

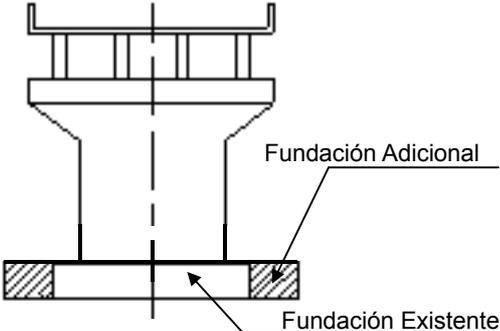
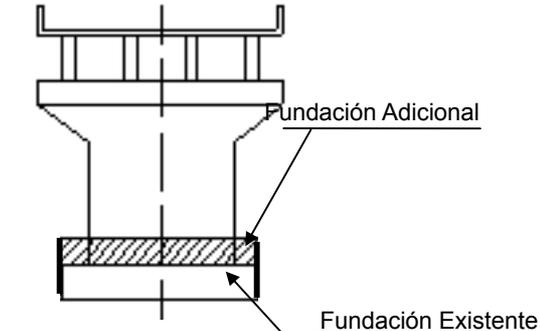
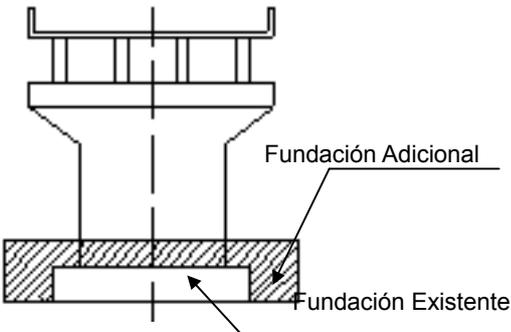
11.7 Fundaciones

La carga sísmica y la socavación afecta el desempeño de la seguridad de la fundación. La carga sísmica afectará la estabilidad de la fundación tal como la capacidad de carga, volcándose y deslizándose directamente. Por otra parte, una dosis de socavación no afecta la estabilidad de la fundación directamente. Sin embargo, cuando la profundidad de la socavación es mayor que el nivel inferior de la fundación, la socavación afecta la estabilidad de la fundación, tal como el deterioro de la capacidad de carga.

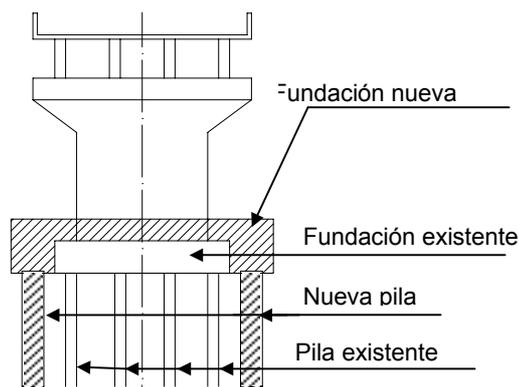
11.7.1 Método de Refuerzo para la Fundación

La Tabla 11.7.1 muestra los ejemplos principales del método de refuerzo para la fundación

Tabla 11.7.1. Métodos de Refuerzo para la Fundación

Método de Refuerzo	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
<p>Incremento de Dimensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expandir la Fundación 		<p>Al expandir el tamaño de la fundación. El promedio de seguridad de la estabilidad de la fundación, tal como la capacidad de carga, se incrementa el volqueo (excentricidad) y el deslizamiento.</p> <p>Al incrementar el espesor de la fundación, incrementa la capacidad de carga.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Incremento del espesor de la fundación 		
<ul style="list-style-type: none"> - Expandir la fundación e incrementar el espesor de la fundación 		

Incremento del número de pilas
-Instalación de pila adicional



Al incrementar el número de pilas, disminuye la reacción axial de cada pila

Al incrementar el espesor de la fundación, la capacidad de carga de la fundación incrementa contra la fuerza compresión y tensión de las pilas.

Es difícil instalar la nueva pila bajo la superestructura,

11.7.2 Selección del Método de Refuerzo para la Fundación

Tres de los 10 Puentes, el Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí, el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó son de fundación de tipo pilote, los otros 7 puentes son de fundación aislada.

Cuando se selecciona el Método de Refuerzo para la fundación, es importante considerar la condición del suelo de la capa de apoyo y la condición de la construcción. Generalmente, la fundación aislada se ha ubicado en la capa de apoyo substancial que tiene suficiente capacidad de carga contra la reacción del suelo y la fundación de la pila se ha aplicado para la capa de suelo suave.

En el caso de los 10 puentes, todas las fundaciones aisladas se han encajado en la roca o la capa de arena dura (valor SPT mayor a 50) y las capas de apoyo de todas las fundaciones de las pilas son de más de 20m de profundidad desde la superficie del suelo.

Si la fundación aislada se refuerza con pilas, su costo es mayor que los métodos de refuerzo mostrados en la Tabla 11.7.1. Estos son los métodos más razonables para reforzar la fundación aislada. Sin embargo, donde la fundación aislada existente no se apoya en la capa substancial, tal como la capa de arena dura (valor STP mayor a 30) con el espesor de más de 5m. la capa de arcilla dura (valor SPT mayor a 20) o la roca debe ser reforzada por las pilas.

En el caso de la fundación de tipo pila, es claro que el método de refuerzo es el del incremento del número de pilas. Sin embargo, donde el claro bajo la superestructura es pequeño o no hay suficiente espacio para colocar los equipos de las pilas, es difícil reforzar con pilas adicionales. En este caso, al cambiar las condiciones de apoyo de la superestructura, se puede reducir la carga sísmica para la fundación.

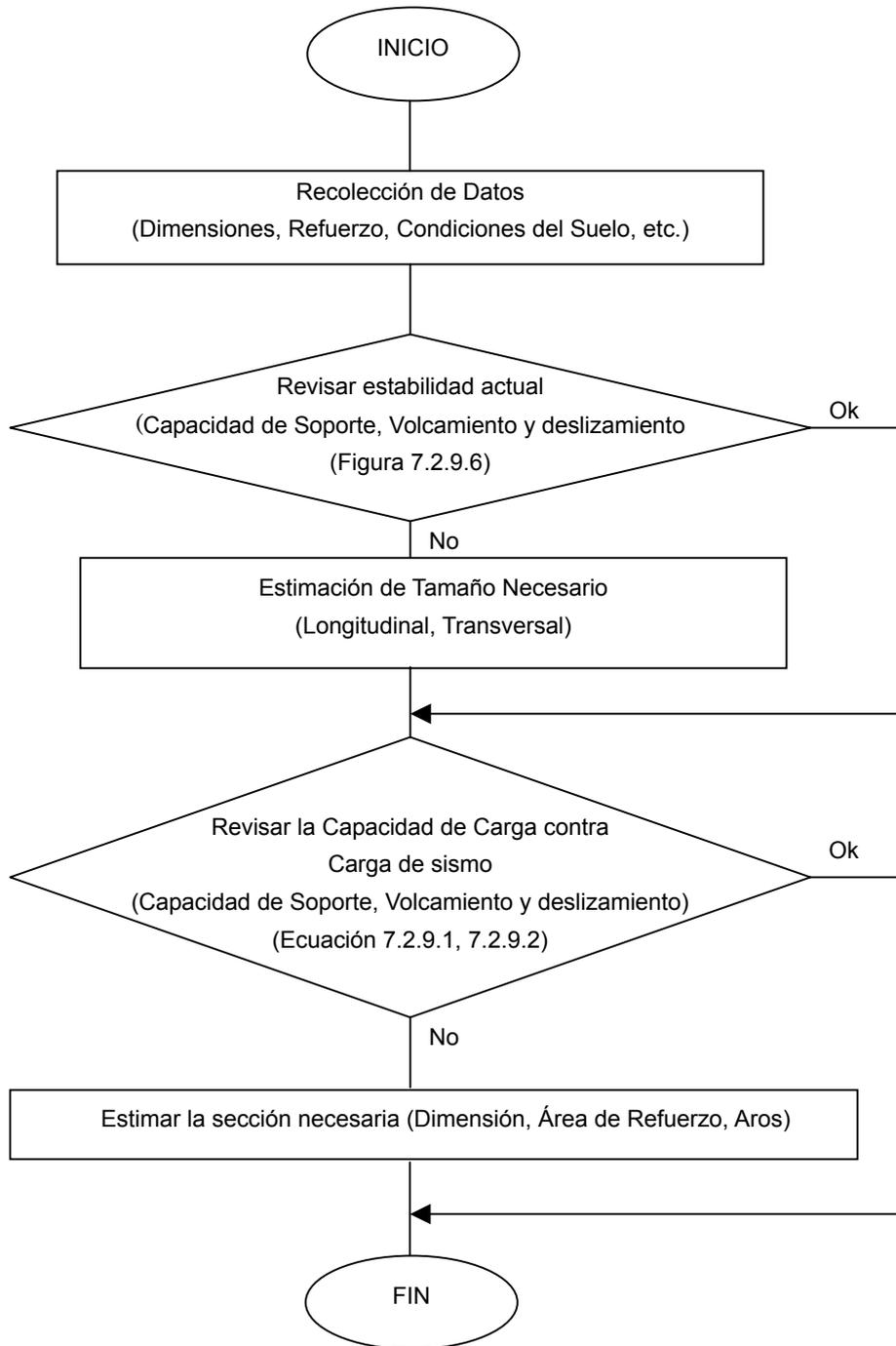


Figura 11.7.1. Proceso de Diseño de Aumento de Fundaciones

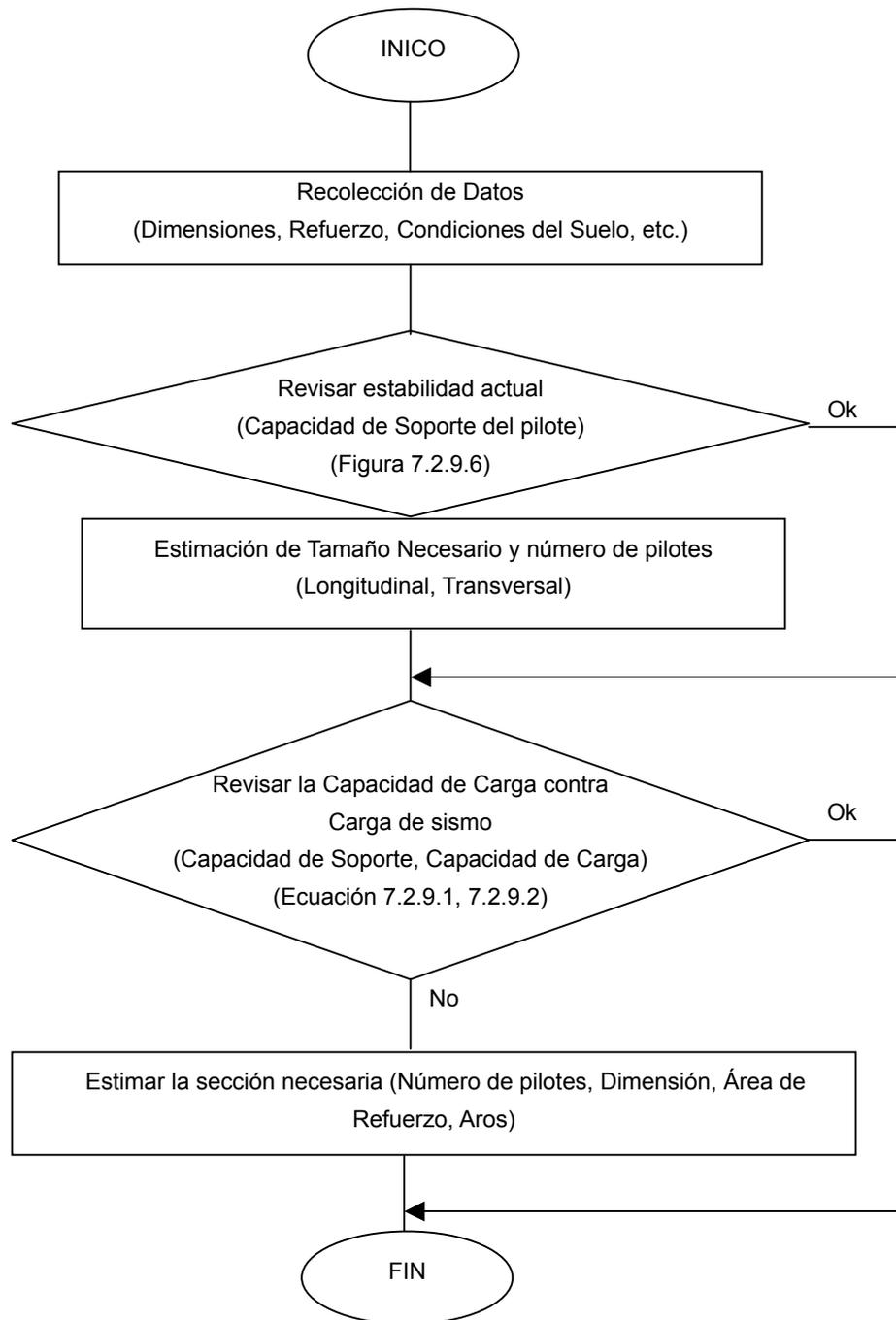


Figura 11.7.2. Proceso de Diseño de Incremento de Número de Pilotes

11.7.3 Metodología para Diseño de Refuerzo de Fundación

El refuerzo para la fundación debe ser diseñado basándose en el AASHTO o estándares relevantes y el Factor de Carga de Diseño debe ser aplicado al diseño del refuerzo de la fundación. Y el diseño debe cumplir con el procedimiento siguiente.

(1) Revisar la Estabilidad de la Fundación

Se debe revisar la estabilidad de la fundación en principio cuando se practica del refuerzo de la fundación.

En caso de fundaciones aisladas deben ser revisadas sobre tres tipos de factor de escala, uno es la capacidad de soporte del suelo, otro es la condición de volcamiento de la subestructura juzgada por su excentricidad, determinada por la distancia entre el centro de la fundación y el punto de aplicación de la resultante de fuerza, el ultimo factor el de deslizamiento.

Para el caso de fundaciones de pilotes se deben juzgar la reacción del pilote y su capacidad de carga.

Cuando la fundación existente no satisface los factores de estabilidad anteriores para fundaciones aisladas o la reacción de pilotes o capacidad de carga del pilote es menor a la fuerza de trabajo, es necesario variar el tamaño de la fundación o el número de pilotes y se deben estimar las filar de pilotes de las fundaciones.

