Biobío. El estudio incluye la examinación de los dos puentes ya existentes y la realización de análisis del volumen del tránsito en cada puente, así como seleccionar la mejor ruta alternativa para el Nuevo Puente.

(3) Generalidades del Estudio

Con base en los resultados obtenidos en la investigación del tráfico, es claro que el nuevo puente debe tener 4 carriles. Cuatro rutas alternativas para el Nuevo Puente han sido estudiadas y la ruta alternativa 4, que conecta Concepción y San Pedro a lo largo de la extensión de la calle Los Carreras, ha sido seleccionada como la mejor. Un Puente de losa continua alivianada, de hormigón postensado, con luces de tramo de 35 m es propuesto por el equipo de estudio como el tipo óptimo de puente, considerándose las condiciones del río, situación geográfica y técnica de construcción observadas en Chile.

Especificaciones del puente que será construido en el río Biobío son explicadas en la Tabla-1

Tabla.1 Especificaciones del Nuevo Puente sobre el río Biobío

Largo Total del Puente	6 x 8 x 35m + 5 x 35m = 1.855 m
Ancho	2 x 3,5m + 2 x 8,2m + 1m = 24,4 m
Tipo de Superestructure	Losa Alivianada de Hormigón PC
Tipo de Subestructure	Pila Sólida, Estribo T inverso
Tipo de Fundación	Fundación Cajón
Carga de Diseño	AASHTO HS 20-44 o Equivalente
Coefficiente Sísmico	Kh = 0,15kh
Número y Largo de Tramos	Ocho tramos continuos, 35 m c/u

(4) Costo de Proyecto

En la Tabla-2 se muestra el costo total de construcción.

Tabla-2 Costo del proyecto

Costos Item	Moneda Extranjera 1000 US\$	Moneda Nacional 1000 Ch\$	Total (x 1000)	
			en US\$	en Ch.\$
1. Nuevo Puente Biobío	8.699,5	8.868.173,5	29.275,3	12.617.650,3
2. Acceso a Concepción	872,4	1.488.820,7	4.233,9	1.824.818,2
3. Acceso a San Pedro	823,8	1.387.953,6	4.044,2	1.743.032,7
4. Costo Directo Total	10.359,7	11.704.947,8	37.553,4	16.185.501,2
5. Gastos Generales	2.079,7	2.340.989,6	7.510,7	3.237.100,2
6. Costos Construction	12.474,9	14.045.937,4	45.064,0	19.422.601,5
7. Costos Ingenieria	998,0	1.123.675,0	3.605,1	1.553.808,1
8. Contingencia	1.247,5	1.404.593,7	4.506,4	1.942.260,1
9. IVA	2.679,7	2.983.357,1	9.571,6	4.125.360,6
10. Adquisición de Tierra	0,0	1.432.288,0	3.323,2	1.432.288,0
11. Costo Total	17.370,0	20.989.851,2	66.070,3	28.476.318,3

Nota: En el precio del año 1994, usando la tasa del cambio de US\$ = 1.00 Ch\$431

(5) Evaluacion

1. Evaluación Económica

El caso base es la evaluación bajo las condiciones de la red que son:

- a. El Puente Viejo Biobío se cierra antes del año 1999, cuando se completa el nuevo puente, con el objeto de evitar posibles desastres.
- b. La Avenida Costanera se construye en este siglo.
- c. El ensanchamiento de la calle Los Carrera y de la calle Prat se completa antes de 1999.
- d. Las demás condiciones viales son las mismas que las actuales.

En base a estas condiciones, la asignación de tránsito se ha realizado por tipo de vehículo, por hora punta, y fuera de hora punta, "con el proyecto" y "sin el proyecto", y para los años 1999 y 2010, con el objeto de estimar los beneficios en dichos años.

Para calcular el VAN y B/C, se supuso que la tasa de descuento es igual al 12%, valor que se utiliza comúnmente con el objeto de evaluar un proyecto en Chile.

La tasa interna de retorno (TIR) implicada en el proyecto alcanza un valor tan alto como 20,8%, B/C es igual a 2,04, y VAN alcanza un valor de Ch\$ 19.573 millones, todos los cuales aseguran retornos económicos elevados que surgen de la implementación del proyecto del Nuevo Puente Biobío.

2. Declaracion sobre Impacto Ambiental

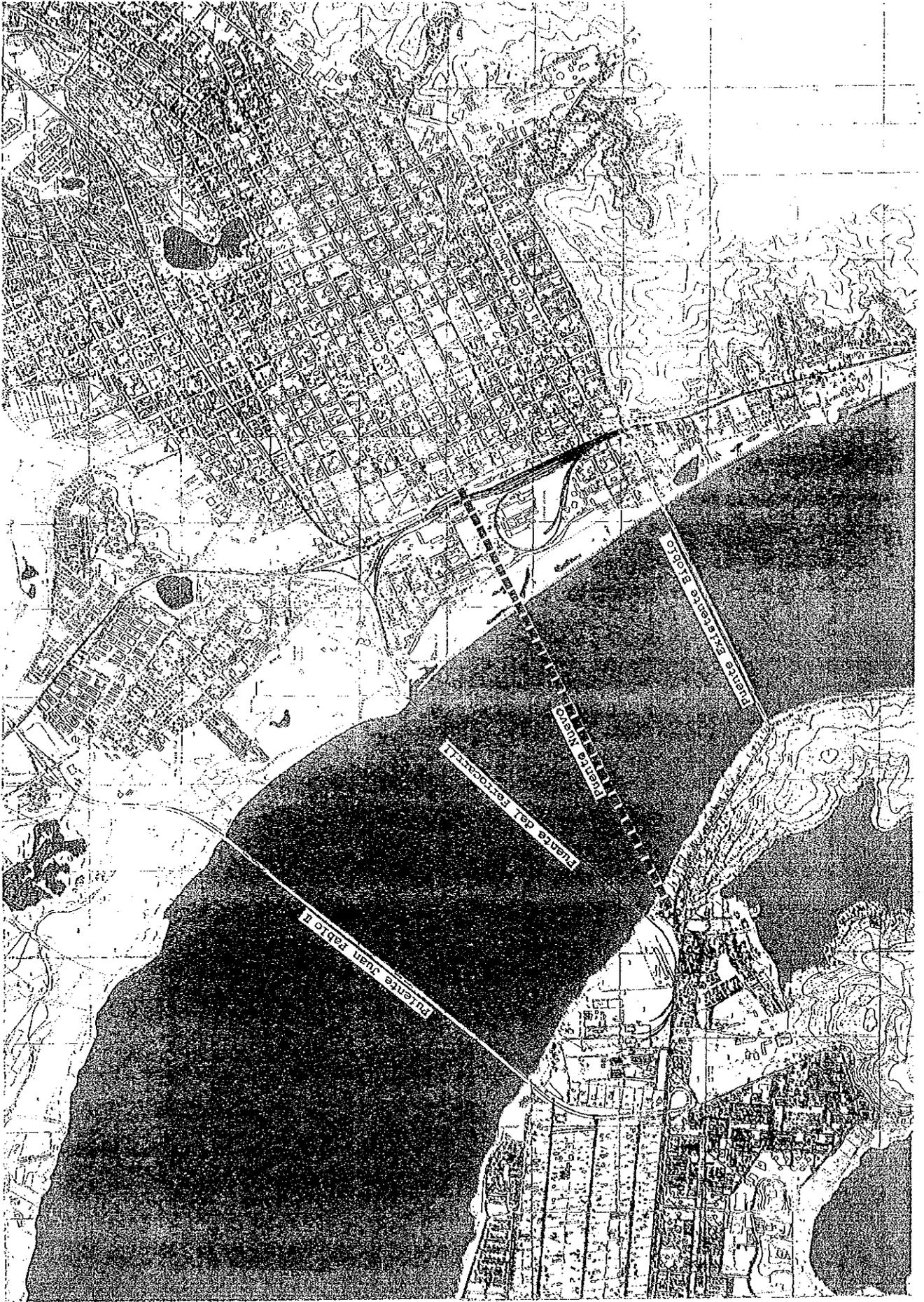
Como resultado de la implementación de este proyecto, se esperan beneficios en las áreas de reubicación residencial, en la contaminación del aire, ruido y vibraciones. Se espera un menor impacto en el transporte, elementos accesorios de vida, paisaje, y contaminación del agua. Sin embargo, el índice de la contaminación del aire, ruidos y vibración aumentará sin el proyecto debido al aumento del tránsito resultante del desarrollo económico en el área de estudio.

Se considera que el efecto del caso sin proyecto es peor para el medio ambiente que en el caso con proyecto. La contaminación del aire, ruidos, causados por congestionamiento de tránsito y desvío de tráfico han sido considerados que serán peores en caso que el proyecto no sea implementado.

Sin embargo, cuando acontezca la concentración de más de 60.000 vehículos dentro de la ciudad, se espera que ocurra un problema ambiental local. Es necesario dispersar el tránsito que entra en el área central de la ciudad por la implementación del "Proyecto de Recuperación de la Ribera Norte del río Biobío" y el proyecto vial de la "Av. Costanera".

(6) Recomendaciones

1. El proyecto del Nuevo Puente Biobío debe ser desarrollado tan pronto como sea posible como se planeó y discutió en este informe.
2. El puente Biobío Antiguo ha llegado al final de su vida útil. Este podría ser cerrado, sin embargo, algunos trabajos de mantenimiento deberían ser implementados, y el tránsito debería ser limitado al paso solamente de vehículos de pasajeros y de emergencia, hasta que se construya el nuevo puente.
3. Desde un punto de vista ingeniería y económico, no se recomienda el mejoramiento del puente Biobío Antiguo.
4. El mejoramiento de la red vial relacionada con este puente podrá continuar especialmente en los siguientes puntos: a) mejoramiento de la Av. Los Carreras, b) la construcción de la Av. Costanera Norte, c) el desarrollo de una red vial que conecte el viejo centro de la ciudad con relación al "Proyecto de recuperación de la ribera norte del río Biobío.
5. Dispersar el tránsito concentrado en el área central de la ciudad. Se recomienda la construcción de la Avenida Costanera.
6. De acuerdo con los resultados de las proyecciones de tránsito, en el año 2010, el volumen vehicular durante las horas de máxima demanda en el nuevo puente sobrepasará la capacidad de diseño de éste. Se recomienda un estudio de evaluación del requerimiento de otro nuevo puente mediante evaluación de tráfico y su respectiva tendencia futura, inmediatamente después de la apertura del Nuevo Puente Biobío.



