

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)  
MINISTERIO DE HACIENDA Y DESARROLLO ECONOMICO  
SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTE, COMUNICACION Y AERONAUTICA CIVIL  
SERVICIO NACIONAL DE CAMINOS  
REPUBLICA DE BOLIVIA

**INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO  
PARA  
EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTES  
EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ  
EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

**INFORME FINAL**

**ENERO 1995**

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL  
CENTRAL CONSULTANT INC.**

GRS  
CR(1)  
94-199

JICA  
INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTES  
EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA  
INFORME FINAL

702  
615  
GRS

LIBRARY  
CR(1)  
94-199



27893

JICA LIBRARY



1119105131

国際協力事業団

27493

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

**MINISTERIO DE HACIENDA Y DESARROLLO ECONOMICO  
SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTE, COMUNICACION Y AERONAUTICA CIVIL  
SERVICIO NACIONAL DE CAMINOS**

**REPUBLICA DE BOLIVIA**

**INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO  
PARA  
EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTES  
EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ  
EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

**INFORME FINAL**

**ENERO 1995**

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL  
CENTRAL CONSULTANT INC.**



## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Bolivia, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de diseño básico para el Proyecto de Construcción de Puentes en el Norte del Departamento de Santa Cruz, República de Bolivia y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a Bolivia una misión de estudio presidida por el Sr. Shigeru Matsutomi, Jefe de la Sección de Ingeniería Estructural del Departamento Segundo de Construcción del Distrito de Tokyo, Japan Highway Public Corporation, y formada con miembros de Pacific Consultants International y Central Consultant Corp., del 26 de julio al 22 de agosto de 1994.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionadas del Gobierno de Bolivia y realizó las investigaciones en los lugares destinados al Proyecto. Después de su regreso al Japón, la misión realizó más estudios analíticos. Luego se envió otra misión a Bolivia con el propósito de discutir el borrador del informe y se completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya a promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República de Bolivia, por su estrecha cooperación brindada a las misiones.

Enero de 1995



Kimio Fujita

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón





Sr. Kimio Fujita  
Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón  
Tokio, Japón

#### ACTA DE ENTREGA

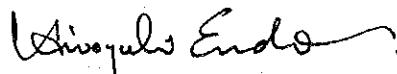
Tenemos el placer de presentarle el Informe del Estudio de Diseño Básico sobre el Proyecto de Construcción de Puentes en el Norte del Departamento de Santa Cruz en la República de Bolivia.

Bajo el contrato firmado con JICA, de Pacific Consultants International y Central Consultant Corp., hemos llevado a cabo el presente Estudio desde el 20 de Julio de 1994 hasta el 24 de febrero de 1995. En el Estudio hemos examinado la pertinencia del proyecto en plena consideración a la situación actual de Bolivia, y hemos planificado el Estudio más apropiado para el Proyecto dentro del marco de la Cooperación Financiera no Reembolsable del Gobierno del Japón.

Deseamos aprovechar esta oportunidad para expresar nuestro profundo agradecimiento a los personales de JICA, del Ministerio de Asuntos Exteriores y del Ministerio de Construcción. Así mismo deseamos expresar nuestra gratitud a los funcionarios relacionados del Servicio Nacional de Caminos, de la oficina de JICA en la República de Bolivia y de la Embajada del Japón en la República de Bolivia por sus consejos y colaboraciones precisas con el Proyecto.

Esperamos que este Informe sea de utilidad en el desarrollo del Proyecto.

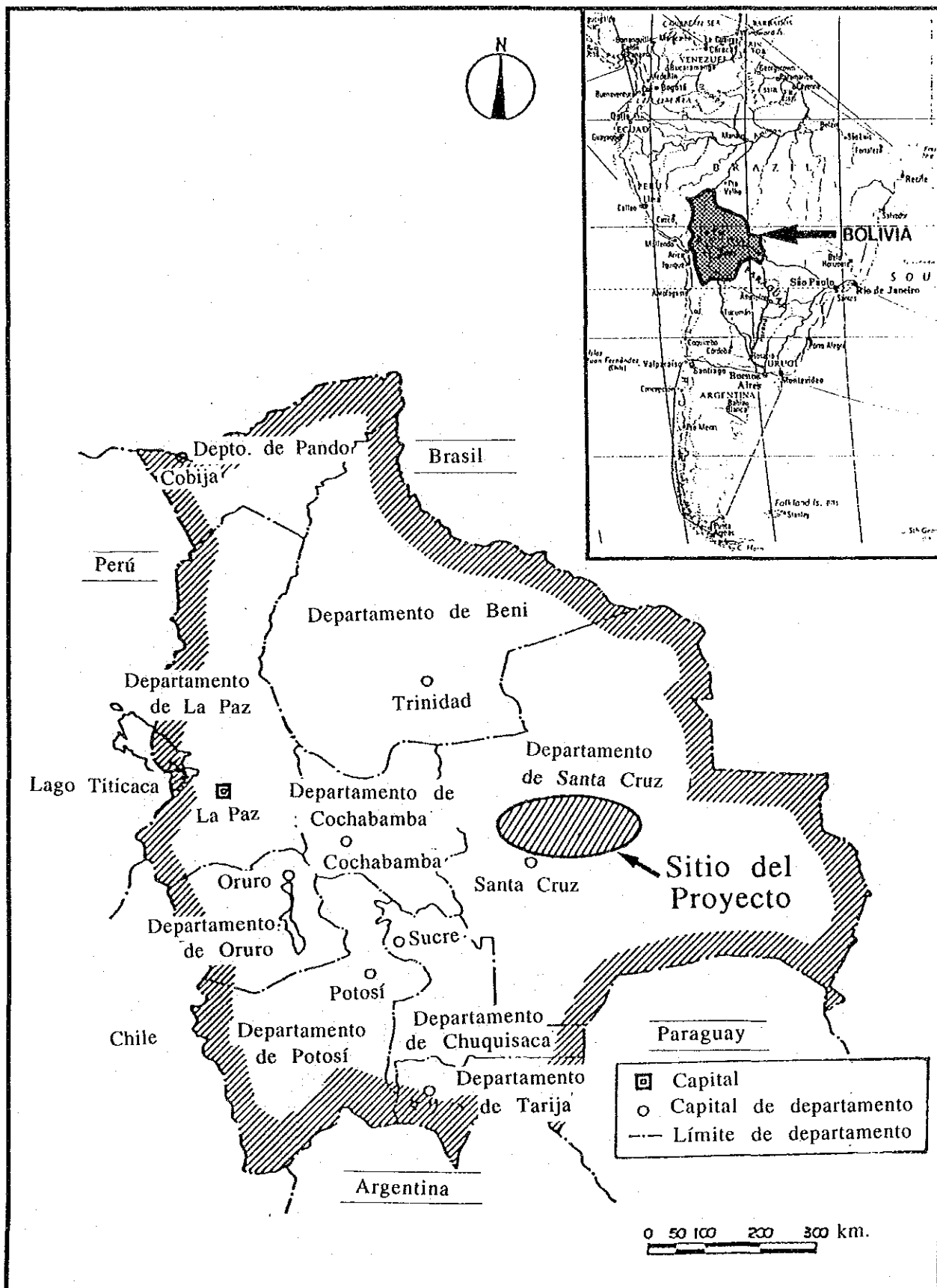
Muy atentamente,



Hiroyuki Endo

Jefe del Equipo de Ingenieros  
Misión de Estudio de Diseño Básico  
sobre el Proyecto de Construcción de Puentes  
en el Norte del Departamento de Santa Cruz,  
República de Bolivia  
Pacific Consultants International  
Central Consultant Corp.

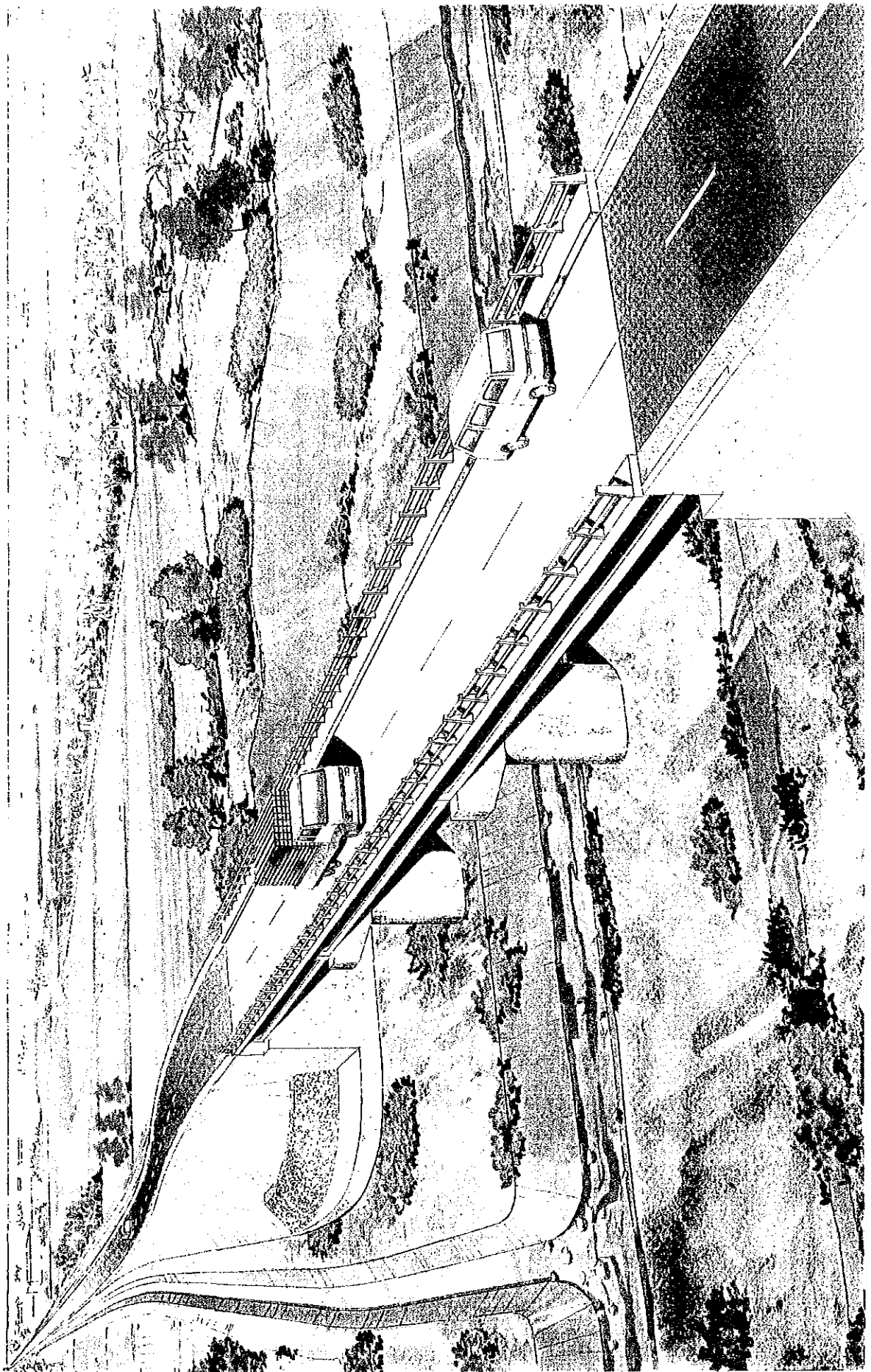




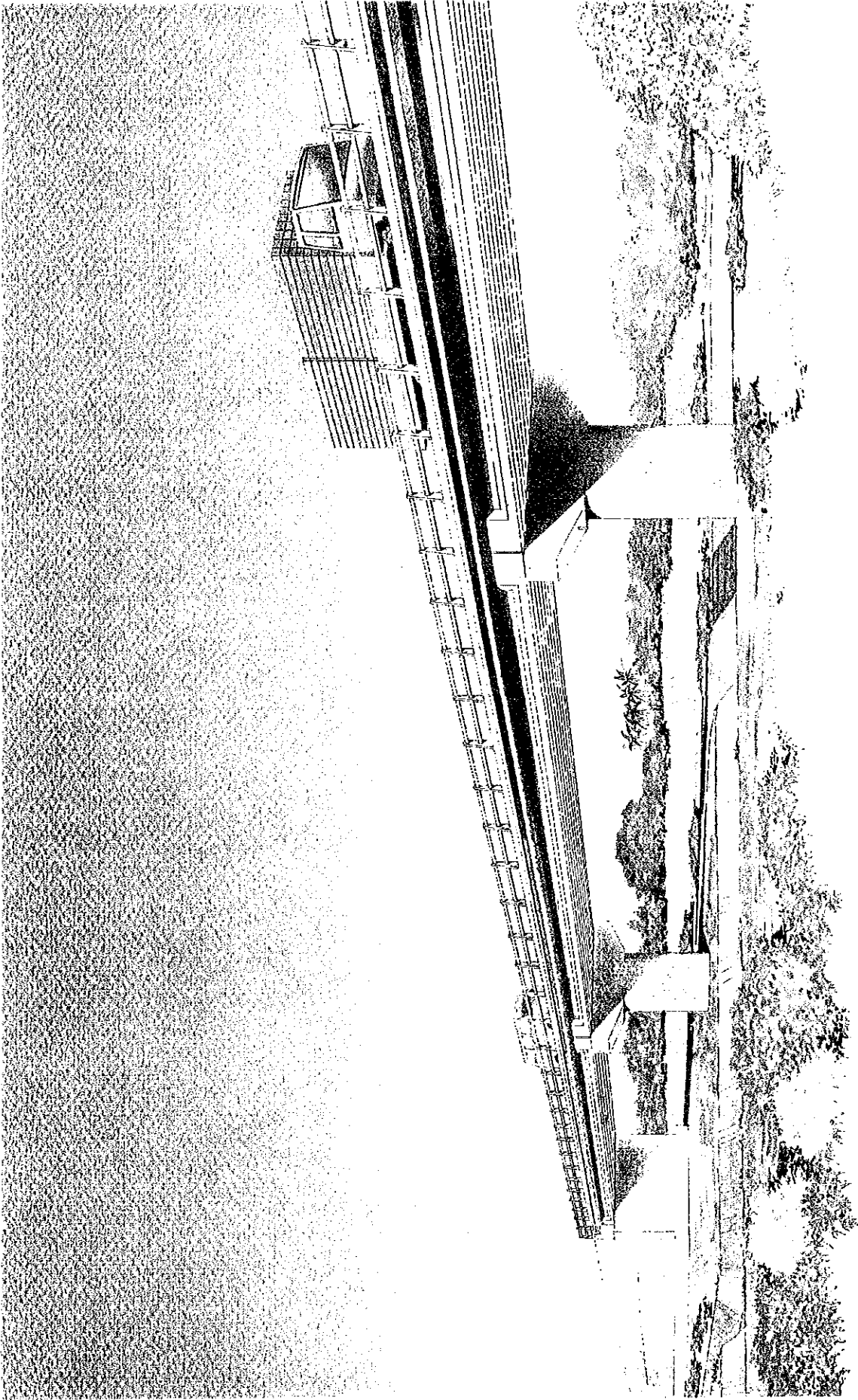
EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTES  
EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ

Ubicación del Area de  
Estudio del Proyecto



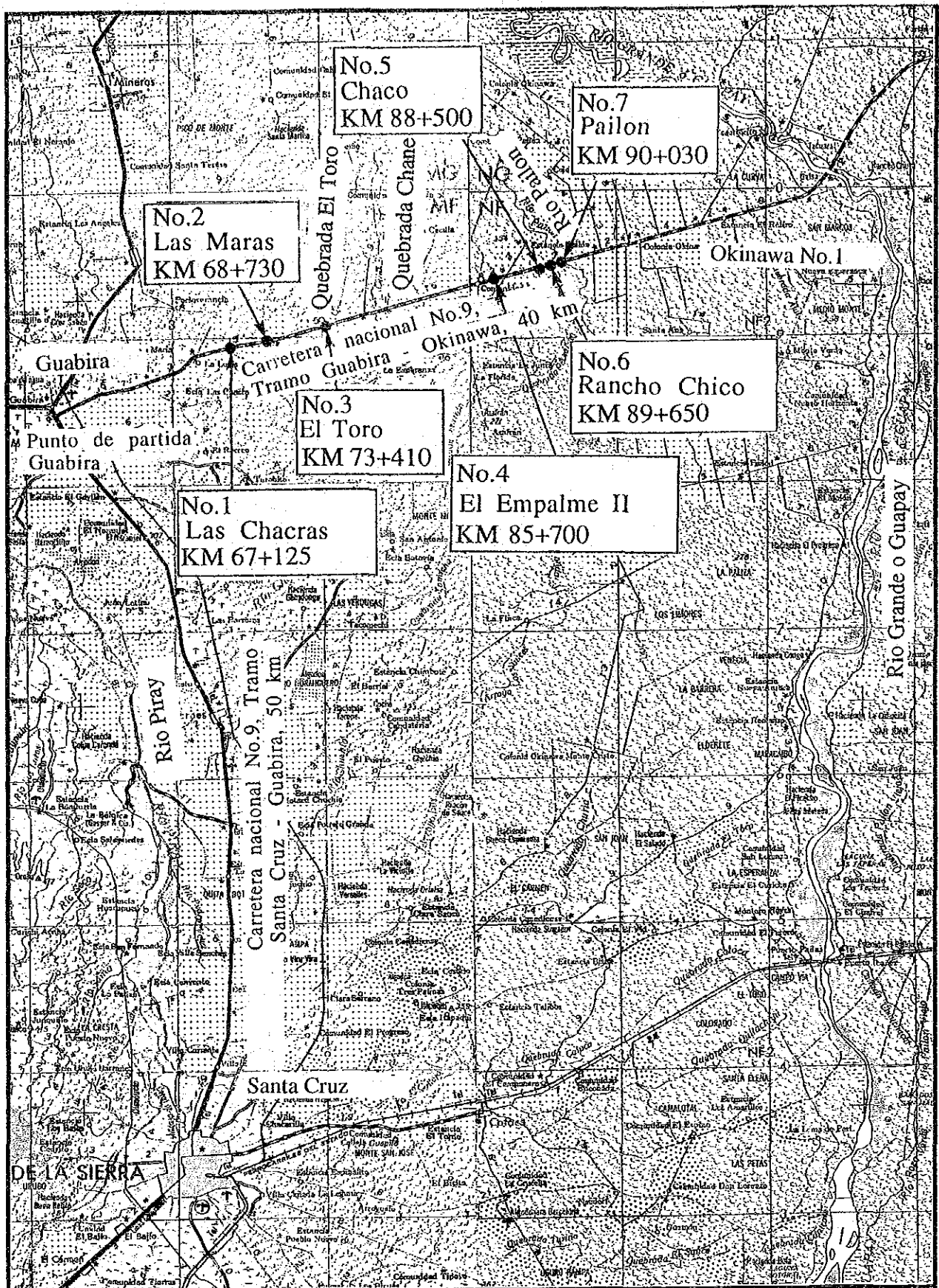












EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTES  
EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ

Area de Estudio



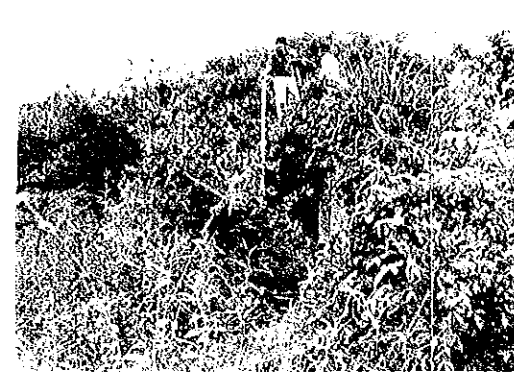
[No.2 Las Maras]

Actualmente están instalados 2 tubos corrugados de Ø3m. Las protecciones de la entrada y la salida fueron destruidas por la inundación. Hay agua estancada debido a la insuficiencia de la capacidad de drenaje durante las crecidas y la corrosión en la parte aguas abajo. El nivel del suelo es más bajo que los alrededores, lo que podrá causar daños más serios en las inundaciones. Las huellas de avenida corresponden al nivel del suelo actual.