A este punto el cálculo debe estar terminado considerando los siguientes puntos

- La carga muerta original es almacenada por las fundaciones originales
- La carga muerta adicional que es la carga muerta de la sección de refuerzo o la carga de sismo debe registrarse por medio de la fundación original y la sección adicional

Además, la parte original y la nueva deben ser calculadas y chequear si satisfacen o no los requerimientos. La parte original registra especialmente ambos casos por lo que su reacción debe ser combinada (Figura 11.7.5).

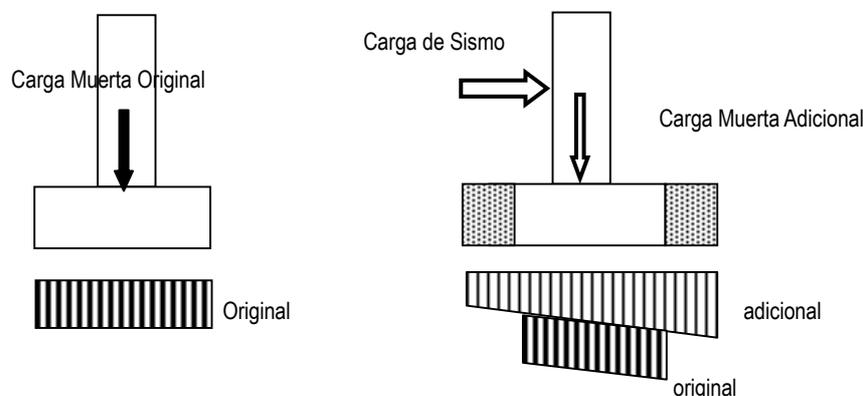


Figura 11.7.3. Juicio de Capacidad de Carga

Sin embargo, cuando el resultado del calculo excede la capacidad de soporte, el factor de seguridad o la fuerza resistente es pequeña y no se afecta la estabilidad de la fundación o esta dentro de un error de análisis, puede ser menor al 10% y no es necesario reforzar la fundación.

(2) Revisión de la Capacidad de Carga

Después de estimar el tamaño de fundación necesario o el número de pilotes y pilas de ellos, se debe chequear la capacidad de carga de la fundación de acuerdo con el método de Factores de Carga de Diseño.

La capacidad de carga de la fundación fue revisada comparando la resistencia/fuerza de diseño y la fuerza de trabajo al momento flexionante y fuerza cortante. En este momento también debe considerarse la secuencia de refuerzo como la misma para la estabilización de la fundación.

La carga muerta original es absorbida por la fundación original y la carga muerta adicional es la carga muerta de la sección de refuerzo, la carga de sismo debe absorberse por medio de ambas secciones.

Se debe chequear la sección original para los casos de carga muerta original, carga muerta adicional y carga de sismo. Se puede evaluar la capacidad de carga de la fundación por medio de la Ecuación 11.7.1 y 11.7.2.

$$\frac{M_{uo}}{M_o} + \frac{M_{ua} + M_{ue}}{M_m} \leq 1.0 \dots\dots\dots (11.7.1)$$

$$\frac{V_{uo}}{V_o} + \frac{V_{ua} + V_{ue}}{V_m} \leq 1.0 \dots\dots\dots (7.2.9.2)$$

donde:

- M_{uo} (V_{uo}) : Momento Flexionante (Fuerza Cortante) causado por la carga muerta original
- M_{ua} (V_{ua}) : Momento Flexionante (Fuerza Cortante) causado por la carga muerta adicional
- M_{ue} (V_{ue}) : Momento Flexionante (Fuerza Cortante) causado por la carga de sismo
- φM_o (φV_o) : Momento Resistente de Diseño (fuerza cortante) para sección original
- φM_m(φV_m) : Momento Resistente de Diseño (fuerza cortante) para sección modificada
(Sección Original + Sección Reforzada)

11.7.4 Condición Existente y Condición después del Refuerzo

1) Fundación Aislada

En 7 puentes se usa la fundación aislada excepto el Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí y el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó. La Tabla 11.7.2 muestra las condiciones existentes de la estabilidad de la fundación aislada, tal como la reacción de los suelos, la seguridad de volcarse (excentricidad) y deslizamiento.

El Puente No. 20. sobre el Río Sucio, algunos bastiones y la mayoría de las pilas están inestables para la reacción del suelo y la excentricidad, y estos necesitan el ancho de expansión de la fundación.

Todas las fundaciones existentes han revisado las capacidades de carga para la carga muerta y la carga sísmica. La Tabla 11.7.3 muestra las capacidades de carga con el promedio del momento resistente al momento que está trabajando (M_o/M_{uo}) y la fuerza cortante resistente a la fuerza cortante que está trabajando (V_o/V_{uo}).

Las 3 pilas, la pila P2 del Puente Aranjues, las pilas P1 y P4 del Puente Puerto Nuevo necesitan incrementar el espesor de las fundaciones y las otras tres pilas, la pila P1 del Puente sobre el Río Abangares, la pila P3 del Puente Puerto Nuevo y P1 del puente sobre el Río Torres, también necesitan incrementar el espesor de la fundación, ya que su grosor original es de menos de 1/5 (un quinto) del ancho expandido de la fundación.

Las Tablas 11.7.2 y 11.7.3. muestran las dimensiones necesitadas de la fundación para la carga sísmica y las condiciones de carga después del refuerzo

2) Fundación tipo pilote

Las fundaciones de tipo pilote se usan para los 3 puentes, el Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí y el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó. La Tabla 11.7.4 muestra las condiciones existentes de la fuerza de la reacción axial de la pila y el número necesario de pilas. La Tabla 11.7.5(a) muestra la capacidad de carga de las fundaciones existentes. Las capacidades de carga existentes de las pilas para las fuerzas de compresión y tensión se muestran en la Tabla 11.7.5(b). La Tabla 11.7.5(c) muestra las condiciones de la capacidad de carga después del refuerzo.

En el Puente Chirripó, las fuerzas compresión y tensión de las pilas es menor que la fuerza axial permitida. Sin embargo, existe acero de refuerzo en la parte superior de la fundación, así que no puede resistir el momento de flexión debido a la fuerza tensión de las pilas. Por lo tanto, el incremento del espesor de la fundación con 50cm y la adición del acero de refuerzo se necesitan para el refuerzo de la fundación.

En el Puente Sarapiquí, la fuerza compresión axial de las pilas en P1 exceden la capacidad de carga permitida de las pilas, así que se requiere pilas adicionales y el incremento de las dimensiones de la fundación. Ya que no existe acero de refuerzo, lo mismo que sucede en el Puente sobre el Río Chirripó, se necesita las dimensiones de la fundación y la adición de acero de refuerzo.

En el Puente sobre el Río Nuevo, la fuerza axial de las pilas en las fundaciones P1 y P2 excede la capacidad de carga permitida de la pila. Sin embargo, la pila existente P1 está muy maltratada y no hay suficiente espacio. Por lo tanto la condición de apoyo de P1 ha cambiado de un apoyo fijo a una condición de apoyo móvil para reducir la fuerza sísmica actuando en la pila P1. Y el bastión A1, que puede añadir pilas sin problemas de claro ha cambiado a un apoyo fijo y se ha reforzado para añadir pilas que carguen la fuerza sísmica incrementada.

Tabla 11.7.2. Condición Existente de la Fundación Aislada y el Tamaño necesitado de la Fundación

Bridge Name		Member	Size		Bearing		Turnover		Sliding		Ratio			Required size			
			B	D	Reaction	Capacity	exc	B/3	H	HR	Bearing	exc	HR/H				
2	Río Aranjuez	A1	L	7.47	1.52	9.50	145.00	0.01	2.49	11.38	185.98	15.26	191.54	16.34	-		
			T	3.66		9.80		0.01	1.22	166.00	185.98	14.80	93.85	1.12	-		
		P1	L	3.05	1.52	89.80	116.00	2.20	1.02	134.00	428.87	1.29	0.46	3.20	5.50		
			T	7.32		485.60		3.40	2.44	138.00	428.87	0.24	0.72	3.11	9.00		
		P2	L	4.27	1.52	11.00	200.00	7.80	1.42	526.00	796.73	18.18	0.18	1.51	11.50		
			T	7.32		210.50		3.20	2.44	140.00	796.73	0.95	0.76	5.69	13.00		
		A2	L	3.05	1.40	8.20	116.00	0.02	1.02	3.90	149.64	14.15	68.00	38.37	-		
			T	9.70		7.70		0.05	3.23	45.16	149.64	15.06	71.78	3.31	-		
3	Río Abangares	A1	L	4.57	0.91	31.30	146.00	3.93	1.52	112.90	205.68	4.66	0.39	1.82	7.50		
			T	2.59		453.80		1.36	0.86	64.00	205.68	0.32	0.63	3.21	4.50		
		P1	L	2.74	1.22	41.00	149.00	2.54	0.91	258.00	558.06	3.63	0.36	2.16	6.50		
			T	12.50		48.60		1.78	4.17	173.00	558.06	3.07	2.35	3.23	12.50		
		A2	L	5.49	1.22	96.70	154.00	3.42	1.83	146.00	239.38	1.59	0.54	1.64	7.50		
			T	3.05		78.60		1.07	1.02	77.70	239.38	1.96	0.96	3.08	5.00		
		7	Río Azufrado	P1	L	1.83	0.76	18.80	38.00	0.00	0.61	148.00	150.09	2.02	-	1.01	-
					T	8.23		32.60		1.01	2.74	55.00	150.09	1.17	2.72	2.73	-
P2	L			1.83	0.76	18.80	63.00	0.00	0.61	148.00	150.09	3.35	-	1.01	-		
	T			8.23		32.60		1.01	2.74	55.00	150.09	1.93	2.72	2.73	-		
12	Río Puerto Nuevo	A1	L	4.27	0.91	57.70	154.00	0.97	1.42	59.00	336.02	2.67	1.46	5.70	-		
			T	3.05		44.20		0.44	1.02	35.50	336.02	3.48	2.31	9.47	-		
		P1	L	4.57	1.22	53.50	182.00	0.89	1.52	98.60	327.13	3.40	1.71	3.32	7.50		
			T	4.57		-148.70		2.79	1.52	31.44	327.13	-1.22	0.55	10.40	7.50		
		P2	L	5.49	1.52	134.00	116.00	2.05	1.83	105.00	480.90	0.87	0.89	4.58	6.00		
			T	5.49		63.28		1.20	1.83	63.00	480.90	1.83	1.53	7.63	6.00		
		P3	L	5.03	1.22	50.90	190.00	0.89	1.68	34.00	391.86	3.73	1.88	11.53	6.50		
			T	5.03		1353.10		2.45	1.68	95.00	391.86	0.14	0.68	4.12	6.50		
		P4	L	4.57	1.22	322.70	182.00	1.98	1.52	78.00	405.67	0.56	0.77	5.20	5.35		
			T	4.57		343.30		2.00	1.52	79.00	405.67	0.53	0.76	5.14	5.50		
		A2	L	3.35	0.91	9161.90	143.00	1.67	1.12	64.00	201.70	0.02	0.67	3.15	4.50		
			T	2.44		42.80		0.28	0.81	38.00	201.70	3.34	2.93	5.31	2.50		
17	Río Chirripo	P1	L	9.50	2.50	214.60	124.50	4.03	3.17	800.00	1460.66	0.58	0.79	1.83	11.00		
			T	10.50		83.00		3.19	3.50	582.00	1460.66	1.50	1.10	2.51	11.00		
		P2	L	9.50	2.50	214.60	124.50	4.03	3.17	800.00	1460.66	0.58	0.79	1.83	11.00		
			T	10.50		83.00		3.19	3.50	582.00	1460.66	1.50	1.10	2.51	11.00		
20	Río Sucio	P1	L	12.50	2.50	37.90	116.00	0.02	4.17	5.00	3287.51	3.06	189.55	657.50	-		
			T	12.50		55.20		2.89	4.17	507.00	3287.51	2.10	1.44	6.48	-		
		P2	L	9.00	2.50	18.10	222.00	0.00	3.00	507.00	1099.96	12.27	15000.00	2.17	-		
			T	12.50		19.40		0.45	4.17	215.00	1099.96	11.44	9.31	5.12	-		
29	Río Torres	A1	L	6.00	1.00	99.50	162.00	2.48	2.00	121.83	228.44	1.63	0.81	1.88	6.50		
			T	3.50		65.20		1.29	1.17	66.75	228.44	2.48	0.91	3.42	4.00		
		P1	L	7.50	1.10	15.00	175.00	0.22	2.50	15.66	430.74	11.67	11.63	27.51	8.00		
			T	7.50		53.50		2.56	2.50	186.65	430.74	3.27	0.98	2.31	8.00		
		P2	L	7.00	1.10	38.10	166.00	2.15	2.33	169.46	299.24	4.36	1.08	1.77	-		
			T	7.00		11.20		0.02	2.33	169.93	299.24	14.82	129.44	1.76	-		
		A2	L	3.50	0.90	62.40	135.00	2.31	1.17	61.50	114.38	2.16	0.51	1.86	4.50		
			T	2.00		264.40		1.07	0.67	40.32	114.38	0.51	0.62	2.84	3.00		

Tabla 11.7.3. Capacidad de Carga de las Fundaciones Existentes y después del refuerzo