Localización del Nuevo Puente Biobío

INDICE

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO		
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos del Estudio	2
CAPÍTULO 2 SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO		
2.1	Estructura urbana y condiciones socioeconómicas en Concepción	5
2.2	Tendencia de desarrollo en el área de Concepción	7
CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS DE LA RED VIAL Y DEMANDA DE TRANSPORTE		
3.1	Red de transporte	15
3.2	Tránsito que cruza el río Biobío	15
CAPÍTULO 4 MARCO SOCIOECONOMICO FUTURO DEL ÁREA DE ESTUDIO		
4.1	Tendencia del desarrollo económico en Chile y la Región VIII	21
4.2	PIB futuro y PIBR futuro de la Región VIII	21
4.3	Población futura y empleo futuro	22
4.4	Propiedad de vehículos futura	23
CAPÍTULO 5 Plan de inversiones del MOP		
5.1	Plan de inversiones hasta el año 2010	25
5.2	Proyectos viales en ejecución o en planeamiento en el Área de Estudio	25
CAPITULO 6 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE TRÁNSITO FUTURA		
6.1	Volumen del Tránsito que Cruza el Río	27
6.2	Pronóstico del Tráfico Futuro	27
CAPITULO 7 MEDIO AMBIENTE NATURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO		
7.1	Generalidades	29
7.2	Condición del Río	29
7.3	Características Geológicas en el Sitio del Puente	29
CAPÍTULO 8 PUENTE BIOBÍO (PUENTE VIEJO)		
8.1	Condiciones del Puente	31
8.2	Mantenimiento del Puente	31
8.3	Trabajos de mejoramiento	32
8.4	Recomendaciones en relación al puente	32

**CAPÍTULO 9 ESTUDIO DE PLANES Y DE RUTAS ALTERNATIVAS
PARA EL NUEVO PUENTE**

9.1	Política básica del Estudio	33
9.2	Planes alternativos para el estudio	33
9.3	Evaluación y selección de alternativas	35
9.4	Resultados de Evaluación	36
9.5	Impactos causados por la Avda. Costanera y el Puente Biobío Antiguo	38
9.6	Selección de las Alternativas	39

CAPÍTULO 10 SELECCIÓN DEL TIPO ÓPTIMO DE PUENTE

10.1	Generalidades	41
10.2	Influencia de la socavación en las fundaciones	41
10.3	Luz de la superestructura	41
10.4	Tipos de puente para el estudio comparativo	42
10.5	Selección del tipo óptimo de puente	42

CAPÍTULO 11 DISEÑO PRELIMINAR DEL PUENTE

11.1	Tipo de estructura para el estudio	47
11.2	Cronograma tentativo para la construcción	47

CAPITULO 12 CALCULO DE COSTOS 51

CAPITULO 13 EVALUACIÓN ECONOMICA

13.1	Alcance y Metodología de la Evaluación	53
13.2	Resultados de la Evaluación Económica	54
13.3	Análisis de Sensibilidad	56
13.4	Año Óptimo para Ejectar la Inversión	56

CAPITULO 14 PROYECTOS RELACIONADOS CON EL NUEVO PUENTE BIOBÍO

14.1	Propuesta para el Redesarrollo de la Zona 3	57
14.2	Mejora de la red vial en y alrededor de la Zona 3	58

CAPÍTULO 15 DECLARACIÓN SOBRE IMPACTO AMBIENTAL

15.1	Bosquejo del estudio	69
15.2	Resumen	69

CAPÍTULO 16 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

16.1	Conclusiones	71
16.2	Recomendaciones	72

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 Introducción

El desarrollo de las redes viales que conectan los centros de producción con los centros de embarque y de consumo está en pleno avance en la República de Chile. El éxito de la economía regional y de las exportaciones depende en gran medida del estándar de las redes viales.

Los puentes ubicados en estos caminos están quedando obsoletos. Los efectos de los terremotos, el arrastre del lecho del río causado por las rápidas corrientes que caen desde las empinadas laderas de la cordillera de los Andes, el aumento en el volumen de transporte, como también de las cargas, contribuyen al deterioro de los puentes que están transformándose en un obstáculo para el transporte de carga en los caminos donde se localizan y crean una necesidad aguda de construcción y mantención de puentes.

Concepción es una de las áreas comerciales e industriales más importantes de Chile. Está directamente conectada con Santiago, la capital de Chile. Concepción está dividida en los sectores norte y sur por el río Biobío y el flujo vehicular en la dirección Norte-Sur depende de dos puentes: El Juan Pablo II construido en 1960 y el puente BioBío Antiguo construido en los años treinta.

Uno de los puentes, identificado aquí como el puente BioBío Antiguo, ha estado en uso desde la década de los treinta. Este puente ha sufrido serios deterioros a lo largo de los años y ha debido ser objeto de reparaciones y mantenimiento. Por sus deficiencias, el MOP restringió a 8 toneladas la carga máxima en el puente. Inspecciones recientes, llevadas a cabo a través de otro estudio auspiciado por JICA, revelaron que este puente debía someterse a una evaluación completa en cuanto a su capacidad de carga y la necesidad potencial de su reemplazo.

En respuesta a la petición del Gobierno de Chile, el Gobierno del Japón aceptó realizar la implementación del Estudio de Factibilidad del Nuevo puente BioBío en Concepción, de acuerdo con el convenio de Cooperación Técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de Japón firmado el 28 de Julio de 1978.

En consecuencia, la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), la agencia oficialmente responsable de realizar los programas de cooperación técnica del Gobierno de Japón fue comisionada para encargarse del estudio, en estrecha cooperación con las autoridades pertinentes del Gobierno de Chile.

1.2 Objetivos del Estudio

El objetivo del estudio es dirigir un Estudio de Factibilidad para la construcción del nuevo puente Biobío en Cocepción. El estudio incluye la examinación de los dos puentes ya existentes y la realización de análisis del volumen del tránsito en cada puente, así como seleccionar la mejor ruta alternativa para el Nuevo Puente.

La Región VIII es dividida en los sectores sur y norte por el río Biobío y algunos puentes cruzan el río. Consecuentemente, toda el área de la Región VIII espera recibir la influencia de la construcción del nuevo puente. El área del estudio para la investigación es toda el área de la Región VIII conforme se muestra en la Figura 1-1. El Estudio incluye los siguientes ítemes:

El estudio incluye los siguientes ítemes:

- Investigación del marco socio-económico del área de estudio.
- Estudio de la situación actual de tránsito y pronóstico de la demanda de transporte.
- Investigación detallada de los puentes existentes.
- Estudio de las condiciones naturales.
- Evaluación del impacto ambiental.
- Selección de la ubicación óptima para la construcción del puente y plan de mejoramiento vial.
- Diseño preliminar. Cálculo de los costos de construcción y evaluación económica para el plan alternativo óptimo, y programa de implementación.

La transferencia tecnológica relativa al diseño y planificación de puentes se hará a la contrapartida de la República de Chile mediante el desarrollo del estudio.

CAPÍTULO 2. SITUACION SOCIOECONOMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Estructura urbana y condiciones socioeconómicas en Concepción

(1) División administrativa y superficie de Concepción

El área de estudio (provincia de Concepción) pertenece a la Región VIII y consiste en 9 municipios: Concepción, Talcahuano, Penco, Tomé, Florida, Hualqui, Santa Juana, Lota y Coronel. Concepción Metropolitano, como se usa en las estadísticas del INE (Instituto Nacional de Estadísticas), abarca siete (7) municipios costeros urbanizados, con exclusión de Florida y Santa Juana. (ver Figura 2-1).

(2) División por zona

Para los propósitos de proyecciones de la demanda de tránsito, es necesario dividir el área de estudio en varias zonas pequeñas. Ya que el proyecto básico es el estudio de un puente nuevo sobre el río Bío-Bío dentro de la jurisdicción de la Municipalidad de Concepción. Concepción deberá dividirse por zonas de tamaño apropiado considerando los sentidos del flujo de tránsito que cruza sobre el río. Se pueden sumar otros municipios dependiendo de sus ubicaciones.

La provincia de Concepción se divide en 21 zonas, de las cuales 15 pertenecen a la Municipalidad de Concepción. Penco y Tomé al igual que Lota y Coronel son integrados en una zona. En la Figura 2-2 y Figura 2-3 se dan los números de zona y las correspondientes unidades administrativas.

(3) Población en el Área del Estudio

La población del área de estudio es de 870.100 habitantes, y la municipalidad de Concepción tiene una población de 342.700 habitantes. Las densidades demográficas por zona, en la Provincia de Concepción se presentan en la Tabla 2-1.

(4) El ingreso familiar

En las áreas urbanas de Concepción Metropolitano, se han estimado los ingresos familiares promedios mensuales en 52.800 pesos para 1993 con el valor de precios de 1989. La Tabla 2-2 muestra los resultados por zona.

Tabla 2-1 Área, Población y Densidad Demográfica por Zona en la Provincia de Concepción, 1993

Número y Nombre Zona	(1) Superficie (há)	(2) Población	(2)/(1) Densidad de Población Density (personas/há)
1 Centro Sur	183,9	20.000	108,8
2 Centro Norte	240,3	29.500	122,8
3 Costanera	230,4	12.500	54,3
4 Pedro de Valdivia	185,9	7.800	42,0
5 Chillancito	230,4	21.100	91,6
6 Lorenzo Arenas	547,2	30.200	55,2
7 Barrio Norte	851,2	41.400	48,6
8 Puchacay	130,7	1.600	12,2
9 Observ./A.Potable	5.080,0	25.000	4,9
10 Chiguayante	3.720,0	58.000	15,6
11 Larenas	1.710,0	14.000	8,2
12 Palomares	2.870,0	4.700	1,6
13 R.Gde/Chai./Ulloas	12.810,0	3.200	0,2
18 San Pedro	7.250,0	71.400	9,8
19 Pinares	4.030,0	2.300	0,6
Comuna de of Concepción	40.070,0	342.700	8,6
14 Talcahuano	14.820,0	258.000	17,4
15 Penco/Tome	59.870,0	92.300	1,5
16 Florida	61.320,0	10.400	0,2
17 Hualqui	53.460,0	16.600	0,3
20 Lota/Coronel	41.470,0	137.800	3,3
21 Santa Juana	73.440,0	12.300	0,2
Provincia de Concepción	344.450,0	870.100	2,5

Fuente: (1) Cálculo del Equipo de Estudio Japonés para Comuna de Concepción. Datos del INE para otras comunas
 (2) Estimación del Equipo de Estudio Japonés basando en el censo 1992 y los datos del INE

(5) Propiedad de vehículos

En el año 1993, en la Provincia de Concepción han sido registrados 40.200 automóviles de pasajeros, 18.200 camionetas y 5.400 camiones, lo que corresponde a 57% del total de la región. La Municipalidad de Concepción ha expedido 37.467 permisos de vehículos en 1993, lo que representa 59% del número total de vehículos en la provincia.

