6-4-5 Estudio Estructural de Puentes

(1) Condiciones Actuales de las Estructuras Existentes

Con la finalidad de comprender las condiciones actuales de las estructuras existentes en el área de estudio, se llevó a cabo una investigación de campo. Como resultado de esta investigación, se clarificó que principalmente existen puentes de madera y alcantarillas, exceptuando el puente de armadura de metal en Ao Tebicuary-mí, el cual se deberá reemplazar por un puente nuevo como parte de la reconstrucción de la carretera. Las estructuras existentes a lo largo de la carretera objeto, así como sus longitudes actuales, que fueron obtenidas de la investigación de campo, se muestran en la Tabla 6.4.15.

Tabla 6.4.15 Longitud de las Estructuras Existentes en la Carretera Objeto

Sección	Tramo	De	- Hacia	Longitud de las Estructuras Existentes (m)										Total (m)
1. Paraguarí - Villarrica	Tramo 1	Paraguarí	- Sapucai	4,00	4,00	4,00	6,70	2,00	2,00	2,00	2,00			26,70
	Tramo 2	Sapucai	- Caballero	2,00	2,00	2,00	24,30							30,30
	Tramo 3	Caballero	- Ybytymí	18,40	12,30									30,70
	Tramo 4	Ybytymí	- Punto Unido	4,00	13,80	0,70	9,50	8,50	4,96	15,00	13,70	5,35	0,57	76,08
	Tramo 5	Punto Unido	- Tebicuary	6,30	4,85	2,20	5,00							18,35
	Tramo 6	Tebicuary	- Martínez	213,30	21,90	27,55	33,95							296,70
	Tramo 7	Martínez	- Cardozo											0,00
	Tramo 8	Cardozo	- Villarrica	4,00										4,00
2. Empalme - Punto Unido	Tramo 1	Empalme	- No. 162+00											0,00
	Tramo 2	No. 162+00	- No. 178+00	12,50										12,50
	Tramo 3	No. 178+00	- Punto Unido											0,00
3. La Colmena - Tebicuary	Tramo 1	La Colmena	- No. 253+50	6,00	13,00	1,50	2,00	2,00	2,00	3,00	11,70	17,40		58,60
	Tramo 2	No. 253+50	- No. 273+00	10,50	6,30	11,00								27,80
	Tramo 3	No. 273+00	- Tebicuary	49,50	1,50	11,00	2,00	2,00						66,00

(2) Clasificación de Puentes en la Carretera Objeto

Los tipos de puente se clasificarán de acuerdo a la Tabla 6.4.16, exceptuando los puentes ubicados en el Río Tebicuary-mí y en Ao Tebicuary-mí, los cuales serán estudiados con más detalle en el inciso (4) de esta sección.

Tabla 6.4.16 Clasificación de Puentes en la Carretera Objeto

Longitud del Puente L (m)	Tipo de Puente
15 metros < L ≦ 30 metros	Puente de concreto preforzado
5 metros ≦ L ≦ 15 metros	Puente de concreto reforzado

(3) Longitud Estructural requerida para los Puentesen la Carretera Objeto

Con el fin de decidir el tipo de puente a ser utilizado, las longitudes requeridas para los

puentes, las cuales se muestran en la Tabla 6.4.17, se determinan considerando los resultados del estudio topográfico y los análisis hidrográficos.

Tabla 6.4.17 Longitud Requerida para los Puentes de la Carretera Objeto

Sección	Alternativa	De - Hacia	Tramo	Longitud Requerida para el Puente (m)							Total (m)
1. Paraguarí - Villarrica		Paraguarí - Sapucái	Tramo 1	10,00							10,00
		Sapucai - Caballero	Tramo 2	25,00							25,00
		Caballero - Ybytymí	Tramo 3	20,00	15,00						35,00
	Alternativa-1	Ybytymí - Punto Unido	Tramo 4	30,00	10,00	10,00	5,00	15,00	15,00	10,00	95,00
	Alternativa-2	Ybytymí - Punto Unido		15,00							15,00
		Punto Unido - Tebicuary	Tramo 5	10,00	5,00	5,00					20,00
	Alternativa-1	Tebicuary - Martínez	Tramo 6	215,00	30,00	30,00	30,00				305,00
	Alternativa-2	Tebicuary - Martínez		215,00	30,00	30,00	30,00				305,00
		Martínez - Cardozo	Tramo 7								0,00
	Alternativa-1	Cardozo - Villarrica	Tramo 8								0,00
	Alternativa-2	Cardozo - Villarrica									0,00
2. La Colmena - Tebicuary	Alternativa-1	La Colmena - No. 253+50	Tramo 1	30,00	15,00	15,00	20,00				80,00
		No. 253+50 - No. 273+00	Tramo 2	15,00	10,00	15,00					40,00
		No. 273+00 - Tebicuary	Tramo 3	50,00	15,00						65,00
3. Empalme - Punto Unido	Alternativa-2	Empalme - No. 162+00	Tramo 1								0,00
		No. 162+00 - No. 178+00	Tramo 2	15,00							15,00
		No. 178+00 - Punto Unido	Tramo 3								0,00
4. La Colmena - H.Vera - Pto. Unido	Alternativa-3	La Colmena - Héctor Vera		15,00							15,00
		Héctor Vera - Punto Unido									0,00

Por lo tanto, el número de puentes en la ruta óptima seleccionada de la Sección 6-4-4, exceptuando los del Río Tebicuary-mí y Ao Tebicuary-mí, se muestra en la Tabla 6.4.18.

Tabla 6.4.18 Número de Puentes en la Ruta Optima Seleccionada

(Paraguarí - Villarrica)

De	- Hacia	Tramo	Concreto Reforzado			Concreto Presforzado		
			5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
Paraguarí	- Sapucai	Tramo 1	0	1	0	0	0	0
Sapucai	- Caballero	Tramo 2	0	0	0	0	1	0
Caballero	- Ybytymí	Tramo 3	0	0	1	1	0	0
Ybytymí	- Punto Unido	Tramo 4	1	3	2	0	0	1
Punto Unido	- Tebicuary	Tramo 5	2	1	0	0	0	0
Tebicuary	- Cnel. Martínez	Tramo 6	0	0	0	0	0	3
Cnel. Martínez	- Cardozo	Tramo 7	0	0	0	0	0	0
Cardozo	- Villarrica	Tramo 8	0	0	0	0	0	0
Total			3	5	3	1	1	4

(La Colmena - Tebicuary)

De	- Hacia	Tramo	Concreto Reforzado			Concreto Presforzado		
			5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
La Colmena	- No. 253+50	Tramo 1	0	0	2	1	0	1
No. 253+50	- No. 273+00	Tramo 2	0	1	2	0	0	0
No. 273+00	- Tebicuary	Tramo 3	0	0	1	0	0	0
Total			0	1	5	1	0	1

(4) Estudio Alternativo del Puente Tebicuary-mí y Estudio Detallado del Puente Bailey

1) Estudio alternativo del Puente Tebicuary-mí

Debido a la ausencia de navegación en el Río Tebicuary-mí, el nivel de formación del puente se determinó como resultado del análisis hidrográfico. La altura libre entre la estructura del puente y el nivel de agua del río se determinó en un metro, en base al Diseño del Nivel Máximo de Agua. De acuerdo al estudio topográfico, el ancho del río es de aproximadamente 65 metros en la ruta óptima seleccionada; sin embargo se recomienda extender la longitud del puente a más de 215 metros considerando el caudal de inundación que resultó de los análisis hidrográficos, los cuales se basan en los datos actuales de la vía férrea existente, la cual pasa a lo largo de la ruta óptima seleccionada.

Como la ruta óptima seleccionada pasa a través del bosque extendiéndose aproximadamente 70 metros en la margen derecha del río, se recomienda extender la longitud del puente en la margen izquierda del mismo, donde se extiende una llanura hacia Coronel Martínez, con el propósito de darle fluidez al caudal de inundación. Esto se debe a que el bosque existente en la margen derecha también se encuentra ubicado dentro del área de inundación, obstruyendo el flujo libre de agua, razón por la que se considera que no es efectivo extender la longitud del puente en la misma.

También se recomienda evitar la construcción de los pilares del puente en el río, debido a que el tiempo de construcción es largo e incluye trabajos de estancamiento de agua, así como también debido a la carencia de datos hidrográficos para el área, por lo que se desconocen los registros de precipitación pluvial durante las estaciones lluviosa y seca que se dan durante el año.

a) Propuesta de tipos alternativos de puentes

Desde el punto de vista de la longitud requerida para el puente, se proponen cuatro (4) tipos de puentes, tal y como se muestra en la Tabla 6.4.19. El nivel de formación de cada tipo de puente está determinado por aspectos que van desde la altura de la viga hasta la influencia del movimiento de tierras.

Las condiciones de la selección de los tipos de puentes para la comparación de las características estructurales de cada uno de los mismos se presentan a continuación:

① Primera Propuesta: Armadura de metal y cinco (5) tramos de viga compuesta continua de CP (85 m+5@26 m)

Para el puente de armadura de metal no se deberá construir pilares dentro del río. En

la planicie de inundación, se deberá adoptar el puente de viga compuesta continua de PC, ya que es conveniente para llevar a cabo una construcción rápida y fácil.

② Segunda Propuesta: Dos (2) tramos de viga T de caja rígida de CP y cinco (5) tramos de viga compuesta continua de CP (2@42,5 m+5@26 m)

El tipo de puente en la planicie de inundación deberá ser el mismo que se propuso en la primera propuesta, es decir, un puente de cinco (5) tramos de viga compuesta continua de CP. Sin embargo, se deberá construir un pilar en el centro del río para la viga de caja rígida de CP.

③ Tercera Propuesta: Dos (2) tramos de metal con viga de alma llena continua y cinco (5) tramos de viga compuesta continua de CP (2@42,5 m+5@26 m)

El tipo de puente en la planicie de inundación deberá ser el mismo que se propuso en la primera propuesta, es decir, un puente de cinco (5) tramos de viga compuesta continua de CP. Sin embargo, se deberá construir un pilar en el centro del río para los dos (2) tramos de metal con viga de alma llena continua.

④ Cuarta Propuesta: Tres (3) tramos de viga de caja continua de CP (60 m + 96 m + 60 m)

Se deberá construir un pilar dentro del río y la longitud de cada tramo del puente se deberá ajustar a 60 m + 96 m + 60 m, respectivamente.

⑤ Quinta Propuesta: Cuatro (4) tramos de viga de caja continua de CP (4@54 m)

Se deberá construir un pilar dentro del río tal como en la cuarta propuesta, y la longitud de cada tramo del puente se deberá ajustar uniformemente a 4 tramos @54 m.

⑥ Sexta Propuesta: Siete (7) tramos de viga compuesta continua de CP (7@31 m)

Se deberá construir dos pilares dentro del río y el tipo de superestructura deberá ser un puente de siete (7) tramos de viga compuesta continua de CP, el cual es conveniente por su rápida y fácil construcción.

Tabla 6.4.19 Propuesta de Tipos Alternativos de Puentes

Propuesta	Tipo de Superestructura	Método de Construcción	División en Tramos (m)	Longitud Total (m)	Altura de la Viga (m)
Primera	Armadura de metal +	Erección con grúa	85	215	1,55
	5 tramos de viga compuesta continua de CP	Entibado fijo	5 @ 26		
Segunda	2 tramos de viga T de caja rígida de CP	Montaje en voladizo	2 @ 42,5	215	3,4
	5 tramos de viga compuesta continua de CP	Entibado fijo	5 @ 26		
Tercera	2 tramos de metal con viga de alma llena continua	Entibado fijo	2 @ 42,5	215	2,3
	5 tramos de viga compuesta continua de CP		5 @ 26		
Cuarta	3 tramos de viga de caja continua de CP	Montaje en voladizo	3 @ 72	216	4,1
Quinta	4 tramos de viga de caja continua de CP	Erección de empuje	4 @ 54	216	3,4
Sexta	7 tramos de viga compuesta continua de CP	Entibado fijo	7 @ 31	217	1,85

Nota : CP = concreto pretensado

Con relación a las primera, segunda y tercera propuestas, en donde se construirá un puente en la margen izquierda de la planicie de inundación, se comparan tres tipos de puente que son el de losa hueca de CP, el de viga T continua de CP y el de viga compuesta continua de CP. Dicha comparación se muestra en la Tabla 6.4.20.

Tabla 6.4.20 Comparación de los Tipos de Puente en la Planicie de Inundación

Item	Unidad	Cuantificación		
		Losa Hueca de CP	Viga T Continua de CP	Viga Compuesta Continua de CP
Concreto	m^3	1.423,3	742,6	430,0
Concreto para losa	m^3	-	234,2	349,0
Formaleta	m^2	3.134,0	1.092,0	2.496,0
Varillas de acero	t	156,7	148,5	156,0
Cable de acero para CP	t	42,7	40,8	24,0
Formaleta para losa hueca	m	3.120,0	-	-
Erección	t	-	1.856,5	1.310,5
Entibado	m^3	8.450,0	-	-
Nivel del costo económico		1,84	1,09	1,00

Nota : CP = concreto presforzado

De acuerdo a la evaluación económica mostrada en la Tabla 6.4.20, se determinó claramente que el puente de viga compuesta continua de CP es el tipo de puente más económico, y por consiguiente, deberá seleccionarse para el puente sobre el Río Tebicuary-mí en la planicie de inundación.

b) Comparación de los tipos alternativos de puentes

La estimación preliminar de los tipos alternativos de puentes se realizó como se muestra

en la Tabla 6.4.21.

Tabla 6.4.21 Estimación Preliminar de los Tipos Alternativos de Puentes

Propuesta	Tipo de Superestructura	Método de Construcción	Costo ($)	Costo Total ($)
Primera	Armadura de metal +	Erección con grúa	2,546,386	3,385,435
	5 tramos de viga compuesta continua de CP	Entibado fijo	839,049	
Segunda	2 tramos de viga T de caja rígida de CP	Montaje en voladizo	3,108,542	3,947,591
	5 tramos de viga compuesta continua de CP	Entibado fijo	839,049	
Tercera	2 tramos de metal con viga de alma llena continua	Entibado fijo	2,829,202	3,668,251
	5 tramos de viga compuesta continua de CP		839,049	
Cuarta	3 tramos de viga de caja continua de CP	Montaje en voladizo	5,619,822	5,619,822
Quinta	4 tramos de viga de caja continua de CP	Erección de empuje	4,942,735	4,942,735
Sexta	7 tramos de viga compuesta continua de CP	Entibado fijo	3,708,851	3,708,851

De acuerdo a la estimación preliminar de los tipos alternativos de puentes, está claro que la primera propuesta presenta el tipo de puente más económico.

Como se mencionó en el inciso (4) 1), se recomienda evitar la construcción de los pilares del puente en el río y la primera propuesta presenta el único método que permite construir los pilares en la tierra adyacente. Por lo tanto, se adopta esta propuesta y no es necesario considerar trabajos de estancamiento de agua, los cuales están influenciados por el clima y por la estación lluviosa, y más aun cuando no hay disponibilidad de datos hidrográficos para esta área. El período total de construcción del puente será de aproximadamente 25 meses, siendo el período de construcción más corto entre los tipos alternativos de puentes propuestos.

En cuanto a la altura de la viga, la primera propuesta resulta en la altura más baja, que es de 1,55 m, presentando influencias en el movimiento de tierras. Comparando la altura de la viga de la primera propuesta con la de la cuarta propuesta, que propone utilizar el método del montaje en voladizo con una viga de caja continua y cuya altura es de 4,1 m, la primera propuesta es aproximadamente tres veces menor que la cuarta. En lo que respecta al movimiento de tierras, la primera propuesta es aproximadamente dos veces menor que la cuarta.

La primera propuesta requiere pintura de mantenimiento cada 10 años y se pudo confirmar que el MOPC no se opone de ninguna manera al uso de un puente de metal y

acepta pintarlo cada 10 años. La comparación de las características estructurales de los tipos alternativos de puentes se muestra en la Tabla 6.4.22.

c) Conclusión

De acuerdo a la estimación preliminar y a la comparación de los tipos alternativos de puentes, se confirmó que la primera propuesta, la cual consiste de un puente de armadura de metal de 85 m de largo que pasa sobre el río y de un puente de viga compuesta continua de concreto pretensado (CP) ubicado en la margen izquierda del río, es la propuesta más apropiada y recomendable en cuanto a economía, método de construcción y otros factores mencionados en la Tabla 6.4.22. Asimismo, quedó claro que el MOPC no se opone de ninguna manera al uso de un puente de metal y a darle mantenimiento de pintura cada 10 años.

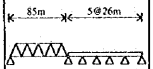
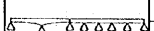
2) Estudio detallado del Puente Bailey (Puente sobre el Arroyo Tebicuary-mí)

El Puente Bailey está ubicado en Ao. Tebicuary-mí, en la Ruta Alternativa-1, que corresponde a la ruta óptima seleccionada que va de La Colmena a Tebicuary. El puente Bailey existente tiene una longitud de 50 m compuesto de tres (3) tramos de armadura metálica. Este puente tiene un ancho de 4,1 m y está construido sobre dos (2) pilares de metal que están dentro del río.

De acuerdo a la comparación de tres tipos de puentes, que son el de losa hueca de CP, el de viga T continua de CP y el de viga compuesta continua de CP, mostradas en la Tabla 6.4.20, se determinó claramente que el puente de viga compuesta continua de CP es el tipo de puente más económico, y por lo tanto, deberá seleccionarse no solamente para el puente sobre el Río Tebicuary-mí en la planicie de inundación, sino que también para el puente Bailey ubicado sobre el Arroyo Tebicuary-mí.

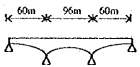
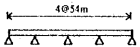
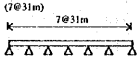
Como parte de la reconstrucción de la carretera, se debe restituir este puente con uno nuevo, por lo que se recomienda la construcción de un puente de concreto presforzado de dos tramos con viga T simple. Asimismo, se construirá un pilar de concreto dentro del río; por lo tanto, se considera que no habrá ningún problema con el caudal del flujo.

Tabla 6.4.22 Comparación de las Características Estructurales del Puente en Tebicuary-mí (I)

Tipo de Puente	Método de Construcción	División por Tramos	Nivel del Costo Económico	Cantidad: Super-estructura	Cantidad: Sub-estructura	Cantidad: Movimiento de Tierras	Posibilidades de Construcción y Período de Completación	Costo de Mantenimiento	Transferencia de Tecnología	Oportunidad de Empleos	Estética	Comodidad al Conducir	Período de Construcción	Evaluación Global
Primera Propuesta Armadura de metal + Viga T simple de concreto presforzado	Traslación de grúa Entibado fijo	Longitud total del puente L=215m (85m+5@26m) 	1,00	armadura de metal metal :480 ton Concreto para losa :319m³ ..... . viga compuesta de PC Concreto: 430 m3 Losa:349 m3 Cable para PC :24t Varilla de acero: 156t Formaleta :2496m2	Concreto :942m³ Pilote en situ (ϕ1.000mm) :1.248m	Suelo seleccionado :6.300m³ Terraplén :43.803 m³	1.Los pilares se pueden construir al mismo tiempo. 2. El período de construcción es más corto que la segunda propuesta. 3.Es posible construir la superestructura sin pilares dentro del río. Es adecuado para este país considerando el período de la estación lluviosa.	1. Básicamente, no es necesario considerar mantenimiento. 2. Se requiere pintura cada 10 años, con un costo de $US 75,000.	1. Existen muy pocos puentes de armadura en este país. Por lo tanto, esto es significativo para la transferencia de tecnología. 2. Este método se podrá usar en otros proyectos.	1. Los trabajos de construcción se deberán realizar en el sitio, excepto los de la superestructura para la armadura. Por lo tanto, existirán muchas oportunidades de empleo en el sitio de la obra.	1. Es notable observar la estructura en la carretera.	1. Es un puente cerrido y la sección longitudinal puede ser muy plana. La cota de elevación de la superficie de rodamiento es aproximadamente 2 m más baja que la de la segunda, cuarta y quinta propuesta.	25 meses (Armadura :15 meses Viga T simple de CP :17 meses Subestructura :5 meses)	◎
			◎			◎	○	○	○	○	○	○	○	
Segunda propuesta viga de caja de PC, marco rígido T, 4tramos+ viga compuesta continua de PC, 5 tramos	Erección en voladizo y entibado fijo	Longitud total del puente L = 215m 2@42,5m + 5@26m 	1,17	viga de caja de marco rígido de PC T Concreto :1020m3 Cable para PC :61t Varilla de acero :172t Formaleta :3264m2	Concreto :1.138m³ Pilote in situ (ϕ1.000mm) :1.426m Embarcadero flotante :260 m² Estancamiento de agua :480 m²	Suelo seleccionado :6.300m³ Terraplén :69.317 m³	1. Deberá haber caminos de acceso a los pilares hasta que se finalice la construcción de la superestructura. 2. La construcción de los pilares dentro del río incrementará el costo de construcción	1. Igual que el inciso 1 de la primera propuesta.	1. Existen muy pocos puentes de armadura en este país. Por lo tanto, esto es significativo para la transferencia de tecnología. 2. Este método se podrá usar en otros proyectos.	1. Los trabajos de construcción de la superestructura y de la subestructura se deberán realizar en el sitio de la obra. Por lo tanto, existirán muchas oportunidades de empleo en el sitio de la obra.	1. La variación de la altura de la viga es impresionante.	1. Debido a la altura de viga, el pendiente longitudional es pronunciado	29 meses ..... . viga de caja de marco rígido T de PC :14 meses viga compuesta de PC : 17 meses Subestructura :12 meses	△
			△	Viga compuesta de PC igual a Primera propuesta		△	△	○	○	○	○	△	△	
Tercera propuesta viga continuo de placa metal, 2 tramos + viga compuesta continua de PC, 5 tramos	Entibado fijo	Longitud total del puente L = 215m 2@42,5m + 5@26m 	1,08	viga de placa metal de 2 tramos viga metal :265t Concreto de losa :357m3 Varilla de acero :82t	Concreto :1.156m³ Pilote in situ (ϕ1.000mm) :1.426m Embarcadero flotante :400 m² Patio de Preparación :400 m² Estancamiento de agua :480 m²	Suelo seleccionado :6.300m³ Terraplén :54.227 m³	1. Es necesario construir la superestructura después de la terminación de obras de pilares y estribos. Por eso, el período de construcción será más largo 2. Igual que el inciso 2 de la segunda propuesta.	1. Igual que el inciso 1 de la primera propuesta.	1. Existen muy pocos puentes de armadura en este país. Por lo tanto, esto es significativo para la transferencia de tecnología. 2. Este método se podrá usar en otros proyectos.	1. Los trabajos de construcción de la superestructura y de la subestructura se deberán realizar en el sitio de la obra. Por lo tanto, existirán muchas oportunidades de empleo en el sitio de la obra.	1. Es tipo común de puente. Por eso la impresión no es tan fuerte.	1. El pendiente longitudional es moderado	29 meses ..... viga de placa continua metal de 2 tramos :14 meses viga compuesta de PC : 17 meses Subestructura :12 meses	△
			○	Viga compuesta de PC igual a Primera propuesta		○	△	○	○	○	△	○	△	

Nota : ◎ - Excelente, ○ - Bueno, △ - Pobre

Tabla 6.4.22 Comparación de las Características Estructurales del Puente en Tebicuary-mf (2)