Bridge Name	Member	Dead		EQ		Dead+EQ		Original			Required size			Additional			Original			Additional			Evaluation																	
		Mud	Vud	Mue	Vue	Mu	Vu	Mu	Vu	φ	M _o	φ	V _o	φ	M _o	φ	V _o	M _u	φ	M _u	φ	V _u		M _u	φ	M _u	φ	V _u	M _u	φ	M _u	φ	V _u	M _u	φ	M _u	φ	V _u		
2 Río Arenuzú	A1	L	0	23.948	1.262	0.7579	1.3	24.7	251.1	299.4	198.99	12.12	7.47	0.0	0.0	1.3	0.8	251.1	299.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08		
	T	0	48.879	0.8642	1.5677	0.9	50.4	431.3	611.0	499.02	12.11	3.66	0.0	0.0	0.0	0.9	1.6	431.3	611.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08		
	P1	L	38.563	141.47	72.532	216.81	111.1	358.3	243.5	598.8	2.19	1.67	5.50	1.5	2.5	74.0	219.3	299.4	736.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.1	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13		
	T	3.0945	18.423	3.5581	25.326	6.7	43.7	91.4	249.5	13.73	5.70	9.00	0.7	1.7	4.3	27.0	164.8	449.9	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	P2	L	97.116	180.69	162.37	471.16	1720.8	651.9	555.4	598.9	0.32	0.82	11.50	29.52	16.33	165.2	487.5	2413.4	2171.3	0.2	0.3	0.7	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.53	
	T	3.0945	17.675	3.6155	25.734	6.7	43.4	132.0	349.3	19.67	8.05	13.00	18.22	12.83	21.8	38.6	553.2	1746.4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07	
3 Río Abangare	A2	L	0	0.9174	0.0097	0.0671	0.0	0.9	92.8	228.4	85.71	9.70	0.0	0.0	0.0	0.1	92.8	228.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	T	3.23	19.84	10.47	44.36	13.7	64.2	52.1	121.5	3.61	1.89	7.50	0.1	1.5	2.1	12.0	46.4	90.6	211.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.19	0.38	0.19	0.38	0.19	0.38	0.19	0.38	0.19	0.38	0.19	0.38		
	P1	L	14.61	49.41	22.18	59.46	36.8	108.9	81.2	214.4	2.21	1.97	4.50	0.6	1.4	22.8	60.8	133.3	361.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.40
	T	34.473	159.23	97.253	405.78	131.7	565.0	335.4	895.9	2.55	1.43	5.50	4.18	4.45	101.4	410.2	335.4	1813.9	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.41	0.42	0.41	0.42	0.41	0.42	0.41	0.42	0.41	0.42	0.41	0.42		
	P2	L	30.61	57.20	35.54	86.61	86.2	143.6	279.2	196.6	3.24	1.37	7.50	0.8	0.8	1.6	56.4	88.2	457.7	322.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.56	
	T	32.46	83.10	26.17	57.95	58.6	141.1	259.5	353.9	4.43	2.51	5.00	0.8	1.6	26.9	59.5	354.5	483.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20			
7 Río Asufrado	A1	L	19.19	77.35	0.00	0.00	19.2	77.4	223.7	313.8	11.86	4.06	1.83	0.0	0.0	0.0	0.0	223.7	313.8	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25		
	T	5.97	19.14	1.44	4.88	6.8	24.0	23.8	34.6	2.91	8.23	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.9	23.6	69.8	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34		
	P1	L	19.19	77.35	0.00	0.00	19.2	77.4	223.7	313.8	11.86	4.06	1.83	0.0	0.0	0.0	0.0	223.7	313.8	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	
	T	5.97	19.14	1.44	4.88	6.8	24.0	23.8	34.6	2.91	8.23	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.9	23.6	69.8	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34	0.29	0.34		
	P2	L	36.691	75.944	2.794	4.418	33.9	71.5	173.8	143.1	5.13	2.00	4.27	0.0	0.0	0.0	2.6	4.4	173.8	143.1	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.56	
	T	23.276	68.433	12.635	24.127	35.9	92.6	81.2	200.3	2.26	2.16	3.05	0.0	0.0	0.0	12.6	24.1	81.2	200.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.44	0.46	0.44	0.46	0.44	0.46	0.44	0.46	0.44	0.46			
12 Río Puerto Nuevo	P1	L	91.381	141.6	123.15	181.08	214.5	322.7	281.4	294.6	1.31	0.9	7.50	2.70	3.68	35.4	52.8	424.0	899.5	0.3	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.41	0.54	0.41	0.54	0.41	0.54	0.41	0.54	0.41	0.54	0.41	0.54		
	T	171.11	210.68	83.309	89.973	254.4	300.7	519.5	450.3	2.04	1.50	6.00	0.02	0.15	83.3	90.1	478.0	837.8	0.3	0.5	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58			
	P2	L	171.11	210.68	83.309	89.973	254.4	300.7	519.5	450.3	2.04	1.50	6.00	0.02	0.15	83.3	90.1	478.0	837.8	0.3	0.5	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58	0.50	0.58		
	T	121.6	168.09	44.32	55.783	155.9	223.9	460.6	324.2	2.79	1.45	6.50	0.50	0.50	1.36	44.8	57.1	603.1	848.4	0.3	0.5	0.1	0.1	0.3	0.4	0.3	0.4	0.34	0.50	0.34	0.50	0.34	0.50	0.34	0.50	0.34	0.50			
	P3	L	121.6	168.09	44.32	55.783	155.9	223.9	460.6	324.2	2.79	1.45	6.50	0.50	0.50	1.36	44.8	57.1	603.1	848.4	0.3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.47	0.70	0.47	0.70	0.47	0.70	0.47	0.70	0.47	0.70			
	T	121.6	168.09	44.32	55.783	155.9	223.9	460.6	324.2	2.79	1.45	6.50	0.50	0.50	1.36	44.8	57.1	603.1	848.4	0.3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.47	0.70	0.47	0.70	0.47	0.70	0.47	0.70	0.47	0.70				
17 Río Chirripo	P4	L	106.17	173.14	94.919	142.47	201.1	315.6	281.4	294.6	1.40	0.93	5.35	0.12	0.59	95.0	143.1	352.7	736.2	0.4	0.6	0.3	0.2	0.6	0.3	0.2	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78		
	T	106.17	173.14	94.919	142.47	201.1	315.6	281.4	294.6	1.40	0.93	5.35	0.16	0.71	95.9	144.5	352.7	736.2	0.4	0.6	0.3	0.2	0.6	0.3	0.2	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78	0.65	0.78			
	A2	L	29.46	44.75	21.26	48.12	37.3	92.9	91.9	114.5	2.46	1.23	4.50	0.0	0.0	0.0	2.1	48.5	94.2	117.3	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.40	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60		
	T	29.46	44.75	21.26	48.12	37.3	92.9	91.9	114.5	2.46	1.23	4.50	0.0	0.0	0.0	2.1	48.5	94.2	117.3	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.40	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60					
	P1	L	952.5	652.9	1126.2	596.3	2078.7	1249.3	3693.1	1451.6	1.78	1.16	11.00	0.30	0.79	1126.5	597.1	3868.9	1520.7	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.55	0.84	0.55	0.84	0.55	0.84	0.55	0.84	0.55	0.84			
	T	430.38	455.91	411.59	321.9	842.0	777.8	2681.0	1313.4	3.18	1.69	11.00	0.03	0.26	411.6	322.2	3104.3	1520.7	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.29	0.56	0.29	0.56	0.29	0.56	0.29	0.56	0.29	0.56					
20 Río Sicú	P2	L	952.5	652.9	1126.2	596.3	2078.7	1249.3	3693.1	1451.6	1.78	1.16	11.00	0.30	0.79	1126.5	597.1	3868.9	1520.7	0.3	0.4	0.3	0.4																	

Tabla 11.7.4. Fuerza de la Reacción Axial de las pilas y el número necesitado de pilas (a) Fuerza Axial de las pilas de la estructura original

Bridge Name			Original Size			Dead	EQ			qo+qe		Evaluation					
			B	t	Pile	qo	qemax	qe min	max	min	Qa	Qa(EQ)	Ta(EQ)	Dead	EQ(Max)	EQ(Min)	
26	Chirripo	P1	L	2.20	1.80	2	32.8	80.7	-80.7	113.5	-47.9	106.47	229.7	-76.4	3.25	2.02	1.59
			T	7.30			8	32.8	100.1	-100.1	132.9	-67.3	106.47	229.7	-76.4	3.25	1.73
		P2	L	2.80	2.00	25	13.1	49.3	-49.3	62.4	-36.2	106.47	229.7	-76.4	8.13	3.68	2.11
			T	7.70			13.1	55	-55	68.1	-41.9	106.47	229.7	-76.4	8.13	3.37	1.82
	P3	L	5.20	2.00	35	33.6	96.2	-96.2	129.8	-62.6	106.47	229.7	-76.4	3.17	1.77	1.22	
		T	8.20			33.6	46	-46	79.6	-12.4	106.47	229.7	-76.4	3.17	2.89	6.16	
	P4	L	5.20	2.00	35	38.9	95.4	-95.4	134.3	-56.5	106.47	229.7	-76.4	2.74	1.71	1.35	
		T	8.20			38.9	49.3	-49.3	88.2	-10.4	106.47	229.7	-76.4	2.74	2.60	7.35	
19	Sarapiquí	P1	L	2.20	2.00	2	39	80.7	-80.7	119.7	-41.7	63.63	92.93	-30.77	1.63	0.78	0.74
			T	6.90			13	39	100.1	-100.1	139.1	-61.1	63.63	92.93	-30.77	1.63	0.67
	P2	L	3.05	2.50	4	13.1	26.8	-26.8	39.9	-13.7	63.63	99.25	-33.08	4.86	2.49	2.41	
		T	9.80			13	13.1	24.7	-24.7	37.8	-11.6	63.63	99.25	-33.08	4.86	2.63	2.85
16	Nuevo	P1	L	2.74	0.914	4	14.3	197	-197	211.3	-182.7	44.865	66.4	-22.1	3.14	0.31	0.12
			T	7.77			6	14.3	22.7	-22.7	37	-8.4	44.865	66.4	-22.1	3.14	1.79
	P2	L	3.66	0.914	3	18.91	0	0	18.91	18.91	40.05	66.4	-22.1	2.12	3.51	-	
		T	7.77			6	18.91	30.23	-30.23	49.14	-11.32	40.05	66.4	-22.1	2.12	1.35	1.95

(b) Fuerza Axial de las pilas de la estructura reforzada

Bridge Name			Modified Size		Original Pile						Additional Pile		Allowable Capacity		
			No. of pile	Size of footing	Dead		EQ			qo+qe		EQ		Qa(EQ)	Ta(EQ)
					qo	qemax	qe min	max	min	qemax	qe min				
19	Sarapiquí	P1	L	4	5.4	3.00	39.0	10.0	-22.1	49.0	29.0	26.5	-26.5	92.9	-30.8
			T	13	8.9		39.0	50.0	-22.1	89.0	-11.0	-	-	92.9	-30.8
16	Nuevo	P1	L	2.74	0.914	4	14.3	10.4	-22.1	24.7	3.9	-	-	66.4	-22.1
			T	7.77			6	14.3	22.7	-22.1	37.0	-8.4	-	-	66.4
	P2	L	3.66	0.914	3	18.9	17.3	-22.1	36.2	1.6	-	-	66.4	-22.1	
		T	7.77			6	18.9	30.2	-22.1	49.1	-11.3	-	-	66.4	-22.1

Nota ; La condición de apoyo en el Río Nuevo ha cambiado en la pila y el apoyo móvil

Tabla 11.7.5. Condición de la Capacidad de Carga de la Fundación (a) Capacidad de Carga de la Fundación original

Bridge Name			Original Size			Muo	Vuo	Me	Ve	Muo+Me	Vuo+Ve	φ Mo	φ Vo	φ Mo	φ Vo	
			B	t	Pile	tm	ton	tm	ton	tm	ton	tm	ton	/(Muo+Me)	/(Vuo+Ve)	
26	Chirripo	P1	L	8.00	1.80	2	0	0	0	0	0.0	0.0	457.8	597.1	-	-
			T	10.00			8	91.86	131.22	46.54	60.05	138.4	191.3	570.1	180.0	4.1
		P2	L	8.00	2.00	25	27.25	272.52	11.49	114.94	38.7	387.5	523.2	718.5	13.5	1.9
			T	10.00			194.66	194.66	83.31	79.72	278.0	274.4	840.4	261.3	3.0	1.0
	P3	L	11.00	2.00	35	107.51	503.96	350.47	371.08	458.0	875.0	1435.5	765.2	3.1	0.9	
		T	11.00			255.34	235.18	106.81	92.88	362.2	328.1	1197.3	485.2	3.3	1.5	
	P4	L	11.00	2.00	35	430.82	525.39	347.40	367.83	778.2	893.2	1435.5	765.2	1.8	0.9	
		T	11.00			266.20	245.18	113.49	98.68	379.7	343.9	1197.3	485.2	3.2	1.4	
19	Sarapiquí	P1	L	8.00	2.00	2	50.69	350.94	34.99	242.22	85.7	593.2	193.3	643.9	2.3	1.1
			T	8.00			175.47	155.97	137.62	116.77	313.1	272.7	472.2	205.3	1.5	0.8
	P2	L	5.00	2.50	4	107.31	170.34	73.25	116.27	180.6	286.6	265.8	914.5	1.5	3.2	
		T	11.00			393.09	209.65	206.23	98.99	599.3	308.6	976.6	284.6	1.6	0.9	
16	Nuevo	P1	L	2.74	0.914	4	78.40	85.88	360.94	395.33	439.3	481.2	158.0	128.7	0.4	0.3
			T	7.77			6	21.70	57.25	11.459	30.234	33.2	87.5	75.3	171.6	2.3
	P2	L	3.66	0.914	3	51.39	113.4407	15.688	11.459	67.1	124.9	57.9	128.7	0.9	1.0	
		T	7.77			6	21.50	56.72	34.631	30.234	56.1	87.0	57.9	128.7	1.0	1.5

(b) Capacidad de Carga de la Fundación contra las fuerzas compresión después del refuerzo

Bridge Name			Axial Push-in Force													
			No.of pile	Size of footing		Me tm	Ve ton	ϕ Mm tm	ϕ Vm ton	(1) Muo/ ϕ Mo	(2) Vuo/ ϕ Vo	(3) Me/ ϕ Mm	(4) ve/ ϕ Vm	Evaluation		
				B	t									(1)+(3)	(2)+(4)	
26	Chirripo	P1	L	2	2.2	2.30	0.0	0.0	621.6	1028.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			T	8	7.3		46.5	60.1	791.4	464.5	0.161	0.729	0.059	0.129	0.220	0.858
		P2	L	25	2.8	2.50	11.5	114.9	686.9	1184.6	0.052	0.379	0.017	0.097	0.069	0.476
			T		7.7		83.3	79.7	1123.2	586.2	0.232	0.745	0.074	0.136	0.306	0.881
	P3	L	35	5.2	2.50	350.5	371.1	1894.2	1245.6	0.075	0.659	0.185	0.298	0.260	0.957	
		T		8.2		106.8	92.9	1587.2	879.3	0.213	0.485	0.067	0.106	0.281	0.590	
	P4	L	35	5.2	2.50	347.4	367.8	1894.2	1245.6	0.300	0.687	0.183	0.295	0.484	0.982	
		T		8.2		113.5	98.7	1587.2	879.3	0.222	0.505	0.072	0.112	0.294	0.618	
19	Sarapiquí	P1	L	4	5.4	3.00	90.6	109.5	233.9	1343.2	0.262	0.545	0.387	0.082	0.650	0.627
			T	13	8.9		137.6	116.8	233.7	815.0	0.372	0.760	0.589	0.143	0.960	0.903
		P2	L	4	5.05	2.50	73.2	116.3	348.2	1441.0	0.404	0.186	0.210	0.081	0.614	0.267
			T	13	11.8		206.2	99.0	1306.4	616.7	0.402	0.737	0.158	0.161	0.560	0.897