Tabla 2-2 Promedio Mensual de Ingresos por Hogar por zona, Área Urbana de Concepción Metropolitana, 1993

(Ch.\$ at 1989 price)

Número y Nombre de Zona	Promedio de ingreso mensual de hogares (Ch.\$ del 1989)	Diferencia
1 Centro Sur	158.800	3,01
2 Centro Norte	76.600	1,45
3 Costanera	41.800	0,79
4 Pedro de Valdivia	37.700	0,71
5 Chillancito	47.000	0,89
6 Lorenzo Arenas	56.400	1,07
7 Barrio Norte	46.900	0,89
8 Puchacay	109.600	2,08
9 Observatorio/Agua Potable	90.000	1,70
10 Chiguayante	47.900	0,91
11 Larenas	31.100	0,59
18 San Pedro	56.200	1,06
19 Pinares	173.200	3,28
Comuna de Concepción	64.800	1,23
14 Talcahuano	52.400	0,99
15 Penco/Tome	37.400	0,71
17 Hualqui	37.800	0,72
20 Lota/Coronel	33.700	0,64
A.U. Concepción Metropolitano	52.800	1,00

Fuente: Estimación del Equipo de Estudio basado en los datos de SECTRA

El número de vehículos para Chile es de 0,086 vehículos por persona en 1992, en tanto que para la región VIII es de 0,061; y 0,071 para la provincia de Concepción y de 0,103 en la ciudad de Concepción. La cantidad promedio de vehículos por familia en las áreas urbanas de Concepción Metropolitano es de 0,239, pero es considerablemente superior en el municipio de Concepción, 0,335.

2.2 Tendencia de desarrollo en el área de Concepción

(1) Aumento de la población

La población de la Provincia de Concepción está en aumento a una tasa anual de 1,62%. Siendo la capital, la población de Concepción presenta un crecimiento de un índice superior a 1,96, pero una reducción en la población se ha registrado en el distrito central.

(2) Planes y proyectos de desarrollo.

Existen dos planos reguladores de la utilización de suelo para el área de Concepción. Uno es el "Plan Regulador Metropolitano de Concepción", que es un plan intermunicipal para

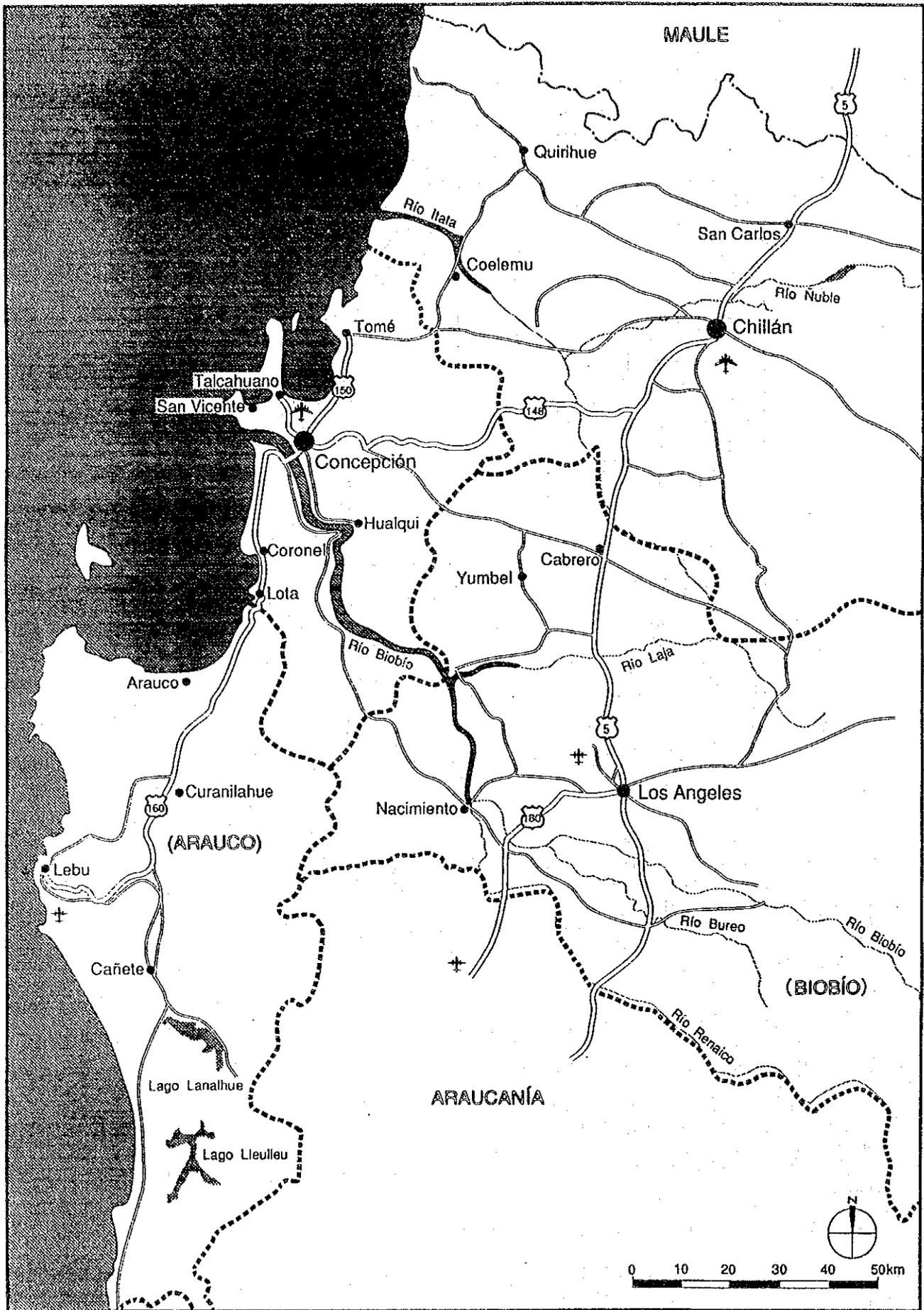


Figura 2-1 Area del Estudio

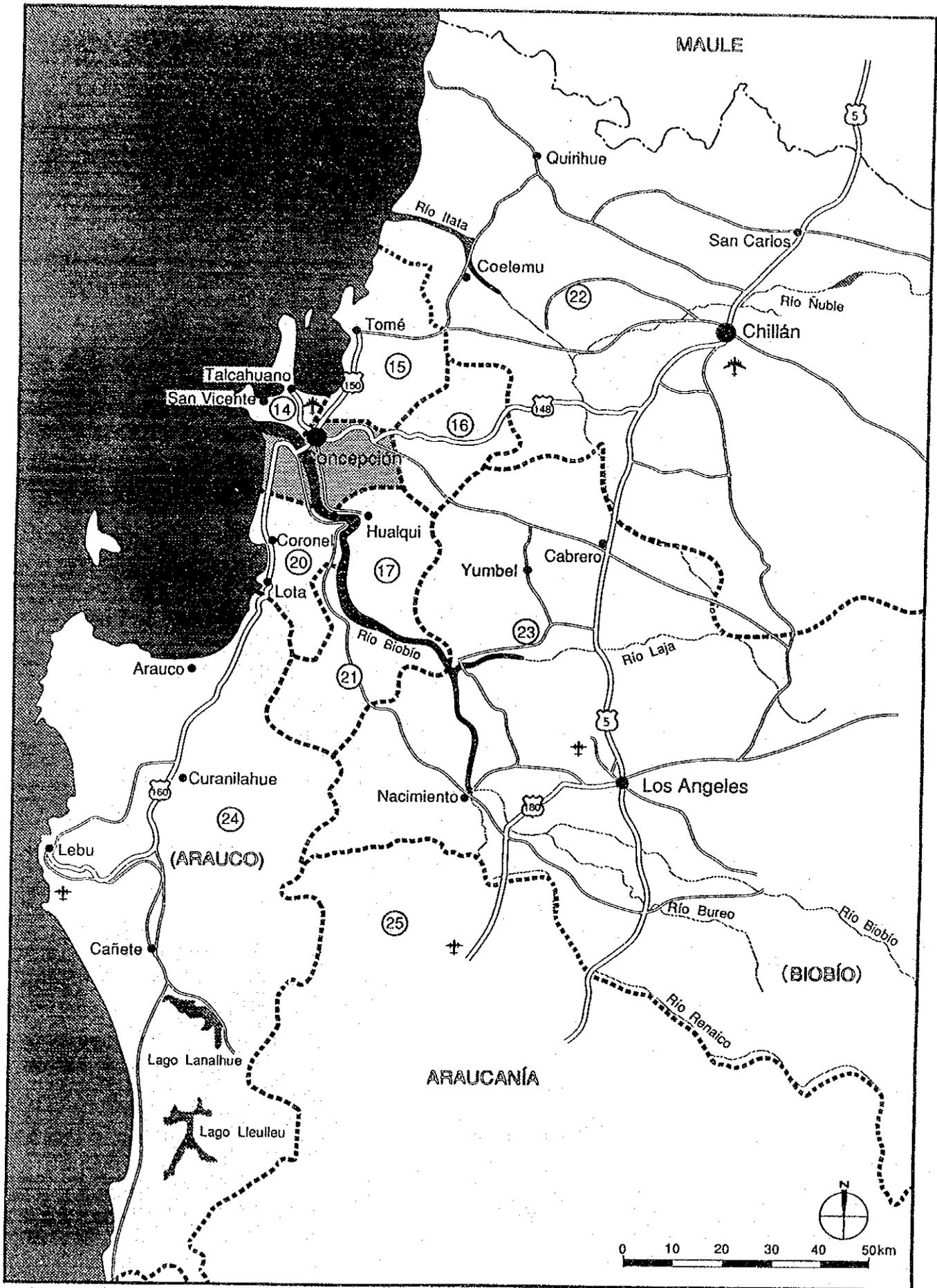


Figura 2-2 División por Zonas (1)