[No.3 El Toro]

Normalmente el río tiene 5 - 6 m de ancho. La parte trasera del estribo del puente existente (de 17m de largo y construido en 1992) sufrió corrosión por causa de las crecidas de 1992. Durante dicho inundación se desbordó el río aguas arriba y se estancó agua. Se requiere proteger bien los estribos y las pilares de los nuevos puentes.



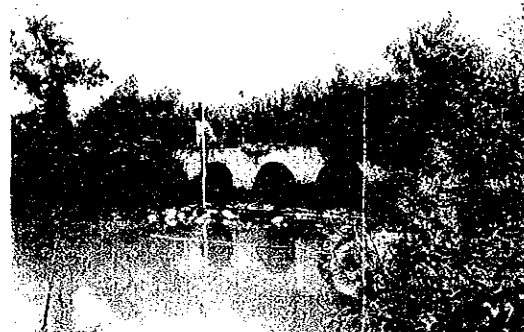
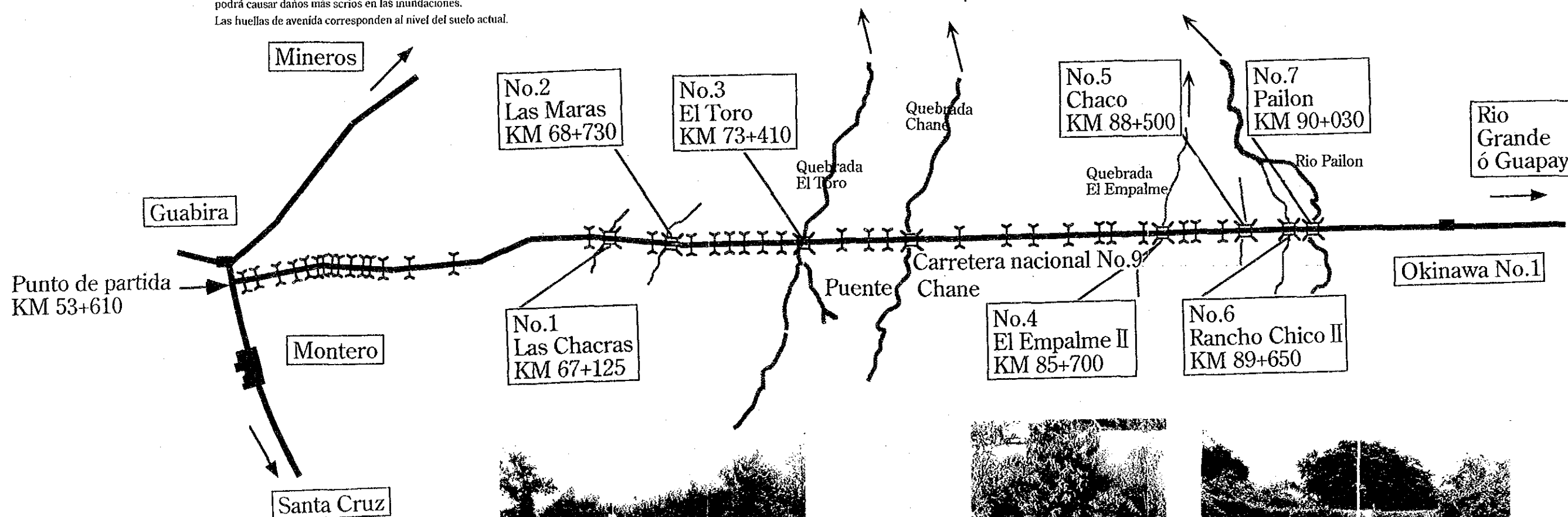
[No.5 Chaco]

Están instalados 2 tubos corrugados de Ø1.2m en el sitio, y una arcantarrilla de cajón de 2.5m x 2.5m a 25m en dirección a Okinawa. La longitud (9m) de la arcantarrilla de cajón es insuficiente. Si no se remueve, será necesario reforzarla de alguna manera. Este sitio no tenía nombre en el momento de la solicitud, y fue bautizado con el nombre de terreno Chaco cuando se implementó el Estudio.



[No.7 Pailon]

Se ha construido un puente de viga de concreto pretensado post tensionado de 24m de largo. Debido a la corrosión de las partes inferior y trasera del estribo causada por la avenida, se hundió el estribo y la subestructura. Se ha posibilitado el paso mediante algunas obras de emergencia.



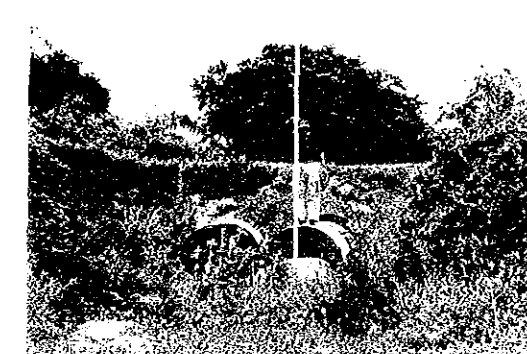
[No.1 Las Chacras]

Se han instalado 3 tubos corrugados (Ø1.50m) en los lugares dañados por la inundación de 1992. El sitio previsto para la construcción se encuentra a 500m en dirección Okinawa desde el sitio propuesto en la solicitud. El nivel de suelo del sitio de la solicitud es relativamente alto. Se considera que el nuevo sitio se encuentra en el couce principal del río Chacras.



[No.4 El Empalme II]

Están instalados 2 juegos de 2 tubos corrugados de Ø1.2m (46<sup>o</sup>) con un intervalo de 20m. En total son 4 tubos corrugados. Las protecciones de la entrada y la salida de todos los tubos fueron destruidas.



[No.6 Rancho Chico]

Están instalados 2 tubos corrugados de Ø1.2m (46<sup>o</sup>). Las protecciones de la entrada y salida de los tubos corrugados están destruidas, y el borde de la carretera está dañado. La carretera queda cubierta de agua por las crecidas. En el proyecto de mantenimiento de caminos financiado por el Banco Mundial, se tiene previsto incrementar el nivel de la carretera en 45cm.

Simbología

- : Puentes existentes (3) y sitios previstos para la construcción de puente
- : Principales tubos y alcantarillas existentes (En total son 73, y se instalarán 48 más en el proyecto de mantenimiento de caminos del Banco Mundial.)

Sitios de Estudio



## **RESUMEN**



## RESUMEN

La parte Oeste del Departamento de Santa Cruz de la República de Bolivia es una zona agrícola en la que se lleva a cabo la agricultura mecanizada como base de las actividades económicas. Esta área comprende el 43% del total de las tierras cultivadas en el país, siendo una zona importante para la producción de alimentos.

El Area del Estudio es la Carretera No. 9 que pasa de este a oeste entre Guabira y Okinawa, y actúa como una vía importante para el transporte de productos agropecuarios. Sin embargo el cauce de los ríos, está obstaculizado por la Carretera No. 9, por lo que en el lado sur de la carretera aguas arriba del río se presentan inundaciones frecuentes.

Debido a las repetidas inundaciones, se interrumpe el tránsito de vehículos, deteriorándose la calidad de la carretera, la cual se encuentra en mal estado.

La causa principal de los daños es la falta de las estructuras transversales de drenaje. En febrero de 1993, el Gobierno de la República de Bolivia solicitó al Gobierno japonés la Cooperación Financiera No Reembolsable para el Proyecto de Construcción de Puentes para incrementar la capacidad de drenaje transversal, lo que contribuirá no sólo a garantizar el tránsito en la carretera todo el año, sino también a prevenir de las inundaciones en la zona.

El Gobierno japonés decidió realizar el Estudio Preliminar con el fin de confirmar los antecedentes de esta solicitud y estudiar las situaciones actuales del área del Estudio, y envió una misión del Estudio Preliminar durante el 31 de enero al 16 de febrero de 1994.

Tomando en consideración el resultado del Estudio Preliminar, el Gobierno del Japón determinó realizar el Estudio del Diseño Básico. La Agencia de Cooperación Internacional del Japón envió, del 26 de julio al 22 de agosto de 1994, la Misión de Estudio del Diseño Básico con el fin de confirmar el contenido de la solicitud y estudiarla para determinar el alcance y la viabilidad del proyecto dentro del marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable.

El contenido de la solicitud del Gobierno de la República de Bolivia comprende la construcción de puentes en los siguientes sitios y la excavación y construcción de estructuras para la protección de dichos puentes.

|                   |                              |               |
|-------------------|------------------------------|---------------|
| (1) Las Chacras   | (KM 66,550 desde Santa Cruz) | Longitud 30m. |
| (2) Las Maras     | (KM 68,700 desde Santa Cruz) | Longitud 60m. |
| (3) El Toro       | (KM 73,410 desde Santa Cruz) | Longitud 50m. |
| (4) El Empalme II | (KM 85,700 desde Santa Cruz) | Longitud 40m. |
| (5) Chaco         | (KM 88,500 desde Santa Cruz) | Longitud 25m. |

- |                     |                              |               |
|---------------------|------------------------------|---------------|
| (6) Rancho Chico II | (KM 89,650 desde Santa Cruz) | Longitud 50m. |
| (7) Pailon          | (KM 90,030 desde Santa Cruz) | Longitud 60m. |

La Misión de Estudio del Diseño Básico discutió y confirmó con el Servicio Nacional de Caminos sobre los antecedentes y el contenido de la solicitud, la posición del Proyecto, el sistema de ejecución y administración, y el sistema de operación y mantenimiento.

Además, realizó la exploración del Area de Estudio entre Guabira y Okinawa, y efectuó el estudio de las condiciones naturales consistente en el estudio topográfico, el estudio hidrológico y el estudio geológico. Además, efectuó la colección de datos referentes a los índices socio-económicos, la situación de tenencia de la tierra, la situación del uso del suelo, los daños producidos por las inundaciones, etc.

En base a la discusión/confirmación, el estudio de campo y la colección de datos, realizados en la República de Bolivia, la solicitud fue estudiada en Japón. Como resultado, la pertinencia de la solicitud fue confirmada, y se elaboraron el Diseño Básico y el Borrador del Informe Final. La Agencia de Cooperación Internacional del Japón envió la Misión a la República de Bolivia del 23 de octubre al 4 de noviembre de 1994, con el fin de explicar el Borrador del Informe Final y obtuvo el consentimiento de las autoridades concernientes de Bolivia sobre el contenido del Borrador.

En ocasión de las inundaciones de 1992, la carretera nacional No. 9, que pasa de este a oeste, funcionó como represa, causando la inundación en una amplia área aguas arriba de los ríos y de las estructuras de drenaje transversales de la carretera. Los habitantes del área aguas arriba tuvieron que abrir un canal de drenaje de sur a norte en la carretera para aumentar el drenaje. Los flujos derramados en el área aguas arriba sobrepasaron la carretera en algunos tramos. Es decir, la avenida causó daños de los productos agrícolas en el área aguas arriba, la interrupción de tránsito de la carretera No. 9 y el aislamiento de los habitantes de Okinawa. El Proyecto se implementa con el fin de resolver los problemas indicados, y los efectos del Proyecto son los siguientes:

- (1) Se podrán reducir los daños a la producción agrícola y el transporte de la misma, contra avenidas de escala de la del año 1992.
- (2) Mediante el aumento de la capacidad de drenaje, se asegurará el tránsito durante todo el año, permitiendo el transporte seguro de materiales necesarios para la vida cotidiana de los habitantes de la comunidad.

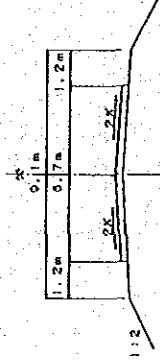
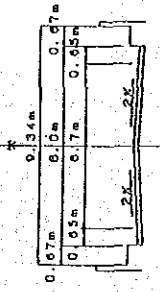
- (4) Se promueve el desarrollo regional en la parte este del río Grande, por lo que será acrecentada en el futuro la importancia de la carretera nacional No.9, en particular como camino de acceso a la zona de la Ciudad de Santa Cruz.

Se espera obtener buenos efectos del Proyecto, el que contribuirá ampliamente al mejoramiento del nivel de vida de los habitantes. Por lo tanto se estima pertinente realizar este Proyecto mediante la Cooperación Financiera No Reembolsable. Además se estima que la administración y operación del Proyecto pueden efectuarse bien con el actual sistema del Servicio Nacional de Caminos.

Los puentes son estructuras durables. Si se mantienen bien después de la construcción, podrán funcionar durante largo tiempo. En especial, es necesario antes del inicio de la temporada de lluvia, inspeccionar y mantener la sección de drenaje debajo de los puentes. En cuanto a los muros de retención, se requiere supervisarlos bien en ocasión de las avenidas no previstas, y reparar los daños en sus etapas iniciales. Con respecto al pavimento de la parte de acceso al puente, se requiere inspeccionarlo periódicamente y hacer las reparaciones necesarias, para mantener la buena rodadura de vehículos, igual que al pavimento en otras partes en general. Se espera que el Gobierno de la República de Bolivia, teniendo plena conciencia sobre la importancia del mantenimiento, mejore el sistema de operación y mantenimiento.



Resultados del Diseño Básico

| Nombre del puente     | ① Las Chacras   | ② Las Maras   | ③ El Toro   | ④ El Empalme II                                       | ⑤ Chaco   | ⑥ Rancho Chico  | ⑦ Pailon   |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|--|
| Sitio de construcción | Posición de los tubos corrugados existentes   | Posición de los tubos corrugados existentes           | 20 m del puente existient hacia el punto de partida                                 | Posición de los tubos corrugados existentes           | Posición de los tubos corrugados existentes             | Posición de la alcantarilla de cajón existente        | 15 m del puente existente hacia el punto de partida    |
| Alineación            | Línea recta   | Línea recta   | Línea recta   | Línea recta   | Línea recta   | Línea recta   | Línea recta  |
| Lineal vertical       | 2.5 % ↘   | 1.4 % ↘   | 0.6 % ↘   | 2.5 % ↘   | 1.5 % ↘   | 2.5 % ↘   | 2.5 % ↘  |
| Longitud de puente    | 25.80 m   | 51.55 m   | 77.30 m   | 25.80 m   | 51.55 m   | 25.80 m   | 92.30 m  |
| Tipos                 | Superestructura   | 1 luz, Viga I de concreto pretensado compuesto simple | 3 luces, Viga I de concreto pretensado compuesto simple                             | 1 luz, Viga I de concreto pretensado compuesto simple | 2 luces, Viga I de concreto pretensado compuesto simple | 1 luz, Viga I de concreto pretensado compuesto simple | 3luces, Viga I de concreto pretensado compuesto simple |
|                       | Estribo   | Concreto armado, tipo T invertida                     | Concreto armado, tipo T invertida   | Concreto armado, tipo T invertida                     | Concreto armado, tipo T invertida                       | Concreto armado, tipo T invertida                     | Concreto armado, tipo T invertida                      |
|                       | Pilar   | Concreto armado, tipo voladizo, columna ovalada       | Concreto armado, tipo voladizo, columna ovalada                                     | Concreto armado, tipo voladizo, columna ovalada       | Concreto armado, tipo voladizo, columna ovalada         | Concreto armado, tipo voladizo, columna ovalada       | Concreto armado, tipo voladizo, columna ovalada        |
|                       | Cimentación   | Pilote de concreto colado en el sitio Ø1.2 m          | Pilote de concreto colado en el sitio Ø1.2 m  | Pilote de concreto colado en el sitio Ø1.0 m Ø1.2 m   | Pilote de concreto colado en el sitio Ø1.2 m            | Pilote de concreto colado en el sitio Ø1.0 m Ø1.2 m   | Pilote de concreto colado en el sitio Ø1.0 m Ø1.2 m    |
| Gabiones              | Tablones  | Tablones  | Tablones  | Tablones  | Tablones  | Tablones  | Tablones   |
| Longitud del acceso   | 307.31 m  | 194.12 m  | 180.94 m  | 313.20 m  | 239.48 m  | 259.85 m  | 207.10 m   |
| Referencia            | Número de carriles  |   | Sección Típica del Puente   |   | Carga viva: HS-20 (MS18)                                |   |  |
|                       |  |   |  |   | Caminos de 2 vías                                       |   |  |

## INDICE

|  |      |
|--|------|
| Prefacio   |      |
| Acta de Entrega  |      |
| Ubicación del Area de Estudio del Proyecto   |      |
| Figuras Esquemáticas de los Puentes a Construir  |      |
| Fotografías  |      |
| Resumen  |      |
| <br>   |      |
| CAPITULO 1 ANTECEDENTES DE LA SOLICITUD .....  | 1-1  |
| 1-1 Antecedentes de la Solicitud.....  | 1-1  |
| 1-2 Contenido Resumido de la Solicitud.....  | 1-2  |
| 1-3 Proyectos con la Cooperación de Otros Países y<br>Organizaciones Internacionales ..... | 1-2  |
| <br>   |      |
| CAPITULO 2 ESQUEMA DEL ESTUDIO.....  | 2-1  |
| 2-1 Objetivo del Estudio.....  | 2-1  |
| 2-2 Plan del Estudio .....   | 2-2  |
| 2-2-1 Lineamiento de cooperación .....   | 2-2  |
| 2-2-2 Resultados del estudio sobre el contenido de la solicitud .....                      | 2-2  |
| 2-3 Descripción del Estudio.....   | 2-3  |
| 2-3-1 Entidad Ejecutora y Organigrama .....  | 2-3  |
| 2-3-2 Condiciones del Area de Estudio.....   | 2-9  |
| 2-3-2-1 Condiciones Naturales.....   | 2-9  |
| 2-3-2-2 Situación de Mantenimiento de la Infraestructura.....                              | 2-14 |
| 2-4 Cooperación técnica y coordinación con otros países<br>donantes de cooperación.....    | 2-19 |

|            |  |      |
|------------|--|------|
| CAPITULO 3 | DISEÑO BASICO .....  | 3-1  |
| 3-1        | Principios de Diseño Básico .....  | 3-1  |
| 3-2        | Estudio y Examen del Criterio de Diseño.....   | 3-2  |
| 3-3        | Plan Básico.....   | 3-7  |
| 3-3-1      | Diseño de la Capacidad de Drenaje .....  | 3-7  |
| 3-3-2      | Diseño de las Facilidades .....  | 3-12 |
|            | (1) Diseño de la infraestructura .....   | 3-12 |
|            | (2) Diseño de la subestructura .....   | 3-18 |
|            | (3) Diseño de la cimentación.....  | 3-19 |
|            | (4) Diseño de las estructuras de protección .....  | 3-20 |
|            | (5) Diseño del camino de acceso .....  | 3-23 |
| 3-3-3      | Pronóstico de cambios en el entorno de los ríos aguas abajo<br>de la carretera nacional y sus contramedidas..... | 3-26 |
| 3-3-4      | Diseño Básico .....  | 3-29 |
| 3-3-5      | Cantidad de Obras .....  | 3-30 |
| 3-4        | Plan de Ejecución.....   | 3-50 |
| 3-4-1      | Política de Ejecución.....   | 3-50 |
| 3-4-2      | Puntos importantes sobre la implementación de las obras .....  | 3-56 |
| 3-4-3      | Plan de supervisión de las obras .....   | 3-57 |
| 3-4-4      | Plan de adquisición de materiales y máquinas.....  | 3-59 |
| 3-4-5      | Cronograma de ejecución .....  | 3-66 |
| CAPITULO 4 | EVALUACION DEL PROYECTO Y RECOMENDACIONES ....   | 4-1  |
| 4-1        | Beneficios .....   | 4-1  |
| 4-2        | Verificación y Confirmación de la Factibilidad del Proyecto.....   | 4-1  |
| 4-3        | Recomendaciones .....  | 4-2  |