Tipo de Puente	Método de Construcción	División por Tramos	Nivel del Costo Económico	Cantidad: Super-estructura	Cantidad: Sub-estructura	Cantidad: Movimiento de Tierras	Posibilidades de Construcción y Período de Completación	Costo de Mantenimiento	Transferencia de Tecnología	Oportunidad de Empleos	Estética	Comodidad al Conducir	Período de Construcción	Evaluación Global
Cuarta propuesta Viga de caja continua de PC, 3 tramos	Montaje en veladizo	Longitud total del puente L = 216m (60m+96m+60m)  	1,66	Concreto para PC :2.757m³ Cable para PC :117 ton Varillas de acero :303 ton Formaleta :15.111 m²	Concreto :2.902m³ Pilote in situ (ϕ1.000mm) :5.101m Embarcadero flotante :400 m² Patio de preparación :400 m² Estanca-miento de agua :480 m²	Suelo seleccionado :6.300m³ Terraplén :79.244 m³	1. Deberá haber caminos de acceso a los pilares hasta que se finalice la construcción de la superestructura. 2. Se deberá construir dos pilares al mismo tiempo. 3. El período de construcción será más corto ya que los estribos y la superestructura se construirán al mismo tiempo. 4. Igual que el inciso 2 de la segunda propuesta	1. Igual que el inciso 1 de la primera propuesta.	1. Existen muy pocos puentes de armadura en este país. Por lo tanto, esto es significativo para la transferencia de tecnología. 2. Este método se podrá usar en otros proyectos.	1. Los trabajos de construcción de la superestructura y de la subestructura se deberán realizar en el sitio de la obra. Por lo tanto, existirán muchas oportunidades de empleo en el sitio de la obra.	1. La variación de la altura de la viga es impresio-nante.	1. Es un puente de paso superior; por lo tanto, la pendiente longitudinal será pronunciada.	26 meses (Subestructura : 12 meses)	△
			△			△	△	○	○	○	△	△	○	
Quinta propuesta Viga de caja continua de PC, 4 tramos	Erección de empuje y entibado fijo	Longitud total del puente L=216m (4@54m)  	1,46	Concreto para PC :2.359m³ Cable para PC :78 ton Varillas de acero :368 ton Formaleta :15.111 m²	Concreto :2.475m³ Pilote in situ (ϕ1.000mm) :4.350m Embarcadero flotante :352 m² Patio de preparación :400 m² Estancamiento de agua :480 m²	Suelo seleccionado :6.300m³ Terraplén :69.317 m³	1. Es necesario construir la superestructura después de haber construido los pilares y los estribos. Por lo tanto, el período de construcción será más largo. 2. Igual que el inciso 2 de la segunda propuesta	1. Igual que el inciso 1 de la primera propuesta.	1. Igual que el inciso 1 de la segunda propuesta. 2. Igual que el inciso 2 de la segunda propuesta.	1. Igual que el inciso 1 de la segunda propuesta.	1. Da la impresión de una imagen sutil debido a la forma lineal y sin variación.	1. Igual que el inciso 1 de la segunda propuesta.	28 meses (Subestructura : 9 meses)	△
			△			△	△	○	○	○	△	△	△	
Sexta propuesta Viga de caja continua de PC, 7 tramos	Erección de empuje y entibado fijo	Longitud total del puente L=217m (7@31m)  	1,10	Concreto para PC :971 m³ Concrato para losa :668 m³ Cable para PC :53 ton Varillas de acero :328 ton Formaleta :6.604 m²	Concreto :2.510m³ Pilote in situ (ϕ1.000mm) :1.554m Embarcadero flotante :416 m² Estancamiento de agua :960 m²	Suelo seleccionado :6.300m³ Terraplén :67.972 m³	1. Dos pilares será construido en el río. Por eso el costo de construcción será incrementado. 2. La construcción de dos pilares en el río incrementará el costo de construcción	1. Igual que el inciso 1 de la primera propuesta.	1. Igual que el inciso 1 de la segunda propuesta. 2. Igual que el inciso 2 de la segunda propuesta.	1. Igual que el inciso 2 de la primera propuesta.	1. Es tipo común de puente. Por eso la impresión no es tan fuerte.	1. El pendiente longitudineal es moderado	28 meses (Subestructura :9 meses)	○
			○			△	△	○	○	○	△	○	△	

Nota : ◎ - Excelente, ○ - Bueno, △ - Pobre

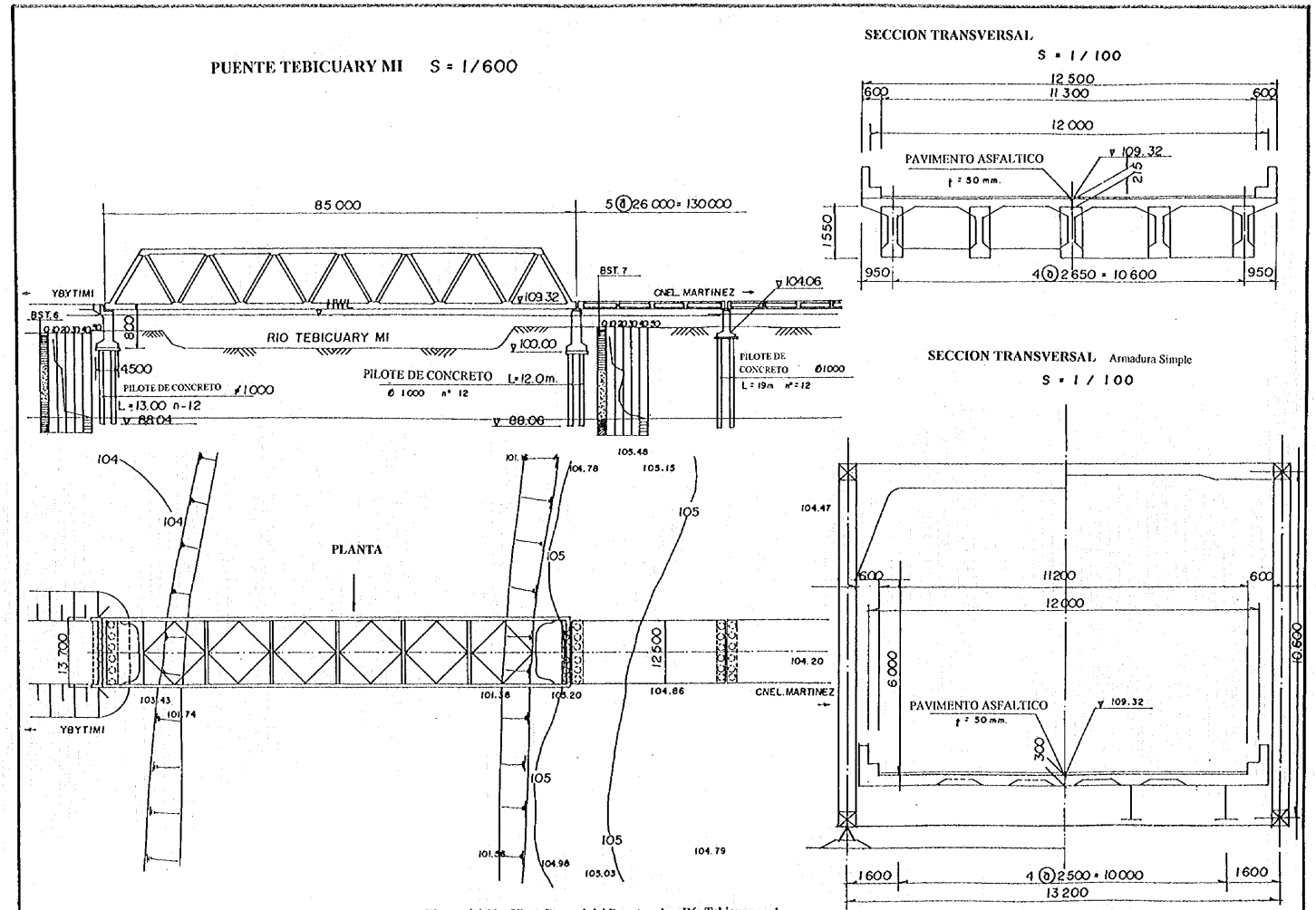
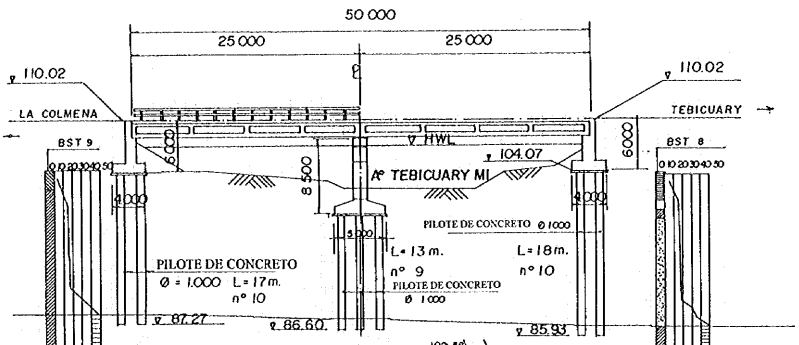
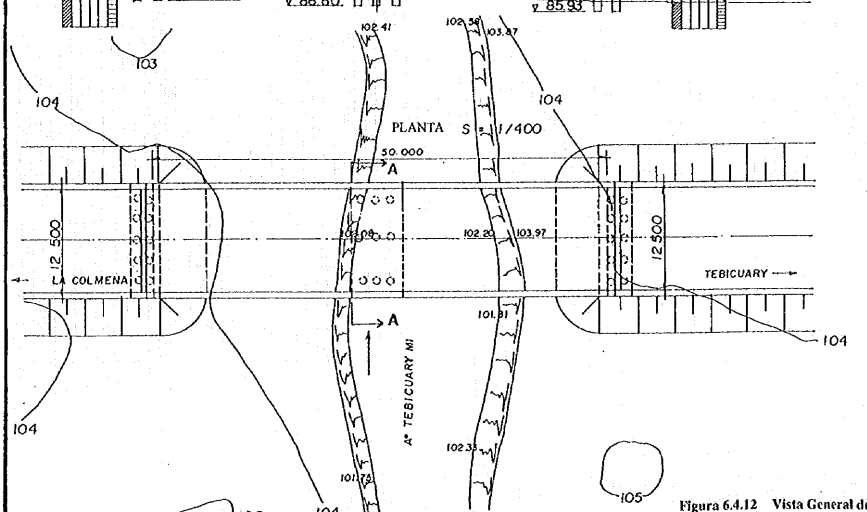


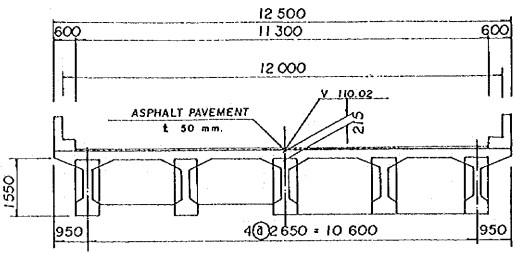
Figura 6.4.11 Vista General del Puente sobre Río Tebicuary-mi

PUENTE BAILEY S= 1/400





SECCION TRANSVERSAL VIGA COMPUESTA S= 1/100



SECCION TRANSVERSAL A•A S = 1/200

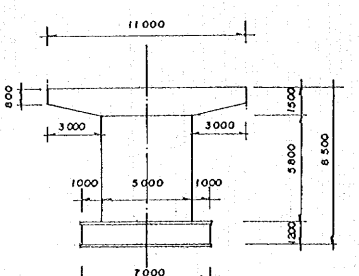
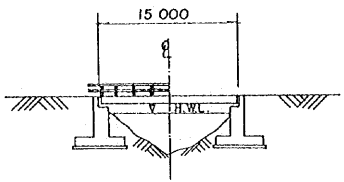
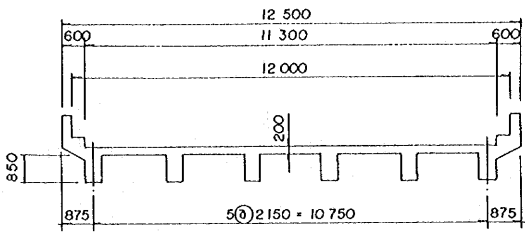


Figura 6.4.12 Vista General del Puente en Ao. Tebicuary-mí (Puente Bailey)

PUENTE DE VIGA SIMPLE DE CR
S = 1/400



SECCION TRANSVERSAL DE PUENTE DE CR S = 1/100



PLANTA S = 1/400

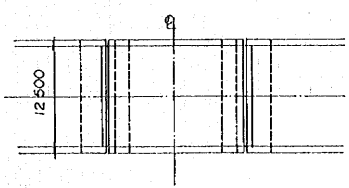
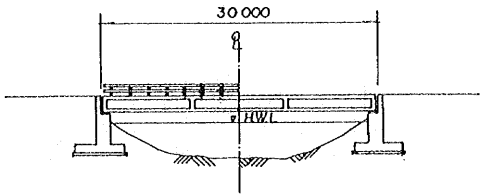
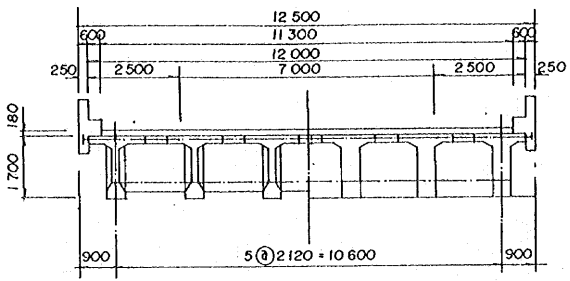


Figura 6.4.13 Plano Típico del Puente de CR

PUENTE DE VIGA SIMPLE DE CP
S = 1/400



SECCION TRANSVERSAL DE VIGA SIMPLE DE CP
S = 1/100



PLANTA S = 1/400

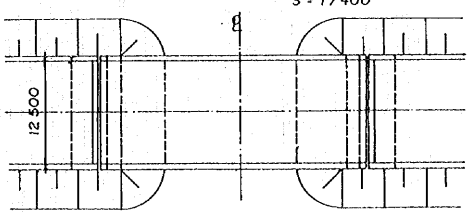


Figura 6.4.14 Plano Típico del Puente de Viga Simple de CP

CAPITULO 7

DISEÑO PRELIMINAR Y PLAN DE CONSTRUCCION

CAPITULO 7 DISEÑO PRELIMINAR Y PLAN DE CONSTRUCCION

7-1 Diseño Preliminar de la Carretera

El diseño preliminar se realizó en base a fotografías aéreas tomadas en 1994 a una escala de 1:20.000 y 1:5.000, las cuales fueron una ampliación de las primeras. Estas fotografías se pusieron en mosaico en base a los datos obtenidos de estudios topográficos, nivelación longitudinal y otros.

En este Estudio el diseño de la carretera comprende un diseño geométrico, el estudio del movimiento de tierras, diseño de estructuras de drenaje menores, a excepción de puentes, y estudios sobre el método de construcción. Durante el transcurso del diseño se utilizaron datos tales como el reconocimiento del lugar, inspección hidráulica, demanda de tráfico y otros datos relacionados con las facilidades existentes.

7-1-1 Diseño Geométrico

Las carreteras objeto de diseño vienen de Paraguarí a Villarrica y sus ramales de La Colmena a Tebicuary. Estas carreteras se dividieron en tres tramos debido a las causas expuestas en la Sección 7-3. Posteriormente, esos tramos se dividieron nuevamente en segmentos considerando sus características topográficas (terreno plano, terreno elevado, terreno bajo inundable), el uso actual de la tierra y los asentamientos humanos existentes, las condiciones reales de las carreteras existentes (ancho, condición de la superficie de las mismas, alineamiento), etc.

Esta división por diseño se muestra en la Tabla 7.1.1 y en la Figura 7.1.1. En la Figura 7.1.1 se ilustra la ubicación de las canteras y las ubicaciones actuales para las plantas de asfalto mencionadas más adelante.

Tabla 7.1.1 División de la Carretera por Segmentos

Segmento	Desde - Hacia	Distancia (km)
Sección 1: Paraguarí - Río Tebicuary-mí (58,5 km)		
1	Paraguarí - Sapucaí	22,5
2	Sapucaí - Caballero	10,5
3	Caballero - Ybytymí	9,0
4	Ybytymí - Punto Unido	10,0
5		6,5
Sección 2: Río Tebicuary-mí - Villarrica (24,5 km)		
6	Río Tebicuary-mí - Martínez	4,5
7	Martínez - Cardozo	8,0
8	Cardozo - Villarrica	12,0
Sección 3: Ramal a La Colmena (38,1 km)		
9	La Colmena - Est. 126+100	25,3
10	Est. 126+100 - Est. 138+100	2,4
11	Est. 138+100 - Tebicuary	10,4

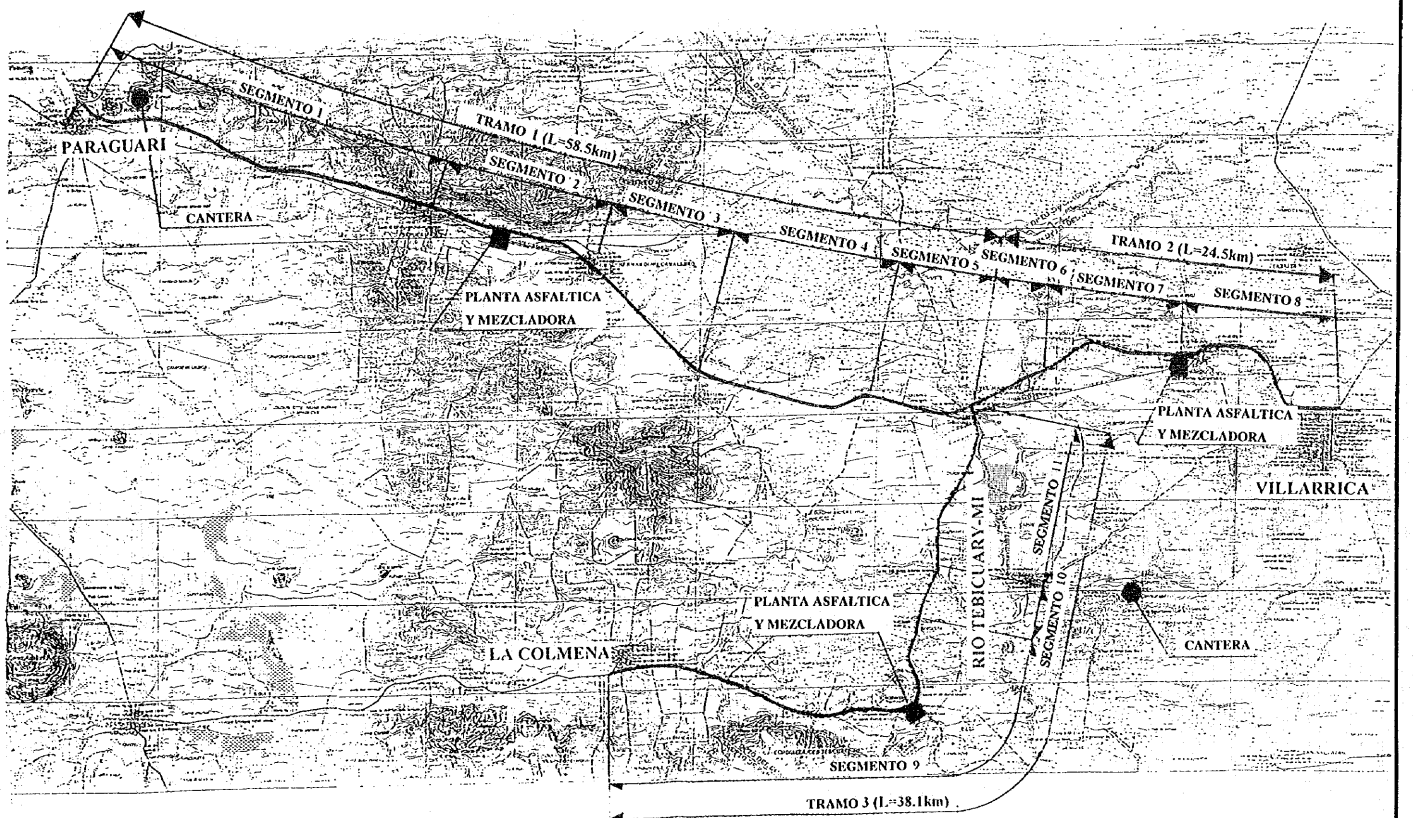


Figura 7.1.1 División de Carreteras en Tramos y Segmentos y Ubicación de Canteras y Plantas

El criterio básico utilizado para el diseño del alineamiento horizontal fue:

- Seguir las normas de diseño acordadas con el MOPC, descritas en la Sección 6-2.
- Explotar el uso de las carreteras existentes con el fin de ahorrar en el costo de adquisición de tierra y disminuir así los problemas ambientales que podrían ocurrir en el futuro.

Asimismo, se utilizaron los siguientes criterios para el diseño del alineamiento vertical:

- Seguir las normas de diseño acordadas con el MOPC, descritas en la Sección 6-2.
- En las áreas bajas planas, mantener la elevación de la formación de la carretera a un nivel mayor que un metro del nivel máximo de agua (N.M.A.) estimado por los análisis hidrológicos.
- Utilizar la carretera existente como subrasante en la mayor medida posible.
- Construir carreteras con subbases y capas superiores de pavimento en todos los segmentos.

En base a los resultados del diseño geométrico de las carreteras utilizando los criterios anteriormente mencionados, se prepararon los respectivos planos, los cuales se incluyen en un volumen separado de este informe. Una explicación general de los resultados por segmento se resume en la Tabla 7.1.2

Tabla 7.1.2 Resultados del Diseño Geométrico por Tramo (1)

Tramo	Alineamiento Horizontal	Alineamiento Vertical	Medidas para el Area Urbana
Sección 1 : Paraguarí - Río Tebicuary-mí			
1	• Se requieren únicamente modificaciones leves del alineamiento existente de la carretera.	• El apisonado existente está en excelentes condiciones. Básicamente, sólo se colocará la capa de pavimento.	Paraguarí: • Se removerán alrededor de 10 viviendas. • Se necesitan dos intersecciones en forma de T. Se puede obtener un ancho suficiente para el derecho de vía al ensanchar la última calle en la dirección norte-oeste. Escobar: • El ancho del derecho de vía en el área urbana es únicamente de 18,5 m.
2	• La mitad de la longitud de este tramo corresponde al nuevo alineamiento, pasando por la zona de colinas con el fin de evitar el paso por las áreas bajas inundadas.	• En el lado este de Sapucaí, 4,5% de la pendiente vertical continúa por 350 m. • Aunque no se necesita un carril adicional, esta sección cuenta con la pendiente más pronunciada dentro del Proyecto. • Se debe chequear la concordancia de altura entre la carretera y el lado de la calle en las áreas urbanas de Sapucaí y Caballero.	Sapucaí: • La carretera pasa por un área de reserva pero no por áreas desarrolladas. • Por lo menos, se pueden obtener 20 m del derecho de vía. Caballero: • Se pueden obtener 25 m del derecho de vía paralelo a la vía férrea, sin deteriorar o alterar la estructura de la calle.
3	• El nuevo alineamiento generalmente coincide con el existente, extendiéndose paralelamente a la vía férrea.	• Las condiciones del drenaje de la carretera existente no son tan buenas, tanto que el nivel de formación de la nueva carretera es 1~1,5 m más alto que el nivel de la carretera existente.	Ybytymí : • Ya que una nueva ruta se adoptó en el tramo 4, la carretera no atravesará el pueblo.
4	• De acuerdo a los resultados del estudio alternativo, se propuso una nueva ruta. • La ruta pasa por una planicie cubierta de hierba, que es parte del área baja inundada. • Sin embargo, la nueva carretera es en su mayoría recta y 8 km más corta que la carretera existente.	• La altura del terraplén se determinó en base a los resultados del análisis hidrológico, siendo 1~1,5 m más alto que el nivel natural del suelo.	
5	• De acuerdo a los resultados del estudio alternativo, a partir del borde oeste del pueblo de Tebicuary, la nueva ruta pasa por la parte norte del pueblo, llegando al Río Tebicuary-mí.	• Alrededor de 700 m al oeste del río, existe un despeñadero natural con una diferencia de elevación de 10 m. • Por consiguiente, se requiere cortar considerablemente y se necesita un terraplén alto en dicho lugar. • Sin embargo, la curva vertical no es tan pronunciada.	Tebicuary : • La carretera entre Paraguarí y Villarrica no pasa por el pueblo, pero la carretera al ramal de la Colmena pasa por el pueblo, atravesando el centro del mismo en una intersección tipo T, y luego uniéndose a la carretera Paraguarí-Villarrica en el borde norte del pueblo. • Sin embargo, no existe problema alguno ya que se ha preparado un ancho suficiente para el derecho de vía.

Tabla 7.1.2 Resultados del Diseño Geométrico por Tramo (2)

Tramo	Alineamiento Horizontal	Alineamiento Vertical	Medidas para el Area Urbana
Sección 2 : Río Tebicuary-mí - Villarrica			
6	• La mitad de la parte oeste de este tramo pasa por las planicies bajas inundadas. Se ha determinado que el alineamiento de la ruta pasará por la llanura utilizando el trayecto más corto desde el sitio seleccionado de construcción del puente, considerando el desvío en el pueblo de Martínez.	• Al igual que el extremo final este del tramo 5, se requiere un terraplén alto (>2,5 m) en la planicie inundada. • Esto es resultado del análisis hidrológico y de los códigos de diseño utilizados. • Por consiguiente, el nivel de formación de la carretera es alrededor de un metro más alto que el punto más elevado de la vía férrea existente.	C. Martínez : • Todas las calles del pueblo son tan angostas que es imposible que la nueva carretera pase a través del pueblo. • El alineamiento de la ruta propuesta pasa por la parte norte del pueblo; sin embargo, esta área es un área altamente cultivada. • La longitud de la carretera en esta área agrícola es de solamente 1,5 km; sin embargo, aquí se adquirirá la mayor parte de tierra utilizada para la carretera en todo el proyecto.
7	• En general, el nuevo alineamiento horizontal en este tramo coincide con el de la carretera existente. • Se requieren leves modificaciones. • Justo antes de entrar al pueblo de Cardozo, la carretera nueva se separa de la ruta de la carretera existente, y se une con otro camino rural que está paralelo a la vía férrea.	• Un trecho limitado de la carretera pasa por el área baja inundada, donde la altura del nivel de formación de la carretera se elevará. • En general, el alineamiento vertical es moderado.	Cardozo : • La carretera nueva se desvía en torno al extremo oeste del pueblo, por lo que el pueblo en sí no se verá muy afectado por el Proyecto.
8	• De acuerdo a los resultados del estudio alternativo, la carretera nueva se extenderá paralela a la vía férrea desde Cardozo hasta la entrada a Villarrica. • Esta ruta pasa por el borde de la zona de colinas, así como por un área altamente cultivada y por áreas no habitadas. • Dos intersecciones con la vía férrea son inevitables. En la parte oeste de Villarrica, la carretera se separa de la vía férrea y se extiende hacia el este a la Carretera No. 8, pasando muy cerca de la ciudad.	• En general, la curva vertical es moderada hasta el extremo oeste de la ciudad. • Justo después de separarse de la vía férrea, la carretera pasa subiendo por una colina, donde la pendiente vertical es del 4,5%, únicamente continuando por un trecho de 200 m.	Villarrica : • La carretera entra en la ciudad desde el oeste, y por medio de un desvío sobre la Carretera Nacional No. 8, pasa por el otro lado de la ciudad. • Es imposible planificar que la nueva carretera pase a través de la ciudad. • La única forma de conectarlas es ensanchando y construyendo parcialmente una nueva calle en el extremo norte de la ciudad.