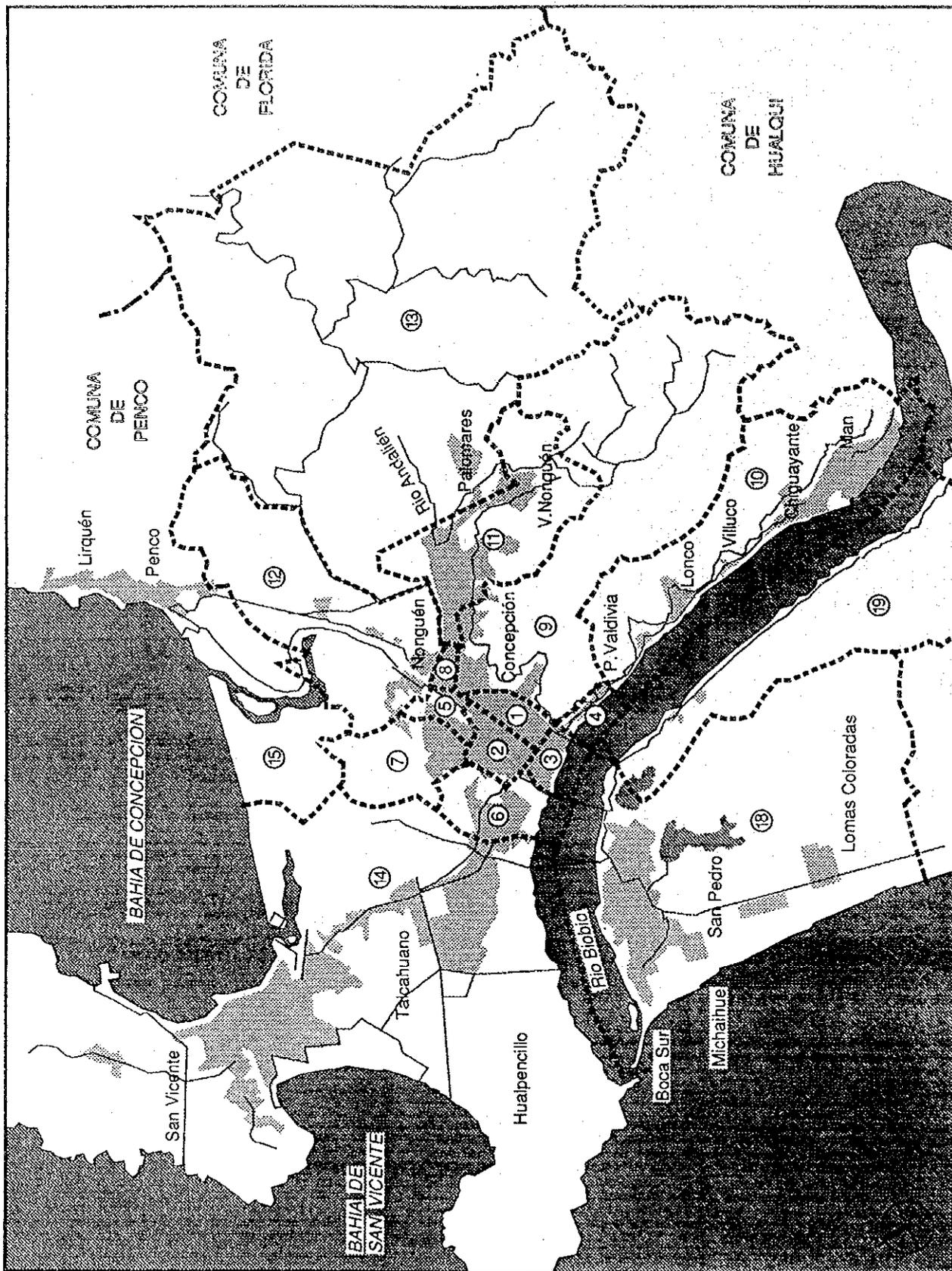


Figura 2-3 División por Zonas (2)

las áreas urbanas de Concepción, Talcahuano, Penco y Hualqui. El otro es el "Plan Regulador de la Comuna de Concepción" destinado al municipio de Concepción. El plan intermunicipal cubre la utilización general de suelo mientras que el plan municipal intenta controlar el uso de tierra mediante regulaciones cuantitativas más detalladas para cada uso. Estos planes fueron preparados y aplicados a comienzo de los años 80 y aún están en vigor. No obstante, el nuevo plan regulador se hará público durante el año de 1994.

No hay tantos proyectos de desarrollo que provoquen un gran impacto en la estructura urbana de Concepción. Si se deja de lado los proyectos vinculados al transporte se debería tomar en cuenta los siguientes:

1. Un proyecto de remodelación para la larga zona que sigue la ribera norte del río Biobío.
2. Reedificación del Mercado Público Central.
3. El desarrollo de un centro comercial (shopping mall) en el trebol de la Av. J. Alessandri con la Autopista a Talcahuano.
4. Proyectos de desarrollo inmobiliario en las proximidades a Laguna Grande y Laguna Chica en San Pedro.
5. Una zona industrial desarrollada a lo largo del camino a Cabrero.

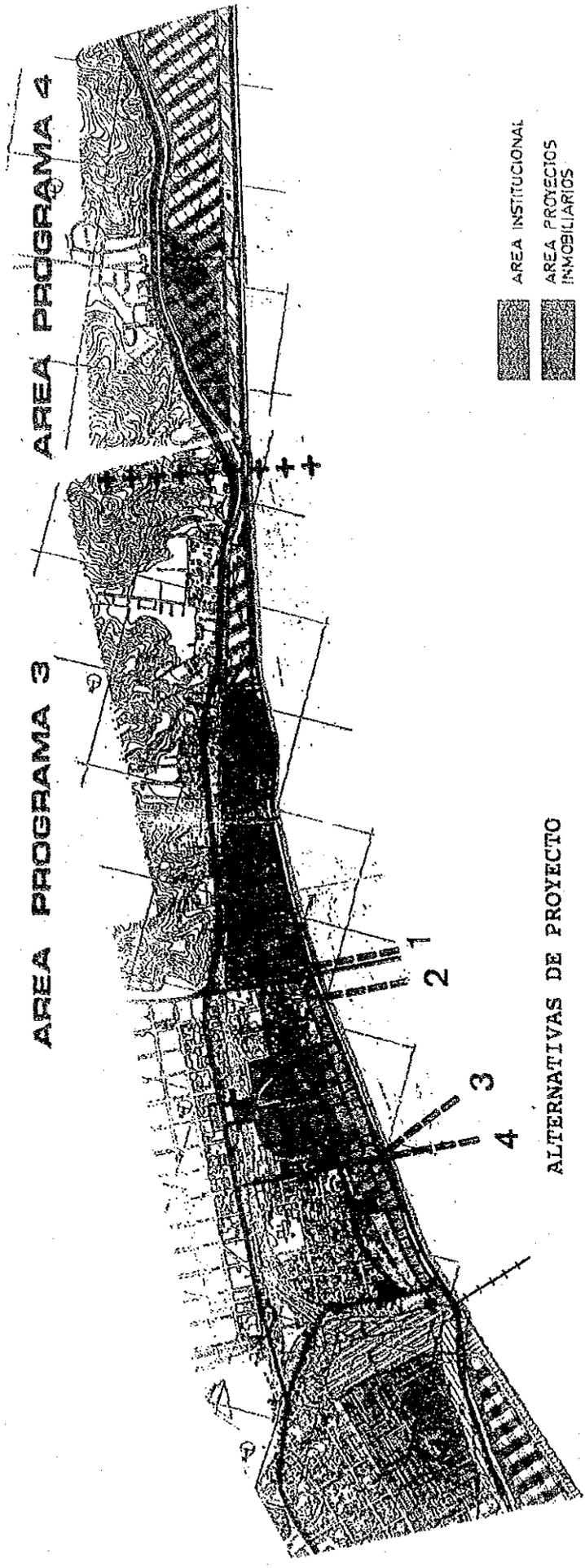
Gradualmente se ha estado realizando la remodelación de la ribera norte del río. Un comité formado por las oficinas regionales de ministerios asociados, la intendencia regional y la municipalidad de Concepción comenzaron a trabajar para confeccionar un plan de implementación enfocado a las secciones 3 y 4 (el lugar donde será construido el puente nuevo planificado en este estudio). El plan incluye un mejoramiento con infraestructuras del área residencial y la formación de un nuevo centro gubernamental y comercial (Ver Figura 2-4).

La reconstrucción del Mercado Público Central está en etapa de negociaciones entre la municipalidad y los usuarios de los locales.

El Shopping Mall se encuentra actualmente en construcción y, de acuerdo al plan, este tendrá una superficie total de 40.000 m² en dos niveles, desarrollado en un vasto sitio de 150.000 m². Serían dos tiendas de departamentos, 120 tiendas de marcas nacionales como internacionales, un "food court" compuesto por 16 restaurantes de primera clase y un supermercado. La inauguración está programada para abril de 1995.

Los proyectos de desarrollo en San Pedro están en las áreas residenciales de nivel socioeconómico medio y alto, planeadas alrededor de la Laguna Grande y Laguna Chica. Una parte del primer proyecto ya ha concluido y ya se han vendido algunos lotes. Los otros proyectos serán iniciados después del año de 1995, siendo el número total de hogares planificados de 6.820 unidades.

La zona industrial actualmente está parcialmente ocupada pero se espera que eventualmente sea utilizada en su totalidad ya que la ubicación es buena y no existen muchos lugares donde se puedan ubicar las industrias.



AREA INSTITUCIONAL
 AREA PROYECTOS INMOBILIARIOS

ALTERNATIVAS DE PROYECTO

PROGRAMA GESTION URBANA 1993

COMISION COORDINADORA DEL PROYECTO DE RECUPERACION DE LA RIBERA NORTE DEL RIO BIO BIO CONCEPCION

- PROYECTO DE SANEAMIENTO URBANO CON COOPERACION EXTERNA
- AREA FUTURO PARQUE COSTANERA
- AREAS DE EQUIPAMIENTO
- AREA OCUPADA BENEFICADA POR PROGRAMA DE MACROINFRAESTRUCTURA
- AREA DESOCUPADA BENEFICADA POR PROGRAMA DE MACROINFRAESTRUCTURA
- AREA RECUPERADA AL RIO DE PROPIEDAD FISCAL
- AREA DE INTERES PARA EJECUTAR RELLENOS
- AREA FUTURO PARQUE EN SECTOR RECUPERADO AL RIO
- LIMITE AREA PROGRAMA
- VIALIDAD ESTRUCTURANTE
- COLECTORES
- PLANTA ELEVADORA
- ALTERNATIVAS FUTURO PUENTE

Figura 2-4 Plan para los Programas 3 y 4 del Proyecto de Desarrollo de la Ribera Norte del Río Bio Bio

CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS DE LA RED VIAL Y DEMANDA DE TRANSPORTE

3.1 Red de transporte

(1) Red vial interurbana

Las vías principales que conectan Concepción con las ciudades importantes que la rodean están conformadas por la Ruta 148 que es acceso desde el Este, la Ruta 150 que une Penco con Tomé por el Norte, la Ruta 154 que es un acceso al área portuaria de Talcahuano por el Oeste y la Ruta 160 que se extiende a lo largo de la costa para conectarse con Coronel y Lota por el Sur.

La Figura 3-1 señala la ubicación de las vías de acceso principales hacia y/o desde la ciudad de Concepción con su volumen de tránsito diario en 1990. Entre estas vías, la Ruta 154 servía a cerca de 25.000 vehículos/día en 1990 porque funciona como un camino troncal que une el área portuaria con Concepción.

(2) Red vial en la ciudad de Concepción

La red vial en la ciudad de Concepción es del tipo cuadrícula como se ilustra en la Figura 3-2. En la Figura 3-2 también se muestra la cantidad de pistas de las calles principales. La Avenida Los Carrera se extiende de Este a Oeste con 6 pistas desde Paicaví hasta Av. Arturo Prat, desempeña un papel importante como eje Norte-Sur en la ciudad y tiene 4 pistas.

3.2 Tránsito que cruza el río Biobío

De acuerdo a los resultados de la encuesta de tránsito conducida por el equipo de estudio en 1993, el tráfico durante las 24 horas en cada puente se resume en la siguiente estadística.