## APENDICE

|     |   |      |
|-----|---|------|
| 1.  | Miembros de la Misión de Estudio de Diseño.....       | A-1  |
| 2.  | Programa del Estudio .....                            | A-2  |
| 3.  | Lista de Personas Entrevistadas .....                 | A-5  |
| 4.  | Minuta de Discusiones.....                            | A-7  |
| 5.  | Medios de Transporte.....                             | A-14 |
| 6.  | Fotografías de los Sitios Propuestos de Puentes ..... | A-17 |
| 7.  | Estudios Geotécnicos .....                            | A-24 |
| 8.  | Sección Longitudinal.....                             | A-69 |
| 9.  | Datos de Observación de Volumen de Tránsito.....      | A-76 |
| 10. | Resultados de Encuestas sobre las Inundaciones.....   | A-78 |

|            |   |
|------------|---|
| Tabla 2.1  | Presupuesto y Gasto del Servicio Nacional de Caminos                          |
| Tabla 2.2  | Plan de Operación y Mantenimiento   |
| Tabla 2.3  | Precipitación Mensual en Santa Cruz   |
| Tabla 2.4  | Precipitación en la Inundación de Enero de 1992                               |
| Tabla 2.5  | Precipitación Diaria con Períodos de Retorno de 10, 20 y 50 años              |
| Tabla 2.6  | Datos del Tráfico Promedio Diario Anual                                       |
| Tabla 3.1  | Composición del Puente (Sección Transversal)                                  |
| Tabla 3.2  | Nivel de Agua de Diseño y Espacio Libre Debajo del Puente                     |
| Tabla 3.3  | Peso de Materiales por Unidad de Volumen                                      |
| Tabla 3.4  | Cuenca de Captación en los Sitios de los Puentes de Diseño                    |
| Tabla 3.5  | Caudales de Avenida en los Sitios de los Puentes de Diseño (1/10, 1/50)       |
| Tabla 3.6  | Determinación de la Capacidad de Drenaje Transversal                          |
| Tabla 3.7  | Altura del Lecho de Diseño y el Nivel de Agua de la Avenida de Diseño         |
| Tabla 3.8  | Distancia Entre Apoyos y la Luz Entre Pilares Extremos por el Número de Luces |
| Tabla 3.9  | Longitud del Puente y el Ajuste de Luces por Tramos                           |
| Tabla 3.10 | Ubicación de los Puentes  |
| Tabla 3.11 | Comparación de la Superestructura de los Puentes                              |
| Tabla 3.12 | Comparación de Formas del Pilar de Puente                                     |
| Tabla 3.13 | Longitud y Elevación de los Pilotes   |
| Tabla 3.14 | Determinación de Recubrimiento de Tierra                                      |
| Tabla 3.15 | Comparaciones de las Obras de Protección de Talud                             |
| Tabla 3.16 | Criterio de Diseño Geométrico del Camino de Acceso                            |
| Tabla 3.17 | Longitud de Diseño del Camino de Acceso                                       |
| Tabla 3.18 | Cantidad de Obras   |
| Tabla 3.19 | Obras de remoción   |
| Tabla 3.20 | Volumen de materiales excavados (m <sup>3</sup> )                             |
| Tabla 3.21 | Plan de Adquisición de Materiales de Construcción                             |
| Tabla 3.22 | Plan de Adquisición de Máquinas para la Construcción                          |
| Tabla 3.23 | Cronograma de Ejecución   |

- Fig. 2.1 Organigrama del Servicio Nacional de Caminos
- Fig. 2.2 Organigrama De Distrito No. 5
- Fig. 3.1 Sección Transversal de la Carreterra y Puente
- Fig. 3.2 División de la Cuenca de Captación
- Fig. 3.3 Comparación Entre la Curva Creager y la Descarga Especifica del Proyecto Básico del Río Piray
- Fig. 3.4 Forma de Puentes y Distancia Aplicable Entre Apoyos
- Fig. 3.5 Sección de la Superestructura
- Fig. 3.6 Sección Transversal del Camino de Acceso
- Fig. 3.7 Nivelación del Camino de Acceso
- Fig. 3.8 Alcance de los Trabajos
- Fig. 3.9 Area a ser afectadas de inundaciones



## **CAPITULO 1 ANTECEDENTES DE LA SOLICITUD**





## CAPITULO 1 ANTECEDENTES DE LA SOLICITUD

### 1-1 Antecedentes de la Solicitud

La parte oeste del Departamento, correspondiente al Area del Estudio, es una zona productora de productos agrícolas, siendo la base de sus actividades económicas la agricultura mecanizada. Esta área comprende el 43% del total de tierras cultivadas del país, siendo una zona importante para la producción de alimentos.

El Area del Estudio es la Carretera No. 9 que pasa de este a oeste entre Guabira y Okinawa, y actúa como una vía importante para el transporte de productos agropecuarios. Sin embargo, el cauce sur de los ríos está obstaculizado por la Carretera No. 9, por lo que en el lado sur de la carretera correspondiente a la zona aguas arriba del río presenta inundaciones con frecuencia. Debido a las repetidas inundaciones, se ha deteriorado la calidad de la carretera, la cual se encuentra en mal estado. En caso de inundaciones, la carretera queda cubierta de agua, siendo interrumpido el tránsito de vehículos. Además se generan inundaciones en la zona de Okinawa (en el lado sur de la carretera).

El Gobierno de Bolivia incluyó como parte del Segundo Proyecto de Mantenimiento de Caminos, las obras de mejoramiento de la carretera entre Guabira y Okinawa. Este Segundo Proyecto de Mantenimiento de Caminos es para mejorar 1,546 km de caminos en un período de 4 años y por un monto de 80 millones de dólares americanos, mediante un préstamo del Banco Mundial. Sin embargo, debido a la dificultad financiera para incluir en el Proyecto, las obras de construcción de los puentes ubicados en las vías correspondientes, en febrero de 1993, el Gobierno de la República de Bolivia solicitó al Gobierno del Japón la extensión de la Cooperación Financiera No Reembolsable junto con la cooperación técnica para la preparación del Plan Maestro contra Inundaciones. El mejoramiento de los puentes contribuiría, no sólo a asegurar el tránsito de vehículos todo el año, sino también para proteger la zona contra inundaciones.

En respuesta a esta solicitud, JICA envió la Misión de la Formulación del Proyecto en febrero de 1993 y se confirmó la viabilidad del proyecto de construcción de puentes en la carretera No. 9, la cual posibilitará el tránsito durante todo el año y además contribuirá al desarrollo económico del área del Estudio. Después, en febrero de 1994, se envió la Misión del Estudio Preliminar de JICA encabezada por el Sr. Shigeru Matsutomi. Dicha Misión estudió la posibilidad de construir puentes, como también los

sitios adecuados para su construcción y su longitud, mediante la investigación de las características topográficas y fluviales. Además, se estudió el grado de cambios que generaría la construcción de puentes en el medio ambiente de los ríos, y se confirmó los antecedentes y el contenido de la solicitud. Como resultado, se estimó que la construcción de puentes beneficiará considerablemente a la comunidad local, admitiendo ciertos cambios que la misma generaría en el medio ambiente de los ríos.

#### 1-2 Contenido Resumido de la Solicitud

La solicitud del Gobierno de la República de Bolivia comprende la construcción de puentes, excavación e instalación de gaviones para su protección en los siguientes 7 sitios.

|                     |                              |               |
|---------------------|------------------------------|---------------|
| (1) Las Chacras     | (KM 66+550 desde Santa Cruz) | Longitud 30m. |
| (2) Las Maras       | (KM 68+700 desde Santa Cruz) | Longitud 60m. |
| (3) El Toro         | (KM 73+410 desde Santa Cruz) | Longitud 50m. |
| (4) El Empalme II   | (KM 85+700 desde Santa Cruz) | Longitud 40m. |
| (5) Chaco           | (KM 88+500 desde Santa Cruz) | Longitud 25m. |
| (6) Rancho Chico II | (KM 89+650 desde Santa Cruz) | Longitud 50m. |
| (7) Pailón          | (KM 90+030 desde Santa Cruz) | Longitud 60m. |

#### 1-3 Proyectos con la Cooperación de Otros Países y Organizaciones Internacionales

Actualmente se está ejecutando el Segundo Proyecto de Mantenimiento de Caminos, el cual realizará el mejoramiento de 7,814 km de caminos nacionales y la pavimentación de 765.4 km de longitud, durante el período de 4 años (1992 - 1995) a través del Fondo del Banco Interamericano de Desarrollo y el Fondo del SNC. Dicho proyecto sólo abarca el mejoramiento de caminos sin incluir la rehabilitación y construcción de puentes. El BID cubrirá el 75% del costo del proyecto. En este Proyecto está comprendido el mejoramiento del tramo Guabira y Okinawa, correspondiente al Area del Estudio, a efectuarse en 1993. Las obras de mejoramiento comprenden principalmente el aumento del espesor de la capa de la carretera y la instalación de estructuras transversales pero no incluye la construcción de los puentes. La implementación de las obras está atrasada. El 4 de febrero de 1994, se cerró la presentación de ofertas para realizar las obras, y en agosto la compañía constructora boliviana INTRACRUZ, que ofreció el mejor precio ganó el concurso con el precio de 4.5 millones de dólares y con un plazo de ejecución de 18 meses. Tenía previsto iniciar las obras en octubre de 1994; sin embargo, debido al inicio de la temporada de lluvias, éstas se iniciarán en mayo de 1995.

Tramo de obra No. 1      Guabira - KM24                      Longitud 24 km

Aumento del espesor del lecho por 30 cm en promedio. Pavimentación con tratamiento de 2 capas superficiales de 2.5 cm de espesor.

Instalación de tubos corrugados, como estructura transversal, en 28 sitios.

Tramo de obra No. 2      KM24 - Okinawa No. 1      Longitud 23 km

Aumento del espesor del lecho por 45 cm en promedio. Pavimentación con tratamiento de 2 capas superficiales de 2.5 cm de espesor.

Instalación de tubos corrugados, como estructura transversal, en 25 sitios.

En las bases del concurso no hay referencias al Proyecto de la Construcción de 7 puentes que se realizará con la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón. Si la obra del mejoramiento de la carretera se ejecuta al mismo tiempo que la construcción de puentes, será necesario coordinar las dos obras.

Con respecto a otros proyectos y las relaciones con otros países cooperantes se puede decir que no existe un proyecto similar que pueda afectar a este Proyecto. El Segundo Proyecto de Mantenimiento de Caminos no comprende la construcción de puentes.



## **CAPITULO 2 ESQUEMA DEL ESTUDIO**



## CAPITULO 2 ESQUEMA DEL ESTUDIO

### 2-1 Objetivo del Estudio

En 1993, el Gobierno de la República de Bolivia solicitó al Gobierno del Japón la concesión de la Cooperación Financiera No Reembolsable para implementar el Proyecto de Construcción de Puentes en el Norte del Departamento de Santa Cruz. En respuesta a esta solicitud, el Gobierno japonés envió la Misión del Estudio Preliminar en febrero de 1994, con el fin de aclarar los antecedentes, el objetivo y el contenido de la solicitud, así como también de estudiar la viabilidad de su contenido.

Como resultado del Estudio Preliminar, se confirmaron los daños causados por las inundaciones sufridas en la parte norte del Departamento de Santa Cruz, correspondiente al área del Proyecto, y la posibilidad de reducir estos daños mediante la construcción de puentes; así mismo se aclararon la prioridad y urgencia de este Proyecto.

El objetivo del Estudio es la formulación del diseño básico para construir puentes en el tramo carretero Guabira - Okinawa, para asegurar el tránsito durante todo el año. El estudio se divide en las siguientes tres partes:

- 1) Determinación, mediante el estudio hidrológico y el estudio analítico, los sitios para la construcción de puentes y su escala, con el fin de reducir los daños de las inundaciones y prevenir la interrupción del tránsito por inundaciones como la de 1992, asegurando de esta manera el tránsito durante todo el año.
- 2) Coordinación del Proyecto de Construcción de Puentes con las obras del Segundo Proyecto de Mantenimiento de Caminos.
- 3) Mediante la construcción de puentes en los sitios de poca capacidad de drenaje, se prevé incrementar la capacidad de drenaje lo que resultaría en la reducción del nivel del agua de avenida aguas arriba del río y el aumento del caudal de avenida en la parte aguas abajo, influyendo en el alcance de las inundaciones y en las condiciones topográficas aguas abajo del río. Se estudiarán los cambios que pueda generar el Proyecto aguas arriba y aguas abajo.



El Estudio se llevará a cabo tomando en cuenta los tres puntos arriba indicados, para verificar los efectos, la viabilidad y la necesidad de efectuar el Proyecto de Construcción de Puentes dentro del marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable, así como también para estudiar las características apropiadas y la escala de los puentes y formular el diseño básico.

## 2-2 Plan del Estudio

### 2-2-1 Lineamiento de cooperación

Como resultado del Estudio Preliminar se decidió la construcción de los puentes en la carretera No. 9, por lo que será transitable durante todo el año. Esto contribuirá al desarrollo del área, por lo cual se juzga que la ejecución de este proyecto es justificable. No obstante, al variar la ecología de los ríos se le solicita al Gobierno de la República de Bolivia publicaciones previas y la coordinación al respecto.

### 2-2-2 Resultados del estudio sobre el contenido de la solicitud

El tramo entre Guabira y Okinawa, correspondiente al área del Proyecto de Construcción de Puentes, forma parte de la carretera No.9, que es una vía fundamental que une la zona agrícola con las ciudades cercanas. La cuenca de captación en la parte aguas arriba del tramo Guabira - Okinawa está rodeada por la carretera nacional que une la Ciudad de Santa Cruz con Guabira y la cuenca del río Pailon. De acuerdo con el desarrollo de la cuenca de captación en la parte aguas arriba, se incrementó el coeficiente de descarga y se redujo el tiempo para llegar al nivel de inundación. Consecuentemente, se aumentaron los flujos pico de las crecidas que se concentran en el tramo Guabira - Okinawa. Sin embargo, el número de estructuras transversales de drenaje instaladas en el tramo carretero y sus capacidades de drenaje no son suficientes para los flujos pico.

En caso de una inundación con período de retorno de 10 años, el tramo carretero Guabira - Okinawa se convierte en un dique, quedando cubierta de agua una amplia área aguas arriba y causando daños a la carretera, originándose la interrupción de tránsito.

Han sido serios los daños a los cultivos agrícolas y las pérdidas causadas por la dificultad para transportar los productos. La construcción de los 7 puentes solicitados para mejorar la situación arriba mencionada y asegurar el tránsito por todo el año, beneficiara grandemente, no sólo a los habitantes de cercanías del tramo Guabira -

Okinawa, sino también a todo el Departamento de Santa Cruz. Por todo esto, se considera viable la solicitud de la cooperación para el Proyecto.

Según la discusión sostenida entre la Misión de Estudio Preliminar y la parte boliviana, la solicitud sobre la longitud de los puentes no está basada en el análisis de los ríos ni otro fundamento técnico. Por lo tanto, se decidió determinar la longitud de los puentes mediante la estimación de la descarga de avenida dentro del Estudio. Los sitios de construcción de los puentes se consideran adecuados, ya que topográficamente tienden a concentrarse aguas en ellos.

## 2-3 Descripción del Estudio

La Misión de Estudio de Diseño Básico realizó los estudios sobre la situación actual del área, los antecedentes y el contenido del Proyecto, la organización para la ejecución y operación y mantenimiento, etc., mediante las discusiones sostenidas con las autoridades concernientes del Gobierno de la República de Bolivia, así como también a través del estudio en los sitios del Proyecto, el estudio de los cauces de los ríos, etc. Además, efectuó la recopilación de datos necesarios para el diseño básico y el estudio de las condiciones naturales (levantamiento topográfico, perforaciones).

Basándose en los resultados de los estudios mencionados, la Misión aclaró la viabilidad del Proyecto y sus efectos, mediante el estudio analítico y otros estudios realizados en Japón. Además estudió las escalas óptimas y las especificaciones de las instalaciones (puentes y estructuras de protección). A través de estos estudios, formuló el diseño básico, el plan de implementación y la estimación del costo, e hizo la evaluación de los efectos de la construcción de los puentes sobre las condiciones de la zona. En base a todo esto, se preparó el presente Informe de Estudio del Diseño Básico.