Tabla 7.1.2 Resultados del Diseño Geométrico por Tramo (3)

Tramo	Alineamiento Horizontal	Alineamiento Vertical	Medidas para el Area Urbana
Sección 3 : La Colmena - Tebicuary			
9	• Aunque se requiere la modificación del alineamiento horizontal en algunos puntos donde la carretera existente está a noventa grados, el alineamiento de la carretera nueva coincide en general, con el de la carretera existente.	• Exceptuando en algunas secciones cortas, el alineamiento vertical es moderado. • Una parte del desvío a La Colmena y una sección corta en las cercanías de Tebicuary-mí cuenta con pendientes verticales del 3,5% y 4,.5%, respectivamente. • Sin embargo, la longitud es tan limitada que no existe problema alguno cuando se conduce.	La Colmena: • Es imposible planificar el paso de la carretera a través del pueblo debido a la insuficiencia en el ancho de la calle y a la dificultad de ensanchar la plaza central, donde se debe hacer un giro de noventa grados. • Se propone una ruta de desvío que pase por la parte sur del pueblo. • Ya que la ruta de desvío cruzará por un valle, la carretera cuenta con una curva vertical pronunciada y con un puente.
10	• Se puede decir que en este tramo no existe diferencia entre el alineamiento de la carretera nueva y el de la carretera existente.	• La carretera pasa a través del área baja inundada del Arroyo Tebicuary-mí. • Debido a que las condiciones del drenaje existente están considerablemente en mal estado, y a que parte de este tramo se ha inundado totalmente en ocasiones pasadas, la altura del nivel de formación de la carretera nueva se elevará cerca de un metro por encima del nivel actual de la carretera existente.	
11	• El nuevo alineamiento horizontal coincide exactamente con el de la carretera existente. Al igual que en la carretera existente, la nueva carretera tiene una intersección en forma de T en el pueblo de Tebicuary. • La carretera del Proyecto cruza hacia la izquierda en este punto, y luego se junta con la carretera Paraguarí - Villarrica.	• Debido a que no existen influencias por inundación en este tramo ya que el nivel del suelo es un poco más alto que el del tramo anterior, el nivel de formación de la carretera nueva es casi paralelo al de la carretera existente. • En el punto de unión con la carretera Paraguarí - Villarrica, este ramal se cortará alrededor de 2 m a partir del nivel existente ya que la carretera antes mencionada desciende en este punto a medida que se aproxima al río.	Tebicuary : • La carretera que viene de La Colmena pasa por un área residencial en el extremo este del pueblo; sin embargo, la carretera existente cuenta con un ancho suficiente del derecho de vía, por lo que se mantendrá una distancia suficiente entre la carretera nueva y el área residencial. • Existe una intersección en forma de T en el extremo sur del ingenio de azúcar, la cual es indispensable ya que muchos camiones cruzan hacia la derecha para entrar al ingenio durante la zafra. En otras palabras, si se construye una ruta de desvío, no se podrá eliminar dicha intersección. • Tomando en cuenta el volumen de tráfico, el alineamiento propuesto deberá ser el mejor.

7-1-2 Movimiento de Tierras

(1) Generalidades

Debido a que las carreteras pasarán en su mayoría por áreas planas, la mayor parte del movimiento de tierras corresponde a la construcción del terraplén, y el volumen de corte es relativamente pequeño. El volumen total de terraplén se dividió en dos dependiendo del material obtenido del suelo; es decir, para la subrasante se utilizará tierra seleccionada para cubrir un metro de espesor a partir de la superficie y se utilizará tierra común para el resto.

En los segmentos 1, 8, 9 y 11, las condiciones actuales de la superficie y del terraplén correspondientes a las carreteras existentes se evaluaron como suficientemente buenas para ser utilizadas en la construcción de la subrasante. En efecto, aun en estos segmentos se requiere la construcción de un terraplén con tierra seleccionada y común para la ampliación de las carretera y, en algunas partes, para mantener la suavidad del alineamiento vertical.

Se estima que el volumen total del movimiento de tierras será de 1.566.000 m³, de los cuales solamente 122.000 m³ corresponden al volumen de corte. Los restantes 1.444.000 m³ corresponden al volumen del terraplén, de los cuales 897.000 m³ se obtendrán de tierra seleccionada y 547.000 m³ de tierra común. Solamente 83.000 m³ del volumen de corte se consideraron como disponibles para ser utilizados como tierra seleccionada para la construcción del terraplén. Estas figuras, por segmento de carretera, se muestran en la Tabla 7.1.3

(2) Préstamo para Material del Terraplén

El volumen en la columna de "préstamo lateral" en la Tabla 7.1.3 significa que dicho volumen se obtendrá de préstamos laterales al costado de la carretera. En otras palabras, este es el volumen de tierra obtenida debido a la excavación del área en la parte derecha del carretera, con un máximo de un metro de profundidad. La tierra obtenida de esta forma se clasificó como tierra común y podría utilizarse para la parte baja del terraplén (no para la subrasante).

A pesar de la descripción de anterior, para el área del costado en el segmento de la carretera No. 6, es decir, el área de inundación del Río Tebicuary-mí donde se necesita considerablemente más volumen de tierra para la construcción del terraplén, se planificó una extensión hacia afuera de la parte derecha, hasta cubrir una distancia de 40 metros a ambos lados del carretera.

Tabla 7.1.3 Volumen del Movimiento de Tierras por Material y Segmento

Tramo de la Carretera	Distancia km	Terraplén (1.000m³)				Corte (1.000m³)				Préstamo Lateral		Préstamo Exterior	
		Seleccionada	Común	Total	m³/m	Seleccionada	Común	Total	m³/m	1.000m³	m³/m	1.000m³	m³/m
Parguarí - Rio Tebicuary-mi													
1	22,5	116	101	218	9,7	0	11	11	0,5	90	4,0	100	4,5
2	10,5	67	77	144	13,7	83	0	83	7,9	78	7,4	0	0,0
3	9,0	107	5	112	12,5	0	0	0	0,0	36	4,0	107	11,9
4	10,0	106	117	223	22,3	0	0	0	0,0	117	11,7	106	10,6
5	6,5	57	61	118	18,2	0	18	18	2,8	42	6,4	57	8,8
Total	58,5	454	362	816	13,9	83	30	112	1,9	362	6,2	371	6,3
Rio Tebicuary-mi - Villarrica													
6	4,5	42	77	119	26,4	0	0	0	0,0	78	17,3	42	9,3
7	8,0	54	12	66	8,2	0	0	0	0,0	32	4,0	54	6,7
8	12,0	98	48	146	12,1	0	6	6	0,5	48	4,0	98	8,1
Total	24,5	193	137	330	13,5	0	6	6	0,3	158	6,4	193	7,9
La Colmena - Tebicuary													
9	25,3	103	23	126	5,0	0	0	0	0,0	101	4,0	103	4,4
10	2,4	59	19	78	32,5	0	0	0	0,0	19	8,0	59	3,1
11	10,4	89	6	95	9,1	0	4	4	0,4	42	4,0	89	14,3
Total	38,1	250	49	299	7,8	0	4	4	0,1	162	4,3	250	5,2
Total General	121,1	897	547	1.444	11,9	83	40	122	1,0	682	5,6	815	1,5

Volumen Total de Trabajo de Tierra = 1.566 × 1.000 m³

La columna "préstamo exterior" en la Tabla 7.1.3 muestra el volumen de tierra que debe clasificarse como tierra seleccionada para la construcción de la subrasante, el cual proviene del banco de préstamo ubicado fuera del área de la parte derecha. Como práctica del proceso de construcción, el contratista deberá ser el responsable de encontrar algunos lugares adecuados para los bancos de préstamo, y así poder obtener la tierra según la calidad especificada. Sin embargo, en este estudio, se investigaron los posibles lugares, tal como se detalla en el Capítulo 6, Sección 6-4-3 (1), y el diseño y planificación del movimiento de tierras se establecieron en base a los datos obtenidos en dicha investigación.

De acuerdo con los datos descritos anteriormente, la distancia promedio para el transporte de tierra seleccionada proveniente de los bancos de préstamo exteriores se calculó por cada segmento. Los resultados se muestran en la Tabla 7.1.4 y en el Anexo E se describen más procesos de cálculo detallados.

Tabla 7.1.4 Distancia Promedio de Transporte
(Tierra seleccionada - préstamo exterior)

Segmento de Carretera	Volumen de Tierra (1.000m³)	Distancia Promedio de Transporte (km)
Paraguarí - Villarrica		
1	116 *	2,1
2	0	0,0
3	107	7,4
4	106	5,9
5	57	2,0
6	42	2,6
7	54	2,2
8	98	5,2
Ramal a La Colmena		
1	103	3,5
2	59	7,5
3	89	3,7

Nota: * = Incluye el volumen de tierra seleccionada a partir del segmento 2.

(3) Desmonte y limpieza del lugar

El volumen de tierra tabulado en la Tabla 7.1.3 se calculó en base al nivel real del suelo. Con el fin de conocer el volumen del terraplén, el volumen de tierra removida por los trabajos del desmonte y limpieza debe sumarse al volumen de la Tabla 7.1.3.

El trabajo de desmonte se clasificó en tres tipos:

- Desmonte (normal) de maleza y hierbas superficiales, de 0,2 m de espesor
- Desmonte como resultado de la tala de árboles (bosque), de 0,3 m de espesor
- Desmonte como resultado de la tala de árboles frondosos (bosque denso), de 0,5 m de espesor

De acuerdo con esta clasificación, se calculó el volumen de tierra removida tal y como se muestra en la Tabla 7.1.5.

Tabla 7.1.5 Cálculo del Volumen de Tierra Removida por Desmonte

Segmento	Altura de Formación (m)	Ancho Mínimo de Desmonte (m)	Espesor de Tierra Removida (m)	Longitud del Desmonte (m)	Volumen Removido (m^3)
Paraguarí - Villarrica					
1	0,7	17,6	0,2	7.000	24.640
			0,3	1.240	6.547
			0,5	0	0
			Total	8.240	31.187
2	1,3	22,4	0,2	8.600	38.528
			0,3	1.300	8.736
			0,5	0	0
			Total	9.900	47.264
3	1,0	20,0	0,2	0	0
			0,3	0	0
			0,5	0	0
			Total	0	0
4	1,3	22,4	0,2	9.700	43.456
			0,3	300	2.016
			0,5	0	0
			Total	10.000	45.472
5	1,5	24,0	0,2	1.600	7.680
			0,3	300	2.160
			0,5	700	8.400
			Total	2.600	18.240
6	1,8	26,4	0,2	4.236	22.366
			0,3	0	0
			0,5	50	660
			Total	4.286	23.026
7	0,8	18,4	0,2	3.000	11.040
			0,3	0	0
			0,5	0	0
			Total	3.000	11.040
8	1,1	20,8	0,2	7.300	30.368
			0,3	550	3.432
			0,5	0	0
			Total	7.850	33.800
Total		172,0		45.876	210.029
Ramal a La Colmena					
1	0,7	17,6	0,2	5.250	18.480
			0,3	900	4.752
			0,5	0	0
			Total	6.150	23.232
2	1,4	23,2	0,2	100	464
			0,3	0	0
			0,5	0	0
			Total	100	464
3	0,7	17,6	0,2	760	2.675
			0,3	660	3.485
			0,5	0	0
			Total	1.420	6.160
Total				7.670	29.856
Total General				53.546	239.885

Nota : La altura de formación es la diferencia del promedio entre la altura real del suelo y el nivel de formación de la carretera.

(4) Desplazamiento del nivel de altura del suelo debido a la consolidación del subsuelo

Existe tierra blanda en ambos lados del río Tebicuary-mí. Debido a que en ese tramo la altura del terraplén se elevará, podría ocurrir un desplazamiento del nivel del terreno causado por la carga del terraplén; por lo tanto, el volumen será aumentado. El cálculo de este volumen es como se indica a continuación:

1) Condición del subsuelo

Registros de perforación de las Estaciones BST6 y BST7 adjuntos en el Anexo D como referencia.

- Suelo : arenoso
- Espesor de la capa de suelo blando : 7 m (N<10)
- Contenido de agua de la tierra blanda : 30,3% (promedio)

2) Relación entre el contenido de agua (W_n) y el coeficiente del volumen de compresión (M_v).

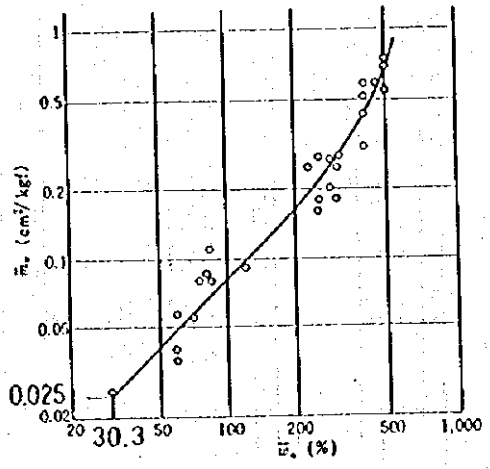


Figura 7.1.2 Relación entre el Contenido de Agua (W_n) y el Coeficiente del Volumen de Compresión (M_v)

3) Fórmula de cálculo

- Incremento del esfuerzo

$\Delta p = h \times \gamma$

donde,

h = altura promedio del terraplén = 3,1 m (para el Segmento 6)

= 5,3 m (para el Segmento 5)

γ = peso unitario de los materiales del terraplén = 1,9 t/m^3

- Desplazamiento

$S = m_v \times \Delta p \times H$

donde,

H = espesor de la capa de suelo blando = 7,0 m

4) Cálculo

$\triangle p = h \times \gamma \quad = 3{,}1 \times 1{,}9 = 0{,}6$ kgf/cm³ (para el Segmento 6)

$= 5{,}3 \times 1{,}9 = 1{,}0$ kgf/cm³ (para el Segmento 5)

$S = M_v \times \triangle p \times H \quad = 0{,}025 \times 0{,}6 \times 700 = \underline{10{,}5\ cm}$ (para el Segmento 6)

$= 0{,}025 \times 1{,}0 \times 700 = \underline{17{,}5\ cm}$ (para el Segmento 5)

5) Volumen de tierra

Suponiendo que el desplazamiento calculado ocurriría en el ancho total del terraplén, el volumen de tierra requerido para compensar dicho desplazamiento se calculó igual que el mostrado en la Tabla 7.1.6.

Tabla 7.1.6 Volumen de Terraplén para Compensar el Desplazamiento del Suelo

Segmento	Altura Promedio del Terraplén (m)	Ancho del Terraplén (m)	Desplazamiento S(m)	Longitud (m)	Volumen (m³)
5	5,3	33,2	0,175	700	4.067
6	3,1	24,4	0,105	2.200	5.636

7-1-3 Facilidades de Drenaje

Tal como se describió anteriormente, las facilidades de drenaje con una longitud mayor de cinco metros se determinaron como puentes y serán detalladas en otra sección, y las facilidades de drenaje menores se describirán en esta sección. Estas se clasificaron en dos tipos: alcantarilla de caja de 3,0 m×3,0 m y caños corrugados con un diámetro de 1,2 m. El número requerido de dichas alcantarillas se detalla en la Tabla 7.1.7.

Tabla 7.1.7 Número de Facilidades de Drenaje por Segmento (excepto puentes)

Segmento	Alcantarilla de Caja 3,0×3,0 m	Caño Corrugado D = 1,2 m	Número Total
Paraguarí - Villarrica			
1	42	0	42
2	0	5	5
3	2	5	7
4	0	0	0
5	2	0	2
6	0	0	0
7	5	0	5
8	4	10	14
Ramal a La Colmena			
1	4	16	20
2	0	0	0
3	4	0	4
Total	63	36	99

7-1-4 Diseño del Pavimento

La estructura del pavimento a utilizarse en este proyecto se analizó y discutió en el Capítulo 6, Sección 6-4-3 (3), y como resultado se determinó que el pavimento flexible con superficie de concreto asfáltico sería el más adecuado.

En la Figura 6.4.9 se ilustra la estructura del pavimento y el espesor requerido de cada capa. En la Figura 6-4-3 (3) se ilustra el espesor requerido para los trabajos de recapado que se llevarán a cabo 10 años después de finalizada la colocación del pavimento original.

7-1-5 Método de Construcción

(1) Desmonte y Limpieza

Este trabajo se clasificó en tres tipos.

1) Normal

Se refiere a las planicies herbosas. El trabajo se efectuará con una motoniveladora y parte del suelo desmontado podría ser reemplazado en el terraplén para fines de revegetación.

2) Bosques

Este trabajo consiste en talar árboles y extraer raíces. Los trabajos se realizarán con una motoniveladora o cargador y un camión volquete.

3) Bosques densos

Este tipo de trabajo se realizará solamente en el área del margen derecho del Río Tebicuary-mí, la cual abarca una extensión cerca de los 700 metros. La superficie del terreno de esta área parece ser suave y existen árboles frondosos, por lo que se requiere el uso de equipo especial como motoniveladoras más anchas.

(2) Movimiento de Tierras en General

El movimiento de tierras en los subtramos donde el alineamiento nuevo de la carretera coincida con las carreteras existentes, no causará el cierre del paso en las mismas. Para tal efecto, se construirán desvíos que recibirán buen mantenimiento durante el período de trabajo.

(3) Terraplén del Area Baja (a ambos lados del Río Tebicuary-mí)

Esta zona se extiende 700 metros al margen derecho del río y 2,2 km del otro lado. Tiene una superficie de capa suave y se planifica la construcción de un terraplén alto, por lo que se requiere mucho cuidado en el trabajo. Se recomiendan las siguientes medidas:

- Construir la primera capa con arena o material arenoso para mantener la transitabilidad de vehículos y un buen drenaje.
- Adoptar un método de construcción lento, que permitirá que la capa suave aumente su resistencia por medio del peso del terraplén (ya que la capa de suelo parece ser arenosa y tener gran permeabilidad, el tiempo necesario hasta la finalización de la consolidación no se considera largo).

(4) Pavimento

La construcción de la estructura del pavimento es el componente más grande en el trabajo de construcción e influenciará mucho en el período de construcción y en la calidad de la carretera construida. Tal como se describe en el Capítulo 6, Sección 6-4-3 (1), solamente dos canteras, la de Paraguarí y la de Itapé, estarán disponibles para este Proyecto.

En este estudio, se recomienda el siguiente método de construcción y, en base al mismo, se podría realizar la estimación del costo que se mostrará más adelante en el Capítulo 8.

i) Se deberá instalar una planta de concreto asfáltico y una planta mezcladora de piedra triturada para cada segmento. (En la Figura 7.1.1 se indica la posible ubicación de dichas plantas).
ii) La planta trituradora deberá ser instalada en la cantera.
iii) La piedra triturada clasificada deberá ser transportada desde la planta trituradora (cantera) hasta la planta mezcladora en cada segmento (del 1 al 3).
iv) Para obtener el material para la base del trayecto, se deberá proceder a la mezcla de la piedra triturada con otro material arenoso y/o fino en el lugar de la planta mezcladora de piedra triturada, con la finalidad de ajustarse a las especificaciones.
v) Todo material para la base, subbase y concreto asfáltico deberá almacenarse en el lugar de la planta mezcladora.
vi) El material para la base, subbase y concreto asfáltico deberá transportarse de la planta mezcladora hasta el lugar de construcción.

La distancia del transporte desde la planta trituradora a la planta mezcladora o planta de concreto asfáltico (punto 3 mencionado anteriormente) se calculó en base a la Figura 7.1.1 y se muestra en la Tabla 7.1.8.

Tabla 7.1.8 Distancia del Transporte desde la Cantera a la Planta Mezcladora

Sección	Distancia (km)	Nombre de la Cantera
1	24,5	C-1 (Paraguarí)
2	27,0	C-3 (Itapé)
3	67,0	C-1 (Paraguarí)

En la Tabla 7.1.9 se muestra la distancia del transporte desde la planta mezcladora al centro del segmento (punto vi) mencionado anteriormente)

Tabla 7.1.9 Distancia entre la Planta Mezcladora y el Centro del Segmento

Sección 1	Segmento	1	2	3	4	5
	Distancia (km)	18,0	1,0	8,3	17,8	26,0
Sección 2	Segmento	6	7	8	--	--
	Distancia (km)	10,0	3,8	6,3	--	--
Sección 3	Segmento	9	10	11	--	--
	Distancia (km)	6,4	7,5	13,9	--	--

7-2 Diseño Preliminar de Puentes

7-2-1 Condiciones de Diseño para Puentes

Además de las condiciones de diseño para puentes descritas en la Sección 6-2, se confirmaron los siguientes aspectos detallados durante una reunión con los expertos del MOPC.

i) No es necesario considerar el coeficiente sísmico para el diseño de puentes en Paraguay.

ii) Aún construyendo algunos pilares en el caudal principal del Río Tebicuary-mí, no es necesario tomar en cuenta la obstrucción del río causado por estos pilares ya que existe una planicie de inundación baja y amplia, adyacente al caudal principal.

iii) Se estableció la resistencia del concreto considerando las condiciones reales y la experiencia pasada de Paraguay, y deberá adoptarse la resistencia del acero en base al estándar ASTM.

Tabla 7.2.1 Resistencia de Materiales

Material		Resistencia		
Hormigón o concreto para	Superestructura (CP)	fc =	350	kgf/cm²
	Superestructura (CR)	fc =	315	kgf/cm²
	Pilar	fc =	270	kgf/cm²
	Cimentación	fc =	210	kgf/cm²
	Concreto Pretensado	fc =	350	kgf/cm²
Varilla para Refuerzo	(Grado 40)	fy =	2.800	kgf/cm²
Acero Pretensado	(Grado 270)	fy =	161	kgf/cm²
Acero Estructural	(M-183)	fu =	4.000	kgf/cm²

Nota: fc: resistencia a la compresión del concreto a los 28 días
fy: resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
fu: resistencia mínima a la tensión

7-2-2 Póliza de Diseño para Puentes

(1) Superestructura

Como resultado del estudio anterior (Sección 6-4-5), se incluye un total de 27 puentes en el proyecto. Estos puentes se resumen en la Tabla 7.2.2 por tamaño y por tipo de estructura.

De aquí en adelante, los puentes se numerarán, No.1 a No. 17 de Paraguarí a Villarrica, excepto el puente sobre el Río Tebicuary-mí, y No. 18 a No. 26 de La Colmena a Tebicuary. Se tiene planificado que el puente No.25 tendrá dos tramos sobre el Arroyo Tebicuary-mí, donde actualmente existe un puente de metal tipo Bailey. Todos los puentes, excepto el No. 25 y el del Río Tebicuary-mí, tendrán un tramo simple.

Tabla 7.2.2 Resumen de Puentes en el Area de Estudio

Longitud del Tramo L (m)		Cantidad	Superestructura
5		3	Viga T de CR
10		6	Viga T de CR
15		8	Viga T de CR
20		2	Viga T de CP
25		1	Viga T de CP
30		5	Viga T de CP
Ao. Tebicuary-mí (Puente Bailey)	L = 2 @ 25 m	1	Viga compuesta de CP (tipo viga de caja continua)
Río Tebicuary-mí	Río L = 85 m	1	Armadura de metal + viga simple de CP
	Planicie Inundada L = 5 @26 m	1	Viga compuesta de CP (tipo viga de caja continua)

Nota : Referencia Tabla 6.4.18

De aquí en adelante, los puentes se numerarán, No.1 a No. 17 de Paraguarí a Villarrica, excepto el puente sobre el Río Tebicuary-mí, y No. 18 a No. 26 de La Colmena a Tebicuary. Se tiene planificado que el puente No.25 tendrá dos tramos sobre el Arroyo Tebicuary-mí, donde actualmente existe un puente de metal tipo Bailey. Todos los puentes, excepto el No. 25 y el del Río Tebicuary-mí, tendrán un tramo simple.

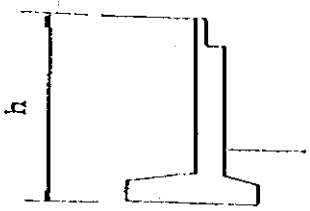
Con relación a los puentes con un tramo de 5 m, se comparó el costo de construcción de los mismos con el de la alcantarilla ubicada debajo de la carretera con una dimensión de (3×2,5 m)×2. En el Anexo F se presentan los detalles. Como resultado, el costo estimado de la construcción de dicha alcantarilla es similar a la del puente de 5 m, y la diferencia entre ambos es tolerable durante esta etapa, razón por la que en este informe se describirán de aquí en adelante como puentes de 5 m.