Tabla 3-1 Volumen de Tránsito actual que Cruza el Río, 1993
(Vehículos/día)

Tipo de Vehículo	Puente Biobío Antiquo	Puente Juan Pablo II
Auto, familiar	14.729	8.746
Taxibuses	3.199	2.346
Camionetas	5.016	4.512
Buses	-	307
Camión (2 ejes)	-	1.718
Camión (3 ejes)	-	504
Camión con acoplado	-	1.329
TOTAL (doble sentido)	22.944	19.462

Fuente: Censo realizado por el equipo de trabajo japonés y la Dirección de Vialidad, Diciembre 1993.

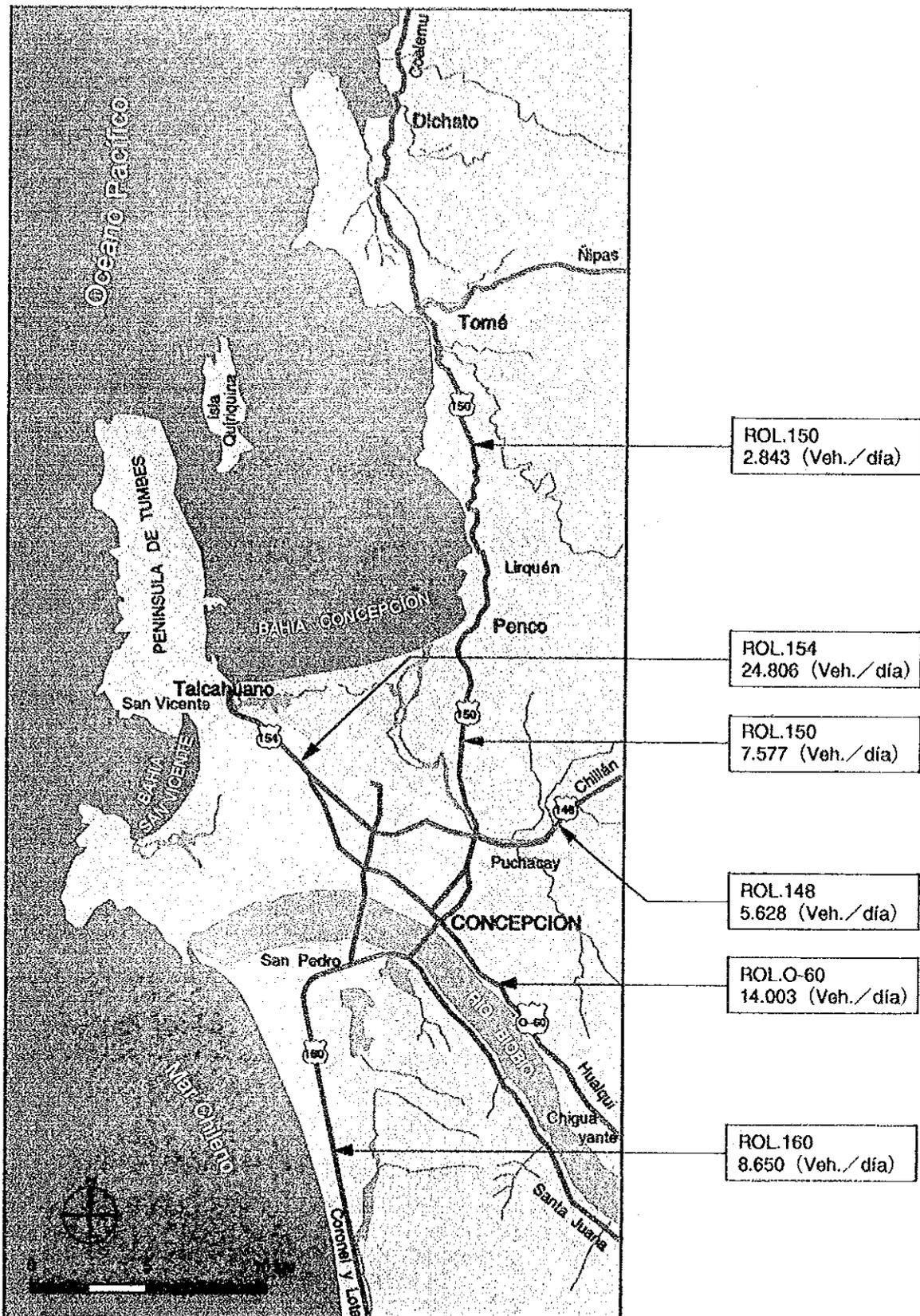


Figura 3-1 Red Vial Interurbana



Figura 3-2 Red Vial y Número de Carriles de Tráfico

CAPÍTULO 4 MARCO SOCIOECONOMICO FUTURO DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Tendencia del desarrollo económico en Chile y la VIII región

(1) Economía Nacional

La economía chilena experimentó una drástica caída de -14.1% en 1982, seguida por un -0.7% en 1983. Desde 1984, sin embargo, la economía chilena ha experimentado un continuo crecimiento. Ver Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Tendencia del Crecimiento Económico de Chile

Año	PIB (Million de Ch.\$ de 1977)	Tasa Anual de Crecimiento(%)
1980	363.446	-
1981	383.551	5,5
1982	329.523	-14,1
1983	327.180	-0,7
1984	347.926	6,3
1985	356.447	2,4
1986	376.627	5,7
1987	398.230	5,7
1988	427.530	7,4
1989	470.243	10,0
1990	480.323	2,1
1991	509.153	6,0
1992	562.254	10,4

Fuente: Banco Central de Chile

(2) Situación económica en la VIII región

El Producto Interno Bruto Regional (PIBR) es calculado y publicado por el Banco Central de Chile. Actualmente se dispone de cifras hasta 1986. Las cifras para 1987 a 1990 se están procesando y no están disponibles aún. El PIBR de la VIII región para 1986 se muestra en la Tabla 4-2.

4.2 PIB futuro y PIBR futuro de la Región VIII

(1) PIB futuro

La economía chilena disfrutó de una "década de crecimiento" (1982-1992), con un crecimiento anual durante ese período de 5.5%. El Instituto Nacional de Estadísticas(INE) estimó que la economía de Chile creció a una tasa de 5.7% en 1993.

No obstante, se considera que el ritmo de crecimiento económico de Chile presentará una disminución en el futuro. Un instituto técnico pronosticó que el desarrollo económico en 1994 caerá entre un 3 y un 4%. Las organizaciones gubernamentales se han puesto como objetivo lograr entre un 4 a un 5% de crecimiento para 1994.

Tabla 4-2 PIBR por Sector de la Región VIII en 1986

Clase de actividad económica	PIBR (Milloes de Ch.\$ de 1977)	Distribución regional (%)	Contribución nacional (%)
Agricultura y pesca	5.911	16,3	15,9
Minería	836	2,3	2,7
Industrias manufactureras	11.936	32,8	15,2
Construcción	1.585	4,4	7,6
Electricidad, gas y agua(1)	1.865	5,1	19,2
Transporte y comunicación(2)	2.127	5,8	9,9
Comercio(3)	4.392	12,1	7,0
Otros(4)	7.740	21,2	6,8
Sector primario	5.911	16,3	15,9
Sector secundario(5)	14.357	39,5	11,0
Sector terciario(6)	16.126	44,2	7,7
Total	36.394	100,0	9,7

Considerando la estructura macro económica de Chile, y las tendencias de recuperación en la economía internacional, se presume un promedio de crecimiento económico anual de 4.5% para el período 1992-2010 y uno de 4.0% para el de 2010-2020.

(2) PIBR futuro de la VIII región

Para la proyección del PIBR futuro de la Región VIII, el PIBR se ha estimado para el año de 1992 teniendo en cuenta los datos referentes a empleos en toda la región, publicados anualmente por el INE. Así, las elasticidades sectoriales de las tasas de crecimiento de la Región VIII para la nación como un todo se han calculado para el período de 1986 a 1992. Se presume que el desarrollo económico de la región seguirá la tendencia nacional a una tasa proporcional a la que se determinó para el período de 1986-1992.

El PIBR "per capita" de US\$ 2.230 en 1992 subirá a US\$ 4.270 en el de año 2010 (Tasa de cambio: US\$1.00 = Ch.\$ 362.576 en 1992).

4.3 Población futura y empleo futuro

A mediados de 1993, se estimó en 1.788.800 la población de la VIII región que aumentará siguiendo el curso proyectado por el INE, y alcanzará los 2.133.800.

A fin de determinar la población futura por provincia, se distribuye la población calculada a nivel regional en cada provincia basados en la tendencia de aumento pasada. Los resultados se muestran en la Tabla. 4-3.

Tabla 4-3 Población Futura por Provincia en la Región VIII

Provincia	Población (Miles de Persons)				Tasa Anual de Crecimiento(%)		
	1993	2000	2010	2020	1993/2000	2000/2010	2010/2020
Concepción	870,1	960,1	1.076,9	1.187,2	1,4	1,2	1,0
Nuble	430,6	454,3	482,2	507,4	0,8	0,6	0,5
Biobío	333,4	356,5	385,5	411,9	1,0	0,8	0,7
Arauco	154,6	169,4	188,5	206,5	1,3	1,1	0,9
Región VIII	1.788,8	1.940,3	2.133,8	2.313,0	1,2	1,0	0,8

4.4 Propiedad de vehículos futura

(1) Automóvil y Camioneta

La mayoría de los autos de pasajeros y camionetas son de propiedad familiar. En las áreas urbanas de Concepción Metropolitano, el número de vehículos por familia aumentará de 0,239 en 1993 a 0,459 en 2010. Aplicando este índice estimado de propiedad de vehículo para el número de familias en el futuro, se obtendrá un total de 106.440 vehículos de uso familiar.

Añadiéndose a este total, el número de vehículos para uso en negocios, de propiedad de establecimientos comerciales, y, considerándose 75% la tasa correspondiente a autos de pasajeros, los números de autos de pasajeros y camionetas proyectados para las áreas urbanas de Concepción Metropolitano son en conformidad a como se muestra en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4 Proyección de Pasajeros por Autos y Camionetas en el Concepción Metropolitano

Tipo de Vehículo	Número de Vehículo		Aumento
	1993	2010	1993/2010
Automóvil	37.530	96.770	2,56
Camioneta	16.630	32.250	1,94
Total	54.160	129.020	2,38
Tasa de Motorización(Vcl/hgr)	0,239	0,459	1,92

El número de autos de pasajeros y camionetas en áreas fuera de las áreas urbanas de Concepción Metropolitano, dentro de la Región VIII, es estimado como el número total de vehículos de propiedad familiar y de propiedad comercial. Se presume que la tasa del número de vehículos familiares aumentará en el futuro al mismo ritmo de las áreas urbanas de Concepción Metropolitano. Se presume, también, que el porcentaje de autos de pasajeros será de 60% de acuerdo a la tendencia en el pasado.