(c) Refuerzo de la Fundación contra la fuerza Tensión

Bridge Name			Axial Push-in Force								
			No.of pile	Size of footing		Qo+Qe		M	Required Re-bar		
				B	t	max	min		size	space(cm)	
26	Chirripo	P1	L	2	2.2	2.3	113.5	-47.9	-321.46	# 5	30
			T	8	7.3		132.9	-67.3	-532.8	# 8	25
		P2	L	25	2.8	2.5	62.4	-36.2	-428.25	# 5	30
			T		7.7		68.1	-41.9	-710	# 9	30
		P3	L	35	5.2	2.5	129.8	-62.6	-1998	# 10	25
			T		8.2		79.6	-12.4	-1241.3	# 10	30
		P4	L	35	5.2	2.5	134.3	-56.5	-1971	# 10	25
			T		8.2		88.2	-10.4	-1250.6	# 10	30
19	Sarapiquí	P1	L	4	5.4	3	49	29	-571.39	# 5	30
			T	13	8.9		89	-11	-825.7	# 9	25
		P2	L	4	5.05	2.5	39.9	-13.7	-522.8	# 5	25
			T	13	11.8		37.8	-11.6	-1193.2	# 10	20

11.7.5 Socavación

1) Método de Protección de Socavación

Hay tres (3) tipos de fenómeno referente a socavación y se mencionan a continuación

- (a) Degradación a largo plazo del lecho del río
- (b) Socavación general del puente
- (c) Socavación local en pilas y bastiones

Para el fenómeno (b), “Socavación General del Puente”, y el (c), “socavación Local en Pilas y Bastiones” es importante llevar a cabo inspecciones frecuentes y trabajos de mantenimiento en un periodo apropiado. Más aun, es una acción importante detener la extracción de material en el lado del cauce aguas arriba del puente.

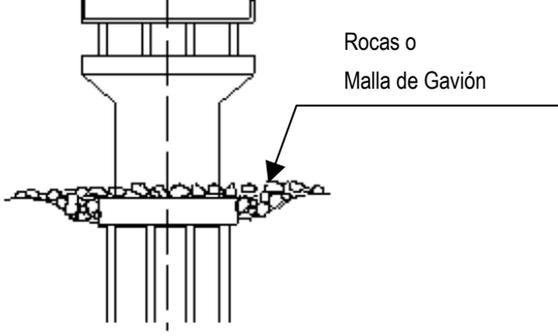
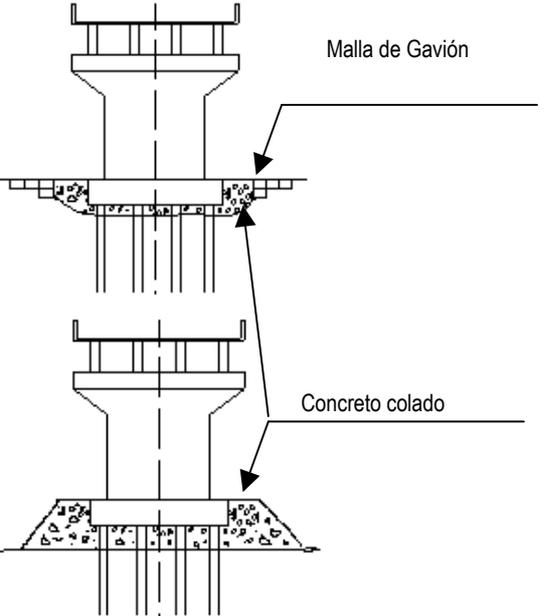
El método de protección contra la socavación se muestra en la Tabla 11.7.4.

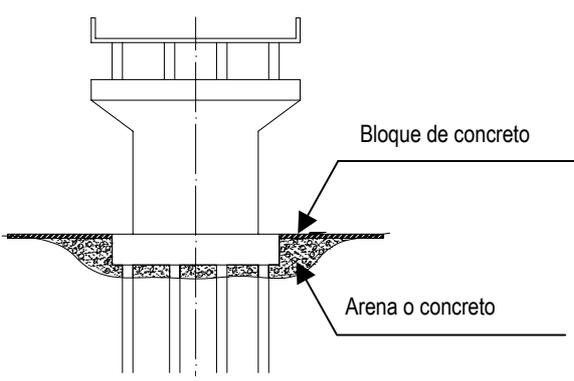
Donde se lleva a cabo la protección de la socavación en el sitio, es importante que el nivel de la parte superior del relleno o el bloque de concreto sea el mismo que el nivel original del lecho del río antes de la socavación excepto en el caso de “Degradación y aumento del lecho del río a largo plazo”, porque el nivel de relleno o bloque de concreto es mayor al del lecho del río original a causa de la socavación.

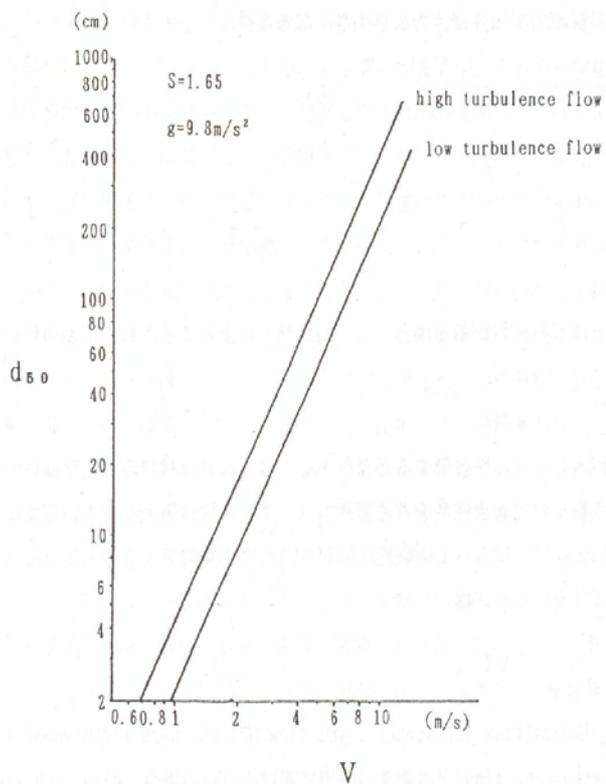


Figura 11.7.4. Socavación del lecho del Río alrededor de la pila

Tabla 11.7.6. Método para la Protección del Lecho del Río

Material	Ilustración	Comentarios
<p>Piedras Grandes y Gaviones</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Esta medida es aplicada en el caso de velocidades lentas o cuando el lecho del río es arcilloso o suelto dado a que la forma puede ser cambiada flexiblemente de acerado al lecho del río. - Este método es aplicado como medida temporal cuando la velocidad es rápida o hay muchas rocas de gran tamaño. Sin embargo la velocidad determinara el tamaño de la piedra. Una proposición es la relación entre la velocidad y el tamaño de la roca mostrado en la Figura 11.7.3 - Este método es económico y fácil de construir - Se requiere de mantenimiento continuo como inspecciones frecuentes y obras de mantenimiento.
<p>Protección Colando concreto</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Esta medida es aplicada en el caso de grandes socavaciones - La malla de Gavión debe instalarse para prevenir socavación de la zona de concreto colado - El lecho del río será estabilizado por el peso del concreto colado, el concreto puede tener grietas. - El concreto colado en sitio requiere la construcción de diques. Este meto debería emplearse en temporada seca. - Dado a que el concreto se vierte directamente en el hueco, se necesitan de regulaciones ambientales.

<p>Protección por bloque de concreto prefabricado</p>	 <p>Bloque de concreto</p> <p>Arena o concreto</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esta medida se aplica en todo caso, sin embargo la velocidad determinara el tamaño del bloque. Una proposición es la relación entre la velocidad de flujo y el peso o tamaño de la piedra como se muestra en la figura 11.7.5. y la Tabla 11.7.7. - El hueco de la socavación se llena con arena o concreto y los bloques de concreto están unidos al lecho del río. - Este es el método más efectivo ante la socavación para los lechos de ríos arenosos o rocosos.
-------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Fuente: Nota Técnica del Instituto de Investigación de Obra Pública No. 3225 "Estudio de la influencia de las Pilas en la vista de control de flujo" Noviembre 1998

Figura 11.7.5. Relación entre Tamaño de la Piedra para la Protección y la Velocidad

Tabla 11.7.7. Relación entre el Peso del Bloque de Concreto y la Velocidad

Forma del Bloque de Concreto	Peso del Bloque (ton)	Máxima Velocidad de Movimiento del Bloque de Concreto (m/sec)
Tipo plana	1.02	3.31
	2.012	3.7
	3.036	3.97
	4.014	4.15
	5.025	4.31

Fuente: Nota Técnica del Instituto de Investigación de Obra Pública No. 3225 "Estudio de la influencia de las Pilas en la vista de control de flujo" Noviembre 1998

2) Condiciones Existentes y Contramedidas

Del resultado de inspecciones de sitio, se observaron socavaciones a gran escala en el Río Nuevo (No.16) y Río Torres (No.29), como se muestra en la Figura 11.7.4. Los resultados de la inspección para la socavación y las contramedidas se resumen en la Tabla 11.7.4

Las condiciones de la socavación en el Puente sobre el Río Nuevo es el caso más serio de los 10 puentes, los pilotes expuestos del lecho del río con una altura de alrededor 2m. Esta exposición es causado por la Degradación y aumento del lecho del río.

Tabla 11.7.8. Condición de la Socavación y Contramedidas

Puente No.	condición de Socavación		Daño de Superficie de Pila por Corriente del Río o Rocas	Contramedidas
	Pila	Bastión		
Río Aranjuez (No.2)	Pequeño (b)	No se Observa	Pequeño	Intensificación de Inspección
Río Abangares (No.3)	No se Observa	No se Observa	No se Observa	Inspección Periódica
Río Ajufrado (No.7)	No se Observa	No se Observa	No se Observa	Inspección Periódica
Río Puerto Nuevo (No.12)	No se Observa	Colapso	No se Observa	Protegido con muro de concreto
Río Nuevo (No.16)	Grande (a)	No se Observa	No se Observa	Llenar con concreto entre pila y manto de gaviones y bloque de concreto para proteger el lecho cerca de Pilas.
Río chirripo (No.17)	Pequeño (c)	No se Observa	Grande	Protegido por concreto Intensificación de Inspección
Río Sarapiquí (No.19)	Pequeño (a),(c)	No se Observa	No se Observa	Intensificación de Inspección
Río Sucio (No.20)	Pequeño (a)	No se Observa	Grande	Protegido por concreto Intensificación de Inspección
Río Chirripo (No.26)	Pequeño (b) (c)	No se Observa	No se Observa	Intensificación de Inspección
Río Torres (No.29)	Grande (a)	No se Observa	No se Observa	Protegido con gaviones

Nota: () los casos de socavación se muestran abajo

- (a) Degradación y aumento del lecho del Río a largo plazo
- (b) Socavación general del puente
- (c) Socavación local en pilas y bastiones

11.8 Resumen del Diseño para la Rehabilitación, refuerzo y mejora de los 10 Puentes seleccionados

Los métodos de la rehabilitación, el refuerzo y mejora para los 10 puentes seleccionados se resumen en la Tabla 11.8.1. y 11.8.2.

Tabla 11.8.1 Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Superestructuras de los 10 Puentes seleccionados

(Se ejecutarán los métodos marcados con)

Miembro	Métodos de Reparación y Refuerzo	R1			R2			R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29	
		ST	ST	RI	SI	RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
Losa	Incremento del grosor del concreto en la parte superior											
	Adherencia FRP											
	Reemplazo (Panel PC)											
Sist. De Cubiertas y Viga Principal del Punte de Acero	Reemplazo de la losa			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Incremento de la Sección del miembro			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Añadir miembro			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Reemplazo de la PLaca de acero			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Añadir cable externo			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
Viga Principal de los puentes de PC y concreto reforzado	Añadir cable externo	N/A	N/A		N/A				N/A		N/A	
	Adherencia FRP	N/A	N/A		N/A				N/A		N/A	
	Adherencia de la Placa de acero	N/A	N/A		N/A				N/A		N/A	
Accesorios de Puentes	REemplazo de la Junta de expansión											
	Reparar apoyo											
	Reemplazo de la Baranda											
Pavimento	Pavimento asfáltico											
	Impermeabilización											

Tabla 11.8.2 Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Subestructuras de los 10 Puentes seleccionados

(Se ejecutarán los métodos marcados con)

Miembro	Métodos de Reparación y Refuerzo	R1			R2		R4		R32		R216	
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29	
		ST	ST	RI	SI,RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI	
Subestructura	Incremento de la Sección de la viga											
	Cubierta de concreto											
	Protección de la viga											
Fundación	Ensanche fundación											
	Añadir Plla	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A		N/A		N/A
Sistema de Prevención para colapso de puentes	Asegurar la longitud del asiento del Punte, el sist. De limitación el movimiento de la viga Conexión de la viga asismático											
	Aseismatic Girder Connection											
Trabajos de protección	Protección del talud											
	Protección del lecho del Río (Gaviones)											

CAPÍTULO 12 PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS PRELIMINAR PARA EL PROYECTO

12.1 Planeamiento de Construcción Preliminar

12.1.1 Generalidades

El planeamiento de la construcción para el proyecto de rehabilitación de los 10 puentes (de aquí en adelante referido a “el Proyecto”) resulta de las bases del estudio y del análisis de resultados descritos en el capítulo 11.

El progreso del trabajo del Proyecto sin la necesidad de realizar detención del tráfico es crucial considerando aspectos socio-económicos porque esos puentes están localizados en rutas de importancia para Costa Rica por el tránsito de vehículos pesados.