### 2-3-1 Entidad Ejecutora y Organigrama

#### (1) Organización y personal

Las organizaciones encargadas de la ejecución y administración del Proyecto son el Ministerio de Hacienda y Desarrollo Económico, la Secretaría Nacional de Transportes, Comunicación y Aeronáutica Civil bajo la condición del Departamento de mantenimiento del Servicio Nacional de Caminos. El organigrama del Servicio Nacional de Caminos se muestra en la Fig. 2.1. El número de funcionarios (diciembre de 1992) era de 3,990. El organigrama de la ejecución del Proyecto es del Distrital 5 del Servicio Nacional Caminos

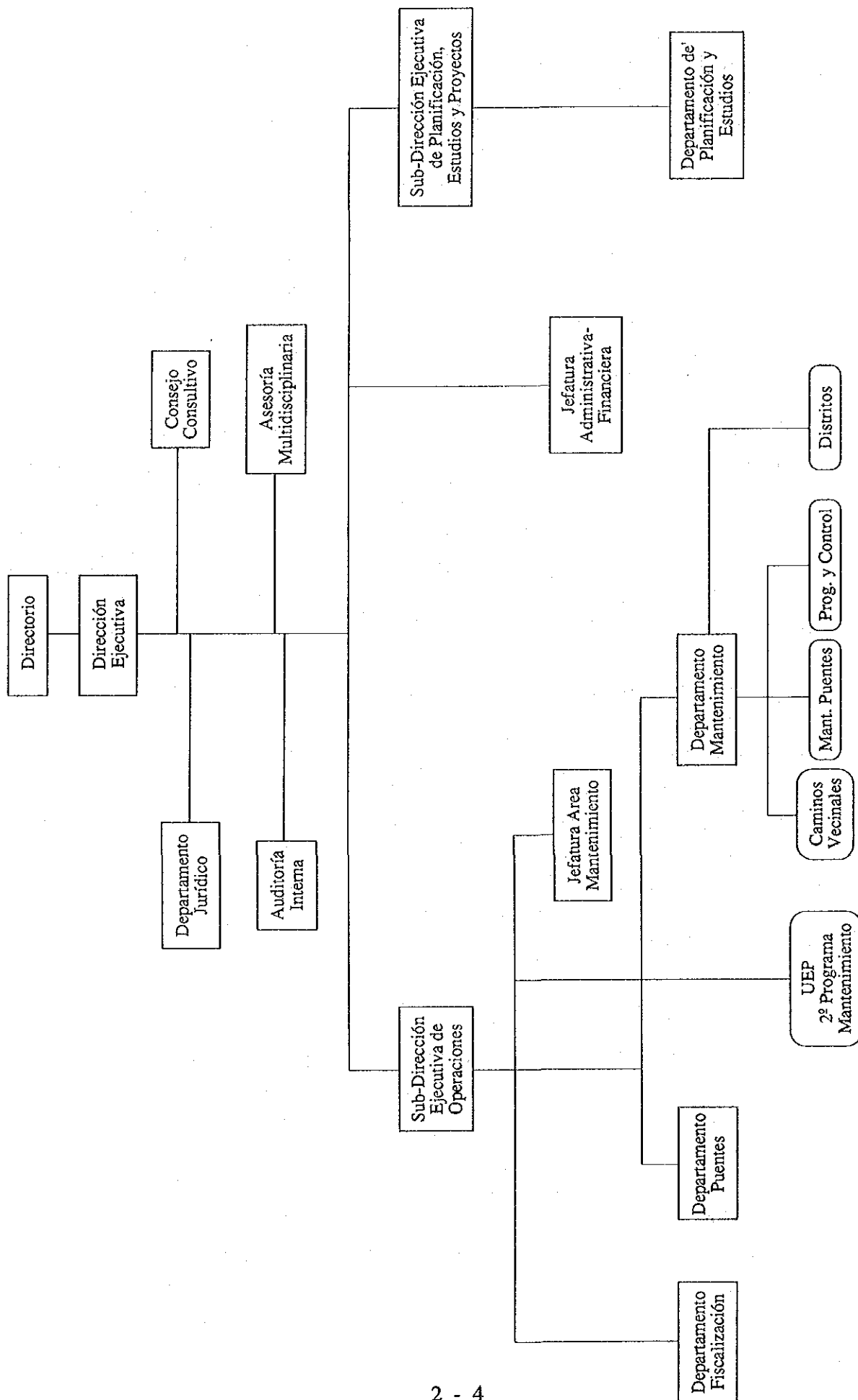


Figura 2.1 Organigrama del Servicio Nacional de Caminos

(2) Presupuesto

La parte boliviana cubrirá los derechos de aduana, el IVA y algunos otros costos del Proyecto. Para cubrir dichos costos, el Gobierno boliviano tiene previsto asignar un presupuesto especial, aparte del presupuesto ordinario. Se considera que el presupuesto previsto será suficiente para cubrir los costos con cargo a la parte boliviana. En la Tabla 2.1 se indica el presupuesto anual del Servicio Nacional de Caminos correspondiente a los años 1988 a 1992. La tasa media de crecimiento anual del presupuesto en dicho período es de 32.9 %. Se estima que el presupuesto seguirá creciendo al mismo ritmo.

Tabla 2.1 Presupuesto y Gasto del Servicio Nacional de Caminos

(Unidad: 1000 Bs)

|  | 1990           |                | 1991           |                | 1992           |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | Pres.          | Ejec.          | Pres.          | Ejec.          | Pres.          | Ejec.          |
| <b>Ingreso</b>                           | <b>321,931</b> | <b>303,350</b> | <b>446,013</b> | <b>409,779</b> | <b>396,918</b> | <b>618,766</b> |
| Fondo de la tesorería nacional           | 136,542        | 66,461         | 164,219        | 95,754         | 203,876        | 143,988        |
| Ingreso de las operaciones               | 34,783         | 31,369         | 43,081         | 42,456         | 50,611         | 48,599         |
| Otros ingresos                           | 952            | 30,982         | 298            | 7,271          | 285            | 2,644          |
| Financiamiento interno                   | 0              | 377            | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Fondos de invers. y financiam.o regional | 68,058         | 49,242         | 72,407         | 33,486         | 55,440         | 19,740         |
| Financiamiento externo                   | 204,678        | 231,348        | 116,913        | 440,002        | 206,363        | 522,605        |
| <b>Gastos</b>                            | <b>446,013</b> | <b>409,779</b> | <b>396,918</b> | <b>618,968</b> | <b>516,575</b> | <b>737,576</b> |
| Gastos de Personal                       | 44,477         | 45,059         | 49,882         | 50,944         | 60,597         | 57,465         |
| Gastos de servicios excepto de personal  | 5,375          | 13,462         | 16,593         | 14,677         | 25,047         | 8,536          |
| Materiales, Abastecimiento               | 30,1139        | 35,086         | 41,681         | 33,219         | 54,368         | 37,705         |
| Activos fijos, financiamiento            | 364,856        | 311,019        | 286,589        | 515,064        | 372,218        | 631,458        |
| Reserva (seguro social)                  | 1,159          | 1,299          | 2,173          | 2,382          | 1,985          | 2,397          |
| Transferencia                            | 7              | 0              | 0              | 0              | 2,360          | 15             |
| Depósito bancario                        | 0              | 3,854          | 0              | 2,682          | 0              | 0              |

Nota) La partida indicada con (\*) es presupuesto para las inversiones y la indicada con (+) es presupuesto para las operaciones (incluyendo mantenimiento)

### (3) Plan de Operación y Mantenimiento

El mantenimiento de las instalaciones de transportes está bajo la responsabilidad de la Secretaría Nacional de Transportes, Comunicación y Aeronáutica Civil, y el organismo ejecutor del mejoramiento, mantenimiento y operación es el Servicio Nacional de Caminos. La mayor parte del presupuesto para el mejoramiento, mantenimiento y operación es asignada por el organismo superior. El Servicio Nacional de Caminos cuenta con una Oficina Principal y 9 distritos, uno en cada Departamento. El Departamento de Santa Cruz corresponde al Distrito No. 5. La operación y mantenimiento de los caminos de cada Departamento se realizan a través de las oficinas y campamentos de obras del distrito respectivo. El organigrama del Distrito No. 5 se indica en la Fig. 2.2. La Oficina Principal cuenta con 295 personas, y el Distrito No. 5 con 450 personas, siguiendo al Distrito No. 1 (La Paz) que cuenta con 457 personas.

El Proyecto incluye la construcción de los caminos de acceso, pero básicamente consiste en la construcción de los puentes. La operación y mantenimiento de los puentes construidos se realizará de acuerdo con la Tabla 2.2.

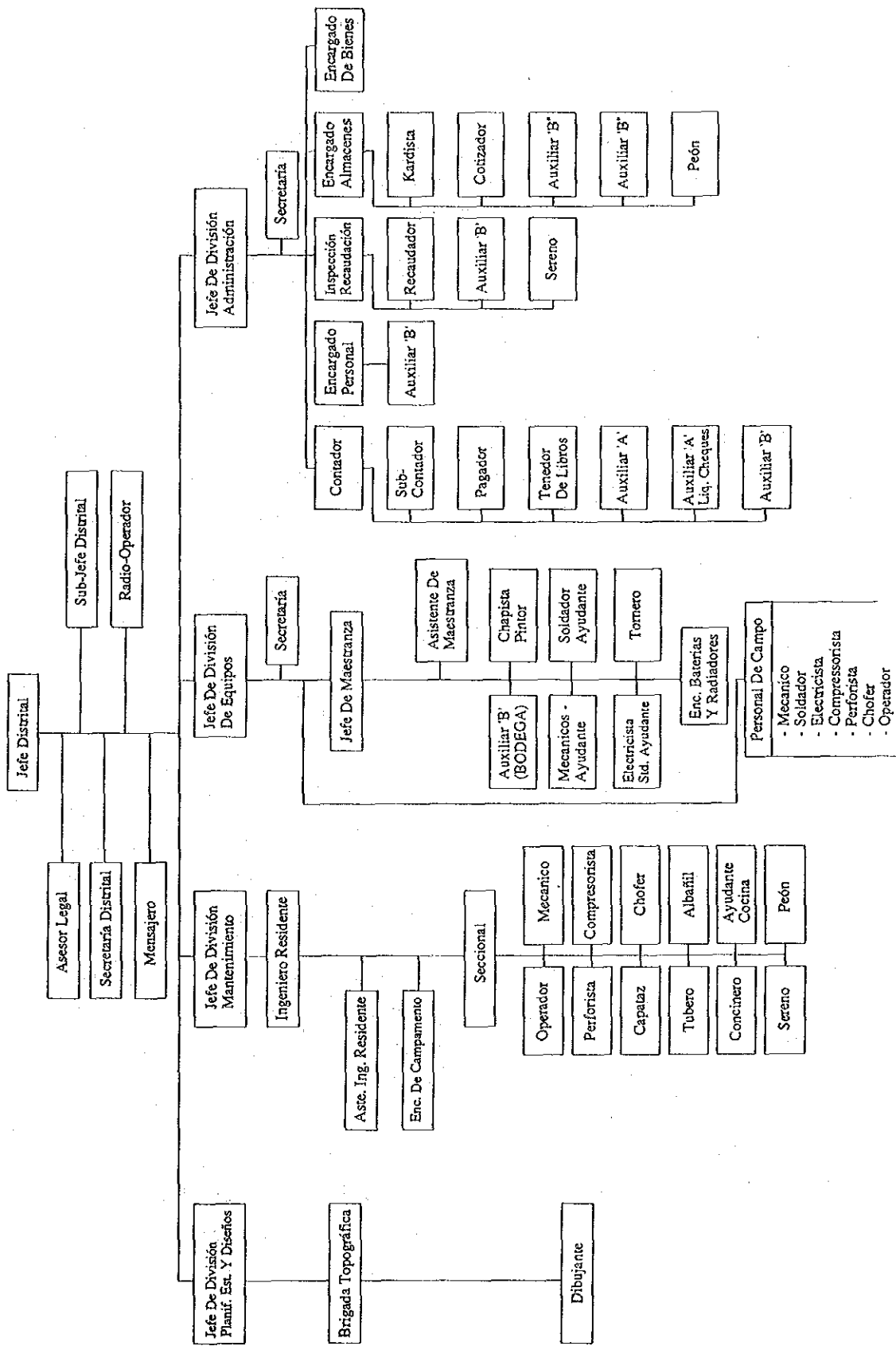


Fig. 2.2 Organigrama De Distrito No. 5

Tabla 2.2 Plan de Operación y Mantenimiento

|  | Puntos de inspección                            | Mantenimiento, reparación   | Inspección periódica |
|--|---|---|----------------------|
|  | 1) Tubos de drenaje de la superficie del puente | Limpiar los tubos de drenaje, de manera que la tierra depositada en la superficie del puente no tape los tubos. | 3 meses              |
|  | 2) Juntas de expansión                          | Apretar las piezas de juntas, y mantener o reponer el hule de sello.  | 3 meses              |
|  | 3) Estado de pavimento                          | Reparar las partes con fisura y las decapadas.  | 3 meses              |
|  | 4) Estado de baranda                            | Reparar las partes dañadas por golpes de vehículo u otras causas.   | 3 meses              |
|  | 5) Zapata portahule                             | Eliminar la tierra depositada debido a la ineficiencia de las juntas de expansión.                              | 6 meses              |
|  | 6) Estado del río debajo del puente             | Eliminar la tierra y basuras arrastradas por las avenidas.  | 1 año                |
|  | 1) Capa de rodadura                             | Inyección de sellante, corrección de la superficie, corregir desnivel entre camino y puente, terminación        | 1 mes                |
|  | 2) Borde y talud                                | Siembra de árboles, relleno bien compactado   | 1 mes                |

Con la asignación de 1.0 persona/mes, se pueden realizar los trabajos de inspección periódica de 1) a 5) indicados en el Plan de operación y mantenimiento y las reparaciones pequeñas. Es suficiente con eliminar los sedimentos de los ríos debajo de los puentes una vez cada 3 años. El volumen total de sedimentos debajo de los 7 puentes será de aproximadamente 600 m<sup>3</sup> cuando mucho.

Al diseñar los puentes, se optó por el tipo de estructura de concreto que facilita la operación y mantenimiento y requiere menos trabajo de reparación, por lo que se considera que los puentes no requerirán ninguna reparación durante 20 - 30 años después de su construcción. Sin embargo, con respecto a los trabajos de mantenimiento y reparación posteriores a dicho período, es necesario llevar un registro de los trabajos de inspección periódica indicados en la Tabla 4.2, lo que servirá para el mantenimiento y reparación futuros. Para ésto, al terminar la construcción, se debe establecer un sistema de inspección periódica.

Los caminos de acceso tienen un relleno mayor que los caminos normales, cuya diferencia sobrepasa los 1.5 - 2.0 m, por lo cual su estabilidad es menor que en los caminos normales. Debe realizarse inspecciones periódicas más frecuentes.

Las causas de los daños generados en los caminos de acceso son: 1) desprendimiento de la capa, grietas, baches, etc.; 2) Deslizamiento de los bordes debido al ataque del agua causando erosión y colleva al deslizamiento mencionado. Por lo tanto, se debe realizar un mantenimiento periódico en estos caminos, principalmente en la época de lluvia, para evitar estos daños.

## 2-3-2 Condiciones del Area de Estudio

### 2-3-2-1 Condiciones Naturales

#### (1) Topografía y Geología del Area de Estudio

El Area de Estudio se encuentra ubicada en el alto Amazonas, al noreste de la Ciudad de Santa Cruz. Es un terreno aluvial de pendiente relativamente suave, atravesado por el Río Piray y el río Grande que fluyen de norte a sur en los lados este y oeste de la zona, respectivamente. Al este, el Río Piray forma un abanico aluvial que comprende desde la cercanía de la Ciudad de Santa Cruz hasta la zona de Okinawa que se encuentra al noreste, mientras que el Grande forma al oeste un terreno aluvial plano abajo del abanico antes mencionado. La carretera No. 9 atraviesa la parte inferior de este abanico. Los (siete) sitios comprendidos en este Diseño Básico para el Proyecto de Construcción de Puentes corresponden al Río Pailon (4 puentes) en la cuenca del Río Chane del sistema hídrico de Piray, al Río El Toro (1 puente) y a otros afluentes (2 puentes).

El suelo cercano a la carretera No. 9, a una profundidad de 20 a 25m, está conformado por alternación de estratos arenosos y viscosos. Hacia el Pailón, al este, son más gruesos los estratos viscosos. Los datos de estudio geotécnico se detallan en el Anexo 7.

#### (2) Meteorología, Hidrología

El Area de Estudio pertenece al clima subtropical, con poca variación de temperatura durante todo el año. Por ejemplo, la temperatura media mensual es de 20.2 °C a 26.7 °C en Santa Cruz (la media anual: 24.3 °C). El clima se divide en temporada seca y lluviosa, siendo la primera de abril a octubre y la segunda de noviembre a marzo por lo general, aunque existe un margen amplio en



la época de transición de una a otra, registrándose inclusive en mayo o junio lluvias torrenciales. Según se registra en Santa Cruz (1943 - 1992), la precipitación media anual es de 1,312 mm, la cual varía considerablemente según el año, registrando 2,244 mm y 711 mm la precipitación máxima anual y la mínima, respectivamente.

### (3) Principales inundaciones en el pasado

Con el objetivo de estudiar las principales inundaciones y la situación de los daños causados por ellas en las orillas de la Carretera en cuestión, se realizó una encuesta acerca de los daños causados en el pasado, en las zonas adyacentes a la carretera No. 9 y en la parte baja (al norte) de la misma. La encuesta fue llevada a cabo principalmente en 33 lugares seleccionados de las zonas donde se estima que ocurren más inundaciones y desbordamientos, según los registros de inundaciones en el pasado y las condiciones topográficas. Aquí se presentará un resumen de las inundaciones en el pasado y la situación de las principales inundaciones en el Area de Estudio.

En el Area de Estudio, se producen daños por inundación con frecuencia. Según la encuesta, se presentaron daños importantes en 1968, 1972, 1983, 1987 y 1992. Sobre todo en 1992, cuando el nivel de las aguas de la inundación alcanzaron de 0.15 a 2 metros con un período de 2 a 180 días, causándose una inundación parcial en el sur y casi total en el norte de la carretera No. 9, aunque la magnitud de los daños varía según la localización. Esta inundación ha sido registrada como la más desastrosa de los últimos años.

En 1983, Santa Cruz y la zona cercana al Río Piray quedaron considerablemente afectados por una inundación. Esta avenida llegó a atravesar la carretera No. 9 en el tramo Warnes-Montero, vertiéndose a la cuenca del Río El Toro y el Chane.

El Río Chane y sus afluentes como el Pailón se desbordan a menudo, y en algunos lugares se informa de un desbordamiento casi todos los años. En la zona de Okinawa, se informa que la frecuencia de daños por desbordes del Río Pailon es cada 1 a 5 años, mientras que el daño causado por el Río Grande se registra cada 1 a 13 años.

### (4) Causa de las Inundaciones

Se considera que los daños sufridos en el sur de la carretera No. 9 se deben tanto a la inundación y desbordamiento de los ríos y alcantarillas, como a la carretera No. 9 que funciona como un dique, debido a la falta de puentes y por la baja

capacidad de drenaje de las estructuras transversales existentes. Se estima que la zona afectada por la inundación de 1992 se extendió debido al terreno plano de Okinawa localizado al sur de la carretera, junto con el desbordamiento del Río Pailón, la insuficiencia de la capacidad de drenaje de los puentes de este río, la falta de estructuras transversales de drenaje, defectos de la red de drenaje, el remanso por la carretera, etc.

En norte de la carretera No. 9, se considera que hay zonas que sufren daños por las inundaciones de su propia cuenca y por las inundaciones que destruyen la carretera, y la atraviesan, mientras que otras zonas son afectadas por las inundaciones del Río Piray y el Grande. La duración media de la inundación de 1992, por las aguas de su propia cuenca, fue de menos de 7 días, mientras que existen lugares en los que la duración de inundación fue de más de 30 días, en la parte baja del Río Pailon y a lo largo del cauce principal del Río Chane. Se estima que ésto se debe tanto a la deficiencia de la capacidad de drenaje de la avenida, como al desbordamiento, remansos y contracorrientes del Río Piray y al desbordamiento del Río Grande.