Tabla 4-5 Proyección de Pasajeros por Autos y Camionetas en las otras Áreas de la Región VIII

Tipo de Vehículo	Número de Vehículo		Tasa de crecimiento
	1993	2010	1993/2010
Automóvil	25.870	60.870	2,35
Camioneta	19.970	40.580	2,03
Total	45.840	101.450	2,21

(2) Camión

El número futuro de camiones en la Región VIII se calcula usando una elasticidad de la tasa de aumento de camiones al crecimiento de la economía regional. Ya que el número de camiones aumentó en una tasa anual de 4,1% desde 1982 a 1992 y el PIBR se expandió en una tasa anual de 6,2% durante el mismo período, la elasticidad se calculó en 0,66. Al aplicar la elasticidad a la tasa de crecimiento anual proyectada de 4,7% para la economía regional hasta el año 2010, se aceptó una tasa anual de 3,1% de aumento de camiones. los resultados estimados se indican en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6 Futuro Número de Camiones por Provincia en la Región VIII

Provincia	Número de Vehículo		Aumento
	1993	2010	1993/2010
Concepción	5.400	9.250	1,71
Ñuble	3.100	5.000	1,61
Biobío	3.000	4.990	1,66
Arauco	1.200	2.100	1,75
Región VIII	12.700	21.340	1,68

CAPÍTULO 5 Plan de inversiones del MOP

5.1 Plan de Inversiones hasta el año 2010

El MOP preparó un plan de inversiones de 17 años apuntando al año 2010. La inversión total durante ese período se visualiza en 33.360 millones de dólares. Se asigna la cantidad de 24.427 millones de dólares que representa el 73% del programa total, al sector vial, de los cuales, 7.370 millones son asignados al sector vial urbano. De esta última cantidad, se asignan 1.251 millones de dólares a la región central del Sur (las Regiones VII y VIII). (Ver Tabla 5.1).

Tabla 5-1 Plan de inversión del MOP para 1994-2010
(Millones de US\$ a precio de 1993)

Sector	Plan de Inversión(Mill.US\$)			Inversión per Cápita(US\$)		
	A Región VII & VIII	B Total Nacional	A/B (%)	C Región VII & VIII	D Total Nacional	C/D
Población	2.563	13.232	19,4	-	-	-
Ruta interurbana	3.467	17.057	20,3	1.353	1.289	1,05
Vialidad urbana	1.251	7.370	17,0	488	557	0,88
Puerto y puerto pesquero	166	726	22,9	65	55	1,18
Aeropuerto	16	213	7,5	6	16	0,39
Sistemas de drenaje	535	1.361	39,3	209	103	2,03
Suministro de agua	112	1.042	10,7	44	79	0,55
Alcantarillado	172	2.217	7,8	67	168	0,40
Aguas lluvias	30	52	57,7	12	4	2,98
Control del río	28	107	26,2	11	8	1,35
Edificios públicos	350	1.381	25,3	137	104	1,31
Metros	-	1.232	0,0	0	93	0,00
Vías férreas	-	501	0,0	0	38	0,00
Total	6.126	33.260	18,4	2.390	2.514	0,95

Fuente: El Mercurio, 29 of January, 1994

Nota: El importe de inversión para la Región VIII es oficialmente divulgado juntamente al importe correspondiente al Región VII, pero no individualmente.

5.2 Proyectos viales en ejecución o en planeamiento en el Area de Estudio

El MOP y autoridades locales están planeando los siguientes proyectos viales en el área de Estudio, de los cuales (1)-2, (1)-4 y (3) afectarán bastante en la demanda en la viabilidad del proyecto del nuevo puente Biobío.

(1) Proyectos en desarrollo de caminos en Concepción
(mayor que US\$ 2.0 million)

1. Av. Pedro de Valdivia
2. Av. Prat - 21 de Mayo
3. Av. Collao - Gral. Novoa
4. Av. Los Carrera
5. Av. P. Aguirre Cerda
6. Av. Roosevelt - Av. Irarrazaval
7. Interconexión Concepción - Chiguayante
8. Interconexión Concepción - Paicavi
9. Eje O'Higgins en Chiguayante

(2) Acceso norte a Concepción

Existen dos rutas principales que conectan Concepción con la ruta 5: La ruta nacional 148 y la O-50, ambas con deficiente trazado y condición de la superficie de rodado. La construcción de la tercera ruta se planea al norte de la ruta 148, con fondos del sector privado. El acceso norte comienza en Penco, y continúa hacia el Este y alcanza la ruta 5 a casi 13 km al sur de Chillán. El largo total es de casi 65 km. Estas vías están previstas como autopistas de cuatro pistas y de acceso controlado. No se ha determinado aún el sistema de peaje.

(3) Av. Costanera

El proyecto de la costanera es una construcción vial junto al río de 35 km, comenzando en Hualqui que se considera el límite sur de la urbanización y se extiende hasta la desembocadura del río Biobío. Es uno de los componentes principales de un proyecto de desarrollo urbano a gran escala llamado "Proyecto de recuperación de la ribera norte del río Biobío", que apunta al desarrollo urbano y territorial, activación económica, creación de recreación urbana y desalojo de tomas de terrenos en las áreas ribereñas.

(4) Camino de la madera

Este proyecto, financiado por el sector privado, apunta al mejoramiento y mantención de la vía de 113 km entre San Pedro - Coihue vía Santa Juana y Nacimiento. Las maderas en el área de captación del río Biobío son transportadas principalmente por esta vía a los puertos de Talcahuano, San Vicente y Lirquén. Se estima que la inversión total será de CH\$ 14,328 millones.

CAPÍTULO 6 PRONOSTICO DE LA DEMANDA DE TRANSITO FUTURA

6.1 Volumen del Tránsito que Cruza el Río

El volumen del tránsito diario en el área del estudio es estimado en 170.000 viajes en el año 1993, y de estos, 72% corresponden a viajes de autos de pasajeros, 19% a taxibuses, 4% a buses y 5% a camiones. Dentro de ese total, 43.000 viajes equivalen al tráfico que cruza el río Biobío, o sea, 25% del total (Tabla 6-1).

Tabla 6-1 Volumen del Tránsito que Cruzó el Río (en 1993)

	Auto, Wagon, Pickup	Taxibus, Bus	Camión	Total
Tránsito Total que Cruza el Río (TMDA)	33.646	6.074	3.258	42.978
Horas Punta (6 horas)	12.722	2.302	1.327	16.351
Fuera de las horas Punta	20.924	3.772	1.931	26.627

Nota: El tráfico total en esta tabla es mayor que el volumen mostrado en el Capítulo 3 por 1,3%. Esta discrepancia resultó por el redondeo de cada tráfico de OD estimado cuando las zonas, en áreas urbanizadas, son subdivididas.

6.2 Pronóstico del Tráfico Futuro

El volumen total del tránsito en el área del estudio aumentará para 350.000 viajes por día en el año 2010, o sea, 2,1 veces el volumen actual. Los autos de pasajeros tendrán aumento de 80%. El tránsito que cruza el río alcanzará 112.000 viajes, lo que equivale a 2,6 veces el volumen de 1993 (Tabla 6-2).

Tabla 6-2 Resultados del Pronóstico del Volumen de Tránsito Futuro que Cruza el Río

Tipo de Vehículo	Tránsito que Cruza el Río (Vehículos/día)			Tasa de Crecimiento Anual (%) 1993 - 2010	2010/1993
	1993	1999	2010		
Auto, Wagon, Pickup	33.646	51.000	90.500	6,0	2,69
Taxibus, Bus	6.074	7.700	12.900	4,5	2,12
Camión	3.258	5.000	8.700	5,9	2,67
Total	42.978	63.700	112.100	5,8	2,61

CAPÍTULO 7 MEDIO AMBIENTE NATURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

7.1 Generalidades:

El trabajo de ingeniería consistió en un estudio meteorológico, un análisis hidrológico, una investigación geológica que incluyó, un estudio de suelos, un análisis sísmico y un levantamiento topográfico.

7.2 Condición del Río

La superficie de captación del río Biobío es de 24.420 km² en la desembocadura, entre los paralelos 36°45' y 38°52' desemboca por el Oeste en el océano Pacífico y se extiende al Este hasta la cordillera de los Andes y el límite con la Argentina.

El Biobío fluye de sureste a noroeste por 356 km hasta el mar, donde la latitud en que se ubica su desembocadura es de 36° 50' Sur, al Sur de la península de Hualpén y al Norte del golfo de Arauco. El río nace en la cordillera de los Andes, en los lagos Icalma y Galletué, a menos de 1.500 m sobre el nivel del mar.

7.3 Características Geológicas en el Sitio del Puente

(1) Características Generales de los Suelos

La mayoría de los suelos son granulares finos, densos o muy densos, arenas sedimentarias (SP o SM). Ocasionalmente, son encontrados algunos estratos de arenas sedimentarias duras a muy duras. Rara vez fue encontrado un delgado estrato de grava. De acuerdo con correlaciones aceptadas generalmente los sedimentos del Biobío, bajo los 6 metros de profundidad, tienen buena capacidad de soporte.

(2) Comentario General de la Mecánica de Suelos

Descripciones geológicas confirmadas por los resultados de las excavaciones hacen relevantes las siguientes conclusiones:

1. Sedimentos superficiales muestran baja densidad desde la superficie hasta los 4-6 m. de profundidad. Estos suelos corresponden a depósitos recientes después de periódicos cambios en esta zona durante inundaciones.
2. Una reducción de velocidad de onda frente a la Laguna Chica de San Pedro muestra la existencia de una antigua interconexión entre el río y la laguna.
3. Una gran reducción de velocidad de onda en el área de la columna norte de la alternativa 4, confirman la presencia de un espeso estrato de sedimentos de alta consistencia. Esta medición muestra la existencia de un canal natural que conectó los ríos Andalién y Biobío durante una inundación el siglo pasado

CAPÍTULO 8 PUENTE BIOBÍO (PUENTE VIEJO)

8.1 Condiciones del Puente

Es necesario destacar que actualmente prevalece una condición crítica. Bajo la acción de la carga de 8 ton., la tensión en la fibra del acero en la viga principal debido solamente a la carga muerta ($1,885 \text{ kg/cm}^2$) es mayor que la tensión admisible de $1,320 \text{ kg/cm}^2$. Mas aún, bajo la acción de las mismas 8 toneladas de carga, la tensión combinada de carga muerta y viva en la viga de acero ($1,523 \text{ kg/cm}^2$ para la compuesta y $2,639 \text{ kg/cm}^2$ para la no compuesta) excede sustancialmente la tensión admisible de $1,320 \text{ kg/cm}^2$.

Parece que la estabilidad se genera en la acción combinada de las vigas con la losa y como resultado, el servicio de largo plazo del puente depende del deterioro, particularmente de las fisuras en la losa.

Todos las normas códigos para puentes, como también otros normas estructurales tienen limitaciones respecto a la altura de los soportes estructurales. Se imponen estas restricciones para controlar las deflexiones y también reducir las vibraciones.