(2) Subestructura

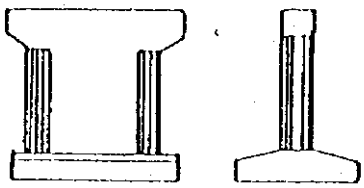
La consideración de las condiciones topográficas y geológicas es la más importante en la planificación de la subestructura de un puente. El tipo de subestructura para los puentes se estableció tal y como se ilustra en la Figura 7.2.1.

i) Se deberá utilizar un estribo en forma de T invertida, comúnmente utilizado para puentes cuyos estribos son de hasta 10 metros de altura.

ii) Para los puentes sobre el Río Tebicuary-mí y sobre el Arroyo Tebicuary-mí (de aquí en adelante denominados puentes Bailey), se requiere la construcción de pilares en el río y/o en la zona de inundación. El pilar en voladizo en forma ovalada (Figura 7.2.1) es comúnmente el más utilizado para estos lugares.



Estribo en forma de T invertida



Pilar en voladizo en forma ovalada

Figura 7.2.1 Tipo de Subestructura

(3) Cimentación

Como resultado del reconocimiento del suelo, se seleccionaron 10 estaciones en los sitios de construcción del puente principal. Los resultados de las pruebas en el lugar efectuadas en este estudio se muestran en la Tabla 6.1.1 y en el Anexo D. De acuerdo con estos datos y con las consideraciones relacionadas con la topografía y puentes existentes, se presume que las capas no profundas de marcación deben estar distribuidas. Tal como se mencionó en el inciso (2), se deberá utilizar una cimentación directa cuando la profundidad desde el nivel de formación hasta la capa sea menor a los 10 metros. Para la cimentación a profundidades mayores a los 10 metros, se utilizarán pilotes de concreto, la cual es la forma más popular y común, tal como se muestra en la Tabla 7.2.3.

7-2-3 Diseños

(1) Puentes Propuestos y Tipos de Cimentación

Los tipos de puentes propuestos se muestran en la Tabla 7.2.3. Con respecto al puente sobre el río Tebicuary-mí, en el capítulo anterior se determinó el tipo de estructura. El MOPC está tratando de estandarizar el tipo de estructuras de puentes sobre carreteras en Paraguay; sin embargo, este hecho está aún en su fase de inicio y no ha dado ningún resultado hasta el momento. En este sentido, parte de la estructura del puente propuesta en este reporte podría cambiarse en la etapa de diseño final con el fin de ajustarse a la nueva norma paraguaya que fuese establecida.

Tabla 7.2.3 Puentes Propuestos y Tipos de Cimentación

(Paraguarí-Villarrica)

Puente	Distancia (km)	Longitud del Puente	Tipo de Puente	Tramo (m)	Tipo de Cimentación	Profundidad del N.F. a la capa	Sitio de Perforación
No.1	14,395	10,00	CR	1×(10)	Directa	7,25	BST1
No.2	31,870	25,00	Viga T de CP	1×(25)	Directa	9,59	BST2
No.3	37,041	20,00	Viga T de CP	1×(20)	Directa	7,78	BST3
No.4	39,239	15,00	CR	1×(15)	Directa		
No.5	47,015	30,00	Viga T de CP	1×(30)	Directa	5.17	BST4
No.6	47,289	10,00	CR	1×(10)	Directa		
No.7	47,682	10,00	CR	1×(10)	Directa		
No.8	49,465	5,00	CR	1×(5)	Directa		
No.9	49,545	15,00	CR	1×(15)	Pilote de C	17,57	BST5
No.10	50,679	15,00	CR	1×(15)	Pilote de C	17,57	BST5
No.11	50,979	10,00	CR	1×(10)	Pilote de C		
No.12	53,456	10,00	CR	1×(10)	Directa		
No.13	53,867	5,00	CR	1×(5)	Directa		
No.14	55,355	5,00	CR	1×(5)	Directa		
Puente Tebicuary -mí	58,549	215,00	Armadura + Viga compuesta de CP	1×(85) + 5×(26)	Pilote de C	18,46 18,44	BST6 BST7
No.15	59,049	30,00	Viga T de CP	1×(30)	Pilote de C		
No.16	59,449	30,00	Viga T de CP	1×(30)	Pilote de C		
No.17	59,849	30,00	Viga T de CP	1×(30)	Pilote de C		

(La Colmena - Tebicuary)

Puente	Distancia (km)	Longitud del Puente	Tipo de Puente	Tramo	Tipo de Cimentación	Profundidad del N.F. a la capa	Sitio de Perforación
No.18	2,105	30,00	Viga T de CP	1×(30)	Directa		
No.19	6,400	15,00	CR	1×(15)	Directa		
No.20	21,193	15,00	CR	1×(15)	Directa		
No.21	22,948	20,00	Viga T de CP	1×(20)	Directa		
No.22	25,756	15,00	CR	1×(15)	Directa		
No.23	26,190	10,00	CR	1×(10)	Directa		
No.24	26,603	15,00	CR	1×(15)	Directa		
No. 25 Puente Bailey	27,536	50,00	Viga compuesta de CP	2×(25)	Pilote de C	21,75 23,05	BST 9 BST 8
No.26	30,691	15,00	CR	1×(15)	Directa		

Nota : Pilote de C, Pilote de Concreto, N.F.: nivel de formación de la carretera
BST : Estación de la perforación efectuada en este estudio, cuyos detalles se describen en el Anexo D.

(2) Ubicación de Puentes Propuestos

La ubicación de los puentes propuestos se ilustra en las Figuras 7.2.2.

(3) Resultados del Diseño Preliminar

Se muestra los resultados del diseño preliminar en Figuras 7.2.3 - 7.2.11.

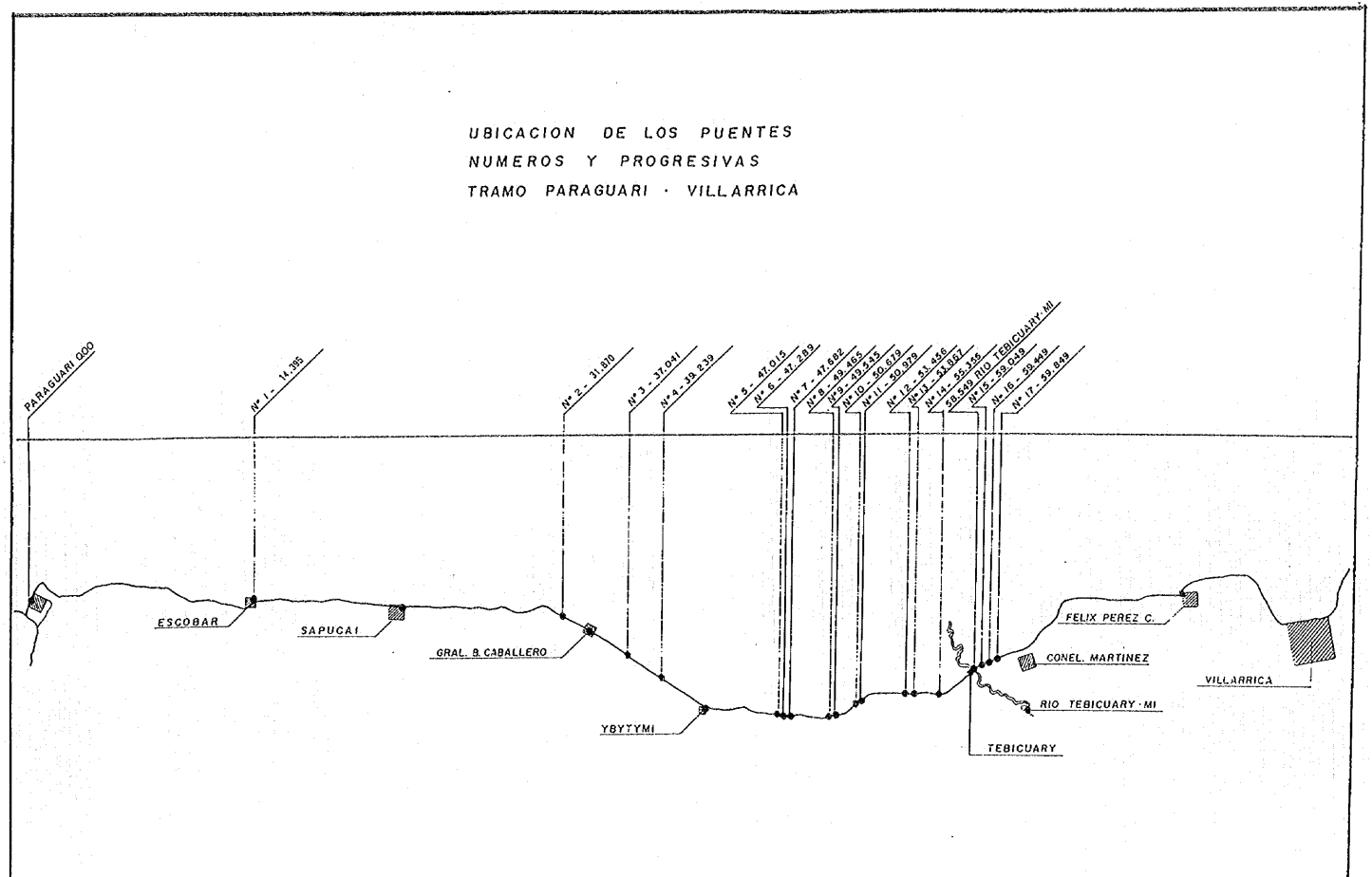


Figura 7.2.2 Ubicación de los Puentes Propuestos (1) (Paraguari - Villarrica)

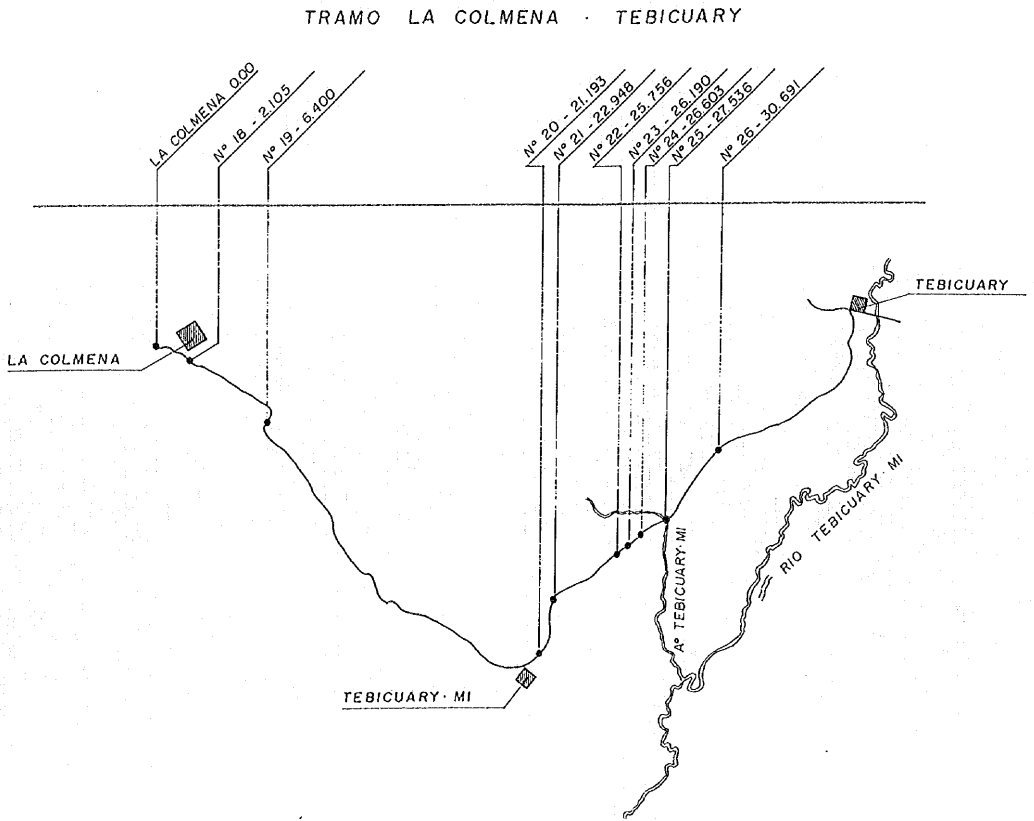
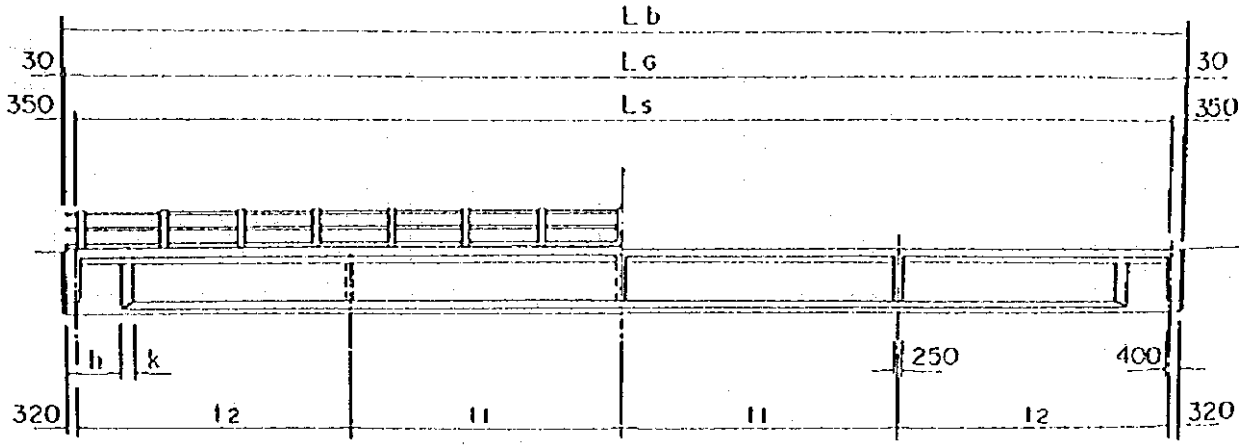


Figura 7.2.2 Ubicación de los Puentes Propuestos (2) (La Colmena - Tebicuary)

① Viga Compuesta de CP



Nombre del Puente	Lb (m)	Ancho			Espaciamiento de Vigas			Losa	Viga		
		B	b1	b2	S0	S1	S2	d	h	bf	n
Bailey	25,00	12,5	11,3	0,35	2,65	0,95	0,95	0,215	1,55	0,65	6
Tebicuary-mf	26,00	12,5	11,3	0,35	2,65	0,95	0,95	0,215	1,55	0,65	6

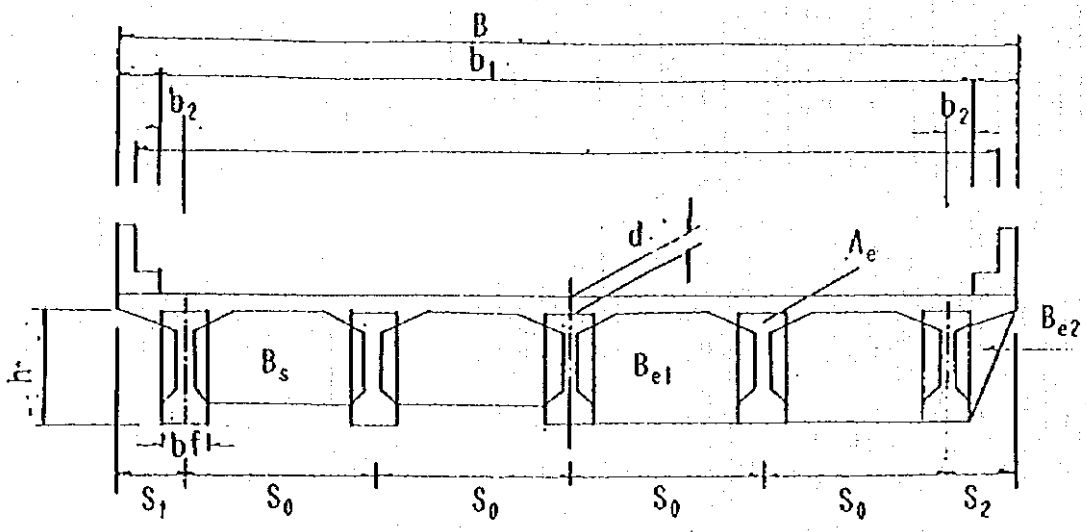
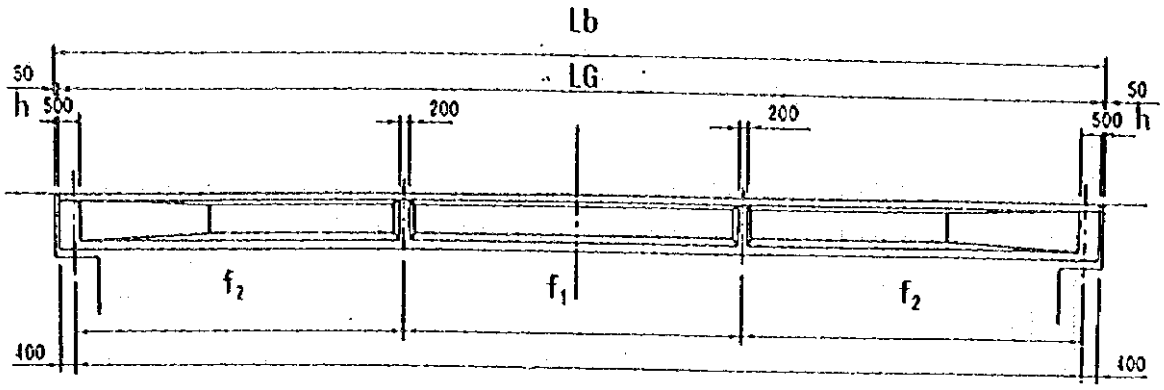


Figura 7.2.3 Viga Compuesta de CP

② Viga T Simple de CP



Lb	Ancho		Espaciamiento de Vigas			Losa	Viga			
(m)	B	b1	S0	S1	S2	d	h	bu	bd	n
20,00	12,5	11,3	2,12	0,9	0,9	0,18	0,49	1,5	0,5	6
25,00	12,5	11,3	2,12	0,9	0,9	0,18	0,79	1,5	0,5	6
30,00	12,5	11,3	2,12	0,9	0,9	0,18	1,09	1,5	0,5	6

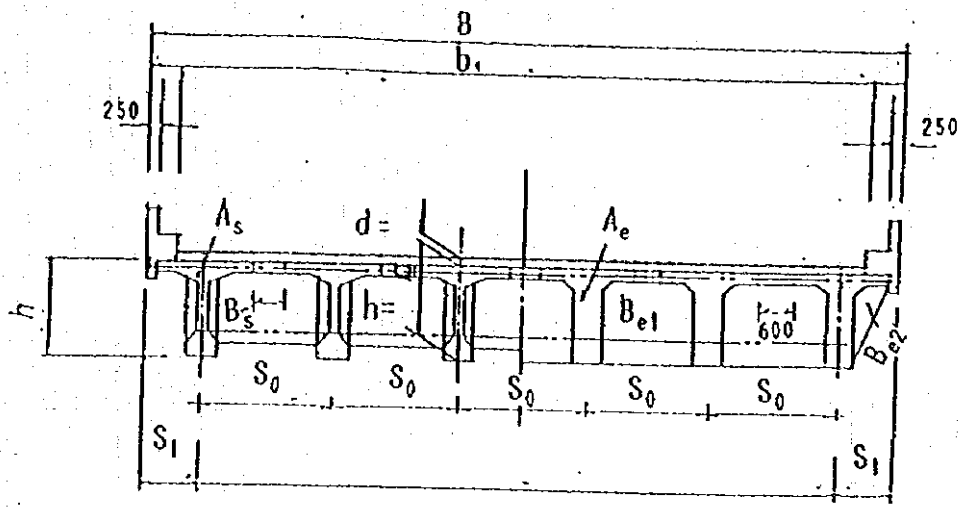
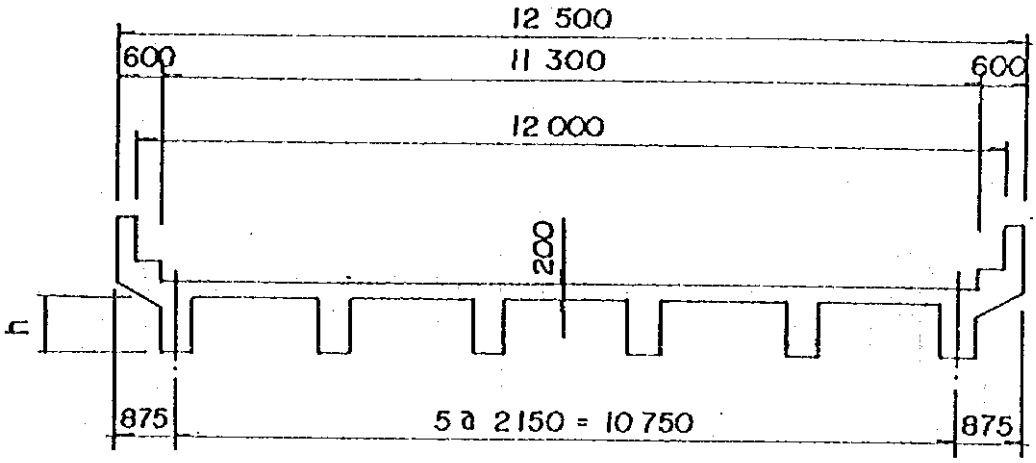


Figura 7.2.4 Viga T Simple de CP

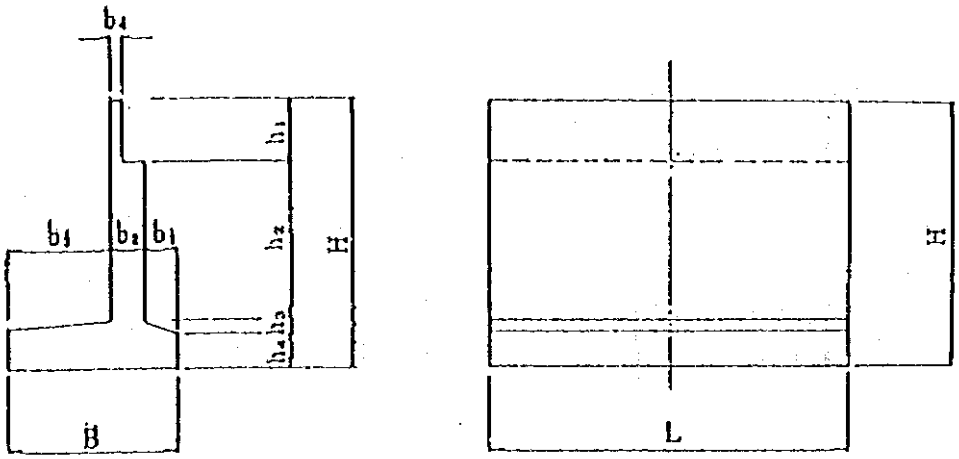
③ Viga T Simple de CR



L (m)	L=5	L=15	L=15
h (m)	0,500	0,600	0,850

Figura 7.2.5 Viga T Simple de CR

④ Estribo

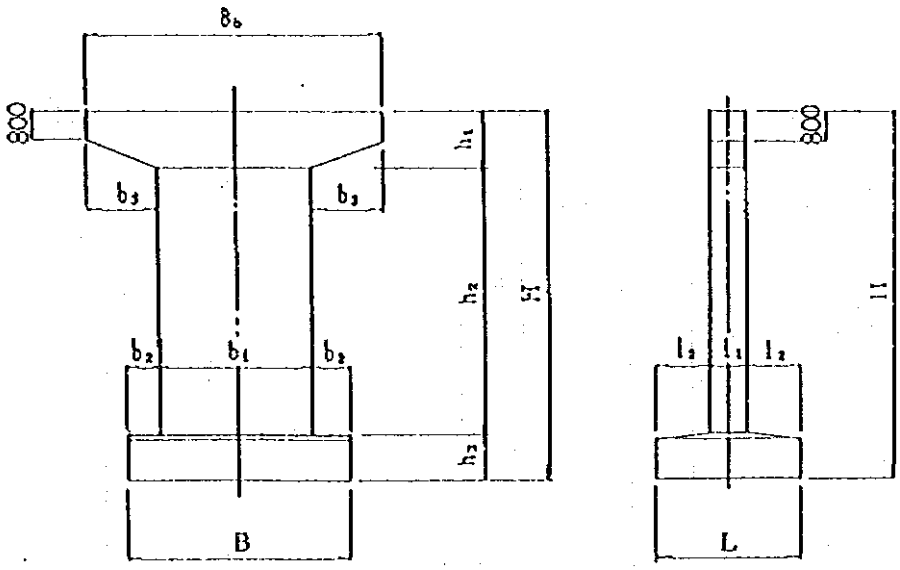


Puente No.	N.S. (m)	N.F. (m)	H	h1	h2	h3	h4	B	b1	b2	b3	b4	L	V (m³)	V×2 (m³)
1	121,791	121,350	7,30	0,80	5,30	0,20	1,00	4,00	1,00	1,00	2,00	0,40	12,50	126,50	253,00
2	138,450	140,830	9,60	1,58	6,82	0,20	1,00	5,00	1,30	1,20	2,50	0,40	12,50	180,45	360,90
3	139,437	140,830	7,80	1,28	5,32	0,20	1,00	4,50	1,20	1,00	2,30	0,40	12,50	136,03	272,05
4	141,510	142,397	7,00	1,05	4,75	0,20	1,00	3,50	0,70	1,00	1,80	0,30	12,50	112,69	225,38
5	142,658	144,830	5,20	1,88	2,12	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	76,05	152,10
6	128,177	129,430	5,00	0,80	3,00	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	83,00	166,00
7	127,032	128,407	5,00	0,80	3,00	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	83,00	166,00
8	119,266	119,626	5,00	0,70	3,10	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	83,88	167,75
9	119,152	120,600	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
10	120,040	120,600	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
11	120,671	121,462	5,00	0,80	3,00	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	83,00	166,00
12	116,480	119,013	7,00	0,80	5,00	0,20	1,00	3,50	0,70	1,00	1,80	0,30	12,50	114,88	229,75
13	117,950	119,219	5,00	0,70	3,10	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	83,88	167,75
14	120,635	122,148	5,00	0,70	3,10	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	83,88	167,75
15	104,612	107,500	5,00	1,88	1,92	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	73,55	147,10
16	104,700	107,500	5,00	1,88	1,92	0,20	1,00	3,00	0,5	1,00	1,50	0,30	12,50	73,55	147,10
17	104,740	107,500	5,00	1,88	1,92	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	73,55	147,10
18	151,077	151,600	5,00	1,88	1,92	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,5	0,30	12,50	73,55	147,10
19	147,721	148,509	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
20	117,740	118,246	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
21	115,924	116,431	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
22	106,547	108,200	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
23	106,738	108,200	5,00	0,80	3,00	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	83,00	166,00
24	106,621	108,200	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
25 A1	109,066	110,020	6,00	1,77	3,04	0,20	1,00	4,00	1,00	1,00	2,00	0,30	12,50	100,81	100,81
25 A2	109,066	110,020	6,00	1,77	3,04	0,20	1,00	4,00	1,00	1,00	2,00	0,30	12,50	100,81	100,81
26	108,789	109,290	5,00	1,05	2,75	0,20	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50	0,30	12,50	80,81	161,63
Tebicuary-mi A1	104,369	107,500	8,00	1,77	5,04	0,20	1,00	4,50	0,70	1,50	2,30	0,40	13,70	183,01	183,01
Tebicuary-mi A2	104,300	107,500	8,00	1,77	5,04	0,20	1,00	4,50	0,70	1,50	2,30	0,40	12,50	166,98	166,98