Tabla 2.3 Precipitación Mensual en Santa Cruz

| CORDECRUZ                            |       | SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS |       |                 |       |                   |       |                    |       | S E N A M H I |       |       |                 |
|--------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|---------------|-------|-------|-----------------|
| SC-AEROPUERTO TROMPILLO<br>R. GRANDE |       | CODIGO : R101                     |       | ELEVACION 437 M |       | LATITUD 17-47-00S |       | LONGITUD 63-10-00X |       |               |       |       |                 |
|                                      |       | CUENCA : GRANDE-MAMORE            |       |                 |       |                   |       |                    |       |               |       |       |                 |
| LLUVIA                               | (mm)  | DATOS HISTORICOS                  |       |                 |       |                   |       |                    |       |               |       |       |                 |
| AÑO                                  | ENE   | FEB                               | MAR   | ABR             | MAY   | JUN               | JUL   | AGO                | SEP   | OCT           | NOV   | DIC   | TOTALES ANUALES |
| 1943                                 | 127.0 | 199.0                             | 72.0  | 113.0           | 45.0  | 81.1              | 16.5  | 24.0               | 87.0  | 77.8          | 62.5  | 359.7 | 1264.6          |
| 1944                                 | 47.5  | 135.9                             | 102.3 | 51.3            | 34.0  | 82.5              | 7.1   | 74.3               | 6.2   | 237.8         | 24.6  | 112.7 | 916.2           |
| 1945                                 |       |                                   | 301.5 | 82.8            | 33.5  | 11.6              | 100.8 | 1.0                | 88.3  | 33.1          | 93.5  | 172.9 |                 |
| 1946                                 | 87.3  | 153.6                             | 167.2 | 32.9            | 362.5 | 55.2              | 48.1  | 12.2               | 123.9 | 44.7          | 70.5  | 227.2 | 1385.3          |
| 1947                                 | 232.3 | 134.2                             | 105.7 | 40.7            | 183.6 | 39.2              | 144.9 | 67.4               | 87.8  | 42.2          | 90.2  | 203.5 | 1471.7          |
| 1948                                 | 216.0 | 188.0                             | 114.0 | 4.0             | 5.0   | 48.0              | 182.3 | 30.3               | 28.5  | 139.0         | 73.6  | 224.3 | 1253.0          |
| 1949                                 | 127.9 | 106.8                             | 132.3 | 121.7           | 32.2  | 233.3             | 36.6  | 7                  | 0     | 69.1          | 213.0 | 253.1 | 1326.7          |
| 1950                                 | 172.6 | 61.7                              | 207.2 | 77.9            | 135.0 | 113.9             | 4.0   | 3.0                | 48.2  | 167.2         | 61.2  | 70.9  | 1122.8          |
| 1951                                 | 234.8 | 133.2                             | 39.9  | 62.1            | 43.7  | 83.8              | 2     | 74.9               | 95.1  | 137.3         | 130.7 | 86.7  | 1122.4          |
| 1952                                 | 220.3 | 211.1                             | 69.0  | 20.9            | 51.2  | 176.9             | 1.7   | 7.7                | 130.9 | 115.0         | 149.7 | 88.1  | 1242.5          |
| 1953                                 | 66.8  | 64.0                              | 189.4 | 229.2           | 173.4 | 30.6              | 3.8   | 0                  | 35.8  | 126.8         | 184.6 | 100.2 | 1204.6          |
| 1954                                 | 196.6 | 98.8                              | 221.5 | 201.3           | 114.7 | 80.9              | 34.1  | 18.0               | 81.0  | 32.0          | 24.0  | 79.0  | 1182.7          |
| 1955                                 | 395.5 | 127.6                             | 105.4 | 125.5           | 73.4  | 92.7              | 149.4 | 23.3               | 0     | 56.3          | 232.0 | 157.4 | 1538.5          |
| 1956                                 | 324.4 | 101.3                             | 77.1  | 241.5           | 28.5  | 49.4              | 49.6  | 2.1                | 33.1  | 107.2         | 76.1  | 72.8  | 1163.1          |
| 1957                                 | 114.6 | 185.8                             | 24.0  | 100.5           | 60.4  | 123.0             | 179.7 | 22.5               | 127.4 | 194.2         | 71.3  | 274.3 | 1477.7          |
| 1958                                 | 78.3  | 147.7                             | 56.3  | 173.4           |       |                   |       | 8.1                | 180.0 | 68.5          | 80.4  | 390.0 |                 |
| 1959                                 | 154.6 | 78.3                              | 212.2 | 145.7           | 31.4  | 53.0              | 78.2  | 30.1               | 9.3   | 81.8          | 93.7  | 129.2 | 1097.5          |
| 1960                                 | 106.9 | 108.3                             | 83.1  | 141.2           | 35.9  | 22.2              | 40.5  | 57.5               | 61.8  | 83.9          | 96.9  | 104.4 | 943.2           |
| 1961                                 | 207.8 | 279.4                             | 102.8 | 156.0           | 99.9  | 25.1              | 26.8  | 7.2                | 18.6  | 65.3          | 71.2  | 154.4 | 1214.5          |
| 1962                                 | 90.6  | 106.4                             | 86.9  | 44.6            | 42.4  | 24.4              | 5.0   | 15.9               | 111.2 | 17.2          | 28.0  | 247.1 | 819.7           |
| 1963                                 | 115.9 | 132.9                             | 73.3  | 61.2            | 40.7  | 68.0              | 54.3  | 5.4                | 28.0  | 61.1          | 155.3 | 84.7  | 880.8           |
| 1964                                 | 145.6 | 143.2                             | 218.9 | 39.9            | 19.3  | 40.1              | 3.6   | 66.8               | 84.1  | 115.7         | 184.9 | 116.5 | 1178.6          |
| 1965                                 | 155.7 | 46.4                              | 89.7  | 52.7            | 63.9  | 20.0              | 65.1  | 33.5               | 71.5  | 235.1         | 63.5  | 197.6 | 1094.7          |
| 1966                                 | 88.1  | 157.8                             | 140.0 | 11.6            | 103.7 | 106.2             | 3.2   | 1.5                | 36.5  | 164.0         | 181.2 | 50.1  | 1043.9          |
| 1967                                 | 376.8 | 103.2                             | 61.5  | 48.8            | 99.1  | 107.0             | 123.2 | 134.0              | 36.7  | 11.0          | 43.8  | 90.1  | 1235.2          |
| 1968                                 | 210.2 | 180.2                             | 7.9   | 38.3            | 17.0  | 15.5              | 8.7   | 72.8               | 2.0   | 28.1          | 92.5  | 264.7 | 337.3           |
| 1969                                 | 116.2 | 98.0                              | 79.0  | 87.5            | 105.7 | 100.5             | 6.0   | 5.0                | 64.2  | 100.2         | 247.6 | 96.5  | 1106.4          |
| 1970                                 | 94.5  | 23.1                              | 52.0  | 33.8            | 60.8  | 26.2              | 47.5  | 3.4                | 6.0   | 61.2          | 159.5 | 131.0 | 711.0           |
| 1971                                 | 143.8 | 89.1                              | 46.5  | 61.5            | 33.4  | 49.3              | 13.6  | 38.4               | 55.4  | 32.3          | 68.0  | 216.7 | 848.0           |
| 1972                                 | 100.3 | 119.1                             | 47.9  | 175.1           | 51.4  | 131.6             | 8.0   | 138.0              | 8.7   | 94.2          | 104.4 | 94.6  | 1073.3          |
| 1973                                 | 41.1  | 118.7                             | 67.3  | 16.0            | 70.2  | 21.2              | 27.7  | 31.6               | 2     | 134.2         | 133.7 | 188.0 | 849.9           |
| 1974                                 | 166.6 | 61.9                              | 121.7 | 127.0           | 13.9  | 63.7              | 109.0 | 44.5               | 3     | 329.6         | 130.5 | 183.5 | 1352.2          |
| 1975                                 | 126.0 | 42.3                              | 67.5  | 165.7           | 48.0  | 157.7             | 157.6 | 59.2               | 120.4 | 29.6          | 243.9 | 85.4  | 1303.3          |
| 1976                                 | 107.1 | 126.6                             | 86.7  | 11.8            | 67.3  | 27.5              | 1.9   | 13.6               | 245.4 | 66.3          | 62.2  | 333.3 | 1150.3          |
| 1977                                 | 609.0 | 85.0                              | 183.5 | 81.7            | 108.9 | 8.1               | 29.9  | 215.4              | 82.0  | 47.0          | 227.9 | 110.1 | 1789.3          |
| 1978                                 | 220.7 | 117.2                             | 169.7 | 80.5            | 48.7  | 139.1             | 3     | 28.2               | 43.4  | 71.1          | 141.3 | 147.1 | 1207.3          |
| 1979                                 | 366.7 | 176.9                             | 70.5  | 109.0           | 91.0  | 0                 | 37.1  | 40.4               | 81.2  | 20.0          | 94.3  | 69.2  | 1156.3          |
| 1980                                 | 118.1 | 212.9                             | 122.7 | 222.5           | 154.8 | 61.8              | 28.1  | 83.9               | 100.2 | 49.2          | 114.9 | 64.8  | 1333.9          |
| 1981                                 | 215.1 | 183.3                             | 235.8 | 219.8           | 317.9 | 30.2              | 4.4   | 88.1               | 139.7 | 221.7         | 77.5  | 386.8 | 2120.3          |
| 1982                                 | 200.7 | 450.4                             | 132.0 | 55.1            | 252.3 | 228.0             | 33.1  | 66.6               | 93.5  | 267.1         | 198.0 | 162.1 | 2138.9          |
| 1983                                 | 386.9 | 94.9                              | 270.3 | 166.7           | 199.5 | 76.1              | 182.9 | 24.6               | 10.6  | 215.7         | 240.4 | 112.7 | 1981.3          |
| 1984                                 | 294.7 | 60.7                              | 91.9  | 70.8            | 37.0  | 48.0              | 54.2  | 42.1               | 77.8  | 145.2         | 291.6 | 330.5 | 1544.5          |
| 1985                                 | 143.2 | 49.7                              | 258.1 | 182.2           | 35.1  | 64.2              | 172.3 | 31.0               | 107.7 | 43.1          | 119.7 | 197.5 | 1403.8          |
| 1986                                 | 366.5 | 338.6                             | 149.6 | 113.4           | 162.7 | 85.9              | 147.0 | 73.9               | 177.2 | 47.9          | 201.3 | 189.1 | 2053.1          |
| 1987                                 | 231.0 | 134.2                             | 227.7 | 167.6           | 87.3  | 157.7             | 205.8 | 47.4               | 19.1  | 177.7         | 169.0 | 325.0 | 1949.5          |
| 1988                                 | 180.4 | 93.3                              | 155.0 | 109.1           | 48.0  | 9.6               | 20.9  | 8.8                | 31.6  | 75.0          | 88.5  | 240.8 | 1061.0          |
| 1989                                 | 194.3 | 199.3                             | 146.6 | 130.8           | 80.2  | 159.6             | 68.8  | 86.2               | 27.2  | 12.5          | 150.6 | 259.3 | 1523.4          |
| 1990                                 | 87.3  | 142.9                             | 72.6  | 77.4            | 199.3 | 115.3             | 68.3  | 72.5               | 109.7 | 40.6          | 193.6 | 167.4 | 1346.9          |
| 1991                                 | 337.0 | 137.1                             | 189.7 | 108.4           | 111.6 | 92.5              | 73.5  | 5.7                | 44.2  | 152.8         | 162.1 | 164.9 | 1579.5          |
| 1992                                 | 193.7 | 313.7                             | 114.5 | 412.5           | 183.8 | 132.6             | 47.1  | 100.2              | 234.0 | 71.1          | 149.4 | 291.2 | 2243.8          |
| PROMEDIO                             | 189.7 | 139.9                             | 126.0 | 108.2           | 91.8  | 76.9              | 59.4  | 43.0               | 69.9  | 100.3         | 129.7 | 177.2 | 1312.4          |
| MAX                                  | 609.0 | 450.4                             | 301.5 | 412.5           | 362.5 | 233.3             | 205.8 | 215.4              | 245.4 | 329.6         | 291.6 | 390.0 | 2243.8          |
| MIN                                  | 41.1  | 23.1                              | 7.9   | 4.0             | 5.0   | 0                 | 2     | 0                  | 0     | 11.0          | 24.0  | 50.1  | 711.0           |
| DEV. TIP.                            | 112.6 | 79.3                              | 69.7  | 76.8            | 77.4  | 55.9              | 60.6  | 42.6               | 58.8  | 73.7          | 66.8  | 91.8  | 367.1           |

DATOS FALTANTES

(5) Situación de los daños por inundación

A continuación se presenta un resumen de la situación de los daños causados por las inundaciones en el Area del Estudio.

(Daños directos)

- Inundación de casas, bienes, productos agrícolas.
- Pérdida de estructuras públicas (caminos y puentes).
- Escasez de agua potable ocasionada por el taponamiento de pozos, acueducto.

(Daños indirectos)

- Interrupción de tránsito causada por el taponamiento o pérdida de estructuras públicas (caminos y puentes).
- Interrupción del tránsito causada por excavaciones o corte intencional del camino para drenaje.

(6) Precipitaciones en la inundación de 1992 y precipitación diaria por frecuencia de ocurrencia

A continuación se muestran la precipitación diaria y la precipitación diaria por frecuencia de los principales lugares del Area del Estudio. En Saavedra y Okinawa 1, cerca de la carretera No. 9, se registraron las precipitaciones diarias máximas de 220.4 mm (mayor que la precipitación de un período de retorno de 50 años) y de 203.5 mm (equivalente a la precipitación de un período de retorno de 50 años).

Tabla 2.4 Precipitación en la Inundación de Enero de 1992

|             | Viru Viru | Saavedra | Minero | Okinawa-1 |
|-------------|-----------|----------|--------|-----------|
| 8 de enero  | 57.3      | 0        | 0      | 0         |
| 9 de enero  | 0         | 32.3     | 21.0   | 12.3      |
| 10 de enero | 6.6       | 21.2     | 50.0   | 7.0       |
| 11 de enero | 26.6      | 78.0     | 70.6   | 55.0      |
| 12 de enero | 32.4      | 61.9     | 45.7   | 0         |
| 13 de enero | 22.3      | 220.4    | 68.4   | 0         |
| 14 de enero | 111.1     | 38.8     | 76.0   | 55.5      |
| 15 de enero | 31.0      | 0        | 0      | 203.5     |

Tabla 2.5 Precipitación Diaria con Períodos de Retorno de 10, 20 y 50 años

| Estación   | 10 años | 20 años | 50 años |
|------------|---------|---------|---------|
| Santa Cruz | 184.7   | 207.0   | 236.0   |
| Warnes     | 161.3   | 174.5   | 191.0   |
| Okinawa-1  | 158.0   | 178.0   | 204.0   |
| Okinawa-2  | 151.0   | 169.0   | 193.0   |
| Saavedra   | 166.2   | 184.5   | 208.0   |
| Minero     | 187.8   | 209.7   | 238.0   |

### 2-3-2-2 Situación de Mantenimiento de la Infraestructura

#### (1) Volumen de tráfico en el Area del Proyecto

El tramo entre Guabira y Okinawa está comprendido en la carretera No. 9, partiendo del punto ubicado a 53 km al norte de la Ciudad de Santa Cruz, la capital del Departamento de Santa Cruz, hacia este. Su longitud es de 40 km aproximadamente.

El volumen de tráfico en el Area del Proyecto es controlado por la Oficina Administrativa del Servicio Nacional de Caminos (la cual se encarga de cobrar una cuota de mantenimiento) a través del registro del volumen de pase. Según sus registros, el promedio diario de tráfico es de 445 vehículos en 1992.

En la Tabla 2.6 se presentan los datos de 1979 a 1992.

Tabla 2.6 Datos del Trafico Promedio Diario Anual

|                         |       |      |       |      |      |       |       |
|-------------------------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|
| Año                     | 1979  | 1980 | 1981  | 1982 | 1983 | 1984  | 1985  |
| Trafico Promedio Diario | 1,014 | 981  | 1,046 | 601  | 420  | 1,360 | 1,355 |
| Año                     | 1986  | 1987 | 1988  | 1989 | 1990 | 1991  | 1992  |
| Trafico Promedio Diario | 1,374 | 556  | 534   | 600  | 731  | 668   | 445   |

Fuente: SNC

La medición del volumen de tráfico se realiza 12 veces por año. El día en que se realiza la medición es determinado por el Servicio Nacional de Caminos. Las

observaciones se realizan en un lapso de 16 horas, de el volumen de tráfico por hora. Uno se anexa al ejemplar del informe de inecición del tráfico 6 A.M. a 10 P.M. Esta medición toma en cuenta una clasificación de 11 tipos de vehículos.

Al observar la evolución cronológica en la Tabla 2.6, se puede notar que el tráfico luego del pico registrado en 1986, disminuyó en un 40 % el año siguiente. Se considera que ésto se debe a la desviación del tránsito hacia Santa Cruz, aprovechando la nueva red construida en el área rodeada por el tramo Guabira - Okinawa y la carretera No.4 que corre al sur.

(2) Carga de tránsito

En la Oficina Administrativa del Servicio Nacional de Caminos, ubicada a 1 km del punto de partida, se cobra una cuota de mantenimiento de caminos, cuyas tarifas se fijan de la siguiente manera:

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Vehículo de uso oficial -----    | 1Bs |
| Coche de turismo, furgoneta----- | 2Bs |
| Camión pesado -----              | 3Bs |

Los vehículos que pasan son de carga de productos agrícolas en su mayoría. En el transporte de caña de azúcar, un remolque de 17 m de largo con 5 ejes carga de 35 a 38 toneladas, siendo su peso total de 47 a 50 toneladas. En el caso de un tractor, se utilizan 4 carros especiales (de 2 ejes, peso del carro de 2 toneladas, capacidad de carga de 9 a 10 toneladas) acoplados para formar un vehículo de 30 m de largo. Es decir, se transporta un peso total de 47 a 51 toneladas con 10 ejes.

En cuanto al transporte de otros productos como materiales de construcción, se estima que el peso total de un camión es de unas 20 toneladas. A 15 km al este de Okinawa, corre el Río Grande, por lo que la carretera No. 9 se sustituye por el servicio de transbordador. Sin embargo, dicho servicio sólo se presta en la temporada seca en la que el río se encuentra poco caudaloso. En la temporada de lluvia, debido al aumento de caudales y maderas flotantes, se suspende el servicio, por lo que el tráfico de Trinidad continúa por el camino ripiado a la orilla derecha del Río Grande, pasando por el puente de Vanegas, un puente de uso mixto para vehículos automotores y el ferrocarril (administrado por el ferrocarril), los vehículos van a distintos destinos vía Santa Cruz.

El servicio de transbordador es administrado por la cooperativa de una empresa privada, cuyas tarifas son como sigue:

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Coche de turismo, jeep ----- | 20 Bs |
| Camión -----                 | 40 Bs |

(3) Situación de los sitios de construcción de puentes

1) Las Chacras (KM 67 + 125)

Sufrió severos daños por la inundación en 1992. Después, fueron instalados tubos corrugados de 1.5 m de diámetro. En el Estudio Preliminar, fue confirmado el sitio, que se encuentra ubicado a 500 m hacia Okinawa desde el sitio indicado en la solicitud, para la construcción del puente. Según el mapa topográfico y los estudios fluviales, se estima que este nuevo sitio se encuentra en el cauce principal del Río Chacras. La carretera No. 9 atraviesa el Río Chacras en diagonal, por lo que será necesario estudiar a fondo la protección del lado de la carretera en la parte aguas arriba del río.

2) Las Maras (KM 68 + 730)

En la inundación de 1992, este lugar fue destruido 4 veces. Se instalaron 2 tubos corrugados de 3 m de ancho y 2m de altura. Están rotas las protecciones de tipo alas de concreto para la entrada y la salida del tubo, y la tierra del borde se está desmoronando. Se ha formado un estanque debido a la corrosión en la parte baja del río. Las huellas de la avenida se encuentran al nivel del camino.