12.1.2 Contenidos de los Trabajos de Rehabilitación para los 10 Puentes Seleccionados

Los ítems de los trabajos de Rehabilitación y sus cantidades son los siguientes

Tabla 12.1.1. Puente No.2 sobre el Río Aranjuez (R.1)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad	
Superestructura	Slab	Reemplazar losa (losa prefabricada)	m ²	720.00	
	Floor system	Añadir Larguero & recolocar	ton	55.07	
	Main girder	Miembro Adicional	toneladas	18.03	
	Sistema de Prevención para el Asiento		Ancho del asiento del Puente (A1)	m ³	4.06
			Ancho del asiento del Puente (P1)	m ³	8.54
			Ancho del asiento del Puente (P2)	m ³	8.54
			Ancho del asiento del Puente (A2)	m ³	2.99
	Accesorios		Nueva instalación de junta de expansión	m	18.30
			Instalar baranda flexible	m	200.24
			Pavimento asfáltico & impermeabilización	m ²	649.65
	Subestructura	Pila	Fundación	Cubierta de concreto (P2)	m ³
Agrandar Fundaciones (P1)				m ³	41.30
Agrandar Fundaciones (P2)				m ³	281.39
Muro			Instalar gabiones (A1)	m ²	180.00
			Instalar gabiones (P1)	m ²	396.00
			Instalar gabiones (P2)	m ²	396.00
	Mampostería (A1)	m ³	150.00		

Tabla 12.1.2. Puente No. 3 sobre el Río Abangares (R.1)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad	
Superestructura	Losa	Reemplazar Losa (losa prefabricada)	m ²	703.00	
	Sistema de Cubierta	Añadir Larguero & reacomodación (sección de 129 pies)	tonelada	35.28	
		Añadir Larguero & reacomodación (sección de 200 pies)	tonelada	57.44	
	Viga Principal	Reacomodación del diafragma	tonelada	5.17	
		Reparar la Placa de Cubierta	tonelada	0.76	
	Sistema de Prevención para el Asiento	Agrandar el asiento del puente (A1)	m ³	1.41	
		Agrandar el asiento del puente (P1)	m ³	6.74	
		Agrandar el asiento del puente (A2)	m ³	2.47	
	Accesorios	Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	24.00	
		Nueva instalación de la junta de expansión	m	26.45	
		Instalación de baranda flexible	m	202.68	
	Subestructura	Pila	Pavimento Asfáltico e impermeabilización	m ²	741.30
			Cubierta de concreto (P1)	m ³	45.91
Fundación		Agrandar Fundación (A1)	m ³	39.88	
		Agrandar Fundación (P1)	m ³	80.09	
		Agrandar Fundación (A2)	m ³	50.64	
		Instalar gaviones (P1)	m ²	504.00	

Tabla 12.1.3. Puente No. 7 sobre el Río Azufrado (R.1)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Incremento del grosor de la losa	m ³	23.00
	Viga Principal	Adherencia de la placa de acero	m ²	46.80
		Incremento de la altura de la viga	m ³	3.94
	Accesorios	Nueva instalación de la junta de expansión	m	17.78
Pavimento asfáltico e impermeabilización		m ²	295.01	
Subestructura	Pila	Cubierta de concreto (P1 & P2)	m ³	2 x 19.60
	Fundación	Agrandar Fundación (P1 & P2)	m ³	2 x 29.00

Tabla 12.1.4. Puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo (R.2)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad	
Superestructura	Losa	Adherencia FRP (Superficie) (Sección del Puente de acero)	2capas/m ²	436.50	
		Adherencia FRP (Lado Inferior) (Sección del Puente de acero)	2capas/m ²	432.30	
		Adherencia FRP (Superficie) (Sección del puente de concreto reforzado)	2capas/m ²	77.20	
		Adherencia FRP (Lado Inferior) (Sección del puente de concreto reforzado)	2capas/m ²	76.30	
	Sistema de Cubierta de Viga Principal	Cable de PC (3@70 pies sección del puente de acero)	m	312.00	
		Cable de PC (80pies sección del puente de acero)	m	120.00	
		Adherencia de la placa de acero (Sección del puente de concreto reforzado)	m ²	42.60	
	Sistema de Prevención para el Asiento	Agrandar asiento del puente (A1)	m ³	1.91	
		Agrandar asiento del puente (P1 & P2)	m ³	2 x 0.20	
		Agrandar asiento del puente (P3)	m ³	0.28	
		Agrandar asiento del puente (P4)	m ³	1.43	
		Agrandar asiento del puente (A2)	m ³	3.10	
	Accesorios	Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	32.00	
		Nueva Instalación de la junta de expansión	m	53.40	
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m ²	982.80	
	Subestructura	Pila	Incremento de la altura de la viga transversal (P1-P4)	m ³	4 x 11.92
			Agrandar Fundación (P1)	m ³	43.43
		Fundación	Agrandar Fundación (P2)	m ³	5.36
			Agrandar Fundación (P3)	m ³	19.79
			Agrandar Fundación (P4)	m ³	13.66
Agrandar Fundación (A2)			m ³	5.60	
Instalar gaviones (P1)			m ²	324.00	
Mampostería (A1)			m ³	150.00	

Tabla 12.1.5. Puente No. 16 Sobre el Río Nuevo (R.2)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad	
Superestructura	Losa	Incremento del grosor de la losa	m ³	36.95	
		Adherencia FRP-1	6capas/m ²	14.30	
		Adherencia FRP-2	1capas/m ²	289.55	
		Reconstrucción de la Viga transversal	m ³	1.84	
	Sistema de Cubierta de Viga Principal	Agrandar asiento del puente (A1)	m ³	6.80	
		Agrandar asiento del puente (A2)	m ³	5.45	
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	17.78	
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m ²	521.29	
	Subestructura	Fundación	Agrandar Fundación (A1)	m ³	91.03
			Agrandar Fundación (P1)	m ³	33.11
Agrandar Fundación (P2)			m ³	27.96	
Añadir pilote adicional (A1)			m	160.00	
Instalar gaviones (A1)			m ²	60.00	
Instalar gaviones (P1 & P2)			m ²	1126.00	
		Instalar gaviones (A2)	m ²	60.00	

	Mampostería (A1)	m ³	225.00
	Mampostería (P1 & P2)	m ³	60.00
	Mampostería (A2)	m ³	225.00

Tabla 12.1.6. Puente No. 17 Sobre el Río Chirripo (R.4)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Accesorios	Reemplazar Junta de Expansión	m	20.40
		Reemplazar pavimento asfáltico & impermeabilizar	m ²	1,793.16
Subestructura	Pila	Protección contra piedras arrastradas (P1 & P2)	m ³	2 x 20.44
	Fundación	Agrandar Fundación (P1 & P2)	m ³	2 x 24.55

Tabla 12.1.7. Puente No. 19 Sobre el Río Sarapiquí (R.4)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Adherencia FRP (Superficie)	2capas/m ²	458.00
		Adherencia FRP (Lado Inferior)	2capas/m ²	478.70
	Viga principal	Cable de PC (apoyo)	m	409.60
		Cable de PC (tramos medio)	m	102.40
		Adherencia de la placa de acero	m ²	42.60
		Reemplazar placa de acero	ton	34.32
	Sistema de Prevención para el asiento	Agrandar asiento del puente (A1 & A2)	m ³	2 x 2.43
		Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	10.00
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	14.60
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m ²	726.79
Subestructura	Pila	Incremento de la altura de la viga transversal (P1 & P2)	m ³	2 x 5.51
		Agrandar Fundación (P1)	m ³	87.40
	Fundación	Agrandar Fundación (P2)	m ³	86.80
		Añadir pilote adicional (P1)	m	239.40

Tabla 12.1.8. Puente No. 20 Sobre el Río Sucio (R.32)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Accesorios	Reemplazar Junta de Expansión	m	19.40
		Reemplazar pavimento asfáltico & impermeabilizar	m ²	1,816.33
Subestructura	Pila	Protección contra piedras arrastradas (P1 & P2)	m ³	2 x 6.48

Tabla 12.1.9. Puente No. 26 Sobre el Río Chirripo (R.32)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Adherencia FRP (Superficie)	2capas/m ²	2,158.20
		Adherencia FRP (Lado Inferior)	2capas/m ²	2,470.30
	Prevention system for unseating	Agrandar asiento del puente (P1)	m ³	11.10
		Agrandar asiento del puente (P7)	m ³	16.36
		Agrandar asiento del puente (A2)	m ³	2.16
		Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	16.00
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	30.96
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m ²	3,527.84

Subestructura	Pila	Incremento de la altura de la viga transversal (P4)	m ³	8.94
	Fundación	Agrandar Fundación (P1 & P7)	m ³	2 x 63.30
		Agrandar Fundación (P2 & P6)	m ³	2 x 77.67
		Agrandar Fundación (P3, P4 & P5)	m ³	3 x 109.58

Tabla 12.1.10. Puente No. 29 Sobre el Río Torres (R.218)

Member	Sub-Member	Work Description	Unit	Quantity	
Superestructura	Losa	Incremento del grosor de la losa (30m sección)	m ³	12.80	
		Incremento del grosor de la losa (2@17m sección)	m ³	14.50	
	Viga principal	Adherencia FRP-1	4capas/m ²	94.10	
		Adherencia FRP-2	1layer/m ²	654.50	
	Prevention system for unseating	Agrandar asiento del puente (A1)	m ³	6.24	
		Agrandar asiento del puente (P1)	m ³	8.95	
		Agrandar asiento del puente (P2)	m ³	4.24	
		Agrandar asiento del puente (A2)	m ³	6.09	
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	44.32	
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m ²	165.10	
	Subestructura	Pila	Concrete jacketing (P1)	m ³	12.01
			Incremento de la altura de la viga transversal (P1 & P2)	m ³	2 x 13.73
		Fundación	Agrandar Fundación (A1)	m ³	36.98
			Agrandar Fundación (P1)	m ³	39.59
Agrandar Fundación (A2)			m ³	17.55	
Instalar gaviones (P1)			m ²	324.00	

12.1.3 Zonas de Trabajo bajo Vigas

Se deben aplicar varios tipos de andamios para la ejecución del Proyecto. A continuación se detallan varios tipos de andamios y sus ítems de trabajo apropiados.

Tipo-A

Este tipo de andamio es colgado por cadenas bajo la superestructura. Es crucial la preparación y facilitar medidas de seguridad (ej. Cercas, barandas y mallas de seguridad). Se deben instalar andamios internos si el claro entre la parte baja de la losa es mayor a 2m. Este tipo es aplicado a trabajos para losas y vigas. La Figura 12.1.1 muestra este tipo de andamio.

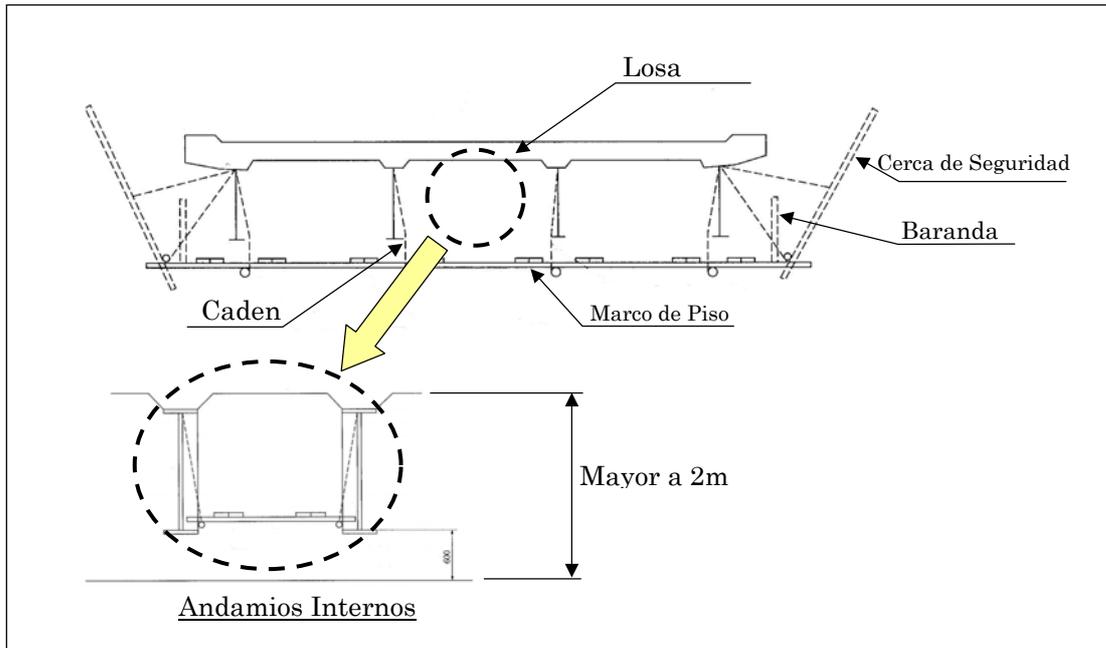


Figura 12.1.1 Andamio Tipo-A

Tipo-B

Este tipo es instalado a un lado de la Superestructura con cadenas y marcos de acero. Este tipo es empleado para trabajos en los pasamanos y barandas. La Figura 12.1.2 muestra la estructura de este tipo.

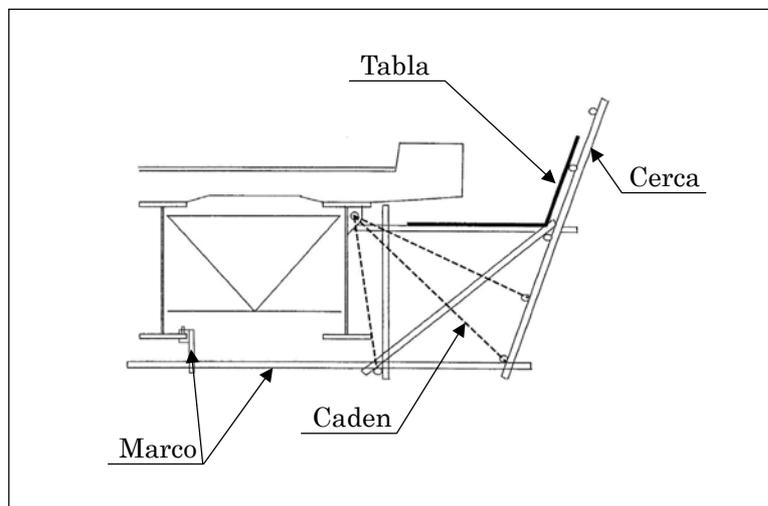


Figura 12.1.2 Andamio Tipo-B

Tipo-C

Este tipo se instala en la circunferencia de la pila con cadenas. Este tipo se utiliza en trabajos para pedestal de apoya, sistemas de prevención de asientos y juntas de expansión. La Figura 12.1.3 muestra la estructura de este tipo.