N.S. = Nivel del suelo
N.F. = Nivel de formación de la carretera

Figura 7.2.6 Dimensión del Estribo

⑤ Pilar



Pilares	B	b1	b2	b3	L	l1	l2	H	h1	h2	h3	Bb
Puente Bailey	7,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,20	1,90	8,50	1,50	5,80	1,20	11,00
Tebicuary-mí, P1	11,70	9,70	1,00	2,00	5,00	1,20	1,90	7,51	1,50	4,81	1,20	13,70
Tebicuary-mí, P2-P5	7,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,20	1,90	4,65	1,50	1,95	1,20	11,00

Figura 7.2.7 Dimensión del Pilar

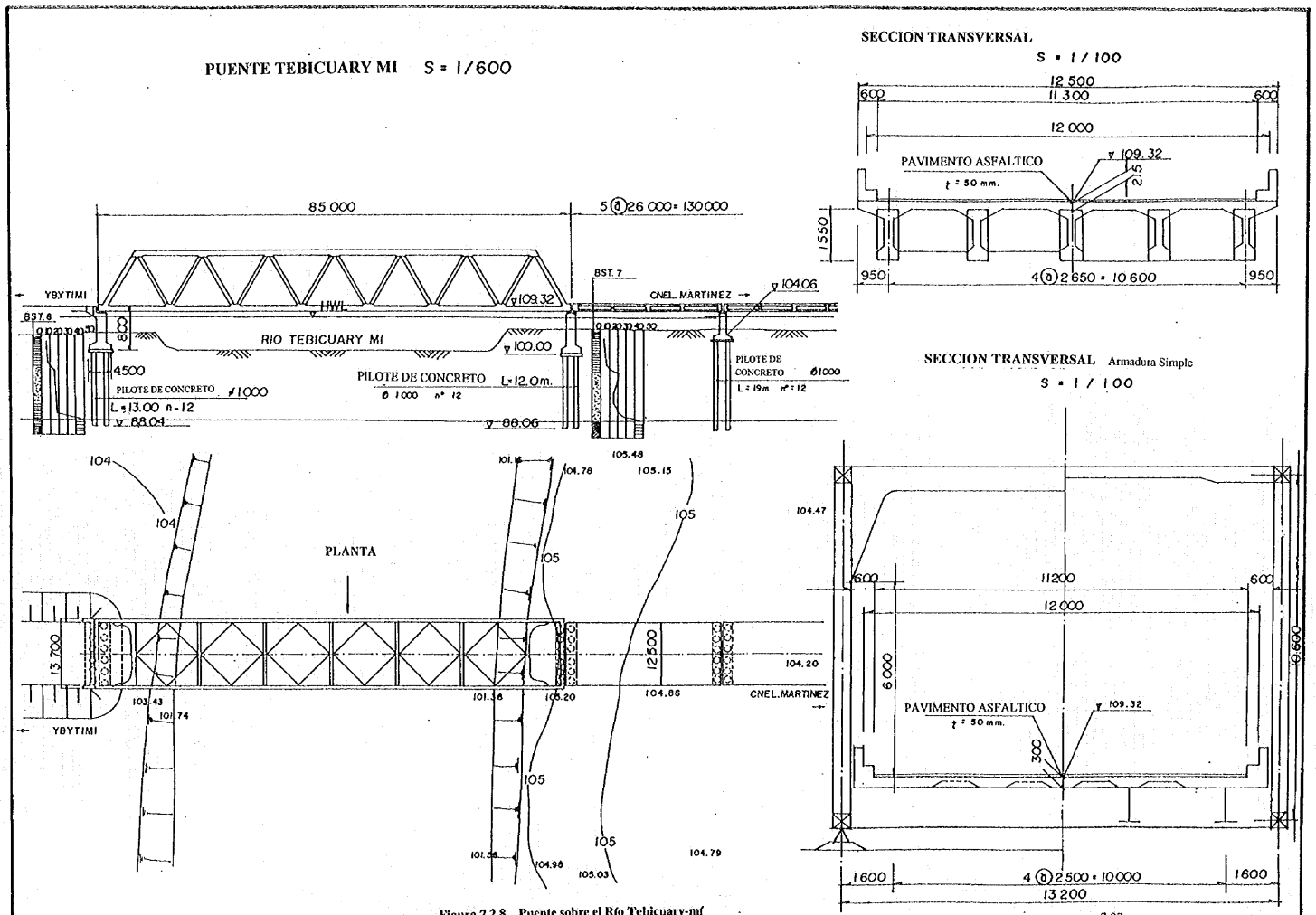
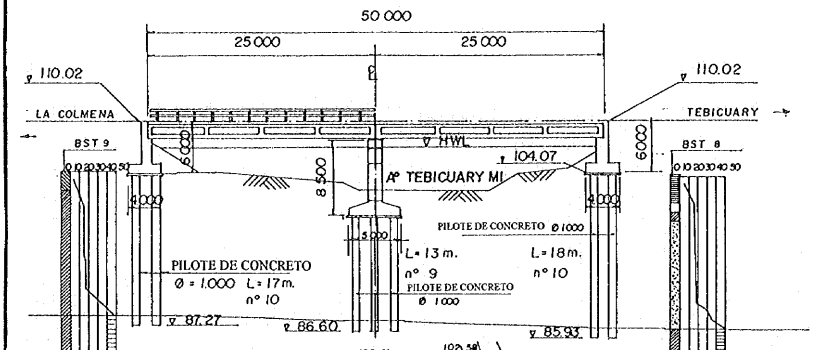
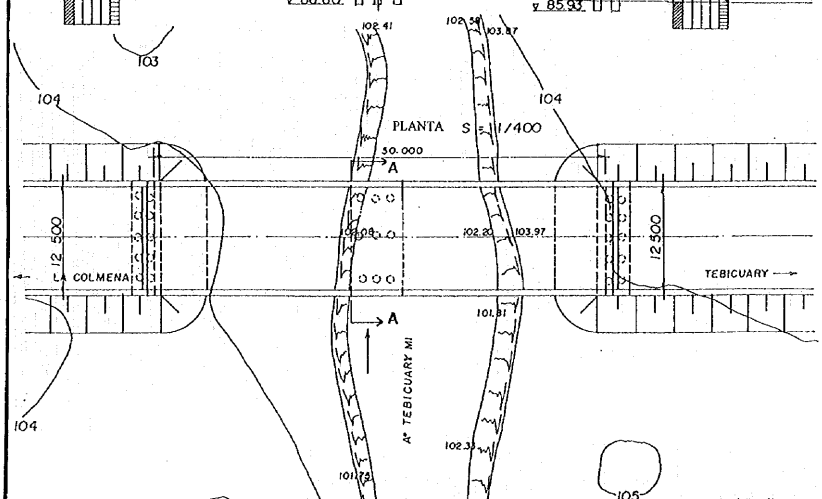


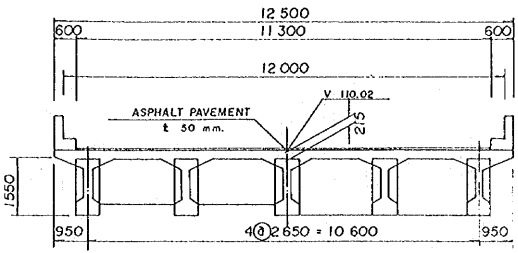
Figura 7.2.8 Puente sobre el Río Tebicuary-mí

PUENTE BAILEY S= 1/400





SECCION TRANSVERSAL VIGA COMPUESTA S= 1/100



SECCION TRANSVERSAL A•A S = 1/200

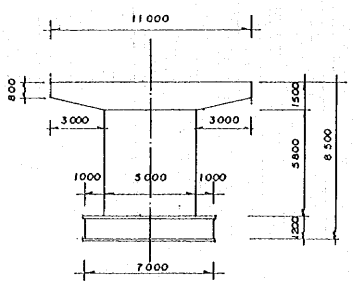
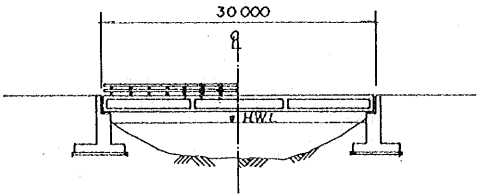


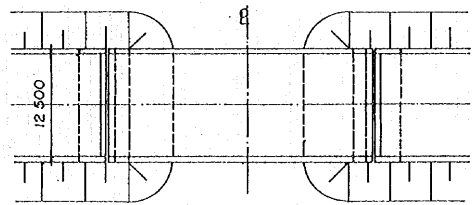
Figura 7.2.9 Puente sobre el Arroyo Tebicuary-mí (No.25, Puente Bailey)

PUENTE DE VIGA SIMPLE DE CP

S = 1/400



PLANTA S = 1/400



SECCION TRANSVERSAL DE VIGA SIMPLE DE CP

S = 1/100

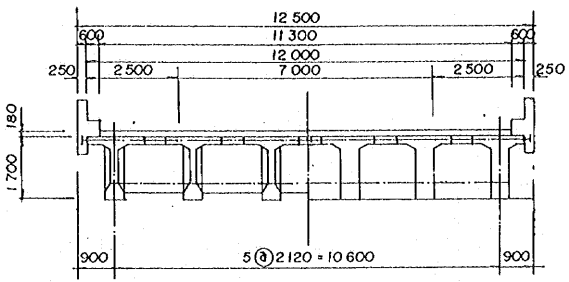
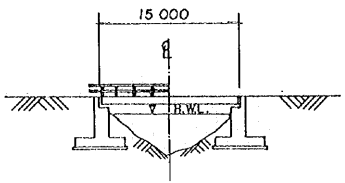
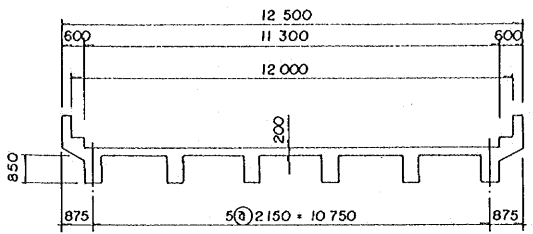


Figura 7.2.10 Puente de Viga T Simple de CP

PUENTE DE VIGA SIMPLE DE CR
S = 1/400



SECCION TRANSVERSAL DE PUENTE DE CR S = 1/100



PLANTA S = 1/400

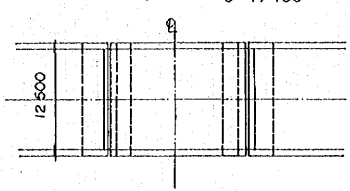


Figura 7.2.11 Puente de CR

7-2-4 Método de Construcción de Puentes

(1) Puente Temporal

El trayecto de la carretera determinado en el Capítulo 6 está básicamente sobre el alineamiento de las carreteras existentes, el cual deberá ser necesariamente transitable durante el período de construcción del proyecto. Para este propósito, será indispensable la preparación de desvíos con un puente temporal para la circulación del tráfico actual, t para poder llevar a cabo así, la construcción de los puentes mencionados en la Tabla 7.2.4.

Tabla 7.2.4 Puentes que requieren un Desvío durante la Construcción

Segmento	Número del Puente
Paraguarí - Villarrica	No.3, No.4, No.12, No.13, No.14
La Colmena - Tebicuary	No.20, No.21, No.22, No.23, No.24, No.25, No.26

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que existe la posibilidad de eliminar la necesidad de construir desvíos y puentes temporales para los puentes Nos. 19, 20, 25 y 26, si se hicieran leves modificaciones en el alineamiento de esos lugares. Es decir, si el nuevo alineamiento estuviera desviado un poco con respecto al de la nueva carretera en el lugar de ubicación del puente, la carretera y el puente existente servirían para que el tráfico transite y, como resultado, se reduciría el costo de construcción debido a la implementación de los desvíos y puentes. Este estudio debe realizarse en base al mapa topográfico detallado preparado en la etapa del diseño final.

(2) Puente sobre el Río Tebicuary-mí

Debido a que la construcción del puente sobre el Río Tebicuary-mí constituye el trabajo de construcción más grande del proyecto y requiere un tiempo considerablemente largo para su finalización, la programación del mismo tiene mucha influencia sobre el proyecto total.

No es práctico iniciar la construcción de este puente después de la finalización del movimiento de tierras de ambos lados del puente. Sería más ventajoso para la construcción del puente si la fabricación de la viga de CP se realizara en el terraplén adyacente al estribo, en un nivel similar al de la superestructura del puente. Sin embargo, el período de construcción total del proyecto sería más largo y no sería práctico. Por lo tanto, la construcción del puente deberá llevarse a cabo en forma independiente, aparte de la construcción de la carretera. Considerando esto, será necesario construir primero el camino de acceso desde la carretera existente hasta el puente. Se considera que la mejor ubicación del camino de acceso es a lo largo del borde este del río y cabe

mencionar que existen bosques al lado izquierdo del río.

Sin embargo, será necesaria la construcción de un puerto provisional sobre el río en el lugar más cercano de la carretera existente para el transporte fluvial de materiales y equipo necesario para los trabajos de construcción en el lado derecho del río, complementando el camino de acceso mencionado. Ya que el período de construcción de este puente se estimó solamente para el estudio comparativo, se estableció un programa más detallado incluyendo el trabajo preparatorio, es decir, incluyendo la construcción del camino de acceso. Este programa se ilustra en la Figura 7.2.12.

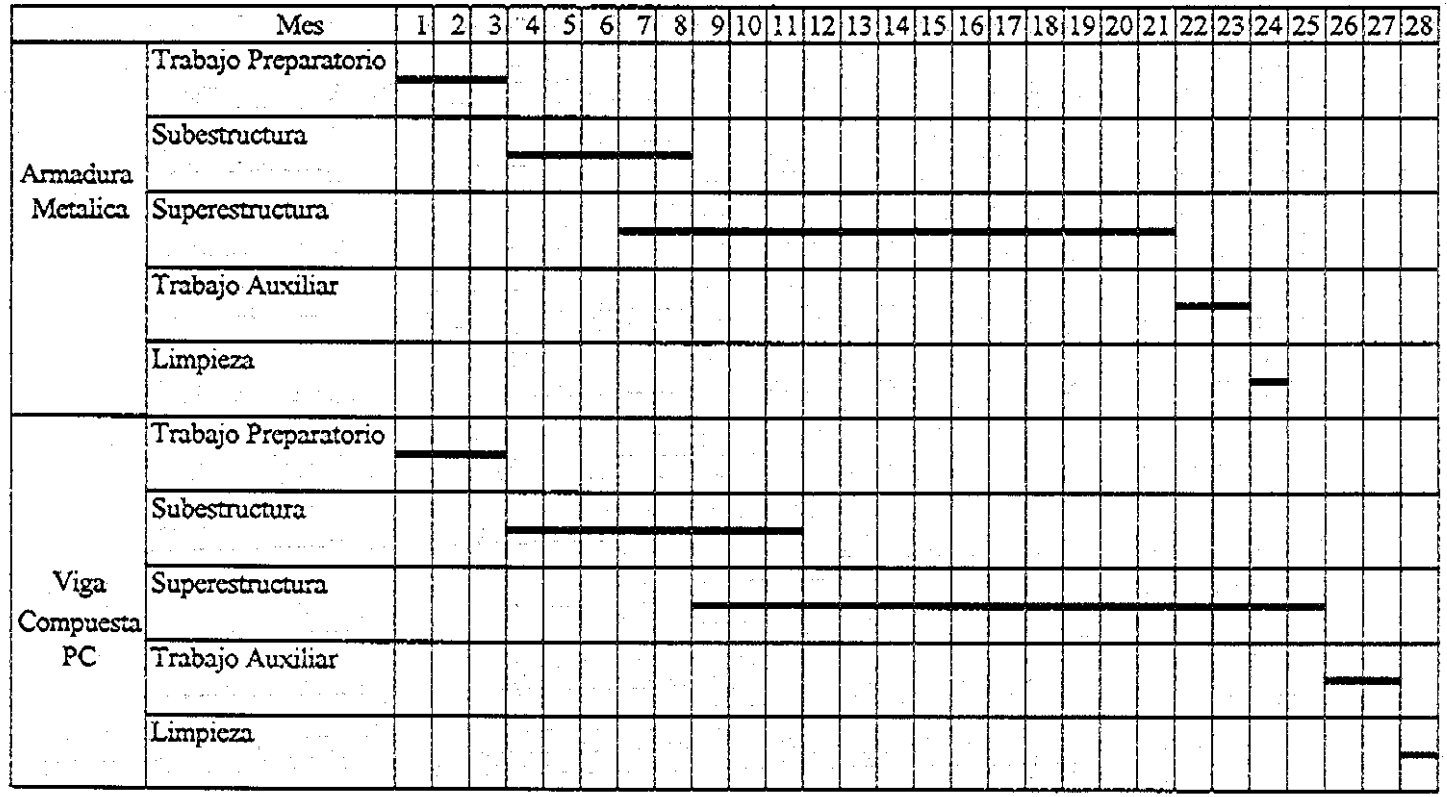


Figura 7.2.12 Programa de Construcción del Puente sobre el Río Tebicuary-mí

7-3 Plan de Construcción

7-3-1 Premisa Básica

(1) Inicio esperado de Construcción

El MOPC espera que la implementación del diseño final y construcción de este proyecto sean financiados por alguna agencia financiera internacional. Si el Ministerio empieza con los requerimientos necesarios justamente después de completado este Estudio de Factibilidad, y en base a experiencias pasadas, se puede esperar que se concluya el financiamiento del proyecto a finales de agosto de 1997. Entonces, y por consiguiente, se deberá dar seguimiento a la selección del contratista, a la ejecución del diseño final y a la licitación para la construcción.

Asumiendo que el período requerido para la selección del contratista, ejecución del diseño final y realización de la licitación para la construcción será de tres (3) meses, 10 meses y cinco (5) meses, respectivamente, el inicio de la construcción será en marzo de 1999.

Por lo tanto, de aquí en adelante se proseguirá el Estudio en base a la suposición arriba mencionada.

(2) Licitación, Contrato y Sistema de Construcción

Analizando las experiencias de varias décadas anteriores en Paraguay, todos los proyectos de construcción de carreteras han sido efectuados bajo contrato(s) con contratista(s) locales o algunos contratistas extranjeros, financiados por recursos extranjeros, tales como el Banco Mundial, el Banco de Desarrollo Interamericano, la OECF del Japón, etc. Por otro lado, en Paraguay, el MOPC tiene a su cargo dos proyectos de construcción de carreteras procediendo con el sistema directo de construcción del Ministerio denominado "por administración". Sin embargo, el MOPC tiene la intención de suspender este sistema debido a su poca eficiencia operacional.

Con esta situación, es natural que la construcción de este Proyecto se lleve a cabo en base al contrato con empresa(s) privadas de construcción y, en este caso, la oferta para seleccionar contratista(s) deberá denominarse oferta internacional, de acuerdo a la principal condición del Préstamo OECF.

Ya que el MOPC, como organismo que implementará el proyecto, tiene mucha experiencia y está bien informado acerca de las ofertas internacionales, se puede

considerar que el proyecto será implementado en base a una oferta internacional y en base al contrato sin ningún problema. Cuando se realice la oferta internacional, se espera que se harán esfuerzos mayores para contar con varios contratistas locales y extranjeros a medida que el proceso sea competitivo.

Incidentalmente, los dos proyectos "por administración" son la construcción de una carretera local en el Departamento de Itapúa y la Ruta Nacional No.5 entre Pozo Colorado y Concepción. Otro proyecto entre San Ignacio y Pilar fue abandonado recientemente.

7-3-2 Plan de Construcción y Programa

(1) División de la Carretera del Proyecto en Subtramos

Asumiendo que la construcción del proyecto deberá llevarse a cabo por contrato, es necesario y significativo evaluar la capacidad de los contratistas que participarán en la oferta.

Los resultados de la investigación relacionada con el rendimiento promedio de construcción de carreteras en Paraguay realizada por el contratista, los cuales se han completado en años recientes y fueron casi similares a este proyecto, se muestran a continuación:

Tabla 7.3.1 Rendimiento Promedio de Trabajos del Contratista

Proyecto	Recurso Financiero	Fecha de Finalización	Distancia (km)	Período de Construcción Contrato (mes)	Período de Construcción Real (mes)	Promedio Real de Producción km/mes
Ñumí - S. J.Nepomuseno	Local	1996	25	24	18	1,39
Sta. Rosa - Yby Yau						
: 1er. sección	BID	1995	32	36	28	1,14
: 2do. sección	BID	1996	30	36	48	0,62
: 3er. sección	BID	1996	35,5	36	48	0,74
Ñumí - Caazapá	Local	1995	30	18	31	0,96
Filadelfia - M.Estigarribia	Fonplata	1993	84	36	48	1,75

En base a esta tabla, podría considerarse que el rendimiento promedio de construcción de carreteras en Paraguay es entre 1,5~ 2,0 km por mes, media vez se lleve un buen control de la misma.

Por otro lado, el período de construcción del puente sobre el Río Tebicuary-mí se estimó en 28 meses (Figura 7.2.12). Tomando en cuenta que sería preferible que los trabajos de construcción total se terminen algunos meses después de la finalización de dicho puente, el período de construcción del proyecto se considera en 30 a 36 meses, es decir,

menos de 3 años.

Combinando este periodo de construcción con los datos de rendimiento promedio descritos anteriormente, se concluye que el proyecto total deberá ser dividido en varios subtramos, y cada subtramo deberá ser menor que 60 km de largo, por lo que se recomienda dividir la carretera objeto en los tres subtramos siguientes, tal como se indica a continuación:

- Subtramo 1: Paraguarí - Rivera derecha del Río Tebicuary-mí : 58,5 km
- Subtramo 2: Rivera derecha del río - Villarrica : 24,5 km
- Subtramo 3: La Colmena - Tebicuary : 38,1 km

La construcción del puente sobre el Río Tebicuary-mí deberá llevarse a cabo independientemente del movimiento de tierras; esto no significa que el trabajo de construcción deberá ejecutarse por un contratista diferente. Por lo tanto, se entiende que el segundo subtramo mencionado incluye la construcción de este puente.

(2) Programa de Construcción

El programa de construcción por subtramos se estimó tal como se indica en Figura 7.3.1.

(3) Otros

Asumiendo que la construcción de los mencionados subtramos fueran implementados por contratistas diferentes, se deberán hacer algunas observaciones:

- La misma cantera para piedra podrá utilizarse para el primer y tercer subtramo.
- En este caso, los vehículos para el transporte de materiales rocosos desde la cantera hacia el lugar del tercer subtramo pasarán constantemente por la carretera existente y por el primer subtramo. Se requeriría un buen manejo y control de la construcción.
- A pesar de la selección de la cantera, probablemente se dejará la selección de la misma enteramente a criterio del contratista, por lo que será recomendable estudiar la posibilidad de utilizar la cantera de Cerro Itapé para el tercer subtramo, buscando la forma más adecuada de transportar el material desde la cantera cruzando el Río Tebicuary-mí.