3) El Toro (KM 73 + 410)

Existe un puente de viga de concreto pretensado post tensionado de 7.0 m de ancho y 17.0 m de largo. Normalmente, el ancho del río es de 5 a 6 m, y el espacio libre debajo del puente hasta la superficie de agua es de 4.5 m. Sin embargo, se nota que, debido a la insuficiencia de la capacidad de drenaje transversal, en las avenidas la corriente se ensanchó hacia los lados en el lado aguas arriba del puente, formando corrientes estancadas.

Con la avenida de 1992, la parte trasera de los estribos sufrió corrosión. Se ha aplicado una medida de emergencia con gaviones. Se requiere de

adecuados cuidados para la protección del talud de la carretera en el lado aguas arriba, los estribos y los pilares.

4) El Empalme II (KM 85 + 700)

Se han instalado 2 tubos corrugados a una distancia de 20 m. Tanto en la entrada como en la salida, están rotas las obras de transición (tipo alas). Con la avenida la parte baja sufrió erosión. En la parte alta, se observa la huella de las corrientes estancadas en una área extensa, destruyendo el lado del camino, debido a la insuficiencia de la capacidad de drenaje transversal. Por lo tanto, se requiere de adecuados cuidados para la protección del talud de la carretera en el lado aguas arriba, los estribos y los pilares.

5) Chaco (KM 88 + 500)

Se encuentran instalados 2 tubos corrugados de 1.2 m de diámetro y una alcantarilla de cajón de concreto con dimensiones de 2.5 m x 2.5 m a unos 25 m hacia Okinawa. Debido a la falta de extensión de dicha alcantarilla, se requiere de algún refuerzo. Se observan huellas de las avenidas que rebasaron el sitio. Este sitio no tenía nombre en el momento de la solicitud, pero sin embargo, fue bautizado con el nombre de terreno Chaco cuando se implementó el Estudio de Diseño Básico.

6) Rancho Chico II (KM 89 + 650)

Están instalados 2 tubos corrugados de 1.2 m de diámetro y una alcantarilla de cajón de concreto con dimensiones de 2.5 m x 2.5 m a unos 40 m hacia Guabira. Las protecciones de la entrada y salida de los tubos corrugados están completamente destruídas. El tubo corrugado se encuentra en el cauce principal aguas arriba, mientras que la alcantarilla de cajón se encuentra en el cauce principal aguas abajo. Se requieren adecuados cuidados para la protección del talud de la carretera en el lado aguas arriba, los estribos y los pilares.



7) Pailon (KM 90 + 030)

Está construido un puente de viga de concreto pretensado post tensionado, de 7.0 m de ancho y 24.0 m de largo. Normalmente, el ancho del río es de 20 m, y el espacio libre debajo del puente hasta la superficie de agua es de unos 6.5 m. Sin embargo, se observan huellas de que, debido a la insuficiencia de la capacidad de drenaje transversal, la corriente se ensanchó por las avenidas hacia los lados en el lado aguas arriba del puente, formando corrientes estancadas. Con la avenida, la parte inferior y la parte trasera de los estribos sufrieron erosión, causando el hundimiento del puente. Se ha posibilitado el paso mediante algunas obras de emergencia. Todavía se conserva la desviación establecida en la parte baja.

(4) Uso del suelo y Tenencia de la tierra

La zona relacionada al drenaje de la carretera nacional No. 9 estaba cubierta de bosques en su mayor parte según el mapa topográfico de la década de 1960. Actualmente la mayoría de los bosques están convertidos en zonas urbanas y agrícolas. Los bosques del Area del Estudio ubicados en las cercanías de la Ciudad de Santa Cruz ubicadas en la parte más alta de la cuenca de captación, y en el área correspondiente a la parte media y baja del río, han sufrido varios cambios, debido a la extensión de la zona urbana y a la construcción del aeropuerto internacional, por causa de la inmigración y el desarrollo de la zona agrícola. Los resultados de la encuesta efectuada en este Estudio indican que mucha gente inmigró a esta zona en las décadas de los años 60 y 70.

Con respecto al uso del suelo, la mayoría del Area del Estudio es agrícola. Los productos agrícolas varían según las condiciones del suelo y la temporada. Actualmente, los productos principales son soja, caña de azúcar, maíz, trigo, arroz, girasol y sorgo. Además, se practica ampliamente la ganadería (vacunos para carne y leche).

Según el plan de uso del suelo de CORDECRUZ, el suelo del Area es relativamente fértil, por lo que está clasificado como una zona de agricultura intensiva. Sin embargo, las áreas de 6 km de ancho a lo largo de ambas orillas del Río Piray y el Grande respectivamente están asignadas como zonas de reserva para prevención de desastres.

En cuanto a la tenencia de la tierra en el Area del Estudio, la mayor parte es de propiedad privada, y el resto es propiedad nacional. En principio, el terreno a lo largo de la carretera nacional y los ríos es de propiedad nacional, aunque no está claro el límite del terreno de propiedad nacional en el caso de los ríos.

#### 2-4 Cooperación técnica y coordinación con otros países donantes de cooperación

En la República de Bolivia se tiene alta experiencia en construir puentes. Sin embargo, según el estudio de los puentes existentes en las cercanías del área del proyecto, no siempre es satisfactoria la calidad de los puentes. Se considera que esto se debe principalmente a los métodos inadecuados de construcción y a deficiencias en la administración de la construcción. Es posible construir mejores puentes aplicando materiales y máquinas adecuadas y métodos óptimos.

Al realizar el Proyecto, se tendrá suficientes discusiones y cooperación con el organismo ejecutor, el Servicio Nacional de Caminos.

En cuanto a la construcción del camino de acceso, es posible coordinar el Proyecto con el Segundo Proyecto de Mantenimiento de Caminos (financiado por el Banco Mundial), mediante discusiones con la persona encargada del Segundo Proyecto de Mantenimiento.



## **CAPITULO 3    DISEÑO BASICO**



## CAPITULO 3 DISEÑO BASICO

### 3-1 Principios de Diseño Básico

Al formular el Diseño Básico, se ha tomado en consideración los siguientes puntos.

- 1) Al formular el diseño básico, se seleccionó las superestructuras e infraestructuras de los puentes y los métodos de construcción apropiados, teniendo en consideración el plazo y el costo de construcción y el costo de operación y mantenimiento.
- 2) Se consideró las restricciones que las lluvias puedan imponer en la construcción, y al seleccionar las superestructuras y infraestructuras de los puentes, estudiar plenamente los métodos de construcción.
- 3) Con respecto a las condiciones geológicas, la capa firme se encuentra aprox. de 20 - 30m debajo de la superficie en los sitios de construcción de los 7 puentes, por lo que se estudiará especialmente los pilotes de soporte de la cimentación.
- 4) Se estudió detalladamente las estructuras para la protección de estribos y pilares de los puentes.
- 5) Coordinación del alcance de la construcción del camino de acceso de los puentes con el Segundo Proyecto de Mantenimiento de Caminos.
- 6) La reducción del costo de operación y mantenimiento es importante para el Gobierno de la República de Bolivia. Por lo tanto, se estudiarán principalmente puentes de concreto que presentan menor costo de mantenimiento.
- 7) Para determinar el tipo de la obra de control de cauces , se ha considerado el tipo que pueda reducir el costo de mantenimiento y de construcción .
- 8) Con el fin de reavitalizar la economía local y transferir la tecnología, se ha tratado de diseñar los puentes de acuerdo con los métodos de construcción e instalación, etc. que permitan emplear al máximo la mano de obra y las técnicas locales.

Conforme a los puntos anteriores, se formulará el diseño básico considerando los siguientes puntos específicos.

- Tratar de uniformizar las luces de los puentes de acuerdo con la medida normalizada.

- Diseñar las estructuras de protección considerando los daños de inundaciones ocurridos.
- Diseñar el camino de acceso a los puentes de acuerdo con el criterio de diseño existente.

### 3-2 Estudio y Examen del Criterio de Diseño

El criterio de diseño para el Proyecto se determinó de acuerdo con las discusiones sostenidas con las autoridades del Servicio Nacional de Caminos encargadas de los puentes y se describe a continuación:

#### (1) Normas aplicadas

- Criterio de diseño geométrico : (Servicio Nacional de Caminos)
- Instrucciones sobre Puentes de Concreto para Caminos (Asociación de Caminos del Japón)
- Instrucciones sobre fundación de Puentes para caminos (Asociación de Caminos del Japón)

#### (2) Metodología de diseño

En el análisis estructural, se calcula la resistencia de la sección de los miembros de la estructura mediante el método elástico. Se verifica que el esfuerzo de los miembros esté dentro del esfuerzo admisible con la carga de diseño, y se confirma que los miembros no se falten a la carga última.

#### (3) Velocidad de diseño de la carretera

$$V = 80\text{km/hr.}$$

#### (4) Composición de la sección transversal

Tabla 3.1 Composición del Puente (Sección Transversal)

|                       | Carretera             | Puente                 |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Calzada               | 6.70 m                | 6.70 m                 |
| Solera                | -                     | 0.65 m                 |
| Borde                 | 1.20 m                | -                      |
| Acera                 | -                     | 0.60 m                 |
| Pendiente Transversal | 2 %                   | 2 %                    |
| Pavimento             | Asfalto<br>t = 2.0 cm | Concreto<br>t = 5.0 cm |

(5) Nivel de agua y Espacio libre debajo del puente

Tabla 3.2 Nivel de Agua de Diseño y Espacio Libre Debajo del Puente

| Nombre del Puente  | Ubicación | Lecho de Diseño (m) | Nivel de Agua de Diseño (m) | Nivel de Agua de Avenida de Diseño (m) | Borde Libre Debajo del Puente (m) |
|--------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|--|-----------------------------------|
| 1) Las Chacras     | 67 + 125  | 273.75              | 276.00                      | 277.00                                 | 0.60                              |
| 2) Las Maras       | 68 + 730  | 269.60              | 272.00                      | 273.00                                 | 0.80                              |
| 3) El Toro         | 73 + 410  | 263.50              | 266.00                      | 266.90                                 | 1.00                              |
| 4) El Empalme II   | 85 + 700  | 253.20              | 255.50                      | 256.20                                 | 0.60                              |
| 5) Chaco           | 88 + 500  | 249.70              | 252.00                      | 252.90                                 | 0.80                              |
| 6) Rancho Chico II | 89 + 650  | 249.50              | 252.00                      | 253.60                                 | 0.80                              |
| 7) Pailon          | 90 + 030  | 248.00              | 252.50                      | 254.20                                 | 1.00                              |

Nota) El borde libre debajo del puente es sobre el nivel de agua de avenida de diseño.

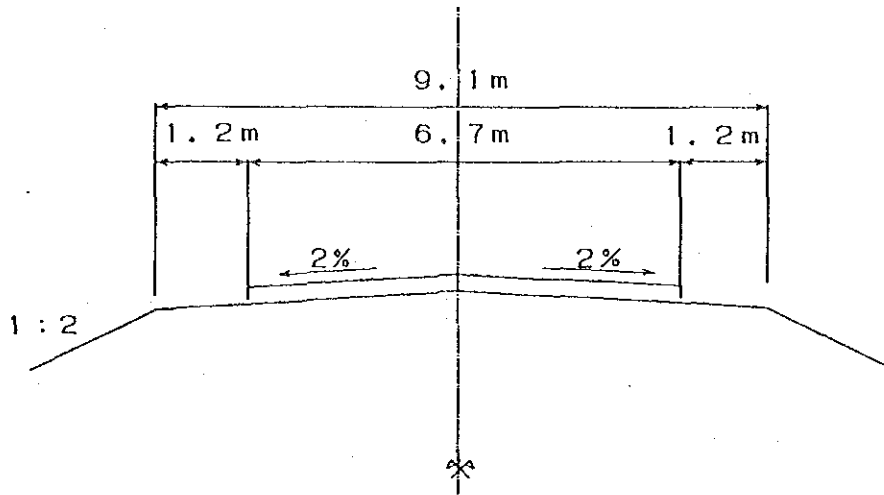
(6) Carga de diseño

Se aplica la carga de vehículos de acuerdo con AASHTO-93.

HS20-44 (MS-18)



### Sección Transversal de la Carretera



### Sección Transversal del Puente

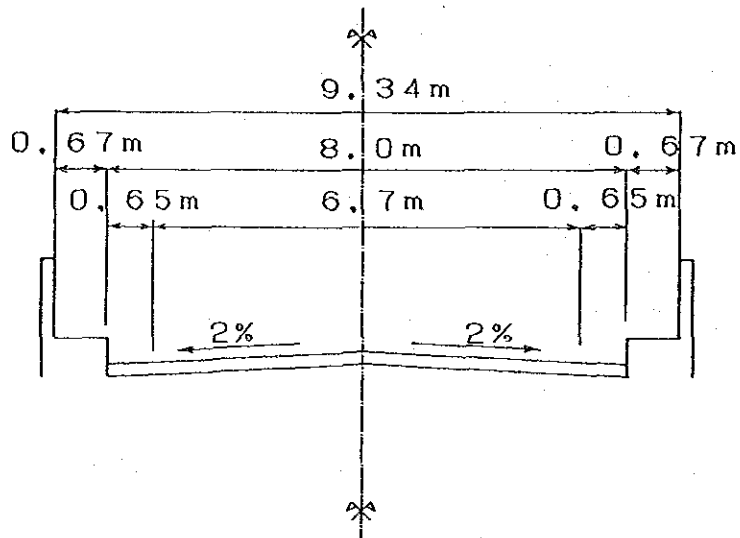


Fig. 3.1 Sección Transversal de la Carreterra y Puente

(7) Carga sísmica

No se considera la carga sísmica.

(8) Otras cargas

1) Cargas principales

- a) Carga muerta
- b) Impacto de carga viva
- c) Presión de la tierra
- d) Presión del agua
- e) Flotabilidad
- f) Influencia de la deformación del concreto
- g) Contracción por fraguado del concreto
- h) Cambios de temperatura del concreto
- i) Carga del aire

2) Cargas especiales

- a) Cargas que se ejercen en el proceso de construcción
- b) Otras cargas

3) Cargas muertas

Tabla 3.3                  Peso de Materiales por Unidad de Volumen

(kg/m<sup>3</sup>)

| Materiales                          | Peso por Unidad de Volumen | Materiales                  | Peso por Unidad de Volumen |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Acero, acero fundido, acero forjado | 7,850                      | Concreto no armado          | 2,350                      |
| Fierro fundido                      | 7,250                      | Cemento mortero             | 2,150                      |
| Aluminio                            | 2,800                      | Asfalto para pavimentación  | 2,300                      |
| Concreto armado                     | 2,500                      | Concreto para pavimentación | 2,350                      |
| Concreto pretensado                 | 2,500                      | Madera                      | 800                        |

(9) Resistencia de materiales

1) Concreto

Resistencias del criterio de diseño

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Viga principal de concreto pretensado | $\sigma_{ck} = 350 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ |
| Tablero, travesaño                    | $\sigma_{ck} = 240 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ |
| Estribo, pilar                        | $\sigma_{ck} = 210 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ |

2) Varrilla de acero

Resistencia a la tensión  $\sigma_{pu} = 4,200 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$

3) Materiales de acero de concreto pretensado

Resistencia a la tensión  $\sigma_{pu} = 175 \text{ (kgf/mm}^2\text{)} \text{ (16,300 kg)}$

12S 12.4 (SWPR7A)

### 3-3 Plan Básico

#### 3-3-1 Diseño de la Capacidad de Drenaje

##### (1) Cuenca de captación de los sitios de construcción de los puentes

Las cuencas de captación de la carretera nacional No.9 y los sitios de construcción de puentes están divididas de acuerdo con el mapa topográfico y la información de cada área. Las cuencas de captación se indican en la Tabla 3.4 y la Fig. 3.2.

Tabla 3.4 Cuenca de Captación en los Sitios de los Puentes de Diseño

| Nombre del Puente  | Ubicación | Superficie de la Cuenca (A km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-----------|--|
| 1) Las Chacras     | 67 + 125  | } 73.4                                       |
| 2) Las Maras       | 68 + 730  |  |
| 3) El Toro         | 73 + 410  | 108.7  |
| 4) El Empalme      | 85 + 700  | 8.9  |
| 5) Chaco           | 88 + 500  | 37.0   |
| 6) Rancho Chico II | 89 + 650  | } 849.6                                      |
| 7) Pailón          | 90 + 030  |  |

Debido a las condiciones topográficas, no está clara la división entre las cuencas de Las Chacras y Las maras, y entre las de Rancho Chico II y Pailón, por lo que, en ambos casos, se consideran como una sola cuenca de captación.

##### (2) Escala de diseño

Con el fin de prevenir y reducir los daños causados en la carretera nacional No. 9 por las inundaciones y asegurar el tránsito durante todo el año, la capacidad de drenaje fue diseñada para la escala de la inundación de 1992 (Periodo de retorno de 1/50 años), considerada como la más grande experimentada en la zona. El ancho del canal de los ríos correspondientes a los puentes se determinó en base a la descarga de avenida con período de retorno de 10 años, ya que las cuencas de los ríos en cuestión y otras zonas a proteger están comprendidas en la zona agrícola con pequeñas poblaciones esparcidas.







(3) Estimación de la descarga de avenida en los sitios de construcción de los puentes

La descarga de avenida se estima asumiendo que es una función similar a la curva de Creager, en base a los resultados del análisis de la descarga de avenida del Río Piray. La curva de Creager se expresa como:

$$q = C * A^{(A^{0.05} - 1)}$$

donde:

C: Constante

A: Superficie de la cuenca

La constante de cuenca (C) se obtuvo en base a los resultados del análisis de la descarga de avenida de la cuenca del Río Chane (2,006 km<sup>2</sup>) del diseño básico del Río Piray.

| Frecuencia de inundación | Descarga de avenida (m <sup>3</sup> /s) | Descarga específica (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) | Constante de la cuenca |
|--------------------------|---|--|------------------------|
| 50 años                  | 2,690                                   | 1.34   | 14.84                  |
| 20 años                  | 2,090                                   | 1.04   | 11.52                  |
| 10 años                  | 1,540                                   | 0.77   | 8.53                   |

La curva de Creager y los resultados del análisis de descarga de avenida del diseño básico del Río Piray se indican en la Fig. 3.3.