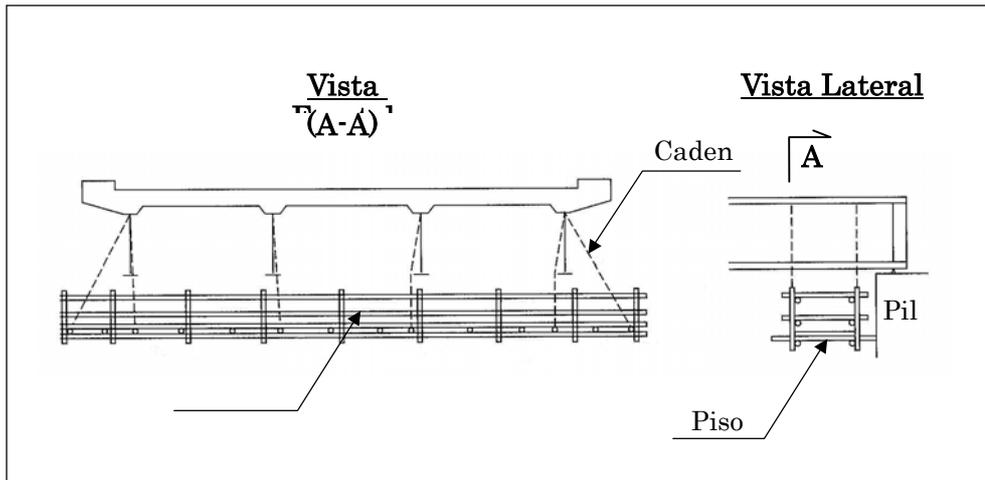
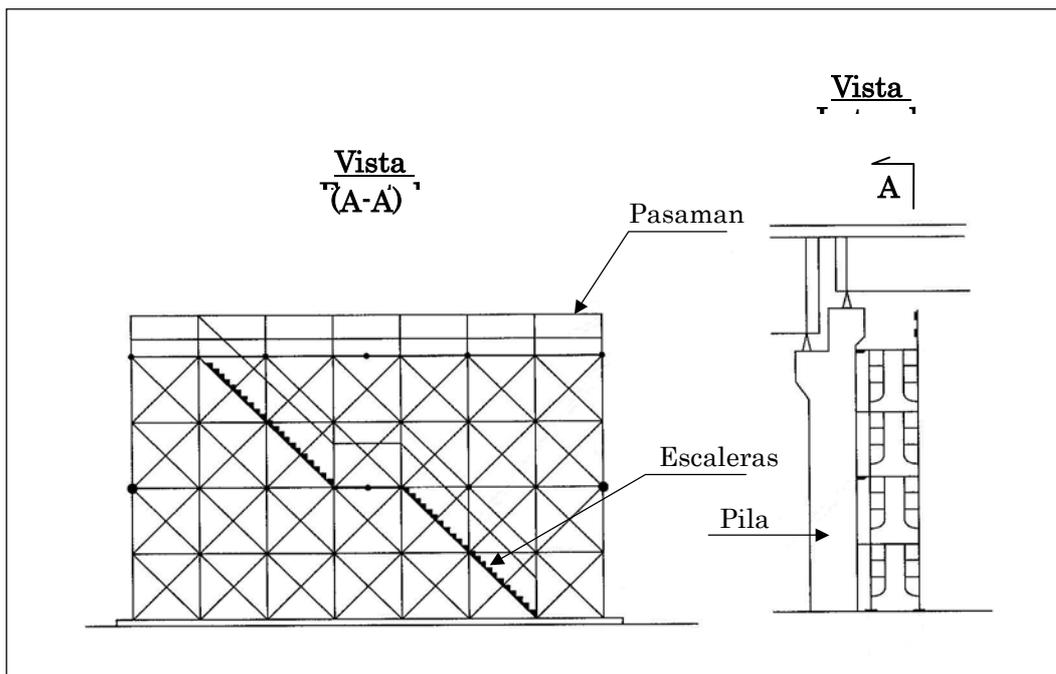


Figura 12.1.3 Andamio Tipo-C

Tipo-D

Este tipo se construye por medio del ensamble de marcos prefabricados. Este tipo se utiliza para trabajos en la subestructura. La Figura 12.1.4 muestra la estructura de este tipo.



12.1.4 Diques Provisionales

Los diques provisionales de sacos de arena Tipo (1m3/no) son construidos en el caso de que se lleva a cabo trabajos en la subestructura en la zona del río. Además se necesitarán drenajes en el dique para el bombeo de agua. Este método debe ser aplicado cuando el nivel de agua es bastante bajo y permanezca así todavía en la estación seca. Este trabajo es para el Puente No.19. La estructura de este dique se muestra en la Figura 12.1.5.

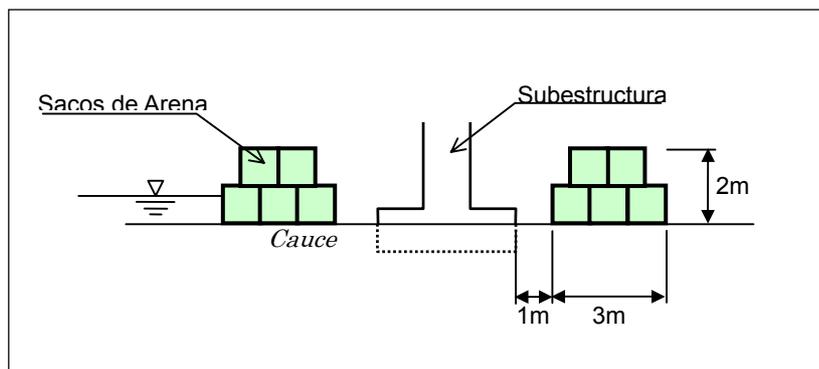


Figura 12.1.5 Modelo de Estructura de Dique

12.1.5 Control de Tráfico

Algunos ítems de trabajo (ej. reemplazo de losa, pavimento asfáltico, adherencia de láminas de FRP, etc.) requieren de detención del tráfico. Por otra parte, el impacto negativo del cierre de las vías durante el periodo de ejecución debe ser considerado. Sin embargo, los trabajos se pueden ejecutar de un lado del puente asegurando el libre tránsito por un lado y por el otro después de un tiempo. Para esta propuesta se requieren 4 trabajadores (ej. 2 en la zona de comienzo de trabajos y otros 2 en el final) para asignarles el control del tráfico. Un planteo general del control de tráfico se muestra en la Figura 12.1.6.

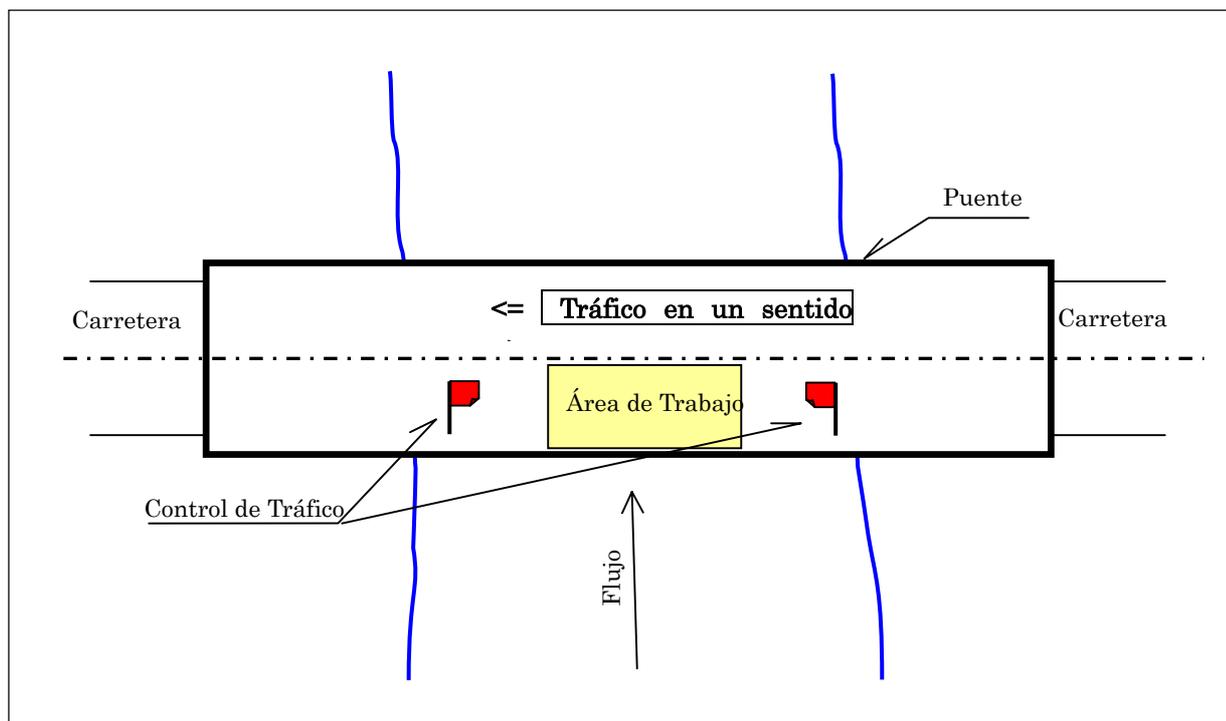


Figura 12.1.6 Planteo General de Control de Tráfico

12.1.6 Area de Construcción Temporal

Tipo Estándar

Un área de construcción temporal debe prepararse durante el periodo del Proyecto. El área debe ser bordeada con malla ciclón y vigilada por 2 guardas de seguridad las 24 horas por razones de seguridad. Para equipar de facilidades es preferible el Tipo Estándar. Este Tipo es aplicable a los Puentes No. 2, 3, 7, 16, 17 y 26. La Figura 12.1.7 muestra el planteo de este tipo.

- Campamento para ingenieros/supervisores
- Taller para obras in-situ (5m*10m)
- Bodega para materiales y equipo pequeño (5m*10m)
- 3 zonas de parqueo para equipo pesado
- Cabina de Seguridad
- Servicio Sanitario Portátil

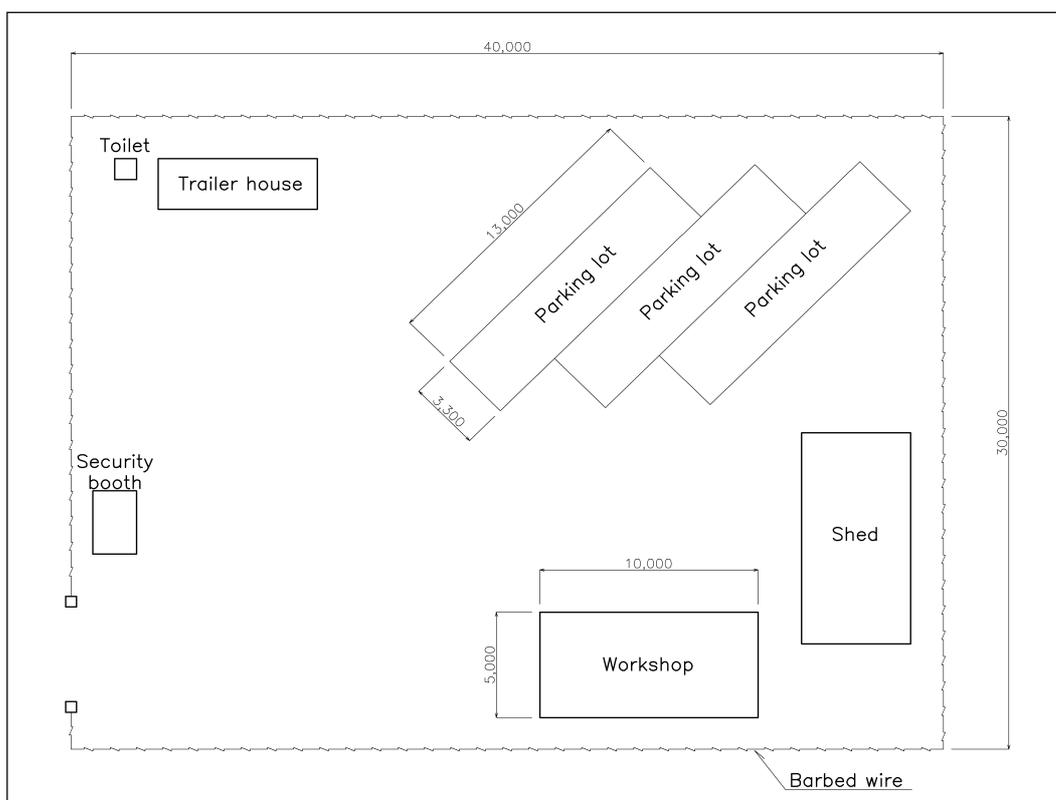


Figura 12.1.7 Planteo del Área de Construcción Tipo Estándar

Sitios con limitaciones de espacio (Puente No. 20 & 29)

A diferencia de los 8 puentes anteriores, el No. 20 (Río Sucio) y No.29 (Río Torres) tienen dificultades para asegurar el área suficiente para el área construcción. Respecto al No.20, es difícil obtener un área cerca del puente a no ser de cortar un talud al lado de la vía. Sin embargo, este método no es apropiado porque el puente está localizado en un parque nacional. En el No.29, está localizado en una zona de alta densidad poblacional en San José. Por lo tanto, construir una nueva área de construcción es difícil.

Considerando la situación anterior, un área de almacén provisional para equipo y materiales se debe preparar a un lado del área de trabajo de Puente. El planteo de modelos para los dos puentes se muestra en las Figura 12.1.8 y Figura 12.1.9.