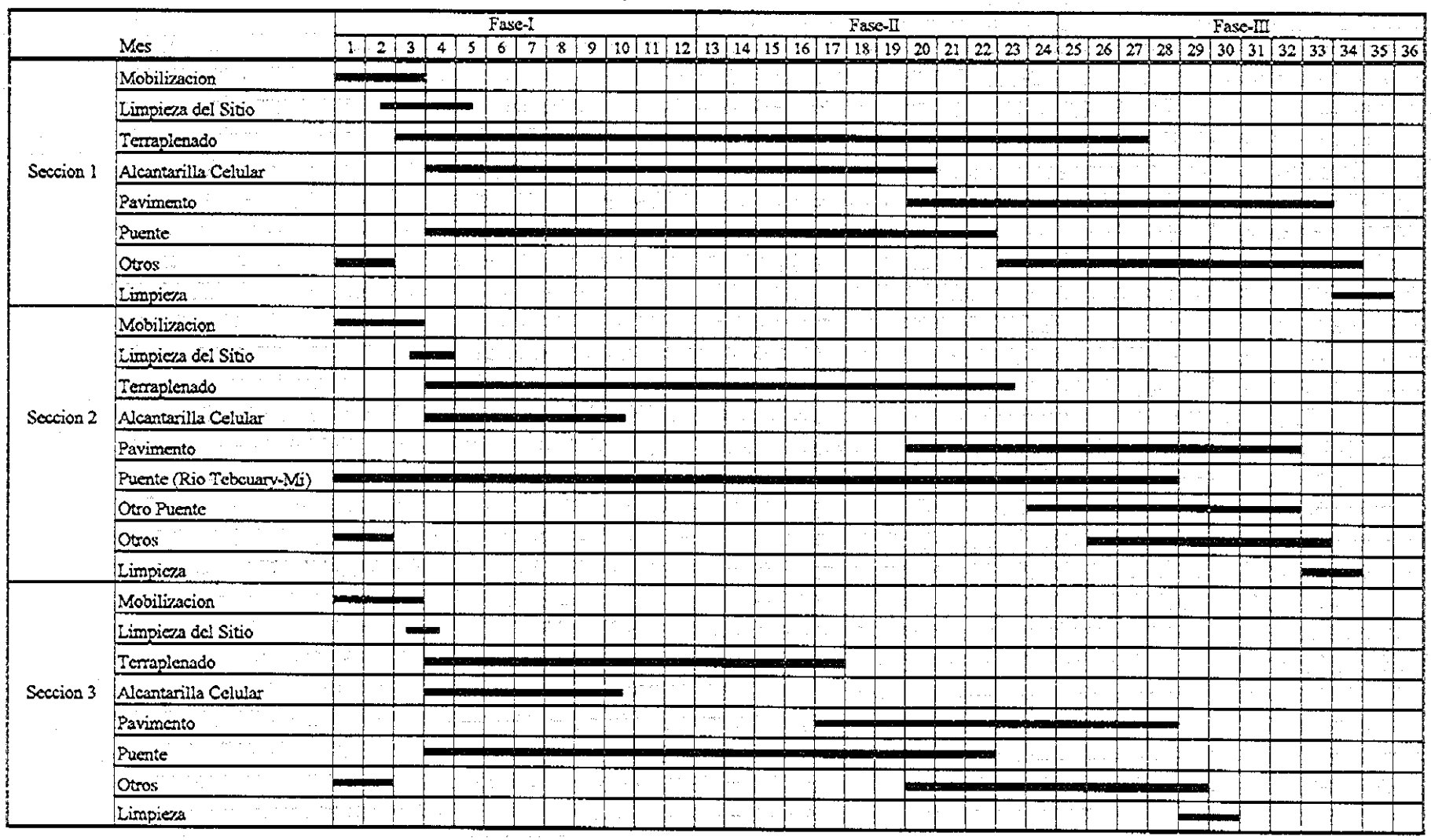


Figura 7.3.1 Cronograma de la Construcción

7-4 Sistema de Mantenimiento de la Carretera

Tal como se describió en el Capítulo 2, Sección 2-1-4 (6), los trabajos de mantenimiento de las carreteras existentes están básicamente a cargo del Departamento de Conservación, bajo la Dirección de Vialidad del MOPC. Las oficinas distritales, controladas por el Departamento de Conservación, están ejecutando trabajos de mantenimiento. Las carreteras de este estudio seguramente se pondrán bajo este sistema después de la finalización de la construcción.

Dos partes de las carreteras del Estudio serán incluidas dentro del territorio de la Oficina del Distrito No.1 de Paraguarí, en un punto intermedio entre Punto Unido y Tebicuary (54,5 km) y desde La Colmena hasta el Arroyo Tebicuary-mí (27,5 km). La longitud restante (39,1 km) será mantenida por la Oficina del Distrito No. 8 en Ñumí. El poder actual y las carreteras a ser administradas por las dos oficinas se muestran en Tablas 7.4.1 y 7.4.2.

Tabla 7.4.1 Designación de Equipo y Personal a las Oficinas Distritales

		Oficina del Distrito No.1 (Itagua)	Oficina del Distrito No.8 (Ñumí)
Equipo	Camión Volquete	35 unidades	20 unidades
	Camión Liviano	6	3
	Motoniveladora	21	14
	Otro tipo de camión	15	13
	Tractor	13	9
	Cargadora Frontal	13	5
	Topadora	7	4
	Trafila (con tractor)	5	2
	Total	125 unidades	70 unidades
Personal	Ingeniero	4 personas	1 persona
	Personal administrativo	56	27
	Mecánicos	35	18
	Operarios y Peones	168	79
	Total	263 personas	125 personas
Extensión total de las carreteras del territorio		3.191 km	1.853 km

En general, se dice que las actividades de las oficinas distritales mejoraron desde 1994 a 1995 cuando el equipo nuevo de construcción adquirido por medio de un crédito del Japón, se distribuyó a las oficinas para reemplazar la maquinaria vieja. Sin embargo, tal como se destacó en el Capítulo 2, Sección 2-1-4 (6), aún existen muchos problemas en el mantenimiento de carreteras. La administración de carreteras ha intentado, estos años, mejorar la eficiencia actual de los trabajos de mantenimiento ejecutados por las oficinas distritales. Esto desemboca en la organización del MOPC y en el sistema de operación de los trabajos de mantenimiento.

Tabla 7.4.2 Inventario de las Carreteras del Territorio

(Unidad : km)

		Oficina del Distrito No. 1 (Itagúa)	Oficina del Distrito No.8 (Ñumí)
Carretera Nacional	Pavimentada	402	63
	Empedrada	0	0
	Enripiada	15	0
	Tierra	323	99
Total		740	162
Carretera Departamental	Pavimentada	307	58
	Empedrada	14	0
	Enripiada	225	2
	Tierra	447	664
Total		993	724
Carretera Local	Pavimentada	0	5
	Empedrada	0	0
	Enripiada	228	0
	Tierra	1.229	963
Total		1.457	968
Total	Pavimentada	709	125
	Empedrada	14	0
	Enripiada	469	2
	Tierra	1.999	1.726
Total General		3.191	1.853

Como resultado, todos los trabajos a cargo de las oficinas distritales se han analizado, estandarizado y categorizado en 7 grupos y 63 actividades. De acuerdo con esta categorización, las actividades de las carreteras pavimentadas con asfalto son limitadas. En otras palabras, parece que la mayoría de los trabajos de las oficinas distritales están actualmente concentrados en las carreteras no pavimentadas.

Los siete grupos y actividades relacionadas con las carreteras pavimentadas son tal como se indican a continuación:

Tabla 7.4.3 Categorización de los Trabajos de las Oficinas Distritales

Grupo	Número de Actividades	Actividades para Carreteras Pavimentadas
1. Mantenimiento rutinario	16	• Reparación del pavimento asfáltico con mezcla asfáltica (Código No. 102 ó 104) • Reparación del pavimento asfáltico de banquinas (Código No. 122 ó 122.1) • Mantenimiento de alcantarillas (Código No. 131 ó 133) • Corte de césped (Código No. 134 ó 135) • Mantenimiento de puentes de hormigón (Código No. 137)
2. Mantenimiento	11	• Limpieza general de la franja de dominio (Código No. 238 ó 239)
3. Actividades por colaboración (Municipalidad, etc.)	6	
4. Trabajos de mejoramiento de carreteras	11	
5. Servicio especial (planta, fabricación de tubos, etc.)	8	
6. Trabajos de construcción de carreteras	1	
7. Administración	10	

Tomando en cuenta que:

i) Las funciones de las oficinas distritales probablemente mejorarán en el futuro gracias al esfuerzo del MOPC.

ii) Cuando los trabajos de mantenimiento de las carreteras se trasladen a las oficinas distritales No.1 y No.8 impliquen solamente el cambio de una superficie de tierra a una superficie pavimentada.

iii) Los trabajos de mantenimiento de las carreteras pavimentadas son más fáciles y menores que los de las carreteras no pavimentadas, especialmente después de la finalización de la pavimentación.

Se cree que los trabajos de mantenimiento de las carreteras no obligarán a las dos oficinas, No.1 y No.8, a tener un exceso de trabajo o más trabajo que el actual. Por lo tanto, se puede considerar que el proyecto será mantenido en buenas condiciones gracias al ministerio correspondiente (MOPC).

Finalmente, los siguientes puntos deben considerarse, aunque no está claro si los mismos están bajo los trabajos de mantenimiento ejecutados por las oficinas distritales o por empresas privadas bajo contrato:

i) Alrededor de 10 años después de la finalización de la construcción, se requerirá el recapado del asfalto.

ii) Casi al mismo tiempo, también será necesario repintar la armadura de metal del puente sobre el Río Tebicuary-mí.

7-5 Resumen de la Cuantificación de Trabajos

En base a los resultados del diseño preliminar, se calculó la cuantificación de trabajos de la obra. Las siguientes tablas muestran el resumen de dicha cuantificación, incluyéndose más detalles en el Anexo E (construcción de carreteras) y en el Anexo F (construcción del puente).

(1) Construcción de la Carretera

La cuantificación del movimiento de tierras, estructuras de drenaje y pavimento se resumen en la Tabla 7.5.1.

Por ser conveniente para la estimación del costo, también se tomaron los volúmenes del movimiento de tierras y el material para el pavimento que será necesario transportar, así como la distancia que dicho transporte requerirá. Asimismo, se incluyó en dicha tabla el volumen de terraplén adicional calculado por la compensación de limpieza del sitio y por el desplazamiento del nivel del suelo.

La cuantificación de otros trabajos, por ejemplo la pintura de líneas de carriles, bordes de protección, cercas, indicadores de kilometraje, siembra de césped, movilización, construcción de oficinas, laboratorio, etc., no se calcularon en este estudio; sin embargo, ya que fue confirmado analizando los casos de otros proyectos en Paraguay, el costo de estos trabajos puede expresarse en porcentajes de los trabajos mayores que se indican en la Tabla 7.5.1. y como se describe en el Capítulo 8.

(2) Construcción de Puentes

La cuantificación del construcción de puentes se resumen en las Tablas 7.5.2 y 7.5.3.

Tabla 7.5.1 Resumen de la Cuantificación de Trabajos Requeridos para la Construcción de Carreteras

Descripcion	Segmento	Und.	Paraguari a Rio Tebicuarymi						Rio Tebicuarymi a Villarrica				Ramal a La Colmena				Total General
			1	2	3	4	5	Total	6	7	8	Total	1	2	3	Total	
Movimiento de Tierra	Limpieza del Sitio(normal)	km	6.50	8.60	0.00	9.70	1.60	26.40	4.24	3.00	7.30	14.54	5.25	0.10	0.76	6.11	47.05
	Limpieza del Sitio(medio)	km	1.04	1.30	0.00	0.30	0.30	2.94	0.00	0.00	0.55	0.55	0.90	0.00	0.66	1.56	5.05
	Limpieza del Sitio(pesado)	km	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.70	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0	0.75
	Suelo Comun	m3	101,355	77,417	5,160	117,040	60,826	361,798	76,904	11,596	48,200	136,700	23,232	19,184	6,160	48,576	547,074
	Suelo Seleccionado	m3	116,071	66,775	107,040	106,403	57,359	453,648	41,736	53,858	97,469	193,063	103,033	58,944	88,526	250,503	897,214
	Volumen de Transporte de Suelo	m3	116,071	0	107,040	106,403	57,359	386,873	41,736	53,858	97,469	193,063	103,033	58,944	88,526	250,503	830,439
	Transporte	km	2.1	0.0	7.4	5.9	2.0		2.6	2.2	5.2		3.5	7.5	3.7		
Drenaje	Alcantarilla Tubular(D1.2)	NUS	0	5	5	0	0	10	0	0	10	10	16	0	0	16	36
	Alcantarilla Celular(3.0x3.0)	NUS	42	0	2	0	2	46	0	5	4	9	4	0	4	8	63
Pavimento	SubBase	m3	48,038.0	22,418.0	19,215.0	21,350.0	13,878.0	124,899	12,893.0	22,920.0	34,380.0	70,193	54,016.0	5,124.0	22,204.0	81,344	276,436
	Transporte	km	18.0	1.5	8.3	17.8	26.0		10.0	3.8	6.3		6.4	7.5	13.9		
	Base	m3	23,963.0	11,183.0	9,585.0	10,650.0	6,923.0	62,304	4,793.0	8,520.0	12,780.0	26,093	26,945.0	2,556.0	11,076.0	40,577	128,974
	Transporte	km	18.0	1.5	8.3	17.8	26.0		10.0	3.8	6.3		6.4	7.5	13.9		
	Concreto de Asfalto	m3	26,550.0	12,390.0	10,620.0	11,800.0	7,670.0	69,030	5,310.0	9,440.0	14,160.0	28,910	26,312.0	2,496.0	10,816.0	39,624	137,564
	Transporte	km	18.0	1.5	8.3	17.8	26.0		10.0	3.8	6.3		6.4	7.5	13.9		
	Imprimacion Asfaltica	lt	415,125	193,725	166,050	184,500	119,925	1,079,325	83,025	147,600	221,400	452,025	466,785	44,280	191,880	702,945	2,234,295

Tabla 7.5.2 Cuantificación de Trabajos de la Superestructura de Puentes

Puente No.	Losa (m^3)	Losa de Aprox. (m^3)	Guarda-Rueda (m^3)	Viga (m^3)	Fab. Metálica (ton)	Baranda (m)	Erección	
							(m)	(m^2)
1	23,58	28,80	6,60	16,20		20,00		
2	56,03	28,80	16,50	98,26		50,00	150,00	
3	44,78	28,80	13,20	71,61		40,00	120,00	
4	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
5	67,28	28,80	19,80	128,50		60,00	180,00	
6	23,58	28,80	6,60	16,20		20,00		
7	23,58	28,80	6,60	16,20		20,00		
8	11,79	28,80	3,30	6,75		10,00		
9	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
10	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
11	23,58	28,80	6,60	16,20		20,00		
12	23,58	28,80	6,60	16,20		20,00		
13	11,79	28,80	3,30	6,75		10,00		
14	11,79	28,80	3,30	6,75		10,00		
15	67,28	28,80	19,80	128,50		60,00	180,00	
16	67,28	28,80	19,80	128,50		60,00	180,00	
17	67,28	28,80	19,80	128,50		60,00	180,00	
18	67,28	28,80	19,80	128,50		60,00	180,00	
19	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
20	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
21	44,78	28,80	13,20	71,61		40,00		
22	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
23	23,58	28,80	6,60	16,20		20,00		
24	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
25	134,05	28,80	33,00	116,90		100,00	250,00	
26	35,36	28,80	9,90	34,43		30,00		
Tebicuary-mf	667,32	28,80	141,90	301,76	480,00	430,00	650,00	1.020,00

Tabla 7.5.3 Cuantificación de Trabajos de Subestructura de la Puentes

Puente No.	Excavación (m^3)	Pilote (m^3)	Pilar (m^3)	Estribo (m^3)	Amortiguador de Viga (unidad)	Protección del Terraplén (m^2)
1	775,04			253,00	12	131,67
2	1.169,64			360,90	12	113,98
3	951,44			272,05	12	118,50
4	742,73			225,38	12	124,75
5	327,02			152,10	12	173,03
6	404,68			166,00	12	52,136
7	391,50			166,00	12	57,19
8	250,56			167,75	12	82,99
9	383,62	179		161,63	12	60,17
10	479,52	179		161,63	12	23,28
11	454,57	145		166,00	12	32,85
12	542,74			229,75	12	105,26
13	250,56			167,75	12	52,72
14	250,56			167,75	12	62,86
15	228,10	282		147,10	12	39,90
16	228,10	282		147,10	12	36,18
17	228,10	282		147,10	12	34,58
18	483,52			147,10	12	41,50
19	454,90			161,63	12	32,74
20	485,35			161,63	12	21,04
21	242,62			161,63	12	82,99
22	178,52			161,63	12	68,68
23	382,10			166,00	12	60,75
24	369,47			161,63	12	65,62
25	862,62	467	156,68	201,61	15	188,33
26	485,89			161,63	12	20,91
Tebicuary-mf	1.458,75	1.248	591,76	349,99	34	112,92

CAPITULO 8

ESTIMACION DE COSTOS

CAPITULO 8 ESTIMACION DE COSTOS

8-1 Construcción de la Carretera

8-1-1 Información Básica para la Estimación de Costos

Aún que el MOPC cuenta con método estándar de estimación de costos y precios por ítem de trabajo para la construcción de carreteras, éstos son demasiado antiguos y no han sido actualizados, es decir no se ajustan a la realidad. Por lo tanto, en este estudio, el precio unitario para la estimación de costos se calculó, desde el inicio, en base a los datos recopilados en el estudio.

La mayor parte de la información se recopiló en marzo de 1996, cuando la cotización del dólar americano era de Gs2.020 =US$1,00.

La estimación de costos por medio del método de precios unitarios se aplicó en este caso debido a que el uso del mismo es común en Paraguay, y en todos los demás contratos similares a este proyecto se ha utilizado este método hasta el momento.

8-1-2 Items de Trabajo para la Estimación de Costos de Construcción

Los ítems de trabajo descritos en la Tabla 8.1.1 se seleccionaron para determinar la unidad de precio, y se confirmó que el costo de estos trabajos alcanza aproximadamente del 85% al 90% del costo total de la construcción, a excepción de la construcción del puente.

Tabla 8.1.1 Items de Trabajo para el Cálculo del Precio Unitario

Item		Unidad	Descripción
Desmonte y Limpieza del Sitio	Normal	km	Desmonte de suelo superficial y hierbas (20 cm de espesor)
	Bosques	km	Desmonte y limpieza de bosques (30 cm de espesor)
	Bosques densos	km	Desmonte y limpieza de bosques densos en la rivera del Río Tebicuary-mi
Terraplén	Tierra común	m^3	Terraplén de la parte inferior de la subrasante
	Tierra seleccionada	m^3	Terraplén para la construcción de la subrasante
Drenaje menor	Caños corrugados	unidad	Caños de concreto (diámetro: 1,2 m, 24 m de longitud)
	Alcantarilla de caja	unidad	Cajas de concreto (3,0×3,0 m, 24 m de longitud)
Pavimento	Subbase	m^3	Piedra triturada sin cribar. Ultimamente, combinado el costo del transporte
	Base	m^3	Piedra triturada estabilizada mecánicamente. El costo del transporte se incluye después.
	Concreto asfáltico	m^3	Para la capa de conglomerante.
	Imprimación asfáltica	lt	
Transporte	Tierra seleccionada	$m^3 \times km$	Transporte desde el banco de préstamo externo al sitio.
	Cantera a planta	$m^3 \times km$	Transporte de piedra triturada desde la cantera a la planta trituradora.
	Planta al sitio	$m^3 \times km$	Transporte al sitio después de mezclar en la planta.

Además de los ítems de trabajo especificados en la Tabla 8.1.1, el costo de otros trabajos, tales como pintura de carreteras, indicadores de kilometraje, vegetación, construcción de campamentos y laboratorios, movilización, etc., se calculó proporcionalmente al costo de los ítems mencionados anteriormente.

Analizando otros seis proyectos de construcción de carreteras preparados en 1996, la proporción de los trabajos varios es similar; por lo tanto, se aplica la siguiente proporción de este trabajo:

- Costo de movilización = 3%×(costo de construcción total incluyendo otros costos varios)
- Otros costos varios = 12%×(costo de construcción total - costo de la construcción del puente - costo de movilización)

8-1-3 Precio Unitario de los Items de Trabajo

Como resultado del cálculo, se obtuvo el precio unitario de cada ítem de trabajo que se muestra en la Tabla 8.1.2. En el Anexo E se incluyen resultados más detallados de dicho cálculo.

Tabla 8.1.2 Precio Unitario por Item de Trabajo para la Construcción de Carreteras

Item de Trabajo		Unidad	Precio Unitario (US$)		
			Sección 1	Sección 2	Sección 3
Movilización			A×0,03		
Movimiento de tierras	Desmonte y limpieza del sitio (normal)	km	1.371		
	Desmonte y limpieza del sitio (bosques)	km	5.154		
	Desmonte y limpieza del sitio (bosques densos)	km	12.884		
	Terraplén (tierra común)	m^3	3,89		
	Terraplén (tierra seleccionada)	m^3	5,31		
Drenaje	Caños corrugados (D1,2×24 m)	unidad	9.355		
	Alcantarilla de caja (3,0×3,0×24 m)	unidad	45.379		
Pavimento	Subbase	m^3	36,42	37,06	48,72
	Base	m^3	37,71	38,35	50,00
	Concreto asfáltico	m^3	116,05	116,70	128,35
	Imprimación asfáltica	lts	0,57		
Transporte	Transporte (tierra seleccionada)	$m^3 \cdot km$	0,35		
	Transporte (desde la planta al sitio)	$m^3 \cdot km$	0,27		
Otros			B×0,12		

Nota: 1) Sección 1 = Paraguarí - Río Tebicuary-mí
Sección 2 = Río Tebicuary-mí - Villarrica
Sección 3 = La Colmena - Tebicuary

2) A = (Costo del movimiento de tierras incluyendo transporte + costo de drenaje + costo del puente + costo del pavimento, incluyendo transporte + otros costos).
B = (Costo del movimiento de tierras incluyendo transporte + costo de drenaje + costo del pavimento, incluyendo transporte).

3) Precios unitarios de la subbase, la base y el concreto asfáltico, incluyendo el costo del transporte de la planta trituradora al lugar de almacenamiento (US$0,23/$m^3$×km), denominado "Costo de transporte (1)" en el cuadro ilustrado en la Figura 8.1.1.

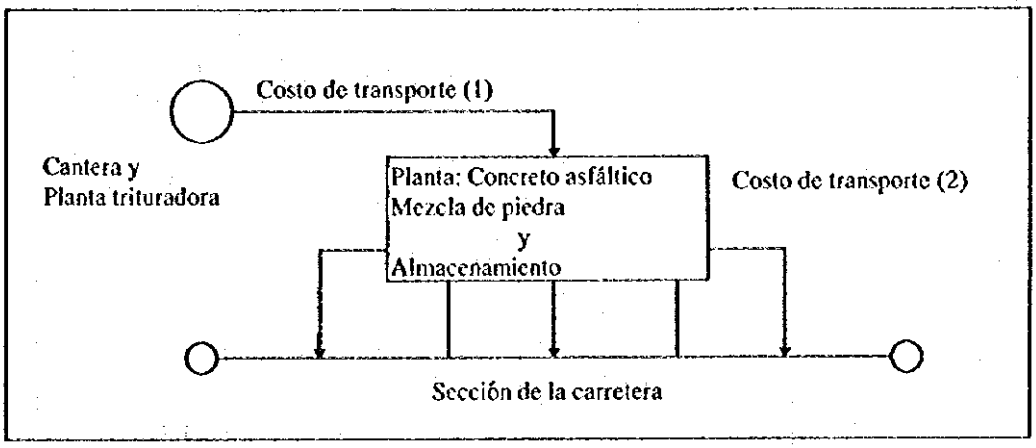


Figura 8.1.1 Cuadro Esquemático del Transporte de Materiales

8-1-4 Costo de Construcción de Carreteras

El costo estimado de la construcción de carreteras por sección y por tramo se resume en la Tabla 8.1.3.