Las limitaciones de las especificaciones AASHTO son de 1/25 cuando se utilizan las alturas combinadas de viga y losa, y de 1/30 cuando se considera sólo la altura de la viga. Estos dos parámetros para el puente existente son de 1/25.08 y de 1/34.77 respectivamente.

Según el "Manual para Inspección y Mantenimiento de Puentes", AASHTO 1978, un puente requerirá un control de tráfico tal como el de limitaciones en peso o velocidad de vehículos si RF es inferior a 1.0. Sin embargo, el puente se cerrará al tráfico en el caso de que la capacidad de carga sea inferior a 3 toneladas.

La capacidad de carga de este puente es inferior a 3 toneladas, lo que sugiere la necesidad de que el MOP tome contramedidas relacionadas con la seguridad.

8.2 Mantenimiento del Puente

Se deben efectuar algunos trabajos de mantenimiento si las actuales condiciones se mantienen hasta la construcción del puente nuevo. Se deben ejecutar reparaciones en la losa si el fisuramiento crece demasiado. Además, se efectuará el ensanchamiento de los cabezales de las cepas existentes para evitar el colapso de los tramos debido a desplazamientos horizontales ocasionados por fuerzas sísmicas.

Se deben continuar con los trabajos de mantenimiento sobre una base rutinaria. Se efectuarán inspecciones periódicas de las condiciones del puente especialmente en relación a las fisuras de la losa y del asentamiento de las fundaciones. Se deben reparar las juntas de expansión y se reforzar los cabezales de los pilotes como sea necesario.

8.3 Trabajos de mejoramiento

La estabilidad del puente es sustancialmente dudosa, y la mayoría de los componentes del puente pueden no ser apropiados para un mejoramiento debido a muchas razones. Los componentes existentes del puente serán utilizados, sin embargo, para reducir el costo de construcción del puente nuevo empleándolos como recursos temporales tales como andamiajes, plataformas y puente provisional para trabajo de construcción.

Se concluye que el mejoramiento del puente no es una solución práctica, no es económica y en consecuencia no es recomendable.

8.4 Recomendaciones en relación al puente

Basado en los resultados anteriores, particularmente en relación a la sobre tensión de la armadura de refuerzo de la losa, el Equipo de Estudio ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Debido a la excesiva sobre tensión de los componentes estructurales, este puente debería cerrarse al tráfico para evitar pérdidas de vidas y patrimonio.
2. Sin embargo, el MOP puede decidir la implementación de las recomendaciones anteriores en dos etapas.
 - a. Restringiendo el tránsito a solamente autos y vehículos de emergencia.
 - b. Cierre completo del puente
3. No se recomienda el mejoramiento del puente.
4. El MOP debería hacer los preparativos para reemplazar este puente tan pronto como sea posible.

CAPÍTULO 9 ESTUDIO DE PLANES Y DE RUTAS ALTERNATIVAS PARA EL NUEVO PUENTE

9.1 Política básica del Estudio

El volumen total de viajes que crucen el río llegará a 112.000 vehículos por día en el año 2010. Esto significa que el volumen de tráfico alcanzará la capacidad del nuevo puente de 4 carriles. El equipo de estudio no considera aconsejable recomendar una situación terminante para la construcción de un puente de 2 carriles con una capacidad de 20 ton en forma adyacente al existente de 2 carriles y 8 toneladas de capacidad (la restricción de carga presente en el puente existente), como la solución final de este estudio. Dicha condición restringirá gravemente la vía al transporte público que es un elemento crítico en este estudio y creará las siguientes situaciones:

1. Si el puente existente de 2 carriles (8 toneladas) y el nuevo de 2 carriles (HS20-44) quedan ubicados lado a lado, y en ambos carriles de cada puente se restringe el tránsito a un solo sentido o ruta, con el nuevo puente sirviendo a buses, camiones, etc., el tránsito de regreso de éstos tendría que ser encausado vía puente Juan Pablo II.
2. Si el puente existente de 2 carriles (HS20-44) y el nuevo de 2 carriles (20 toneladas) quedan ubicados lado a lado, y ambos puentes son utilizados con tránsito de doble sentido, entonces los buses y camiones serán restringidos al uso del puente nuevo solamente, ocasionando un serio problema en el manejo del tránsito, además de no cumplir con la demanda de tránsito para el año 2010.

Posteriormente se hizo mención a que la vida útil del puente es muy limitada y que la capacidad de carga del puente es estimada para menos de 3 toneladas. Sin embargo, el MOP puede considerar el uso restringido del puente antiguo en vez de su demolición, ya que este puente se necesita como ruta alternativa o desvío durante la construcción del nuevo puente. Con referencia al Puente Antiguo, el equipo de estudio recomienda el siguiente:

1. El nuevo puente debe tener una capacidad estándar para carga de camiones, HS20-44, y que debe ser un puente de 4 carriles.
2. La demolición del puente viejo no debe considerarse en los costos del puente nuevo.

Por tanto, se recomienda la investigación de planes alternativos que se describen en la siguiente sección.

9.2 Planes alternativos para el estudio

Al estudiar las diversas alternativas, el alcance del estudio se muestra en la Figura 9-1. En base a estas consideraciones, se investigan las siguientes alternativas.

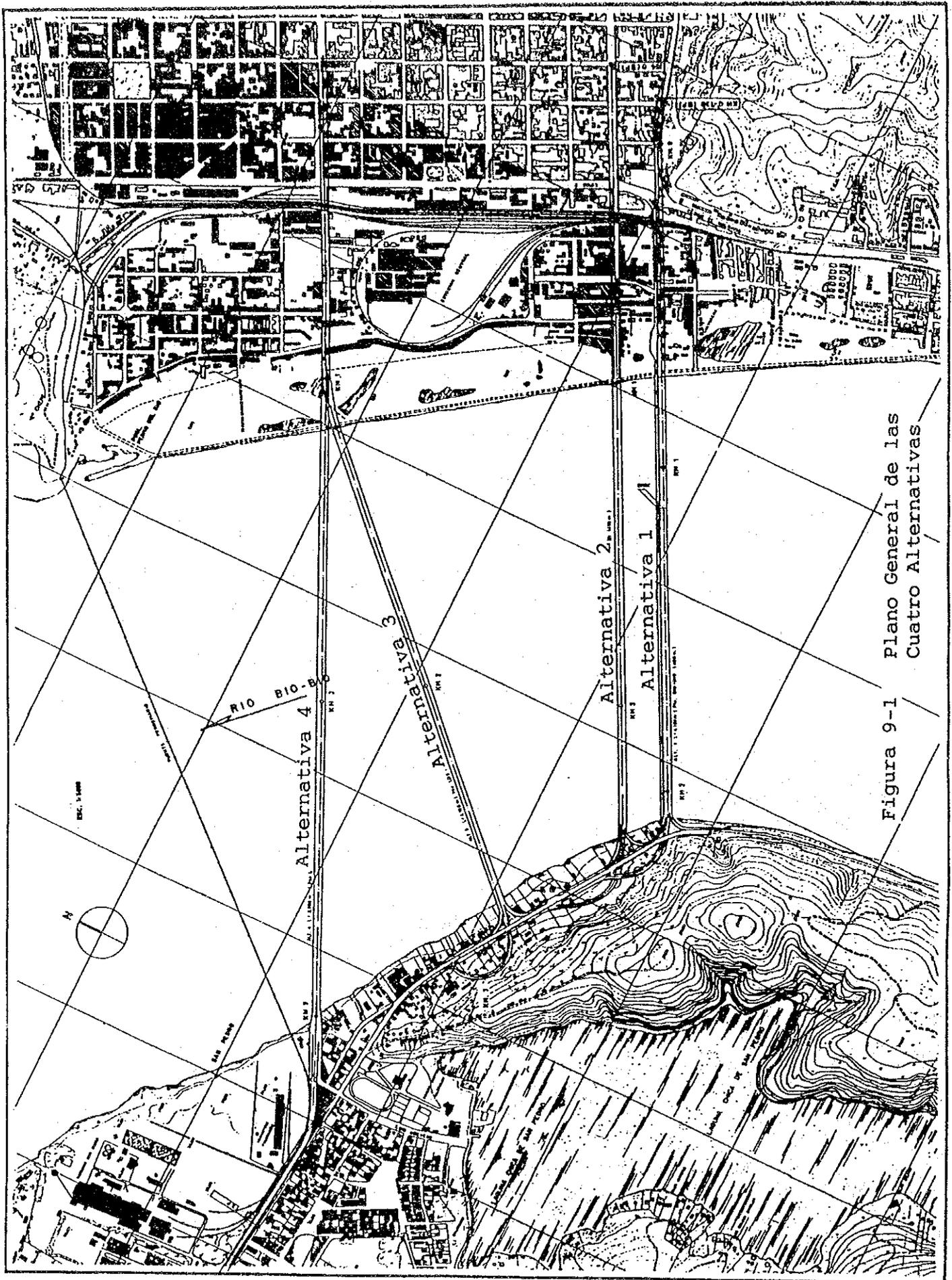


Figura 9-1 Plano General de las Cuatro Alternativas

1. Alternativa 1

Construcción de un puente nuevo de 4 carriles, paralelo al puente existente.

2. Alternativa 2

Construcción de un puente nuevo de 4 carriles, a lo largo de la línea de extensión de la calle Chacabuco.

3. Alternativa 3

Construcción de un puente nuevo de 4 carriles, conectando el extremo terminal de la calle Los Carrera con la Av. Pedro Aguirre Cerda en San Pedro, con una longitud de puente más corta.

4. Alternativa 4

Construcción de un puente nuevo de 4 carriles, a lo largo de la línea de extensión de la calle Los Carrera.

9.3 Evaluación y selección de alternativas

Se evalúan cuatro alternativas desde el punto de vista económico, con base en los resultados de la asignación del tráfico y los costos estimados del proyecto. Diversas condiciones plausibles son consideradas para simplificar los problemas, tales como las que se mencionan a continuación:

1. El nuevo puente Biobío será abierto en 1999 y, en esa época, la Av. Costanera habrá sido construida, así como la Av. Los Carrera y la Calle Prat habrán sido mejoradas y el viejo puente Biobío cerrado.
2. La construcción del puente llevará 3 años, siendo que 20% del costo total será invertido en el primer año (1996) y cada cuota de 40% en los años 1997 y 1998, respectivamente.
3. Se asume que el costo social del proyecto constituirá el 75% del costo financiero total en términos de precio de mercado. Esta suposición es considerada razonable, teniendo en cuenta que en Chile el Impuesto al Valor Agregado (IVA) es de 18% y que se adopta ampliamente el valor de 11% referente a Impuesto de Importación. En suma, la tasa sombra del salario de Mano de Obra no Especializada es estimada en 60% por MIDEPLAN.
4. Los beneficios económicos acumulados por ahorro en el tiempo de viaje y en el costo operacional del vehículo serán calculados por un período de 20 años después de la habilitación del puente (1999 a 2019).
5. Se estima que los valores residuales correspondientes al puente y a las vías construidas por el proyecto serán, en el año 2020, de 50% del importe inicial de inversión.