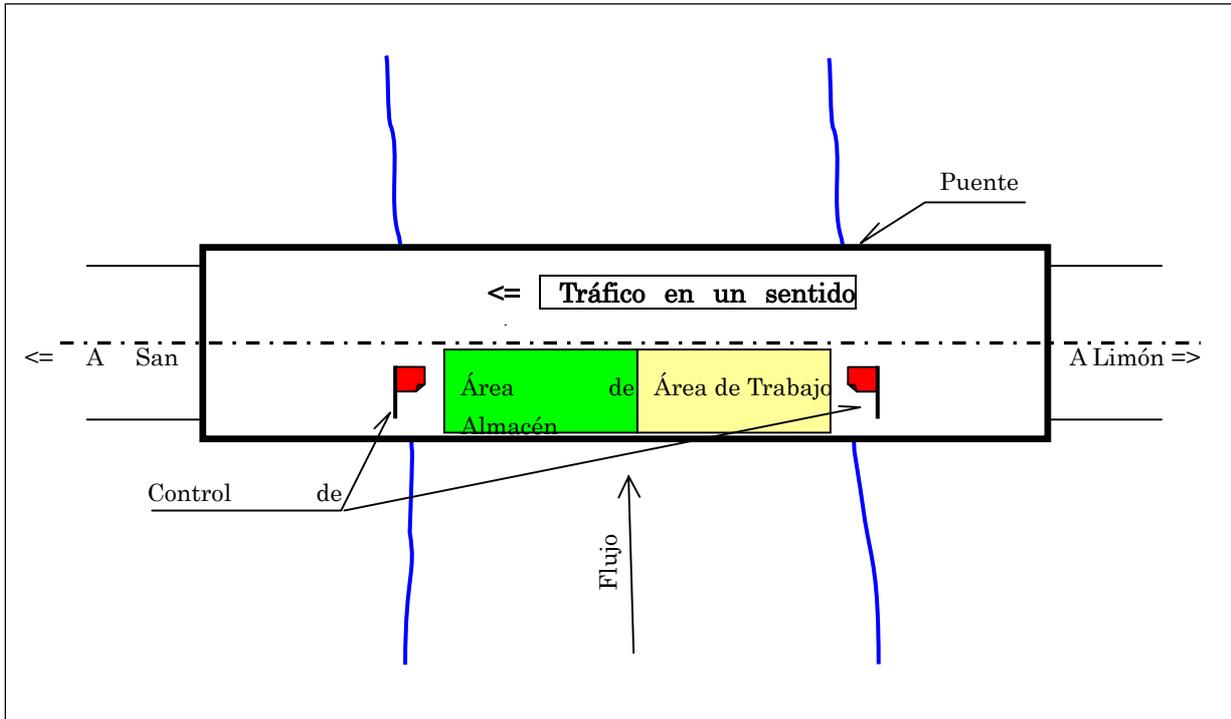


Figura 12.1.8 Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 20 (Río Sucio)

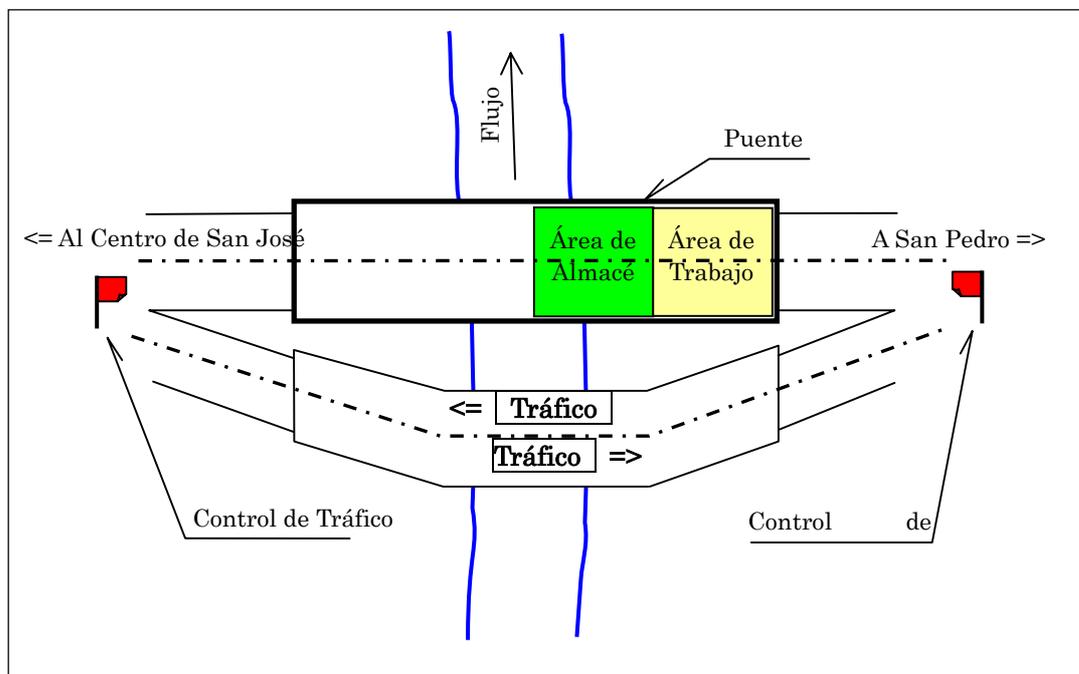


Figura 12.1.9 Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 29 (Río Torres)

12.1.7 Programación de Construcción

Como resultado de la discusión anterior, los periodos de construcción de los 10 puentes se muestran en la Tabla 12.1.11. Además sus programaciones de obra están adjuntos en el Apéndice 12

Tabla 12.1.11 Periodo de Construcción en los 10 Puentes

Rt.	No.	Nombre	Periodo (días)
1	2	Río Aranjuez	120
	3	Río Abangares	140
	7	Río Azufrado	100
2	12	Río Puerto Nuevo	190
	16	Río Nuevo	140
4	17	Río Chirripó	80
	19	Río Sarapiquí	160
32	20	Río Sucio	60
	26	Río Chirripó	145
218	29	Río Torres	140

12.2 Estimación de Costos Preliminar

12.2.1 Generalidades

La estimación de costos preliminar esta basada en el análisis de resultados (ej. ítems trabajos seleccionados y sus cantidades) y en la planeación de la construcción (ej. programación de obra). Los costos del Proyecto están compuestos por los siguientes ítems.

Costos Directos

- Costo de Construcción
 - Preparación y remoción para facilitar sitios temporales
 - Control de tráfico en el período de construcción
 - Costo de ejecución de Obra
 - Costo de transporte de equipo y materiales

Costos Indirectos

- Costos de Imprevistos
- Costos Administrativos
- Ganancia del contratista

12.2.2 Condiciones para le Estimación de costos

(1) Tipo de Cambio

El tipo de cambio de la moneda para la estimación se aplica como un promedio para Agosto del 2006 según el Banco Central de Costa Rica (Colones Costarricenses <=> Dólares U.S.) y el Banco de Tokio-Mitsubishi UFJ (Yen Japonés <=> Dólares U.S.) Los rangos aplicados se muestran a continuación.

1	USD	=
	515.86	CRC
1	USD	=
	116.91	JPY
1 JPY	= 4.41	CRC

NOTA: CRC = Colones Costarricenses, JPY = Yenes Japoneses & USD = Dólares U.S.A

(2) Costo Unitario

El costo unitario por trabajador, materiales y equipo para construcción son tomados de tablas dadas por el CONAVI. Esos son datos utilizados para la estimación de costos para proyectos de mantenimiento de vías por parte del CONAVI. Cada tipo de costo unitario esta detallado a continuación.

(1) Trabajador

El salario unitario por hora se calcula de la siguiente manera.

A = Salario Base + (Porción de las Cargas Sociales (47% del salario base)

Salario Total = A × Coeficiente de Habilidad

La Tabla 12.2.1 resume salarios unitarios por hora.

Tabla 12.2.1 Salarios Unitarios por hora

(Moneda: Colones)

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	SALARIO BASICO	CON 47% DE LAS CARGAS SOCIALES	COEFICIENTE DE HABILIDAD	TOTAL
MOB001	Peón	hr	590	867	1,00	867
MOB002	Barrenador	hr	648	953	1,00	953
MOB003	Maestro de Obras	hr	813	1.194	1,00	1.194
MOB004	Mecanico	hr	813	1.194	3,25	3.882
MOB005	Asistente	hr	590	867	1,00	867
MOB006	Albañil	hr	648	953	1,00	953
MOB007	Carpintero	hr	676	994	1,00	994
MOB008	Trabajador Calificado	hr	648	953	1,00	953
MOB009	Soldador	hr	676	994	1,00	994
MOB010	Pintor	hr	590	867	1,00	867
MOB011	Guardia de Seguridad	hr	590	867	1,00	867
MOB012	Trabajador Gráfico	hr	676	994	1,00	994
MOB013	Asistente de Trabajador Gráfico	hr	590	867	1,00	867
OP001	Operador de Excavadora	hr	813	1.194	1,00	1.194
OP002	Conductor de Camion	hr	676	994	1,00	994
OP003	Operador de Quebrador	hr	676	994	1,00	994
OP004	Operador de Cargador a llantas	hr	676	994	1,50	1.491
OP005	Operador de Cabezal	hr	676	994	1,00	994
OP006	Operador de Grúa	hr	813	1.194	1,00	1.194
OP007	Operador de marcador de vías	hr	648	953	1,00	953
OP008	Conductor de Vagoneta	hr	648	953	1,00	953
OP009	Operador de Bulldozer	hr	813	1.194	1,75	2.090
OP010	Operador de desgarrador	hr	813	1.194	1,00	1.194
OP011	Operador de compactador	hr	676	994	1,00	994
OP012	Operador de motoniveladora	hr	813	1.194	2,00	2.389
OP013	Operador de retroexcavadora	hr	813	1.194	1,00	1.194
OP014	Operador de maquina de perforación	hr	676	994	1,00	994
OP015	Operador de planta de asfalto	hr	813	1.194	1,00	1.194
OP016	Operador de acabadora de asfalto	hr	813	1.194	1,00	1.194
OP017	Operador de mezcladora de concreto	hr	648	953	1,00	953
OP018	Operator of concrete paver	hr	813	1.194	1,00	1.194

al 01/Julio/2006 por CONAVI

(2) Materiales

El precio unitario por material de construcción incluye el 13% de impuestos. Los precios unitarios de la mayoría de materiales se encuentran en la Tabla 12.2.2.

Tabla 12.2.2 Precios Unitarios para la Mayoría de Materiales

(Moneda: Colones)

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO
MAT064	ACERO PARA ESTRUCTURAS	kg	486
MAT039	ACERO PARA POSTENCION	kg	440
MAT011	ACERO DE REFUERZO	kg	343
MAT020	ACETILENO	kg	69.589
MAT059	ALAMBRE NAVAJA	m	26
MAT012	ALAMBRE NEGRO	kg	466
MAT146	ARENA max 4.75mm	m3	5.424
MAT021	ASFALTO 85/100	ltr	191
MAT013	CEMENTO PORTLAN (PLANTA DE AGUA CALIENTE)	kg	62
MAT008	CLAVOS VARIOS	kg	542
MAT009	DIESEL	ltr	288
MAT026	EMULSION ASFÁLTICA	ltr	164
MAT071	GAVION 2.40 mm 2 X 0.50 X 1 MALLA 8X10	no	11.690
MAT070	GAVION 2.40 mm 2 X 1 X 1 MALLA 8X10	no	16.930
MAT302	GASOLINA	ltr	389
MAT150	LASTRE (fine) max 38 mm	m3	3.221
MAT999	LUBRICANTE (para maquinaria pesada)	ltr	1.272
MAT066	MADERA ESPECIAL PARA BARANDA	pulg	187
MAT007	MADERA PARA FORMALETA	pulg	334
MAT028	MATERIAL / SELLA JUNTAS	kg	1.419
MAT161	MEZCLA ASFÁLTICA DE FABRICA	t	28.250
MAT148	ESCOMBRO max 250mm	m3	5.481
MAT032	PILOTES DE ACERO ESTRUCTURAL 12X12X53	m	61.444
MAT130	PILOTES DE ACERO ESTRUCTURAL 12X12X74	m	84.271
MAT134	PILOTES DE CONCRETO POSTENSADO 30X30 PC:MAT-134	m	31.730
MAT034	PILOTES DE CONCRETO POSTENSADO 35X35 PC:MAT-034	m	47.457
MAT017	TABLAESTACAS DE ACERO	m	8.468

En el caso de que las de las materiales específicos sean inciertas o irreales en el mercado local, se aplicara el precio de mercado Japonés después de la modificación de la estimación. El coeficiente de modificación se define de acuerdo a la comparación de la mayoría de los materiales de construcción de Costa Rica y Japón. La Tabla 12.2.3 muestra los resultados de esa comparación.

Tabla 12.2.3 Comparación de precios de la mayoría de materiales entre Costa Rica y Japón

Item	Unidad	Precio en Costa Rica		Precio en Japón		Porcentaje
		CRC	=> USD	JPY	=> USD	Costa Rica/Japón
Acero para estructura	kg	430	0,83	78	0,67	124,9%
Varillas de refuerzo	kg	303	0,59	57	0,49	120,5%
Cemento Portland	kg	55	0,11	8,6	0,07	144,9%
Mezcla de concreto (21N)	m3	57.600	111,66	9.490	81,17	137,6%
Asfalto (85/100)	ltr	169	0,33	52,5	0,45	73,0%
Emulsión asfáltica	ltr	145	0,28	52,3	0,45	62,9%
Promedio (= Coeficiente de Modificación)						110,6%

NOTA: Los costos anteriores no incluyen impuestos.

(3) Equipos de Construcción

Los costos unitarios de los equipos consisten de 2 ítems principales determinados como costos fijos y costos de operación. Además, estos costos están divididos en varios sub-ítems respectivamente. La estructura de costos es la siguiente.

(i) Costos Fijos

- i) Valor residual dado a su vida útil
- ii) Costo de contratación
- iii) Intereses
- iv) Seguros
- v) Impuestos (de 13.00% a 52.29% del total de los Costos Fijos)

(ii) Costos de Operación

- i) Partes de Repuestos
- ii) Combustible
- iii) Lubricantes
- iv) Llantas
- v) Recursos Humanos (mecánico & operador)

De acuerdo a los impuestos, un porcentaje del el porcentaje específico de costos fijos depende del tipo de equipo. Por ejemplo, una excavadora hidráulica, moto niveladoras, cargador sobre ruedas tienen un 15.97%. Por otra parte, vagonetas y carretas tienen 33.69%.