Tabla 8.1.3 Costo de Construcción (1)

US$ 1.00 = Gs.2.020

Descripcion		Tramo	Unidad	Precio unitario	Paraguari a Rio Tebicuarymi - Tramo 1 (L=58.5 km) 1	2	3	4	5	Total	Costo	Precio unitario	Rio Tebicuarymi a Villarrica - Tramo 2 (L=24.5 km) 6	7	8	Total	Costo
Mobilizacion											822,554						440,533
											4,357,743						1,784,862
Movi-	Limpieza del sitio(normal)		km	1,348	6.50	8.60	0.00	9.70	1.60	26.40	35,587	1,348	4.24	3.00	7.30	14.54	19,595
miento	Limpieza del sitio(medio)		km	4,997	1.04	1.30	0.00	0.30	0.30	2.94	14,691	4,997	0.00	0.00	0.55	0.55	2,748
de tierra	Limpieza del sitio(pesado)		km	12,492	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.70	8,744	12,492	0.05	0.00	0.00	0.05	625
	Terraplen(com.DMT<0.5km)		m3	3.79	101,355	77,417	5,160	117,040	59,584	360,556	1,366,507	3.79	77,827	11,596	48,200	137,623	521,591
	Suelo seleccionado		m3	5.17	116,071	66,775	107,040	106,403	57,359	453,648	2,345,360	5.17	41,736	53,858	97,469	193,063	998,136
	Transporte	Volumen	m3		116,071	0	107,040	106,403	57,359				41,736	53,858	97,469		
	de suelo	Transporte	km		2.1	0.0	7.4	5.9	2.0				2.6	2.2	5.2		
		Volumen*Transporte	m3*km	0.33	243,749	0	792,096	627,778	114,718	1,778,341	586,852	0.33	108,514	118,488	506,839	733,840.0	242,167
	Precio Unitario de Suelo Seleccionado		m3	6.46	5.86	5.17	7.61	7.12	5.83			6.42	6.03	5.90	6.89		
	Precio Unitario de Terraplen		m3	5.28	4.90	4.43	7.44	5.37	4.79			5.33	4.57	5.52	5.86		
Drenaje											2,181,024						501,816
	Alcantarilla tubular(D1.2)		NUS	9,336	0	5	5	0	0	10.0	93,360	9,336	0	0	10	10.0	93,360
	Alcantarilla celular(3.0x3.0)		NUS	45,384	42	0	2	0	2	46.0	2,087,664	45,384	0	5	4	9.0	408,456
Pavimento											16,321,068						7,353,537
	Subbase		m3	35.83	48,038	22,418	19,215	21,350	13,878	124,899	4,475,131	36.46	12,893	22,920	34,380	70,193	2,559,237
	Transporte		km		18.0	1.5	8.3	17.8	26.0				10.0	3.8	6.3		
	Volumen*Transporte		m3*km	0.26	864684	33627	159485	380030	360828	1,798,654	467,650	0.26	128930	87096	216594	432,620	112,481
	Precio Unitario de Subbase		m3	35.83	35.83	35.83	35.83	35.83	35.83			36.46	36.46	36.46	36.46		
	Base		m3	37.10	23,963	11,183	9,585	10,650	6,923	62,304	2,311,478	37.73	4,793	8,520	12,780	26,093	984,489
	Transporte		km		18.0	1.5	8.3	17.8	26.0				10.0	3.8	6.3		
	Volumen*Transporte		m3*km	0.26	431334	16775	79556	189570	179998	897,232	233,280	0.26	47930	32376	80514	160,820	41,813
	Precio Unitario de Base		m3	37.10	37.10	37.10	37.10	37.10	37.10			37.73	37.73	37.73	37.73		
	Hormigon asfaltico		m3	115.31	26,550	12,390	10,620	11,800	7,670	69,030	7,959,849	115.93	5,310	9,440	14,160	28,910	3,351,536
	Transporte		m3		18.0	1.5	8.3	17.8	26.0				10.0	3.8	6.3		
	Volumen*Transporte		m3*km	0.26	477900	18585	88146	210040	199420	994,091	258,464	0.26	53100	35872	89208	178,180	46,327
	Precio Unitario de Asfalto		m3	115.31	115.31	115.31	115.31	115.31	115.31			115.93	115.93	115.93	115.93		
	Imprimacion asfaltica		lt	0.57	415,125	193,725	166,050	184,500	119,925	1,079,325	615,215	0.57	83,025	147,600	221,400	452,025	257,654
Otros			GI								2,743,180						1,156,826
TOTAL											26,425,569						11,237,574

Tabla 8.1.3 Costo de Construcción (2)

US$ 1.00 = Gs.2.020

Descripcion	Tramo		Unidad	Precio unitario	La Colmena a Tebicuary - Tramo 3 (L=38.1 km) 9	10	11	Total	Costo	Costo Total
Mobilizacion									514,202	1,777,290
									1,868,215	8,010,819
Movi-	Limpieza del sitio(normal)		km	1,348	5.25	0.10	0.76	6.11	8,236	63,418
miento	Limpieza del sitio(medio)		km	4,997	0.90	0.00	0.66	1.56	7,795	25,235
de tierra	Limpieza del sitio(pesado)		km	12,492	0.00	0.00	0.00	0.00	0	9,369
	Terraplen(com,DMT<0.5km)		m3	3.79	23,232	19,184	6,160	48,576	184,103	2,072,201
	Suelo seleccionado		m3	5.17	103,033	58,944	88,526	250,503	1,295,101	4,638,596
	Transporte	Volumen	m3		103,033	58,944	88,526			
	de suelo	Transporte	km		3.5	7.5	3.7			
		Volumen*Transporte	m3*km	0.33	360,616	442,080	327,546	1,130,241.7	372,980	1,201,999
	Precio Unitario de Suelo Seleccionado		m3	6.66	6.33	7.65	6.39			
	Precio Unitario de Terraplen		m3	6.19	5.86	6.70	6.22			
Drenaje									512,448	3,195,288
	Alcantarilla tubular(D1.2)		NUS	9,336	16	0	0	16.0	149,376	336,096
	Alcantarilla celular(3.0x3.0)		NUS	45,384	4	0	4	8.0	363,072	2,859,192
Pavimento									11,658,470	35,333,076
	Subbase		m3	47.66	54,016	5,124	22,204	81,344	3,876,855	10,911,223
	Transporte		km		6.4	7.5	13.9			
	Volumen*Transporte		m3*km	0.26	345702	38430	308636	692,768	180,120	760,251
	Precio Unitario de Subbase		m3	47.66	47.66	47.66	47.66			
	Base		m3	48.93	26,945	2,556	11,076	40,577	1,985,433	5,281,400
	Transporte		km		6.4	7.5	13.9			
	Volumen*Transporte		m3*km	0.26	172448	19170	153956	345,574	89,849	364,943
	Precio Unitario de Base		m3	48.93	48.93	48.93	48.93			
	Hormigon asfaltico		m3	127.14	26,312	2,496	10,816	39,624	5,037,795	16,349,181
	Transporte		m3		6.4	7.5	13.9			
	Volumen*Transporte		m3*km	0.26	168397	18720	150342	337,459	87,739	392,530
	Precio Unitario de Asfalto		m3	127.14	127.14	127.14	127.14			
	Imprimacion asfaltica		lt	0.57	466,785	44,280	191,880	702,945	400,679	1,273,548
Otros			GI						1,684,696	5,584,702
TOTAL									16,238,031	53,901,174

8-2 Construcción del Puente

8-2-1 Información Básica para la Estimación de Cada Precio Unitario

En Paraguay, el MOPC no cuenta con ningún sistema de estimación de costos. Sin embargo, dicho ministerio tiene experiencia en construcción de puentes, incluyendo puentes de CP. Al respecto, se realizaron varias reuniones con ingenieros del MOPC y empresas consultoras locales, para tratar temas de trabajo y estimación del precio para la armadura metálica del puente de este estudio. Primero se determinaron los items de trabajo y se confirmaron los trabajos incluidos en cada ítem. Los precios de esos items se determinaron con relación a experiencias similares de trabajo en Paraguay.

Con relación a la estructura de acero, por ejemplo la del tramo sobre el Río Tebicuary-mi, el precio de la misma se determinó en base a las cotizaciones de dos empresas brasileñas tomadas en cuenta en este estudio debido a que en Paraguay existe muy poca información relacionada con la construcción de estructuras metálicas. Las cotizaciones se prepararon con referencia a la información básica del puente, por ejemplo tamaño, tipo de armadura, ubicación, etc., e incluso el precio del material, fabricación, transporte y levantamiento.

8-2-2 Precio Unitario por Item de Trabajo

El precio unitario descrito en la Tabla 8.2.1 es el resultado acordado por el MOPC para la estimación de costos de puentes de armadura en este estudio. La cotización del dólar utilizada es igual a la estipulada en la Sección 8-1-1, US$1 = Gs2.020.

8.2.3 Costo de Construcción

El costo de la construcción del puente se estimó tal como se muestra en la Tabla 8-2-2. En el Anexo F se encuentran resultados más detallados relacionados con el cálculo del costo del puente.

Con relación al costo del puente, en el que debe construir un desvío para el tránsito del tráfico actual durante el período de construcción, descrito en el Capítulo 7, se destinó un 10% del costo de la construcción del puente para la construcción, mantenimiento, demolición y relleno del desvío, así como para la implementación de un puente provisional.

Tabla 8.2.1 Costo Unitario para la Construcción de Puentes

Tipo de Puente	Descripción	Unidad	Total (US$)	Observaciones
Concreto Pretensado CP	Excavación	m³	7,10	
	Pilote de concreto (D = 0,8 m)	m	116,71	
	Pilote de concreto (D = 1,0 m)	m	182,21	
	Pilar	m³	375,33	
	Viga transversal	m³	375,33	
	Losa	m³	375,33	
	Losa de aproximación	m³	375,33	
	Estribo	m³	375,33	
	Guardarrueda	m³	375,33	
	Neopreno	unidad	102,97	
	Viga de CP	m³	482,42	
	Erección de viga	m	64,72	
	Baranda	m	133,86	
	Protección del terraplén	m²	32,13	
Concreto Reforzado CR	Excavación	m³	7,10	
	Pilote de concreto (D = 0,8 m)	m	116,71	
	Pilote de concreto (D = 1,0 m)	m	182,21	
	Losa	m³	321,78	
	Losa de aproximación	m³	321,78	
	Estribo	m³	321,78	
	Guardarrueda	m³	321,78	
	Neopreno	unidad	102,97	
	Viga	m³	321,78	
	Baranda	m	133,86	
	Protección del terraplén	m²	32,13	
Entramado	Excavación	m³	7,10	
	Pilote de concreto (D = 1,0 m)	m	182,21	
	Pilar	m³	375,33	
	Losa	m³	375,33	
	Losa de aproximación	m³	375,33	
	Estribo	m³	375,33	
	Guardarrueda	m³	375,33	
	Neopreno	unidad	1.540,00	
	Fabricación metálica/transporte	ton	3.500,00	
	Erección	m²	155,32	
	Baranda	m	133,86	
	Protección del terraplén	m²	32,13	

Tabla 8.2.2 Costo de Construcción del Puente

No. de Puente (No. de Sección)	Longitud (m)	Tipo de Estructura	Cimentación de Pilotes	Desvío	Total (US$)	Costo/metro (US$)
1 (1)	10,0	CR	--	--	119.250	11.925
2 (1)	25,0	Viga T de CP	--	--	252.955	10.118
3 (1)	20,0	Viga T de CP	--	Sí	215.538	10.777
4 (1)	15,0	CR	--	Sí	134.164	8.944
5 (1)	30,0	Viga T de CP	--	--	194.493	6.483
6 (1)	10,0	CR	--	--	86.069	8.607
7 (1)	10,0	CR	--	--	86.138	8.614
8 (1)	5,0	CR	--	--	77.294	15.459
9 (1)	15,0	CR	Sí	--	129.458	8.631
10 (1)	15,0	CR	Sí	--	128.954	8.597
11 (1)	10,0	CR	Sí	--	102.687	10.269
12 (1)	10,0	CR	--	Sí	120.197	12.020
13 (1)	5,0	CR	--	Sí	83.954	16.791
14 (1)	5,0	CR	--	Sí	84.313	16.863
Subtotal (Sección 1)	185,0	--	--	--	1.815.464	9.813
15 (2)	30,0	Viga T de CP	Sí	--	238.986	7.966
16 (2)	30,0	Viga T de CP	Sí	--	238.866	7.962
17 (2)	30,0	Viga T de CP	Sí	--	238.815	7.960
tebicuary-mi (2)	215,0	Armadura de metal + viga compuesta de PC	Sí	Sí *	3.170.742	14.748
Subtotal (Sección 2)	305,0				3.887.409	12.746
18 (3)	30,0	Viga T de CP	Sí	--	189.502	6.317
19 (3)	15,0	CR	--	--	106.098	7.073
20 (3)	15,0	CR	--	Sí	105.923	7.062
21 (3)	20,0	Viga T de CP	--	Sí	163.153	8.158
22 (3)	15,0	CR	--	Sí	105.208	7.014
23 (3)	10,0	CR	--	Sí	94.804	9.480
24 (3)	15,0	CR	--	Sí	106.592	7.106
25 (3)	50,0	CP	Sí	Sí	439.032	8.781
26 (3)	15,0	CR	--	Sí	105.922	7.061
Subtotal (Sección 3)	185,0				1.416.234	7.655
Total (US$)	675,0				7.119.107	10.547

Nota : * - Se requerirá un camino de acceso

8-3 Otros Costos

8-3-1 Costo de Mantenimiento

En el Capítulo 2, Sección 2-14, se describió el sistema de mantenimiento de carreteras nacionales, y en la Sección 7-4, el de carreteras en este estudio. En base al sistema, en este estudio se estimó el costo de mantenimiento para carreteras después de la finalizada la construcción de las mismas.

Desafortunadamente, en el pasado no se contaba con suficientes datos disponibles relacionados con presupuestos y/o dinero utilizado para trabajos de mantenimiento. Aunque el costo para el mantenimiento de carreteras, por ejemplo, el costo por kilómetro de pavimento, ripio y tierra en el área del Chaco, suburbios de Asunción o en Itapúa puede ser diferente, todos los registros financieros han sido expresados como un todo (costo global), "costo del Departamento de Mantenimiento (Departamento de Conservación)". Es probable que una de las razones de este hecho es que cuando el Parlamento aprobó el presupuesto anual, el Ministerio de Hacienda lo cortó; por lo tanto, el programa establecido en la planificación del presupuesto se volvió incoherente. En efecto, la reestructuración de las oficinas departamentales en estos años, creando entre cinco y ocho oficinas con cambio de ubicación, fue una de las razones. Como resultado, los gastos reales se calcularon sin tomar en cuenta el presupuesto real.

Con la finalidad de mejorar esta situación, el MOPC se encuentra actualmente preparando un programa de computación que facilitará un análisis más detallado y que funcionará a partir de 1997. Este movimiento está procediendo con respecto a la categorización de trabajo descrita en el Capítulo 7. También se están analizando la producción estándar y el costo de cada actividad.

Con respecto al mantenimiento de carreteras pavimentadas, se obtuvieron los siguientes valores luego de un estudio con personal del MOPC:

Tabla 8.3.1 Costo de Mantenimiento de Carreteras Pavimentadas

Código	Actividad	Gs./km/año	Observación
102	Reparación del pavimento con mezcla asfáltica	12.000.000	Para un daño de alto nivel*
122	Reparación del pavimento dañado de la banquina	563.700	
131	Mantenimiento de alcantarillas	170.300	
134	Corte de césped	74.700	
137	Mantenimiento del puente de concreto	350.000	Gs./tiempo, 1~2 veces/año
238	Limpieza general de la franja de dominio	598.000	

Nota : * - Corresponde a la reparación utilizando aproximadamente 70 m³ de mezcla asfáltica por km por año; esto significa que es exclusivo para carreteras que tienen muchos baches.

Tal como se mencionó en el último párrafo de la Sección 7-4 del Capítulo 7, el trabajo de incrustación del pavimento y repintura del puente sobre el Río Tebicuary-mí debe incluirse en el costo de mantenimiento de carreteras.

El costo de mantenimiento de carreteras se calculó en base a lo siguiente:

i) Utilización de los precios unitarios que se muestran en la Tabla 8.3.1.

ii) Cinco años después de finalizada la construcción de la carretera, no se necesitará la actividad del "código 102". Luego, por los siguientes tres años, y por el cuarto y quinto año, se aplicará el 15% y 30%, respectivamente, del precio unitario del mismo código. Suponiendo que exista un puente por kilómetro y que el mismo requiera reparación una vez al año, el costo del mantenimiento será:

- 1o.~5o. año : (563.700 + 170.300 + 74.700 + 598.000)/2.020 = US$ 696/año/km
- 6o.~8o. año : US$ 696 + 12.000.000/2.020×0,15 = US$ 1.587/año/km
- 9o.~10o. año: US$ 696 + 12.000.000/2.020×0,30 = US$ 478/año/km

i) El costo del trabajo de construcción de puentes, "código 137", es el siguiente:

- Sección 1 - 58,5 km, 14 puentes
  350,000×1,0 vez/año×14 puentes/2.020 = US$ 2.425/año
- Sección 2 - 24,5 km, 4 puentes - 9 tramos
  350,000×1,0 vez/año×9 tramos/2.020 = US$ 1.559/año
- Sección 3 - 38,1 km, 10 puentes - 11 tramos
  350,000×1,0 vez/año×11 tramos/2.020 = US$ 1.906/año

iv) Durante el décimo primero y décimo segundo año, se realizará el recapado de pavimento. El costo se calcula utilizando los precios unitarios calculados en la Sección 8-1 de este capítulo y en las columnas de la Tabla 6.4.10 del Capítulo 6. El resultado total es de US$8.877.000 (ver anexo E).

- 11o.~12o. año: [Sección 1] = 3.900.000/2 = US$ 1.950.000 /año
  [Sección 2] = 2.217.000/2 = US$ 1.108.500 /año
  [Sección 3] = 2.760.000/2 = US$ 1.380.000 /año

v) El trabajo de repintura se realizará en los mismos años del recapado. El costo para este trabajo se calcula tal como se indica a continuación:

480 toneladas×US$180/tonelada = US$86.400

- 11o.~12o. año: 86.400/2 = US$ 43.200 /año

vi) Durante el período de construcción del recapado y repintura, no se necesitarán todas las actividades mostradas en la Tabla 8.3.1.

vii) Después de la finalización del recapado, no será necesario el costo de mantenimiento descrito en los puntos i) y ii) anteriores.

Los resultados se resumen en la Tabla 8.3.2.

Tabla 8.3.2 Costo de Mantenimiento después finalizada la Construcción

(Unidad : US$1,000)

Año Posterior a la Finalización	Costo de Mantenimiento por año	Sección 1 58,5 km	Sección 2 24,5 km	Sección 3 38,1 km	Observaciones
1o. ~ 5o.	90,1	43,1	18,6	28,4	0% del código 102
6o. ~ 8o.	196,1	95,2	40,4	60,5	15% del código 102
9o. ~ 10o.	306,0	147,4	62,3	96,3	30% del código 102
11o. ~ 12o.	4.481,7	1.950,0	1.151,7	1.380,0	Se añade (43,2) a S.2
13o. ~ 17o.	90,1	43,1	18,6	28,4	
18o. ~ 20o.	196,1	95,2	40,4	60,5	

Nota : El costo corresponde a precios de 1996

El costo del mantenimiento de carreteras no pavimentadas (de tierra) se estima de la misma forma como se muestra en la Tabla 8.3.3, suponiendo que las Secciones 1 y 2 (Paraguarí - Villarrica) están en la misma categoría y que la Sección 3 (La Colmena - Tebicuary) es de una categoría más baja.

Tabla 8.3.3 Costo de Mantenimiento de Carreteras no Pavimentadas (de Tierra)

Código	Actividad	T.Princ. (Secciones 1 y 2) Gs./km/año	T. A. Sec. (Sección 3) Gs./km/año	Observaciones
111	Nivelación y compactación de la superficie	410.700	616.000	
112	Reparación de baches utilizando camiones	1.216.000	1.459.200	
131	Mantenimiento de alcantarillas	340.600	340.600	
132	Limpieza y reformación de cunetas	102.700	102.700	
134	Corte de césped	74.700	74.700	
137	Mantenimiento del puente de madera	700.000 (22 puentes)	700.000 (17 puentes)	Gs./una vez, 3 veces/año
238	Limpieza general de la franja de dominio	299.000	299.000	

La suma total de estos trabajos se calcula de la siguiente manera:

- Sección 1 - carretera existente = 66,9 km

  - (410,7 + 1.216,0 + 340,6 + 102,7 + 74,7 +299,0)×66,9 km + 700,0×21 puentes×3

  = Gs.207.583,500/año = <u>US$102.764/año</u>

- Sección 2 - 24,5 km

  - (410,7 + 1.216,0 + 340,6 + 102,7 + 74,7 +299,0)×24,5 km + 700,0×1 puente×3

  = Gs.61.970,700/año = <u>US$30.678/año</u>

- Sección 3 - 38,1 km

  - (410,7 + 1.216,0 + 340,6 + 102,7 + 74,7 +299,0)×38,1 km + 700,0×17 puentes×3

  = Gs.128.805,000/año = <u>US$63.765/año</u>

- Total 102.764 + 30.678 + 63.765 = <u>US$197.200/año</u>

8-3-2 Diseño Final

El costo del diseño final de este proyecto consiste de tres componentes:

- Nivelación topográfica

• Diseño de la carretera
• Diseño del puente sobre el Río Tebicuary-mí y otros puentes

Debido a que no existen mapas disponibles como base para el diseño final, será indispensable llevar a cabo nivelaciones topográficas, nivelaciones del eje de la carretera, tanto transversales como verticales, para la extensión completa de las carreteras. Asimismo, se necesitará realizar lo siguiente:

• Poligonal
• Nivelación longitudinal
• Nivelación transversal (intervalo de 50 m sobre el promedio)
• Levantamiento del eje del carretera
• Confección de un mapa topográfico a lo largo del carretera, a escala 1:1.000
• Levantamiento topográfico detallado en los puntos de drenaje y puentes

El costo de estos trabajos se estimó como sigue:

- (Levantamiento descrito arriba)	US$2.000/km×121,1 km	= US$242.200
- (Supervisión de un experto)	US$25.000/mes×5 meses	= US$125.000
	Total	= US$367.200

Debido a que los asesores locales tienen mucha experiencia en el diseño de carreteras, incluyendo inspecciones de campo y pruebas de materiales en el laboratorio, se recomendó que el trabajo lo ejecute un equipo local bajo la supervisión de expertos, consistente en un ingeniero de carreteras, un ingeniero hidrólogo y un ingeniero en materiales. Suponiendo que el período necesario para este trabajo de diseño es de 6 meses, el costo para el diseño de carreteras se calcula como se indica a continuación:

- (Diseño de carretera, excepto el diseño del puente)	US$5.000/km×121,1 km	= US$ 605.500
- (Ingeniero de carretera e ingeniero en materiales)	US$30,000/mes×6 meses×2	= US$ 360.000
- (Ingeniero hidrólogo)	US$30,000/mes×3 meses	= US$ 90.000
	Total	= US$ 1.055.500

Con respecto al diseño de puentes sobre el Río Tebicuary-mí, sería mejor solicitarlo a ingenieros extranjeros, ya que los ingenieros locales no cuentan con demasiada experiencia para esta clase de diseño. También el diseño de algunos puentes de CP debe ser ejecutado por compañías extranjeras. En base a lo antes descrito, la estimación de costos es como sigue:

- (Diseño del puente sobre el Río Tebicuary-mí : 215 m)	Global	= US$ 160.000
- (Diseño de 9 puentes de CP y 17 Puentes de CR : 460 m)	Global	=US$ 184.000
- (Nivelación de 20 puntos, 10 m de profundidad sobre el promedio)	US$220×200 m	= US$ 44.000
	Total	= US$ 388.000

Dividiendo las partes comunes en tres secciones proporcionales a la longitud del tramo, el costo total del diseño final por sección se tabula en la Tabla 8.3.4.

Tabla 8.3.4 Resumen del Costo del Diseño Final

(Unidad : US$)

	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Costo
Levantamiento topográfico	177.375	74.250	115.575	367.200
Diseño de la carretera (incluye el estudio de materiales)	509.850	213.400	332.250	1.055.500
Diseño de puentes (incluye perforaciones)	91.600	204.800	91.600	388.000
Total	778.825	492.450	539.425	1.810.700

8-3-3 Supervisión de la Construcción

Tal como se acostumbra en el MOPC, el equipo de supervisión para una construcción está compuesto por:

- 1 ingeniero y 1 vehículo
- 1 asistente o ingeniero principiante
- 1 inspector de pista
- 1 supervisor y 2 asistentes
- 1 laboratorista y 2 asistentes
- 1 chofer y 1 vehículo

En este caso, el costo para la supervisión de la construcción se estimó en base a lo siguiente:

i) Las tres secciones deberán construirse independientemente por 3 contratistas diferentes.

ii) Se asignará un equipo de supervisión para cada sección.

iii) Aunque la sección 3 (ramal a La Colmena) no necesitará ningún ingeniero asistente, a la sección 2, que incluye la construcción de un gran puente, se le asignará un ingeniero estructural en lugar de un ingeniero asistente.

iv) Se asignará un ingeniero supervisor residente además de los tres equipos de ingenieros para la supervisión de los trabajos.

El costo mensual del equipo se estima como se indica a continuación:

- 1 Ingeniero	= US$	27.000/ mes
- 1 Asistente o ingeniero principiante	= US$	10.000/mes
- 1 Inspector de pista	= US$	2.500/mes
- 1 Topógrafo	= US$	2.000/mes
- 1 Laboratorista	= US$	2.000/mes
- 4 Asistentes para laboratorio y topografía	= US$	1.000/mes
- 1 Chofer	= US$	800/mes
- 2 vehículos incluyendo el costo de la operación	= US$	3.600/mes
Total	= US$	48.900/mes

El costo del equipo para la sección 3 se modifica a US$38.900 por mes, de acuerdo con la condición anterior. El costo del equipo para la sección 2 se modifica a US$65.900 por mes.

El costo total para los trabajos de supervisión de la construcción se calculó como se muestra en la Tabla 8.3.5.