6. No se consideran los costos de mantenimiento del nuevo puente en esta fase. Estos deberán ser muy insignificantes (menos de 1% de la inversión inicial) y no afectarán en el orden de prioridad.

9.4 Resultados de Evaluación

(1) Resultados de asignación de tránsito.

La Tabla 9-1 muestra los resultados de las asignaciones de tránsito para ambos casos, "con proyecto" y "sin proyecto". En caso que el nuevo puente no sea construido, el volumen del tránsito diario en el área de estudio aumentará 1,8 veces, o sea, de 1.480.000 pcu-km en 1999 a 2.670.000 pcu-km en 2010. Como resultado de este aumento de tráfico, la velocidad media de viaje se reducirá, en ese período, de 41 km/h a 25 km/h.

Por otro lado, con la construcción del nuevo puente, la carga de tránsito será atenuada en 1999, en una tasa de 9% a 12% en términos de pcu-km y 8% a 12% en términos de pcu-h. En el año 2010, esta disminución tráfico será todavía más significativa, siendo de aproximadamente 15% de pcu-km y 30% de pcu-h. De esta forma, en 2010, la velocidad media de viaje será mantenida en más de 30 km/h.

Comparando los efectos de ahorro de las 4 alternativas, la Alternativa N° 4 presenta grandes ahorros en ambos factores, PCU-Km. y PCU-Hr., seguida por la Alternativa N° 3 y otras alternativas, N° 2 y N° 1, casi en el mismo nivel.

Tabla 9-1 Ahorros de PCU-Km. y PCU-Hr. por cada ruta alternativa.

(1000 PCU-Km, 1000 PCU-Hr por día)

Ruta Alternativa	Año	Tránsito Diario		Ahorros	
		PCU-km	PCU-Hour	PCU-km	PCU-Hour
Sin Proyectos	1999	1.480,53	35,71	-	-
	2010	2.672,04	108,00	-	-
1	1999	1.303,43	32,91	177,10	2,80
	2010	2.298,04	73,45	374,00	34,55
2	1999	1.350,70	32,73	129,83	2,98
	2010	2.298,69	73,46	373,35	34,54
3	1999	1.342,71	32,51	137,82	3,20
	2010	2.294,75	73,60	377,29	34,40
4	1999	1.312,49	31,37	168,04	4,34
	2010	2.255,81	71,09	416,23	36,91

Nota: PCU significa "Passenger Car Unit" (Unidad de Auto Pasajeros).

(2) Evaluación Económica

Los ahorros obtenidos en el tiempo de viaje y en la distancia son convertidos en beneficios económicos, en términos financieros y comparados en relación al costo de construcción de cada alternativa. Los resultados son indicados en forma resumida en la Tabla 9-2. Entre otros, se observan los siguientes puntos:

- 1) Los beneficios económicos debidos a los ahorros del tiempo de viaje, suman aproximadamente 50% del total de los beneficios en ambos años, 1999 y 2010.
- 2) Todas las alternativas son juzgadas como altamente factibles (Valores de TIR se ubican mucho más arriba de 12%, lo que se considera una tasa de oportunidad capital).
- 3) La Alt. No4 implica un gran retorno económico, seguida por la Alt. No3, No2 y No1, en este orden. El valor actual neto (VAN) de la Alt. No4 es de 1.7 veces mayor que el de la Alt. No1.

Tabla 9-2 Indicadores de Evaluación Económica de rutas alternativas.

Items	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4
1. Costo del Proyecto (Mill.Ch.\$)				
Costo Financiero	26.518	26.262	25.659	29.089
Costo Económico	19.889	19.697	19.244	21.817
Valor Residual	9.944	9.848	9.622	10.908
2. Beneficio Anual (Mill.Ch.\$)				
1999 de tiempo	1.133,68	1.185,29	1.298,57	1.672,92
de combustible	146,56	179,07	206,43	296,78
Otros	571,60	753,42	861,35	1.289,71
Total	1.851,84	2.117,78	2.366,35	3.259,41
2010 de tiempo	3.084,07	3.091,74	3.238,47	4.215,38
de combustible	623,19	626,39	639,70	828,45
Otros	2.729,11	2.719,29	2.757,15	3.640,83
Total	6.436,37	6.437,42	6.635,32	8.684,67
3. Indicadores de Evaluación				
TIR (%)	17,09	17,61	18,62	20,00
VAN (Mill.Ch.\$)	9.952	10.818	12.525	16.985
B/C	1,57	1,13	1,74	1,89

Nota: Otros beneficios son ahorros en los costos de operación de vehículos además del costo de combustible. Son ellos, los costos de lubricación, de neumáticos, de reparación, de personal, costo de depreciación y costo de oportunidad capital.

9.5 Impactos causados por la Avda. Costanera y el Puente Biobío Antiguo.

Entre las suposiciones indicadas en el Item 9.5.1, las que causarán mayor influencia serán probablemente, la construcción de la Avda. Costanera y el cierre del puente Biobío Antiguo. Por lo tanto, las influencias en el orden de prioridad de las alternativas deben ser estudiadas asumiendo que aquellas suposiciones no serán satisfechas.

(1) Avda. Costanera

En caso que, la Avda. Costanera no sea construída a lo largo de la ribera del río en Concepción, el retorno económico del Nuevo Puente Biobío será mucho mayor, de 1,6 a 1,8 veces en TIR y de 3 a 4 veces en VAN, en comparación al caso del proyecto con la Avda. Costanera (Tabla 9-3).

En este caso, el puente antiguo ya se encontrará cerrado. Por esta razón, en caso que el nuevo puente no sea construído, todo el tráfico de San Pedro estará forzado a pasar por el puente Juan Pedro II y el flujo seguirá a Concepción juntamente con el tránsito de Talcahuano. Consecuentemente, en el caso "sin el Proyecto de la Av. Costanera", las vías 21 de Mayo, Jorge Alessandri, Paicavi y J.M. Garcia estarán seriamente congestionadas. Así, diversificar el tránsito para Concepción a través de la construcción de un nuevo puente creará beneficios económicos más significativos que en el caso "con el Proyecto de la Av. Costanera". Pero, esto no significa necesariamente que la importancia del Proyecto de la Av. Costanera no ha sido reconocida. La razón es que los servicios de tránsito no serán satisfechos al menos que la Av. Costanera sea construída.

Tabla 9-3 Indicadores de Evaluación Económica
(Caso "sin Costanera")

Items	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt.4
TIR	30,50	31,33	32,85	33,57
VAN (Mill.Ch.\$)	41.610	43.301	46.171	52.910
B/C	3,39	3,51	3,74	3,77

(2) Puente Biobío Antiguo.

Por otro lado, en caso que el Puente Biobío Antiguo se mantenga abierto, el retorno económico del Nuevo Puente Biobío caerá significativamente conforme se muestra en la Tabla 9-4.

Tabla 9-4 Indicadores de Evaluación Económica
(Caso "con el Puente Biobío Antiguo")

Items	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
TIR	5,08	5,73	7,95	12,05
VAN (Mill.Ch.\$)	-9.748	-8.583	-5.567	3.699
B/C	0,44	0,50	0,67	1,19

9.6 Selección de las Alternativas

Según se ha mostrado en las Tablas 9-2 y 9-3, la Alt. N° 4 es considerada la más favorable desde el punto de vista económico, aunque su costo sea muy alto. Además del aspecto económico, existen innumerables méritos en cuanto a esta Alternativa:

- 1) Las alternativas N° 3 y N° 4 que conectan con la calle Los Carrera aparentemente son las que más contribuirán al desarrollo del área ribereña (Ver Mayor Centro de Actividades en escala Regional) y también en el área a lo largo de la Avda. Los Carrera.
- 2) Del total de alternativas, la N° 4 es la que necesita de menos expropiaciones y demolición de edificios y estructuras existentes, mientras que las Alt. N° 3 y N° 2 requieren de un poco más y la Alt. N° 1, más aún.
- 3) En el caso de las Alt. N° 1 y N° 2, el intenso tránsito que cruza el río entrará a Concepción en la hora punta de la mañana tomando la calle Víctor Lamas o la calle Chacabuco ubicadas en la parte más al Sur del centro urbano. En consecuencia, todo vehículo procedente del área de San Pedro se ve obligado a girar a la izquierda para entrar al Centro. Esto causará en el futuro una seria congestión vehicular.

Por las razones antes mencionadas, se recomienda la Ruta Alternativa N° 4 como la mejor selección para un futuro estudio.

CAPÍTULO 10 SELECCION DEL TIPO OPTIMO DE PUENTE

10.1 Generalidades

El puente Biobío es uno de los puentes más largos de Chile y requiere sustanciales fondos de construcción. En esta sección se estudian tipos de puentes óptimos.

Se examinaron varios tipos de superestructuras, infraestructuras y fundaciones y se estudió su combinación para definir el tipo óptimo para el nuevo puente Biobío. El tipo más conveniente de puente se seleccionó con las siguientes pautas:

1. Determinar las condiciones del diseño básico para la comparación.
2. Seleccionar 4 tipos de puentes considerados como adecuados para el sitio de emplazamiento.
3. Efectuar un diseño preliminar y cálculo de cantidades utilizando los 4 tipos de superestructuras e infraestructuras.
4. Utilizando estos resultados, calcular varios rangos de luces para las superestructuras e infraestructura. Y luego, evaluar el costo total del puente en sí para los cuatro sistemas.
5. Determinar el sistema más ventajoso o deseable mediante la aplicación de un análisis de proceso de jerarquías.

10.2 Influencia de la socavación en las fundaciones

El estudio de nivelación del lecho de la ribera, muestra que la altura máxima de socavación es de 4.5m debajo de ésta. El estrato soportante de fundación, como se menciona en el anterior inciso se encuentra a 6m debajo del lecho. Por lo tanto, el nivel de la base de fundación debe ser ubicado a 9m debajo del lecho.

10.3 Luz de la superestructura

Con base en las Normas Japonesas de las Estructuras en Vías Fluviales, la luz mínima del Nuevo Puente Biobío deberá ser superior a 75m. Sin embargo, existen muchas diferencias en las condiciones naturales entre Japón y Chile. Por ejemplo, todos los años, Japón sufre los daños causados por los tifones. De esta manera, es difícil aplicar el código japonés directamente en Chile. La luz mínima del nuevo puente será de 35 m, tomando en cuenta la luz del puente Juan Pablo II y la del puente ferroviario. La longitud de luz máxima considerada fue de 65 m por las siguientes razones:

1. Se considera que las condiciones del subsuelo, en el sitio de construcción, son adecuadas para la fundación, y que el costo de ésta será menor. El costo total de construcción del puente tiende a ser influenciado por el costo de la superestructura, y de ahí que el costo de esta última tiende a ser menor cuando la luz de los tramos es más corta.