Los caudales de avenida en los sitios de construcción de los puentes, obtenidos de la curva de Creager, se muestran en la siguiente Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Caudales de Avenida en los Sitios de los Puentes de Diseño (1/10, 1/50)

| Sitios Diseñados   | Superficie de la Cuenca (km <sup>2</sup> ) | Descarga Específica (m <sup>3</sup> /skm <sup>2</sup> ) |       | Caudales de Avenida (m <sup>3</sup> /s) |       |
|--------------------|--|---|-------|---|-------|
|                    |  | 1/10  | 1/50  | 1/10                                    | 1/50  |
| 1) Las Chacras     | 73.4                                       | 3.72  | 6.47  | 273                                     | 475   |
| 2) Las Maras       |  |   |       |   |       |
| 3) El Toro         | 108.7                                      | 3.20  | 5.57  | 348                                     | 605   |
| 4) El Empalme      | 8.9  | 6.80  | 11.83 | 61                                      | 105   |
| 5) Chaco           | 37.0                                       | 4.70  | 8.17  | 174                                     | 302   |
| 6) Rancho Chico II | 849.6                                      | 1.24  | 2.15  | 1,054                                   | 1,826 |
| 7) Pailon          |  |   |       |   |       |



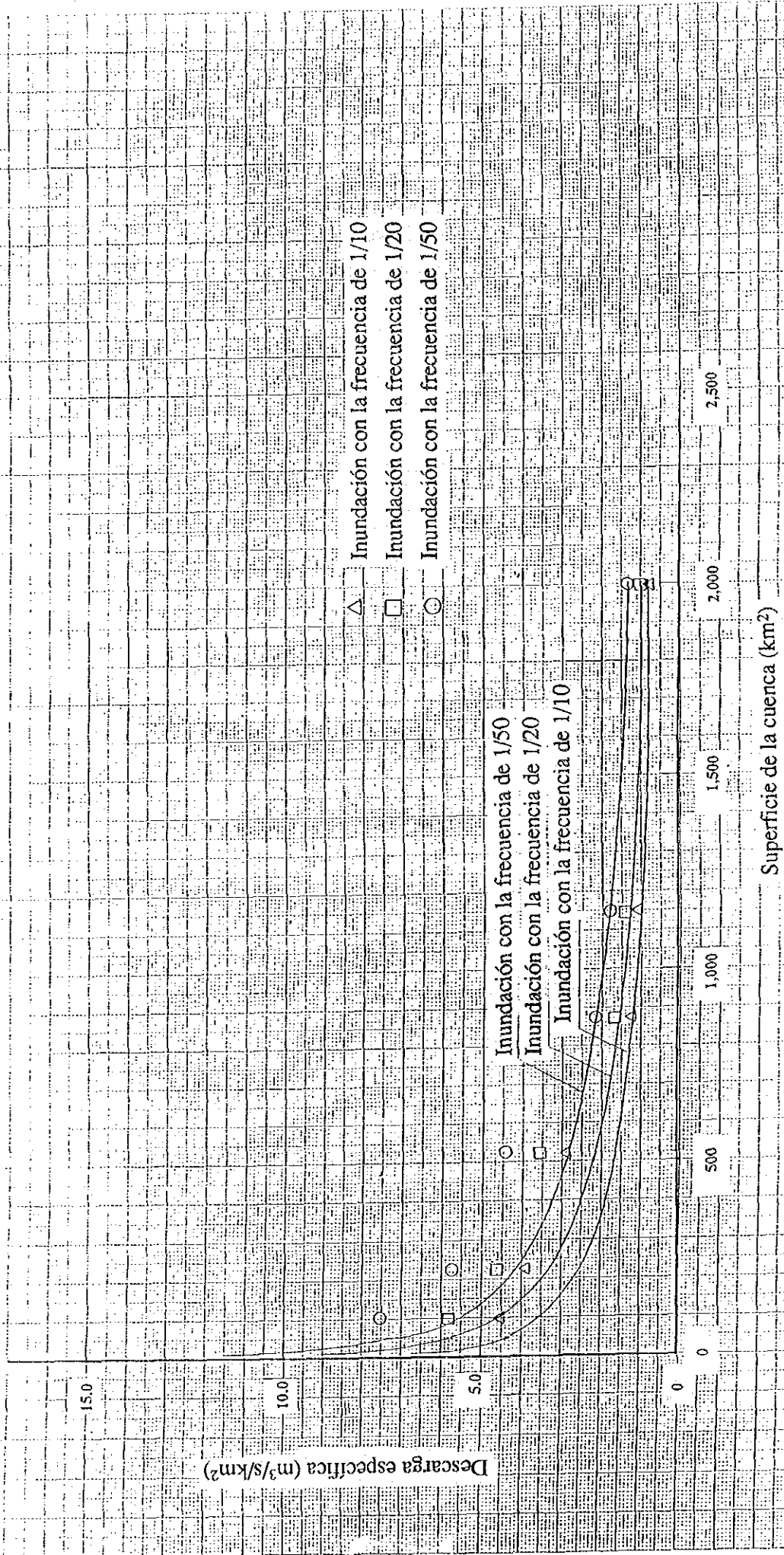


Fig. 3.3 Comparación Entre la Curva Creager y la Descarga Específica del Proyecto Básico del Río Piray

(4) Determinación de la capacidad de drenaje

La capacidad de drenaje se estima, mediante la fórmula de Manning, en base al caudal de avenida (con período de retorno de 10 años), la altura actual del lecho del río según el mapa topográfico de ríos, la pendiente del lecho y la altura de la tierra en las cercanías. Se indican los resultados de la estimación de la capacidad de drenaje del canal y el nivel de agua de avenida (1/10, 1/50) en los sitios del Proyecto en las siguientes tablas. Se estima inadecuado emplear la alcantarilla como estructura de drenaje transversal de carretera en los sitios del Proyecto, en vista del caudal de avenida en los sitios respectivos y para la seguridad del drenaje.

Tabla 3.6 Determinación de la Capacidad de Drenaje Transversal

| Sitios Diseñados | Caudales de Avenida (1/10) | Pendiente del Lecho | Profundidad de Agua (m) | Velocidad de Flujo (m/s) | Ancho (m) |
|------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|
| 1) Las Chacras   | 273                        | 1/900               | 2.25                    | 1.45                     | 24.0      |
| 2) Las Maras     |                            | 1/800               | 2.4                     | 1.70                     | 47.5      |
| 3) El Toro       | 348                        | 1/600               | 2.5                     | 2.06                     | 67.6      |
| 4) El Empalme II | 61                         | 1/900               | 2.3                     | 1.18                     | 22.5      |
| 5) Chaco         | 174                        | 1/900               | 2.3                     | 1.56                     | 48.5      |
| 6) Rancho Chico  |                            | 1/900               | 2.5                     | 1.54                     | 24.0      |
| 7) Pailon        | 1,054                      | 1/900               | 4.5                     | 2.43                     | 88.0      |

Tabla 3.7 Altura del Lecho de Diseño y el Nivel de Agua de la Avenida de Diseño

| Sitios Diseñados | Altura de Lecho de Diseño (m) | Nivel de Agua de Diseño 1/10 (m) | Nivel de Agua de Avenida 1/50 (m) |
|------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1) Las Chacras   | 273.75                        | 276.00                           | 277.00                            |
| 2) Las Maras     | 269.60                        | 272.00                           | 273.00                            |
| 3) El Toro       | 263.50                        | 266.00                           | 266.90                            |
| 4) El Empalme    | 253.20                        | 255.50                           | 256.20                            |
| 5) Chaco         | 249.70                        | 252.00                           | 252.90                            |
| 6) Rancho Chico  | 249.50                        | 252.00                           | 253.60                            |
| 7) Pailon        | 248.00                        | 252.50                           | 254.20                            |

3-3-2 Diseño de las Facilidades

(1) Diseño de la Superestructura

a) Determinación de la longitud de los puentes y el ajuste de las luces

Se estudiará la longitud de los puentes considerando 3 alternativas de distancia entre apoyos, 20 m, 25 m y 30 m, considerando las condiciones topográficas, geológicas, caudales de avenidas y otras condiciones naturales, así como las construcciones existentes en la República de Bolivia.

Como se indica en la Tabla 3.8, la luz entre los apoyos extremos se obtiene, deduciendo el ancho del estribo del producto de multiplicar la distancia entre apoyos por el número de luces. La luz mínima entre apoyos extremos deberá ser mayor que el ancho de la sección de drenaje.

Tabla 3.8 Distancia Entre Apoyos y la Luz Entre Pilares Extremos por el Número de Luces

| Número de Luces |                            | 1                          | 2     | 3     |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|-------|-------|
|                 |                            | Distancia Entre Apoyos (m) |       |       |
| 20              | Longitud del Puente        | 20.80                      | 41.55 | 62.30 |
|                 | Luz Entre Pilares Extremos | 19.00                      | 39.75 | 60.50 |
| 25              | Longitud del Puente        | 25.80                      | 51.55 | 77.30 |
|                 | Luz Entre Pilares Extremos | 24.00                      | 49.75 | 75.50 |
| 30              | Longitud del Puente        | 30.80                      | 61.55 | 92.30 |
|                 | Luz Entre Pilares Extremos | 29.00                      | 59.75 | 90.50 |

En base a distintas combinaciones de la distancia entre apoyos y el número de luces, se han determinado la longitud de los puentes y el ajuste de los luces de los tramos.

Tabla 3.9 Longitud del Puente y el Ajuste de Luces por Tramos

| Nombre del Puente | Longitud del Puente (m) | Distancia Entre Apoyos (m) | No. de Tramos | Luz Entre Pilares Extremos (m) | Sección de Drenaje (m) |
|-------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|
| 1) Las Chacras    | 25.80                   | 25.00                      | 1.0           | 24.00                          | 24.0                   |
| 2) Las Maras      | 51.55                   | 25.00                      | 2.0           | 49.75                          | 47.5                   |
| 3) El Toro        | 77.30                   | 25.00                      | 3.0           | 74.75                          | 67.6                   |
| 4) El Empalme     | 25.80                   | 25.00                      | 1.0           | 24.00                          | 22.5                   |
| 5) Chaco          | 51.55                   | 25.00                      | 2.0           | 49.75                          | 48.5                   |
| 6) Rancho Chico   | 25.80                   | 25.00                      | 1.0           | 24.00                          | 24.0                   |
| 7) Pailon         | 92.30                   | 30.00                      | 3.0           | 90.50                          | 88.0                   |

Luz mínima entre pilares extremos  $\geq$  Sección de drenaje

b) Ubicación de los puentes

Se determinó la ubicación de los puentes a construir en los sitios que no tienen estructuras existentes, considerando el cauce de los ríos y la topografía del área colindante.

Tabla 3.10 Ubicación de los Puentes

| Nombre del Puente | Estribo A1   | Centro del Puente | Estribo A2   |
|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| 1) Las Chacras    | 67 + 112.100 | 67 + 125.000      | 67 + 137.900 |
| 2) Las Maras      | 68 + 674.225 | 68 + 700.000      | 68 + 725.775 |
| 3) El Toro        | 73 + 351.350 | 73 + 410.000      | 73 + 428.650 |
| 4) El Empalme     | 85 + 687.100 | 85 + 700.000      | 85 + 712.900 |
| 5) Chaco          | 88 + 489.230 | 88 + 515.000      | 88 + 540.780 |
| 6) Rancho Chico   | 89 + 597.100 | 89 + 610.000      | 89 + 622.900 |
| 7) Pailon         | 89 + 967.850 | 90 + 030.000      | 90 + 060.150 |

c) Selección del tipo de superestructura

Tipo de puentes aplicables

Existe tres tipos principales de puentes: de concreto armado, puentes de concreto pretensado y de acero. La relación entre los tres tipos de puentes y

sus respectivas distancias entre los apoyos aplicables se indican en la Fig. 3.4.

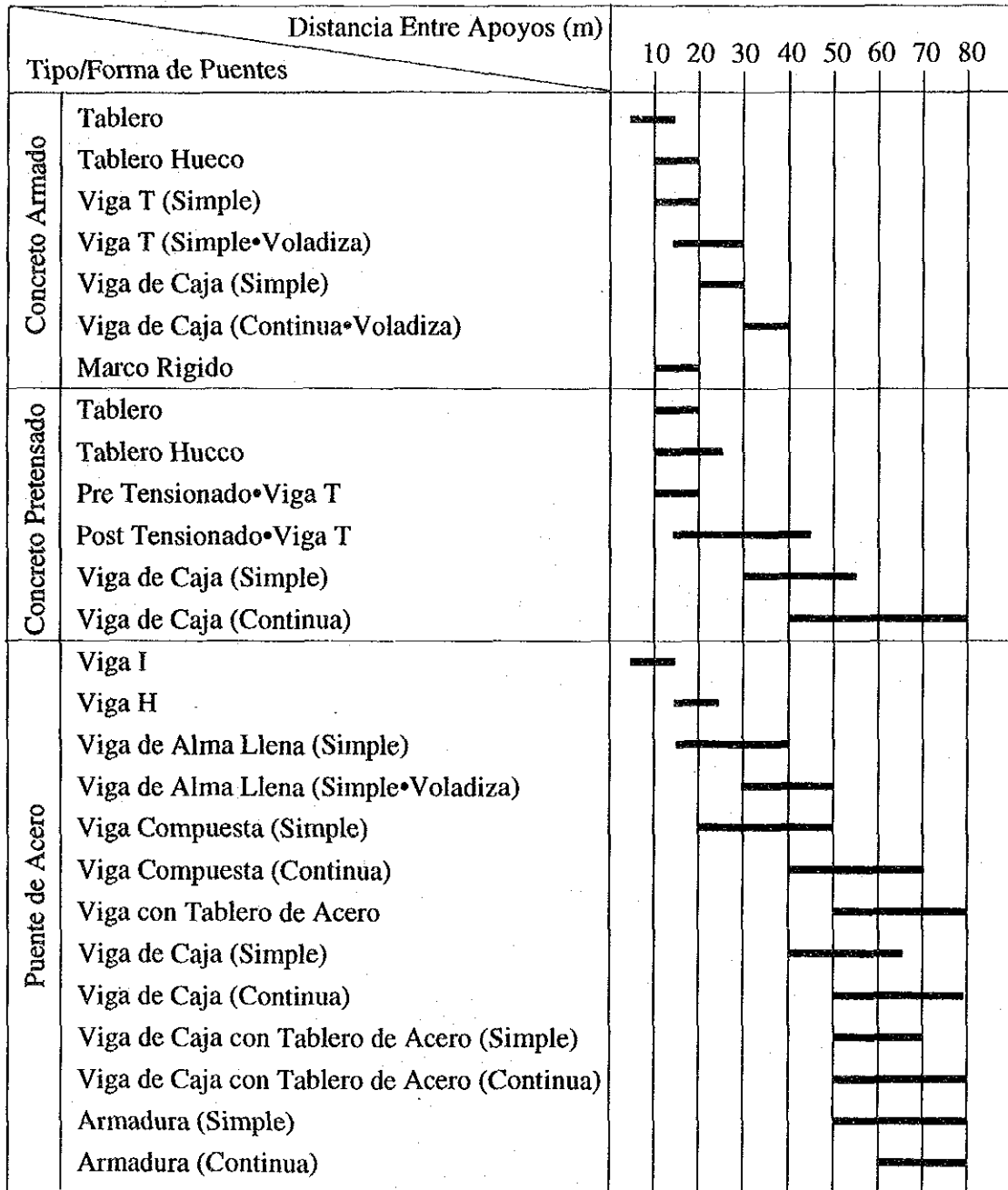


Fig. 3.4 Forma de Puentes y Distancia Aplicable Entre Apoyos

Se determinó emplear el tipo de puente de concreto y no estudiar el tipo de puentes de acero, porque en Bolivia se produce cemento y pueden obtenerse fácilmente agregados de buena calidad en los sitios de construcción.

En cuanto a los puentes de concreto, hay dos tipos: de concreto armado y de concreto pretensado. Generalmente, cuando la distancia entre apoyos es menor de 20 m, se aplica el concreto armado, y cuando es mayor de 20 m se usa de concreto pretensado. En el Proyecto, se tiene contemplada una distancia entre apoyos de 25 m y 30 m, por lo que se determinó emplear el tipo de viga simple de concreto pretensado post tensionado, indicado en la Fig. 3.4

Para el tipo de puentes de concreto pretensado (post tensionado), existe dos alternativas; Viga T simple y Viga I compuesta simple. En el caso de la viga T simple, los tableros, luego de rellenarse los espacios con concreto, se sujetan con material de acero de concreto pretensado, mientras que en el caso de la viga I compuesta, los tableros se integran en la viga principal como concreto armado. Si se comparan los dos tipos, para la distancia entre apoyos de 25 m, en términos de facilidad de construcción y características económicas, la viga I compuesta es más económica que la viga T simple de concreto pretensado. Además, la primera tiene menos peso muerto que la segunda, lo que facilita y acorta el tiempo requerido para la construcción.

Por lo tanto, en este Proyecto se emplea la viga I compuesta de concreto pretensado y la sección de la viga principal establecida por AASHTO aplicada ampliamente en la República de Bolivia. Sin embargo, para las vigas de los puentes que tengan más de 2 tramos, se constrirá como un tramo simple, y después serán unidos através de concreto armado en las juntas, sin utilizar los rellenos para juntas, con el fin de lograr buena trabajabilidad y rodamiento.

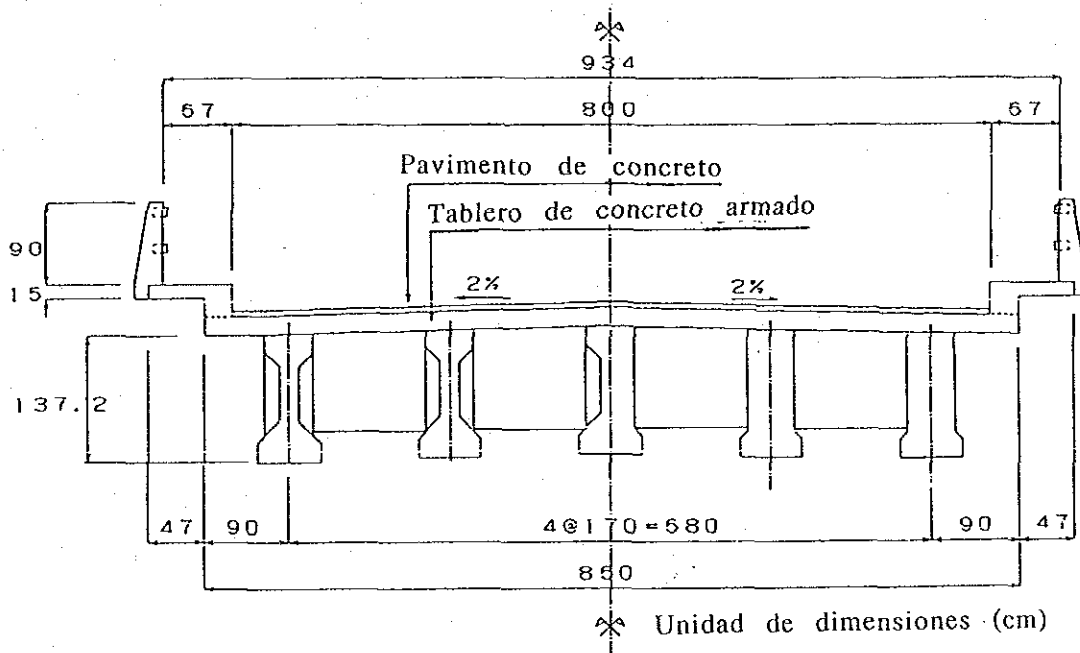
Tabla 3.11 Comparación de la Superestructura de los Puentes

| Alternativas                     | Concreto Pretensado<br>Viga T Simple                             | Concreto Pretensado<br>Viga I Compuesta                      |
|----------------------------------|--|--|
| Sección                          |  |  |
|                                  | Unidad de dimensiones (cm)                                       |  |
| Características de la Estructura | Tablero de Concreto Pretensado<br>Altura de la Estructura 173 cm | Tablero de Concreto Armado<br>Altura de la Estructura 156 cm |
| Características Económicas       | △  | ○  |
| Facilidad de Construcción        | △  | ○  |
| Operación y Mantenimiento        | ○  | ○  |
| Evaluación                       | △  | ○  |

Otros detalles del diseño se indican a continuación:

- 1) Para los puentes de 2 o 3 tramos , no se colocará el relleno para junta de expansión. Estos serán conectados através del concreto armado para obtener buena trabajabilidad, rodamiento y fácil mantenimiento.
- 2) Para el concreto pretensado de la viga principal, se emplea el cable trenzado de 12S12.4. Se utilizan 3 cables para la distancia entre apoyos de 25.0 m y 4 cables para la de 30.0 m.
- 3) Para el concreto pretensado del travesaño, se emplea el mismo cable de 12.4 mm que para la viga principal. Se coloca un cable trenzado de 3S12.4 en cada punto de travesaño.