Tabla 8.3.5 Costo Estimado para la Supervisión de la Construcción

	Unidad	Precio Unitario (US$)	Mes	Costo (US$)	Observaciones	
[Oficina Central]						
Ingeniero Residente	mes	30.000	36	1.080.000		
Contador	mes	2.500	36	90.000		
Secretaria	mes	800	36	28.800		
Vehículo	mes	1.800	36	64.800	incluyendo combustibles	
Oficina	mes	1.500	36	54.000	incluyendo suministros	
Subtotal				1.317.600		
Equipo para Sección 1	mes	48.900	36	1.760.400	439.900	2.200.300
Equipo para Sección 2	mes	65.900	35	2.306.500	576.363	2.882.863
Equipo para Sección 3	mes	38.900	31	1.205.900	301.337	1.507.237
Total				5,272,800	1,317,600	6,590,400

8-4 Reajuste de la Cantidad Contratada (Contingencia de Precio)

Revisando los contratos firmados en el pasado entre el MOPC y contratistas especializados en la construcción de carreteras, se incluyó la cláusula de "reajuste del precio unitario" en los contratos, aun para proyectos financiados por fuentes multinacionales o bilaterales.

Esta cláusula permite ajustar en el contrato el precio unitario del trabajo, reajuste que de acuerdo con la fórmula descrita en el contrato, se realiza en la fecha del pago intermedio y de acuerdo a los precios del material, del equipo y del salario mínimo estipulado por el gobierno. El contenido y fórmulas de los diferentes contratos no siempre son iguales; sin embargo, esta cláusula se refiere a los cambios en el precio del cemento, petróleo, maquinaria de construcción y salario, que hubieran desde el momento de la finalización del contrato. En este sentido, esta cláusula se refiere al aumento de los precios debido a la inflación que pudiera ocurrir durante el período de vigencia del contrato y que podría ser un tipo de imprevisto financiero.

Por ejemplo, se presenta una estipulación de los contratos acordados en 1994 y finalizados en 1996 para el proyecto de rehabilitación de las carreteras nacionales existentes, financiado por la OECF, Fundación de Cooperación Económica Extranjera del Japón, (Overseas Economic Cooperation Fund of Japan).

<u>Aumento en el costo de la obra debido a modificaciones en los precios de los insumos</u>

Si después del decimocuarto día anterior a la apertura de las ofertas y durante el período siguiente hasta la terminación del período oficial contractual, el Gobierno hiciera cambios a los costos de los insumos tales como mano de obra, combustible y lubricantes, costos de los equipos, y el índice de nivel general de precios al consumidor dado por el Banco Central con posterioridad al decimocuarto día anterior a la apertura de las Ofertas y durante el periodo siguiente hasta la terminación del periodo inicial contractual, de acuerdo a la fórmula polinómica que se describe a continuación:

$R = P_o (0{,}25\ S_j / S_o + 0{,}20\ G_i / G_o + 0{,}35\ E_i D_i / E_o / D_o - 0.80)$

donde,

S_j = *Jornal de peón Industria de la Construcción fijada por el Ministerio de Justicia y Trabajo al mes de ejecución de los trabajos.*

S_o = Idem al día 14 anterior a la fecha de Apertura de Propuestas (o fijado en el pliego por la D.V.).

G_i = Precio oficial del gasoil en Asunción al mes de ejecución de los trabajos.

G_o = Idem al día 14 anterior a la fecha de Apertura de Propuestas (o fijado en el pliego por al D.V.).

E_i = Indice correspondiente a la construcción Machinery and Equipament Código 112, en la publicación "Producer Prices" del U.S. Departament of Labor Satistics.

E_o = Idem al día 14 anterior a la fecha de Apertura de las Propuestas.

D_i = Cotización Gs./U$S suministrada por el Banco Central que corresponde a la tasa de venta.

D_o = Idem al día 14 anterior a la fecha de Apertura de las Propuestas.

R = Reajuste.

P_o = Certificado Básico o Contractual.

OTROS AUMENTOS DE COSTOS

Se efectuarán ajustes de costos debidos a variaciones de precios de materiales asfálticos empleados en obra, con posterioridad al decimocuarto día anterior a la apertura de las Ofertas y durante el período siguiente hasta la terminación del período inicial contractual, de acuerdo al procedimiento adoptado para cada uno de ellos y que se describen a continuación.

Todos los ajustes resultantes enunciados se pagarán exclusivamente en guaranies.

MATERIALES BITUMINOSOS

Se harán ajustes de costos por aumento (o disminución) del precio de los siguientes materiales bituminosos.

1) *Hormigón asfáltico.*
2) *Asfaltos emulsificados.*

Las fórmulas de ajustes de pago serán:

$$A_1 = M_1 \ (C_1 - B_1)$$

$$A_2 = M_2 \ (C_2 - B_2)$$

donde:

A_1, A_2 = Ajuste de costos por aumento (o disminución) en el precio de los distintos tipos de productos bituminosos en guarantes.

M_1, M_2 = Cantidades de los distintos tipos de productos bituminosos en cada Item de trabajo empleados en el período contemplado en la certificación a partir del mes siguiente a la fecha de modificación de los precios.

B_1, B_2 = Precios de los distintos tipos de asfalto contemplados en este párrafo, aumentados (o disminuidos) obtenidos por el Gobierno en base a los precios mínimos de fuentes de suministros de productos bituminosos, a la fecha del decimocuarto día anterior a la Apertura de las Ofertas.

C_1, C_2 = Precios modificados de los distintos tipos de asfalto contemplados en este párrafo aumentados (o disminuidos), obtenidos por el Gobierno en base a los precios mínimos de fuentes de suministros de productos asfálticos.

Las partidas de los distintos tipos de asfalto acopiadas por el Contratista antes de la fecha de modificación del precio, no estarán sujetas a ajustes de costo.

Los ajustes señalados en los Apartados 108.10 y 108.11 serán aplicados a las cantidades de trabajos que hubieren sido ejecutados sin atraso con relación al Plan de Avance de la Obra.

En caso de atraso, serán aplicados los ajustes cuando el porcentaje de la cantidad de trabajo ejecutado alcance lo previsto en el Plan de Avance para el mes en que tuvo lugar los mayores costos que dan lugar a dichos ajustes.

El total de los ajustes de pago se calculará en oportunidad de la emisión de cada certificado mensual e incluido en el mismo, para su pago.

En caso que a dicha fecha no se contare con los índices o valores definitivos se elaborarán ajustes a cuenta, con los últimos valores conocidos. En oportunidad de conocerse los valores definitivos, se procederá a la inclusión de la correspondiente diferencia de importe.

El Contratista presentará dentro de los 20 días posteriores a la fecha de la Orden de Inicio, los precios "B" para su estudio y aceptación por parte de la Fiscalización. Los Precios "B" deberán acompañarse con documentos y certificados que los prueben.

No se hará compensación alguna o deducción por cualquier aumento o rebaja en las tarifas ordinarias de transporte, costos de materiales o aumentos en cualesquiera otras tarifas o costos que no estén específicamente previstos en el presente Artículo.

Asimismo, en la Tabla 8.4.1 se tabulan las cantidades canceladas en los cuatro contratos de acuerdo con esta cláusula, correspondientes a los proyectos anteriormente

mencionados y financiados por la OECF.

Tabla 8.4.1 Cantidad Final del "Reajuste de Precio" en los Cuatro Casos

Contrato para Desarrollo de Carreteras (Desde-Hasta)	Contrato Original Cantidad (US$): A	Reajuste Cantidad (US$): B	B / A (%)
Empalme Ruta 1- Villeta	5.034.800	632.700	12,6
Itacurubí - Coronel Oviedo	6.758.900	915.400	13,5
Río Negro - Pozo Colorado	10.499.900	606.200	5,8
Pozo Colorado - Río Verde	7.159.900	1.195.800	16,7
		Promedio =	12,1

Nota: 1) Los montos de arriba son equivalentes en US$, de acuerdo con la moneda local y el tipo de cambio de los contratos.
2) El periodo de construcción de esos proyectos es de 15 meses

Debido a que los datos de proyectos similares en el pasado, descritos en las Secciones 8-1, 8-2 y 8-3 de este capítulo, estaban conformes a la cantidad del contrato original, se considera que el costo incluido el de este reajuste para la construcción y supervisión debe ser incluido en los costos del proyecto como una contingencia para la fluctuación de precios. En este estudio, se aplicó el valor promedio de la Tabla 8.4.1, que es de un 12%, para estimar la cantidad del reajuste.

8-5 Costo de la Adquisición de Tierra

Se realizó la estimación del costo para la adquisición de tierra, y los resultados de la misma se resumen en la Tabla 8.5.1.

Tabla 8.5.1 Costo de Adquisición de Tierra

	Unidad	Total	Porcentaje	Sección 1	Sección 2	Sección 3
Area de la Carretera Proyectada	ha	427,3	100%	222	91	114.3
(Contribución por sección)				52.00%	21.3%	26.7%
(Distancia Planificada)	km	121,1		58,50%	24,5%	38.1
(Promedio del derecho de vía)	m	25,28		37,95%	37,14%	30.00
Area de las Carreteras Existentes	ha	200,8	47,0%	98,6	25,9%	76.3
Tierra Pública	ha	0,6	0,1%	0,32	0,16	0.12
Tierra a ser Adquirida	ha	225,9	52,9%	123,08	64.94	37.88
Uso de la Tierra	ha	225,9	100%	123,08	64.94	37.88
Area Urbana	ha	7,39	3,3%	3,59	3.20	0.60
Tierra para Uso Agrícola	ha	54,29	24,0%	1,42	30.50	22.37
Tierra para Ganadería	ha	140,43	62,2%	102,4	29.80	8.23
Bosques	ha	23,79	10,5%	15,67	1.44	6.68
Costo de la Tierra : Total	1000Gs	1.175.798	100%	582.314	531,238	62,246
Area Urbana	1000Gs	897.3	76,3%	438.500	448,000	10,800
Tierra para Uso Agrícola	1000Gs	81.431	6,9%	2.130	45,750	33,551
Tierra para Ganadería	1000Gs	168.518	14,3%	122.882	35,760	9,876
Bosques	1000Gs	28.549	2,4%	18.802	1,728	8,020
Costo de Construcción : Total	1000Gs	2.832.000		1.215.000	1,260,000	357,000
Edificios a ser reubicados		47		17	23	7
Costo promedio por edificio	1.000Gs	60.225		71.471	54,783	51,000
Costo de la Tierra + Edificio :	1.000Gs	4.007.798	100%	1.797.314	1,791,238	419,246
(Contribución por sección)				44,8%	44.70%	10.50%
Costo de la Tierra	1.000Gs	1.175.798	29,3%	582.314	531,238	62,246
(Contribución por sección)				49,5%	45.20%	5.30%
Costo de edificios	1.000Gs	2.832.000	70,3%	1.215.000	1,260,000	357,000
(Contribución por sección)				42,9%	44.50%	12.60%
US$ 1US$ = 2.020 Gs	1.000Gs	1.984		890	887	208

Nota : 1) El precio de la tierra en el área urbana oscila entre 1.600 - 15.000 Gs/m², siendo en Paraguarí de 15.000 Gs/m², en Villarrica de 14.000 Gs/m², en Escobar de 4.000 Gs/m², en Sapucai de 2.500 Gs/m², en La Colmena y Tebicuary de 2.000 Gs/m², en Caballero de 1.700 Gs/m² y en Otros de 1.600 Gs/m².

2) El precio de la tierra para uso agrícola es de 150 Gs/m² en toda el área.

3) El precio de la tierra en áreas boscosas y agrícolas es de 120 Gs/m² en toda el área.

4) Precio de la Construcción de edificios (Gs/edificio): Paraguarí, Sapucai y Villarrica, 80.000 Gs/edificio (Tipo A2, 400.000 Gs/m² × 2.000 m²)

Otras áreas, 51.000.000 Gs/edificio (Tipo B2 - C2, 340.000 Gs/m² × 150 m²).

8-6 Costo del Control Ambiental

Como resultado de la evaluación del impacto ambiental, se estableció el plan de control ambiental. Los detalles se describen en el Volumen II de este informe y la síntesis se describe en el Capítulo 9 de este volumen. A continuación se resume el costo para la implementación del plan de control ambiental.

El costo se dividió en dos partes, la primera corresponde a la inversión inicial y la segunda corresponde al costo de mantenimiento. La primera debe implementarse justo cuando se finalice la construcción y la última, después de la construcción.

El plan de control ambiental consiste de cinco programas:

i) Programa de auditoría ambiental
ii) Programa de mitigación ambiental
iii) Programa de supervisión ambiental
iv) Programa de conservación del Parque Nacional de Ybycuí
v) Promoción del programa de desarrollo social

El costo por programa y por sección se resume en las Tabla 8.6.1 y 8.6.2.

Tabla 8.6.1 Inversión Inicial del Control Ambiental

(Unidad : US$.)

		Año 1 (1998)	Año 2 (1999)	Año 3 (2000)	Año 4 (2001)	Total
1. Programa de auditoría ambiental		55.550	33.000	33.000	33.000	154.550
	Sección 1	26.835	15.941	15.941	15.941	74.659
	Sección 2	11.238	6.676	6.676	6.676	31.267
	Sección 3	17.477	10.382	10.382	10.382	48.624
2. Programa de mitigación ambiental		211.310	78.540	79.640	387.063	756.553
	Sección 1	106.205	46.289	46.937	234.518	433.950
	Sección 2	49.729	30.005	30.425	62.961	173.119
	Sección 3	55.376	2.246	2.278	89.584	149.483
3. Programa de monitoreo ambiental		113.300	14.080	30.360	18.920	176.660
	Sección 1	55.879	6.802	14.942	9.140	86.762
	Sección 2	43.093	2.849	10.989	3.828	60.758
	Sección 3	14.328	4.430	4.430	5.953	29.140
4. Programa de conservación del Parque Nacional de Ybycuí		48.400	19.800	19.800	74.800	162.800
	Sección 1	23.381	9.565	9.565	36.134	78.644
	Sección 2	9.792	4.006	4.006	15.133	32.936
	Sección 3	15.227	6.229	6.229	23.533	51.219
5.Programa de desarrollo social		46.200	45.100	0	99.000	190.300
	Sección 1	22.703	22.162	0	48.649	93.514
	Sección 2	12.146	11.857	0	26.027	50.030
	Sección 3	11.351	11.081	0	24.324	46.757
Total		474.760	190.520	162.800	612.783	1.440.863
	Sección 1	235.003	100.759	87.385	344.382	767.529
	Sección 2	125.999	55.392	52.095	114.625	348.110
	Sección 3	113.759	34.369	23.319	153.776	325.223

Tabla 8.6.2 Costo de Mantenimiento del Control Ambiental y Total

(Unidad : US$)

		Año 5 (2002)	Año 6 (2003)	Total	Total General
1. Programa de auditoría ambiental		33.000	73.150	106.150	260.700
	Sección 1	15.941	35.337	51.278	125.937
	Sección 2	6.676	14.799	21.475	52.743
	Sección 3	10.382	23.014	33.396	82.020
2. Programa de mitigación ambiental		73.480	0	73.480	830.033
	Sección 1	35.496	0	35.496	469.446
	Sección 2	14.866	0	14.866	187.985
	Sección 3	23.118	0	23.118	172.601
3. Programa de monitoreo ambiental		11.880	16.280	28.160	204.820
	Sección 1	5.739	8.140	13.879	100.641
	Sección 2	2.403	8.140	10.543	71.302
	Sección 3	3.738	0	3.738	32.877
4. Programa de conservación del Parque Nacional de Ybycuí		20.900	0	20.900	183.700
	Sección 1	10.096	0	10.096	88.740
	Sección 2	4.228	0	4.228	37.165
	Sección 3	6.575	0	6.575	57.795
5.Programa de desarrollo social		46.200	0	46.200	236.500
	Sección 1	22.703	0	22.703	116.216
	Sección 2	12.146	0	12.146	62.176
	Sección 3	11.351	0	11.351	58.108
Monto Total		185.460	89.430	274.890	1.715.753
	Sección 1	89.975	43.477	133.452	900.981
	Sección 2	40.320	22.939	63.259	411.370
	Sección 3	55.165	23.014	78.179	403.402

8-7 Resumen del Costo

8-7-1 Resumen del Costo del Proyecto

El costo total de la construcción se muestra en la Tabla 8.7.1. El costo del proyecto, incluyendo otros costos, tales como servicios de ingeniería, control ambiental, adquisición de tierra, etc., se resume en la Tabla 8.7.2. El programa tentativo de inversión, incluyendo el costo de la inversión inicial y el costo de mantenimiento del control ambiental, se muestra en la Tabla 8.7.3.

Tabla 8.7.2 Resumen de Costos del Proyecto (Costos Financieros)

(Unidad : US$)

Codigo	Item	Sección 1 Costo	Sección 2 Costo	Sección 3 Costo	Costo Total	Tasa (%)	Observación
A	Costo de Construcción	28.628.758	15.291.481	17.947.888	61.868.127	71,0	
B	Costo de Manejo Medio Ambiental.	767.529	348.110	325.223	1.440.863	1,7	Sólo costo inicial
C	Costo de Ingeniería	2.567.500	3.938.363	1.895.237	8.401.100	9,6	
C.1	- Diseño Final	367.200	1.055.500	388.000	1.810.700	2,1	
C.2	- Supervisión Construcción	2.200.300	2.882.863	1.507.237	6.590.400	7,6	
Total (A+B+C)		31.963.787	19.577.954	20.168.348	71.710.090	82,3	
D	Adquisición de Tierra	890.000	887.000	208.000	1.984.000	2,3	
E	Contingencia	6.143.293	3.473.862	3.835.491	13.452.646	15,4	
E.1	- Contingencia de Precio	3.791.590	2.222.695	2.373.642	8.387.927	9,6	(A+B+C.2) × 12%
E.2	- Contingencia Física	2.351.703	1.251.167	1.461.849	5.064.719	5,8	(A+B) *8%
Total General (A+B+C+D+E)		38.997.080	23.938.816	24.211.838	87.146.736	100,0	
IVA (10%)		3.899.708	2.393.882	2.421.184	8.714.674		
Total con IVA		42.896.788	26.332.698	26.633.022	95.861.409		

Note : La inversión de tratamiento de convaleciente para el programa de manejo de medio ambiente no es incluida en el ítem B.

Tabla 8.7.1 Resumen de Costo Total de la Construcción (Costos Financieros)

Codigo		unidad	Seccion 1			Seccion 2			Seccion 3			Total				Observaciones
			precio unitario($)	cantidad	Costo ($)	precio unitario($)	cantidad	Costo ($)	precio unitario($)	cantidad	Costo ($)	Promedio precio unitario($)	cantidad	Costo ($)	Tasa(%)	
A	Costo de Construccion															
A.1	Mobilizacion	global	–	1.00	833,847	–	1.00	445,383	–	1.0	522,754	–	1.0	1,801,984	2.9	(A.2,3,4,5,6) x 3%
A.2	Trabajo de Tierra				4,494,219			1,840,775			1,931,133			8,266,127	13.4	
A.2.1	Limpieza del Sitio (normal)	km	1,371.00	26.40	36,194	1,371.00	14.54	19,934	1,371.00	6.1	8,377	1,371.00	47.1	64,506	0.1	
A.2.3	Limpieza del Sitio (arboles)	km	5,154.00	2.94	15,153	5,154.00	0.55	2,835	5,154.00	1.6	8,040	5,154.00	5.1	26,028	0.0	
A.2.4	Limpieza del Sitio (bosque denso)	km	12,884.00	0.70	9,019	12,884.00	0.05	644	12,884.00	0.0	0	12,884.00	0.8	9,663	0.0	
A.2.5	Terraplenado	m3	5.45	814,204.00	4,433,853	5.50	330,686.00	1,817,362	6.40	299,079.0	1,914,716	5.66	1,443,969.0	8,165,931	13.2	
A.3	Construccion de Puente	lugar	–	14.00	1,815,464	–	4.00	3,887,409	–	9.0	1,416,234	–	27.0	7,119,107	11.5	
A.4	Drenaje Pequeno	lugar	–	56.00	2,180,984	–	19.00	501,961	–	24.0	512,712	–	99.0	3,195,657	5.2	
A.5	Pavimento				16,520,732			7,441,808			11,849,815			35,812,355	57.9	
A.5.1	Sub-base	m3	40.31	124,899.00	5,034,458	38.72	70,193.00	2,718,160	51.02	81,344.0	4,150,127	43.06	276,436.0	11,902,745	19.2	
A.5.2	Base	m3	41.60	62,304.00	2,591,736	40.01	26,093.00	1,044,088	52.30	40,577.0	2,122,155	44.64	128,974.0	5,757,980	9.3	
A.4.3	Binder y Superficie (Hormigon/A)	m3	119.94	69,030.00	8,279,336	118.36	28,910.00	3,421,906	130.65	39,624.0	5,176,854	122.69	137,564.0	16,878,096	27.3	
A.5.4	Imprimacion	m3	570.00	1,079.30	615,201	570.00	452.03	257,654	570.00	702.9	400,679	570.00	2,234.3	1,273,534	2.1	
A.6	Otros Trabajos	global	–	1.00	2,783,512	–	1.00	1,174,145	–	1.0	1,715,239	–	1.0	5,672,897	9.2	(A.2,4,5) x 12 %
A	Costo Total de Construccion				28,628,758			15,291,481			17,947,888			61,868,127	100.0	

Tabla 8.7.3 Programa de Inversión con IVA (10%) (Costos Financieros)

	Desde : Hasta	Sección 1 (US$)	Sección 2 (US$)	Sección 3 (US$)	Total (US$1,000)	Observaciones
	Ene. 98 : Dic. 98	856.708	541.695	593.368	1.991,8	Diseño Final
	:	258.503	138.599	125.135	522,2	Medio Ambiente
	Total	1,115,211	680,294	718.502	2.514,0	
	Mar.99 : Dic. 99	7.872.908	4.205.157	4.935.669	17.013,7	Construcción: 9 meses
	:	550.083	792.788	414.490	1.757,4	Supervisión
	:	110.835	60.931	37.806	209,6	Medio Ambiente
	Total	8.533.825	5.058.876	5.387.965	18.980,7	
	Ene. 00 : Dic. 00	10.497.211	5.606.876	6.580.892	22.685,0	12 meses
	:	806.776	1.057.049	552.653	2.416,5	Supervisión
	:	96.124	57.305	25.651	179,1	Medio Ambiente
	Total	11.400.111	6.721.230	7.159.196	25.280,5	
	Ene. 01 : Dic. 01	10.497.211	5.606.876	6.580.892	22.685,0	12 meses
	:	806.776	1.057.049	552.653	2.416,5	Supervisión
	:	378.820	126.088	169.154	674,1	Medio Ambiente
	Total	11.682.808	6.790.013	7.302.699	25.775,5	
	Ene. 02 : Mar.02	2.624.303	1.401.719	1.645.223	5.671,2	3 meses
	:	256.695	264.263	138.164	659,1	Supervisión
	:	0	0	0	0,0	Medio Ambiente
	Total	2.880.998	1.665.982	1.783.387	6.330,4	
1	Abr. 02 : Dic. 02	47.410	20.460	31.240	99,1	(Bacheo)×0%
	:	98.973	44.352	60.682	204,0	Medio Ambiente
	Total	146,383	64,812	91.922	303,1	
2	Ene. 03 : Dic. 03	47.410	20.460	31.240	99,1	
	:	47.825	25.233	25.315	98,4	Medio Ambiente
	Total	95,235	45,693	56.555	197,5	
3	Ene. 04 : Dic. 04	47.410	20.460	31.240	99,1	
4	Ene. 05 : Dic. 05	47.410	20.460	31.240	99,1	
5	Ene. 06 : Dic. 06	47.410	20.460	31.240	99,1	
6	Ene. 07 : Dic. 07	104.720	44.440	66.550	215,7	(Bacheo)×15%
7	Ene. 08 : Dic. 08	104.720	44.440	66.550	215,7	
8	Ene. 09 : Dic. 09	104.720	44.440	66.550	215,7	
9	Ene. 10 : Dic. 10	162.140	68.530	105.930	336,6	(Bacheo)×30%
10	Ene. 11 : Dic. 11	162.140	68.530	105.930	336,6	
11	Ene. 12 : Dic. 12	2.145.000	1.266.870	1.518.000	4.929,9	Recapado & Pintura
12	Ene. 13 : Dic. 13	2.145.000	1.266.870	1.518.000	4.929,9	Recapado & Pintura
13	Ene. 14 : Dic. 14	47.410	20.460	31.240	99,1	(Bacheo)×0%
14	Ene. 15 : Dic. 15	47.410	20.460	31.240	99,1	
15	Ene. 16 : Dic. 16	47.410	20.460	31.240	99,1	
16	Ene. 17 : Dic. 17	47.410	20.460	31.240	99,1	
17	Ene. 18 : Dic. 18	47.410	20.460	31.240	99,1	
18	Ene. 19 : Dic. 19	104.720	44.440	66.550	215,7	(Bacheo)×15%
19	Ene. 20 : Dic. 20	104.720	44.440	66.550	215,7	
20	Ene. 21 : Dic. 21	104.720	44.440	66.550	215,7	

Nota : Costo para la adquisición de tierra no está incluido.