- 4) Se emplean apoyos de neopreno compuesto por su fácil mantenimiento.
- 5) Por la facilidad de mantenimiento, igual que en el caso 3), se emplea la junta de expansión de hule.
- 6) Se emplea el parapeto de concreto armado, utilizado en muchos puentes existentes en el Area.
- 7) Se aplica pavimento de concreto de 5 cm de espesor.



Nota) La altura de la viga es común para la distancia entre apoyos de 25 m y la de 30 m.

Fig. 3.5 Sección de la Superestructura



(2) Diseño de la infraestructura

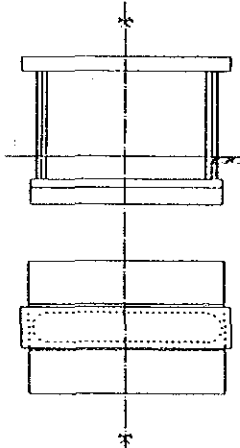
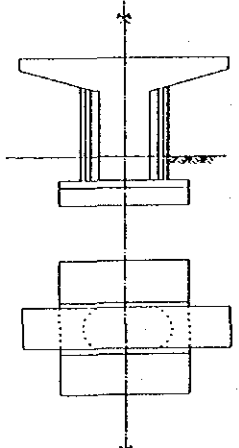
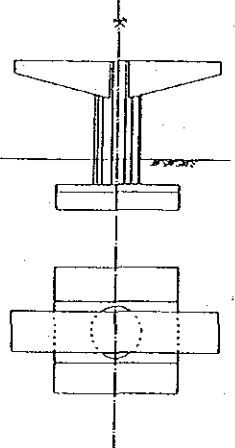
a) Estribo

El tipo de estribo se determina de acuerdo con la reacción y la altura de la superestructura. En este Proyecto, la altura de la superestructura será de 7.5 m a 13 m, por lo que se emplea el estribo de tipo T inversa.

b) Pilar

Se estudiaron los tres tipos de pilares indicados en la Tabla 3.12, con respecto al plazo de construcción, conexión con el basamento, etc., y se determinó emplear el pilar de tipo voladizo con columna ovalada.

Tabla 3.12 Comparación de Formas del Pilar de Puente

| Alternativas  | Tipo Muro  | Tipo Voladizo<br>(Columna Ovalada)  | Tipo Voladizo<br>(Columna Cilíndrica)  |
|---|--|---|--|
| Formas  |  |  |  |
| Costo de Construcción   | △  | ○   | △  |
| Plazo de Construcción   | △  | ○   | ○  |
| Relación de Obstrucción                                       | ○  | ○   | △  |
| Adaptabilidad a los Cambios de la Linear Central de Corriente | △  | ○   | ○  |
| Conexión con el Basamento                                     | △  | ○   | ○  |
| Evaluación  | △  | ○   | △  |

Los puntos principales del diseño de la infraestructura son los siguientes:

- 1) Diseñar la infraestructura de manera que el espesor de los miembros sea menos de 25 mm, para facilitar la adquisición de las varillas de acero.
- 2) Se aplica el ahusado en la corona de la base cuando la longitud del voladizo es mayor de 3 m.
- 3) Con el fin de prevenir la erosión, los estribos y pilares serán *introducidos hasta una profundidad de más de 1 m desde el lecho de diseño*. En caso de los puentes El Toro y Pailón, el canal está formado en los sitios de construcción y el volumen de erosión por las crecidas es grande. Para estos puentes, se ha diseñado la profundidad de la cubierta de tierra en 2 m.
- 4) Utilizar la tierra generada para rellenar los alrededores del estribo y los pilares.

### (3) Diseño de la cimentación

#### a) Selección del cimiento

En Bolivia se utilizan principalmente los pilotes de concreto vaciado en el sitio. Se han utilizado también varios tipos de pilotes de concreto armado prefabricados, sin embargo son de 10 m de largo y 0.4 m de diámetro como máximo, debido a la capacidad de los hincapilotes. En cambio, el pilote de concreto colado en el sitio puede tener hasta 40 m de largo y 2 m de diámetro.

Como se indica en la Tabla 3.13, la longitud del pilote para el Proyecto se estima en 21 m. Si se contempla la facilidad de construcción, la longitud del pilote desde el fondo de la base deberá ser de 21 m - 26 m, por lo que no se puede utilizar el pilote de concreto armado prefabricado. Por esta razón, se determinó emplear el pilote de concreto vaciado en el sitio. El diámetro del pilote será de 1.0 m o 1.2 m, por su costo económico y considerando además la presión de la tierra y la carga de la superestructura.

Tabla 3.13 Longitud y Elevación de los Pilotes

| Nombre del Puente | Altura (m)                       |                         |         | Longitud (m)                     |                    |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------|---------|----------------------------------|--------------------|
|                   | Elevación Inicio de Construcción | Lecho del Río de Diseño | Base    | Elevación de la Punta del Pilote | Longitud de Pilote |
| 1) Las Chacras    | 275.0                            | 273.75                  | 271.471 | 24.429                           | 21.0               |
| 2) Las Maras      | 271.5                            | 269.60                  | 267.370 | 25.030                           | 21.0               |
| 3) El Toro        | 265.5                            | 263.50                  | 260.270 | 25.130                           | 20.0               |
| 4) El Empalme     | 255.0                            | 253.20                  | 250.971 | 24.429                           | 20.5               |
| 5) Chaco          | 252.0                            | 249.70                  | 247.470 | 26.430                           | 22.0               |
| 6) Rancho Chico   | 252.0                            | 249.50                  | 247.271 | 26.629                           | 22.0               |
| 7) Pailon         | 253.0                            | 248.00                  | 244.170 | 30.230                           | 21.5               |

(4) Diseño de las estructuras de protección

Para el diseño de los estribos, deberá considerarse la fuerzas de las corrientes que concentra su fuerza hacia al estribo, y ésto provocará las erosiones en los lechos de los ríos, especialmente alrededor de los pilares. Es necesario tomar las medidas para proteger los taludes y los pilares. En este Proyecto tomando en cuenta estas condiciones se ha considerado las medidas para proteger las fundaciones de los pilares, como que indican en la Tabla 3.14.

Para las estribos, se planeó instalar estructuras de protección con la longitud de 10 m a la dirección del eje del puente. Se construye la estructura de protección hasta la misma profundidad que el estribo para prevenir la erosión.

Como obras de protección de los muros, existen los gaviones, tablestacado, y muros de concreto armado. En la Tabla 3.15 se indica el resultados de las comparaciones, en términos económicos, estabilidad de estructuras, y facilidad en la construcción. En este Proyecto se ha utilizado el tipo de tablestacado para la obra de protección de talud.

Tabla 3.14 Determinación de recubrimiento de tierra

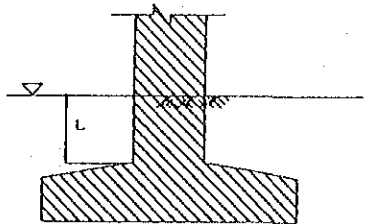
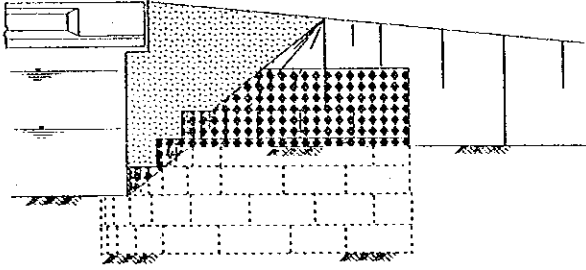
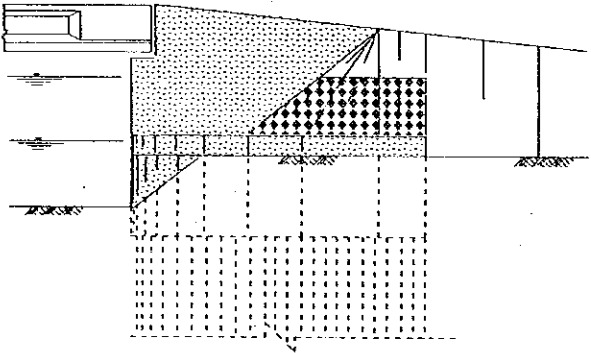
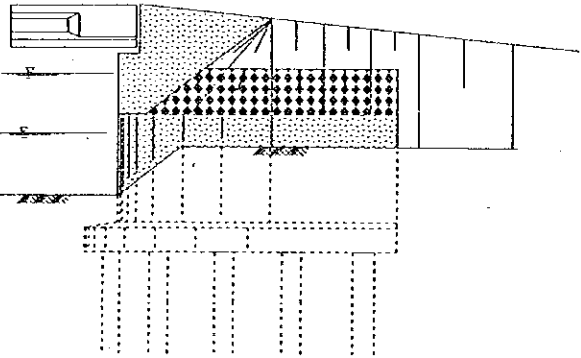
| Nombre de Puente | Recubrimiento de Tierra | Referencia   |
|------------------|-------------------------|--|
| 1) Las Chacras   | 1.00                    |  <p data-bbox="853 761 1348 862">Nota) El espesor de recubrimiento de la tierra es la distancia entre el lecho del río hasta parte superior de la fundación.</p> |
| 2) Las Maras     | 1.00                    |  |
| 3) El Torro      | 2.00                    |  |
| 4) El Empalme    | 1.00                    |  |
| 5) Chaco         | 1.00                    |  |
| 6) Rancho Chico  | 1.00                    |  |
| 7) Pailon        | 2.00                    |  |

Tabla 3.15 Comparaciones de las obras de protección de talud

| Tipo de Obra de protección de talud  | Seguridad de Obra | Facilidad de Construc. | Economía | Evaluación |
|--|-------------------|------------------------|----------|------------|
| <p>① Gaviones</p>                   | ×                 | △                      | ○        | △          |
| <p>② Tablestacado</p>              | ○                 | ○                      | ○        | ○          |
| <p>③ Muro de Concreto Armado</p>  | ○                 | △                      | △        | △          |

(5) Diseño del camino de acceso

a) Estructura geométrica

Tabla 3.16 Criterio de Diseño Geométrico del Camino de Acceso

| Items                         | Unidad | Valor |
|-------------------------------|--------|-------|
| Velocidad de Diseño           | km/hr  | 80    |
| Pendiente Máxima Vertical     | %      | 8     |
| Curva Vertical                |        |       |
| Radio de la Curva Convexa     | m      | 3,000 |
| Radio de la Curva Cóncava     | m      | 2,000 |
| Longitud de la Curva Vertical | m      | 70    |
| Pendiente Transversal         | %      | 2     |
| Ancho de Calzada              | m      | 6.7   |
| Ancho de Borde                | m      | 1.2   |

b) Sección Transversal del Camino de Acceso

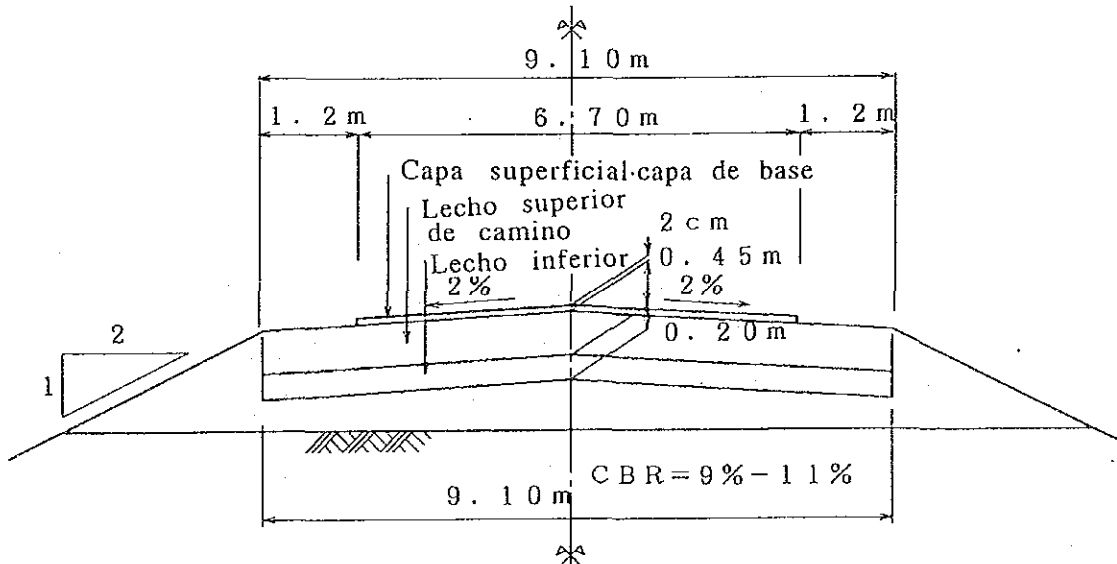


Fig. 3.6 Sección Transversal del Camino de Acceso

- La sección transversal del camino de acceso será igual que el diseñado en el proyecto de mantenimiento realizado por el Servicio Nacional de Caminos.
- La pendiente vertical del camino de acceso se obtiene de manera que la altura de diseño del puente se nivele con la altura de diseño de la carretera en mantenimiento.
- La composición del pavimento será igual al de la Figura 3.7 del diseño de mantenimiento de caminos del Servicio Nacional de Caminos.
- En el empotramiento del estribo se construirá la capa de rodamiento para prevenir diferencias de altura por asentamiento del suelo y para mantener una buena condición de rodamiento.

c) Plan del camino de acceso

- El camino de acceso estará alineado con la línea central del camino existente.
- La longitud y la pendiente vertical del camino de acceso se obtienen de manera que la altura del puente de diseño se nivele con la altura de la carretera en mantenimiento.

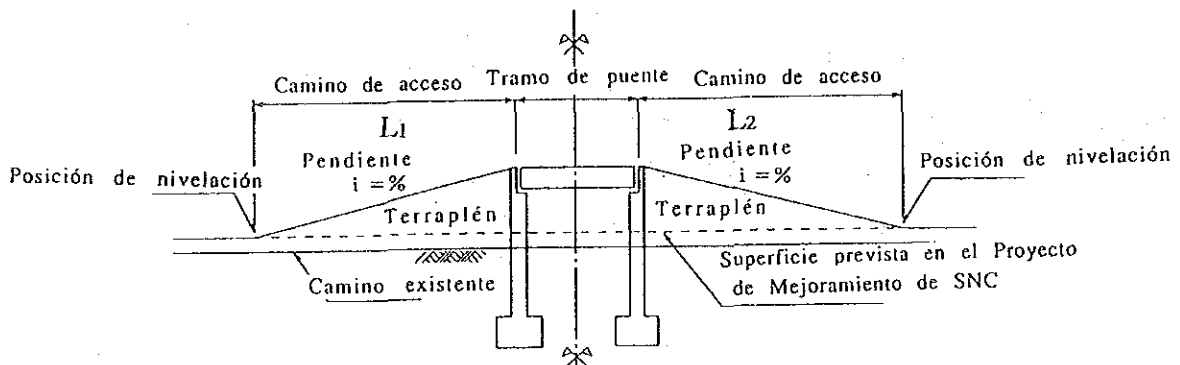


Fig. 3.7 Nivelación del Camino de Acceso

Tabla 3.17 Longitud de Diseño del Camino de Acceso

| Nombre del Puente |               | Longitud de Diseño del Camino de Acceso |        |        |
|-------------------|---------------|---|--------|--------|
|                   |               | L1                                      | L2     | Total  |
| 1) Las Chacras    | Longitud (m)  | 154.87                                  | 152.44 | 307.31 |
|                   | Pendiente (%) | 2.5                                     | 2.5    |        |
| 2) Las Maras      | Longitud (m)  | 87.05                                   | 107.07 | 194.12 |
|                   | Pendiente (%) | 1.4                                     | 1.4    |        |
| 3) El Toro        | Longitud (m)  | 99.45                                   | 81.49  | 180.94 |
|                   | Pendiente (%) | 0.6                                     | 0.6    |        |
| 4) El Empalme     | Longitud (m)  | 149.51                                  | 163.69 | 313.20 |
|                   | Pendiente (%) | 2.5                                     | 2.5    |        |
| 5) Chaco          | Longitud (m)  | 119.45                                  | 120.03 | 239.48 |
|                   | Pendiente (%) | 1.5                                     | 1.5    |        |
| 6) Rancho Chico   | Longitud (m)  | 127.99                                  | 131.86 | 259.85 |
|                   | Pendiente (%) | 2.5                                     | 1.5    |        |
| 7) Pailon         | Longitud (m)  | 109.15                                  | 97.95  | 207.10 |
|                   | Pendiente (%) | 2.5                                     | 1.8    |        |

d) Alcance de los Trabajos

El plazo de construcción corresponde al plazo de las obras de mantenimiento de caminos del Servicio Nacional de Caminos. Por lo tanto, el terraplén y la pavimentación de caminos de acceso indicados en la Fig. 3.8 se realizarán dentro de este Proyecto.

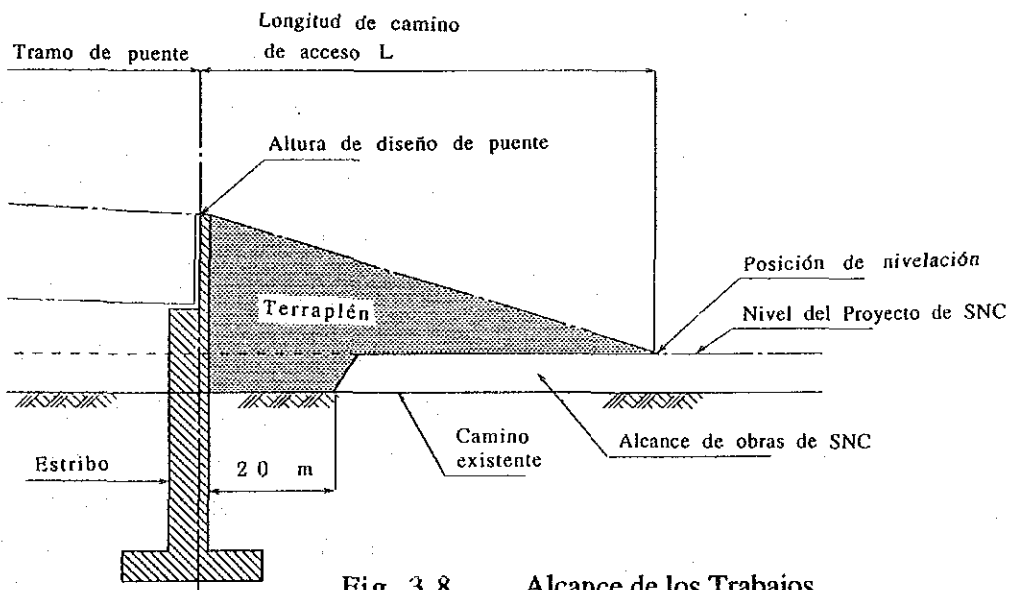


Fig. 3.8 Alcance de los Trabajos