El costo unitario por horas de la mayoría de los equipos se muestra, con impuestos y sin impuestos en la Tabla 12.2.4

Tabla 12.2.4. Costo por Hora de la Mayoría de Equipos

(Moneda: Colone)

CODIGO	DESCRIPCIÓN	COMPAÑIA	MODELO	CAPACIDAD (HP/KW)	VIDA UTIL (VR)	COSTO CON IMPUESTO		COSTO SIN IMPUESTO		TOTAL	
						COSTO FIJO	COSTO DE OPERACIÓN	COSTO FIJO	COSTO DE OPERACIÓN		
ACA002	ACABADORA DE CONCRETO	PAV-SAVER	232SHF	135 / 101	9.0	32.470	73.205	105.675	28.195	68.930	97.125
AIR001	COMPRESOR DE AIRE (DIESEL)	--	160 cfm	60 / 45	9.0	1.612	7.062	8.674	1.390	6.840	8.230
BAR202	BORRADORA DE VIAS	BROCE	RJ-350	80 / 60	6.0	5.361	13.680	19.240	4.958	13.077	18.035
BA1001	MEZCLADORA DE CONCRETO (Diesel)	YANMAR		8 / 6	5.0	329	1.746	2.075	291	1.708	1.999
BOM001	BOMBA CENTRIFUGA PARA AGUA (8'000gph)	Escudido manual	2"	7 / 5	9.0	182	2.193	2.375	157	2.168	2.325
CAB002	CABEZAL (20 ton)	43 000 lbs	6 X 4	235 / 175	7.0	9.315	23.822	33.137	8.196	22.702	30.898
CAM002	CAMION PLATAFORMA (11 ton)	--	8x2	180 / 134	7.0	7.344	16.319	23.662	5.791	14.766	20.557
CAM202	CAMION DE COMBUSTIBLE	--	6x4	210 / 157	7.0	7.450	19.346	26.797	5.871	17.767	23.638
CAL123	CARGADOR A LLANTAS (4WD) ARTICULADO	CATERPILLAR	950G	180 / 134	7.0	20.071	39.937	60.008	17.552	37.418	54.970
CAT001	COMPACTADOR DE ASFALTO CON 2 TAMBORES	CATERPILLAR	CB 214B	33 / 25	11.0	4.422	10.636	15.058	3.976	10.190	14.166
COL012	COMPACTADOR DE ASFALTO CON NEUMATICO	CATERPILLAR	PS-150B	64 / 48	7.0	10.682	25.701	36.383	9.374	24.393	33.767
COL200	COMPACTADOR PATA DE CABRO	CATERPILLAR	815B	210 / 157	9.0	26.592	61.341	87.933	23.094	57.843	80.936
CR1007	COMPACTADOR DE SUELOS CON RODILLO	BOMAG	BW12D-2	764 / 57	9.0	12.480	21.927	34.407	10.925	20.371	31.296
DIA001	DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	--	1600 GALONES	0 / 0	15.0	12.189	22.477	34.666	10.673	20.962	31.636
DAG100	DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS (DIESEL)	ETNYRE	SPREADER	152 / 113	7.0	8.085	28.956	37.041	7.167	28.039	35.206
FIN101	ACABADORA DE ASFALTO MONTADA EN RUEDAS	BARBER GREENE	BG-220B	108 / 81	9.0	29.246	71.770	101.016	25.415	67.939	93.354
FIN103	ACABADORA DE ASFALTO MONTADA EN RUEDAS	CATERPILLAR	AP-1050	145 / 108	9.0	42.245	102.379	144.624	36.624	96.758	133.382
GEN020	GENERADOR 20 kw	Generico	Diesel	33 / 25	10.0	1.299	6.275	7.574	1.120	6.096	7.217
GEN100	GENERADOR 100 kw	Generico	Diesel	143 / 107	10.0	2.109	17.242	19.351	1.819	16.952	18.770
GEN980	GENERADOR 1.000 kw	Generico	Diesel	1425 / 1063	10.0	21.191	160.592	181.783	18.273	157.674	175.947
GRU050	GRUA MONTADA SOBRE CAMION CON BRAZO TIPO CELGOSIA 8x4 400 ft (31.8 ton)	LINK-BELT	HC-78B	84 / 63	10.0	42.298	63.405	105.704	36.670	57.777	94.447
GRU101	GRUA HIDRAULICA (15TON)	GROVE	RT 88E	130 / 97	7.0	20.400	63.867	84.267	17.787	34.583	52.370
GRU202	GRUA MONTADA SOBRE ORUGA (110TON)	LINK-BELT	LS-218H	247 / 184	15.0	36.419	100.286	136.705	31.601	59.048	90.649
MOT400	MOTOTRAILLA (34 CY, 26 m3) EROPS	CATERPILLAR	633E	475 / 354	9.0	56.678	120.780	177.458	49.070	113.172	162.242
NIR101	MOTONIVELADORA RIGIDA	CHAMPION	720	160 / 119	9.0	14.533	33.269	47.802	12.924	31.659	44.583
NIV098	MOTONIVELADORA ARTICULADA	KOMATSU	GD 530A-2C	144 / 107	9.0	14.556	31.967	46.522	12.943	30.354	43.297
PAL099	PALA EXCAVADORA HIDRAULICA (20.6 TM)	CATERPILLAR	320BL	128 / 95	7.0	23.301	44.876	68.177	20.289	41.863	62.152
PLA103	PLANTA DE ASFALTO (162.356 phr; 7'4" x 35'0")	CEDARAPIDS	8835	193 / 144	10.0	70.169	107.032	177.201	60.703	97.567	158.270
QPR101	QUEBRADOR PRIMARIO (mand.volva; 21'x48"; alimentador 42"x14")	PIONEER	SM-2148	125 / 93	7.0	49.320	102.033	151.354	42.693	95.405	138.098
QSE100	QUEBRADOR SECUNDARIO (cono 40"; banda 48"x12")	KUE-KEN	40 CT-412	155 / 116	7.0	32.061	66.790	98.850	27.809	62.538	90.348
QCO001	QUEBRADOR DE CONO TIPO CONO	--	36"	75 / 56	7.0	16.999	36.031	53.031	14.822	33.854	48.675
RE1010	CARGADOR RETROEXCAVADOR LLANTAS 2WD	CASE	580-L	70 / 52	8.0	8.254	15.923	24.176	7.313	14.982	22.295
TAG200	TROMPOS AGITADORES DE CONCRETO (6 m3)	--	--	235 / 175	8.0	13.408	43.504	56.913	11.704	41.800	53.505
TRA110	TRACTOR DE ORUGA (EROPS)	CATERPILLAR	D6R	165 / 123	7.0	20.341	43.916	64.257	17.883	41.458	59.341

3) Cálculo del Costo Unitario por ítem de Trabajo

(1) Aplicaciones estándar de Estimación de Costos

Los siguientes estándares son utilizados para estimar el costo unitario de los ítems de trabajo del Proyecto. Generalmente, los estándares de Costa Rica son preferidos en caso de que ambos países tengan un método de estimación de costos certero. (ej. encofrado, refuerzo, trabajos de excavación de suelos, etc.).

Costa Rica

- LICITACION RESTRINGIDA PARA LA CONTRATACION DE LOS SERVICIOS DE UN CONSULTOR PARA LA ACTUALIZACION Y MODERNIZACION DEL SISTEMA DE COSTOS DE OBRAS VIALES DEL AREA DE VIALIDAD
 - INFORME FINAL
 - FORMULACION DE RENGLONES DE PAGO TOMO I, II, III & IV
 - TABLAS

Japón

- ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL DEL MINISTERIO DE TERRENO, INFRAESTRUCTURA Y (2005)
 - ESTANDAR DE ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL DE CARRETERAS DE JAPON (2005)
 - ESTANDAR DE ESTIMACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION DE PUENTES (2005)
 - METODO ESTANDAR DE ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL (42TH REV.)
 - MANUAL DE METODOS DE ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL (2005)
 - TABLAS DE CALCULO DE CONTRATACION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION (2003)
 - MANUAL DE ESTIMACION DE COSTOS DE REFUERZO EN PUENTES POR EL METODO DE CALBE EXTERNO (2004)
- GUIA DE PRECIOS UNITARIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

(MAYO/2006)

(2) Modificación de Costos Unitarios

(i) Trabajador

En el caso de que se apliquen los estándares japoneses, el número de trabajadores (ej. maestro de obras, operario, peón, etc.) para cada actividad de trabajo será modificado dependiendo de las condiciones de la región mostradas en la Tabla 12.2.5. Este método es de acuerdo con la estimación de costos del proyecto de ayuda de concesión de Japón.

Tabla 12.2.5 Modificación del Coeficientes del Número de Trabajadores

Región	Trabajador no Calificado	Trabajador Calificado
Asia	1.5 veces el número de trabajadores de los Estándares Japoneses	2.5 veces el número de trabajadores de los Estándares Japoneses
África	2.0	3.5
Centro y Sur América	1.5	2.5
Oceanía	2.5	4.0
Medio Este	2.0	3.5
Europa Occidental	1.2	1.5

(a) Gastos Varios

Generalmente hay rubros referentes a gastos varios en los estándares de Japón. Estos se preparan para gastos en obras menores, equipos y materiales incluidos en los ítems de trabajo. Son calculados como un porcentaje del costo total del trabajador en algunos casos. Por ejemplo, el 15% del costo total de obrero se prepara para gastar en picar, corta de metal, oxígeno y acetileno en el costo unitario de “remover juntas de expansión”

Sin embargo, el aumento es insuficiente si se aplica a los salarios de los trabajadores en Costa Rica definidos en la Tabla 12.2.1 por la gran diferencia de salarios entre Costa Rica y Japón. La Tabla 12.2.6. muestra una comparación entre los salarios de Costa Rica y Japón.

Tabla. 12.2.6 Comparación de Salarios Unitarios por Hora entre Costa Rica & Japón

Tipo de Trabajador	Salario en Costa Rica		Salario en Japón		Porcentaje JP/CR
	CRC	=> USD	JPY	=> USD	
Peón	867	1,68	1.637	14,00	833%
Maestro de obras	1.194	2,31	2.385	20,40	881%
Carpintero	994	1,93	2.150	18,39	954%
Trabajador Calificado	953	1,85	2.097	17,94	970%
Promedio de operario	1.247	2,42	2.096	17,93	741%
Promedio					876%

Por otra parte, el número de trabajadores por unidad de obra ya ha sido modificado de acuerdo a la Tabla 12.2.5. Por lo tanto, el incremento por gastos varios debe ser modificado de la siguiente manera;

Trabajador No Calificado: (costo total del trabajador Costarricense) × 584% (*¹)

Trabajador no Calificado: (costo Total del Trabajador de Costa Rica) × 350% (*²)

$$(*^1) 876\% \div 150\% = \underline{584\%}$$

$$(*^2) 876\% \div 250\% = \underline{350\%}$$

(3) Costo Unitario por Ítem de Trabajo

La aplicación de costos unitarios para la mayoría de los ítems de trabajo referidos a estándares descritos anteriormente y los métodos de modificación están resumidos en la Tabla 12.2.7 y un desglose de los ítems de trabajo de muestra denominado “Remoción de juntas de expansión” se muestran en la Tabla 12.2.8. Acorde a esto, la lista completa del desglose de cada ítem de

trabajo esta adjunto en el Apéndice 12.

Tabla 12.2.7 Costos Unitarios para la Mayoría de Ítems de Trabajo

Ítem de Trabajo	Unidad	Costo (USD)	Estándar
Inyección y llenado en la superficie de concreto	m (longitud de grieta)	10.28	Japón
Remover el pavimento existente	M3	27.55	Japón
Remover pasamanos	M3	7.02	Japón
Picar superficie de concreto	M2	15.31	Japón
Perforar hueco en miembro de acero	no	2.67	Japón
Pegar fibra de laminas de concreto sobre losa	2capas/m2	308.75	Japón
Reemplazar pedestal de apoyo (Fijo) (incluye costo del material)	no	14,806.72	Japón
Reemplazar junta de expansión (incluye costo del material)	m	1,139.25	Japón
Impermeabilización de losa (método de pintado)	M2	105.30	Japón
Instalar gaviones (2m*1m*1m)	m	230.18	Japón
Encofrado (incluye costo del material)	M2	5.11	Costa Rica
Arreglo de varillas (incluye costo del material)	kg	1.08	Costa Rica
Demoler estructura de concreto	M3	109.36	Costa Rica
Superficie Pavimento Asfáltico	M3	136.71	Costa Rica
Perforación de estructura (suelo)	M3	2.84	Costa Rica
Colado y curado de concreto (225kg/cm2)	M3	154.27	Costa Rica
Instalar nueva baranda de acero	m	100.00	Costa Rica
Inca de pilotes (Acero H)	m	274.19	Costa Rica
Trabajos de mampostería	M3	63.40	Costa Rica

12.2.3 Costo Estimado del Proyecto

1) Costos Directos

Básicamente los costos directos son estimados de acuerdo a los costos unitarios par alas rehabilitaciones y sus correspondientes cantidades. Sin embargo, referente a los costos de transporte para los materiales y equipo, y las condiciones de ellos (ej. distancia entre el sitio y el suplidor, tajos, etc.) sin varias porque las ubicaciones de los puentes están esparcidas por el país. Por lo tanto, el costo del transporte del proyecto es aplicado como un average de los costos directos y muestras de proyectos implementados por el MOPT en el pasado. Los porcentajes de los proyectos de muestra se muestran en la Tabla 12.2.9. El 5% total del costo directo es aplicado a los costos de transporte del Proyecto.

Tabla. 12.2.9 Porcentaje de Costos de Transporte entre Muestras de Proyectos

(Moneda: U.S. Dólares)

Muestra No.	Total de Costos Directos	Transporte	Otros Costos
1	1,131,361	49,690 (4.4%)	1,081,671 (95.6%)
2	981,332	47,830 (4.9%)	933,502 (95.1%)
3	1,329,638	52,235 (4.1%)	1,277,402 (95.9%)

2) Costos Indirectos

Generalmente, los costos en esta categoría son nombrados como costos de imprevistos, costos de administración y utilidades del contratista, que son estimados de acuerdo a un porcentaje de los costos directos por las agencias de implementación de proyectos (ej. MOPT, CONAVI). Sus porcentajes son variables dependiendo del presupuesto que se tenga para el proyecto. Aplicando porcentajes para el Proyecto se han decidido los siguientes basados en el análisis previo y la discusión con la contraparte.

(a)Costos de Imprevistos: 5% del total de costos directos

(b)Costos Administrativos: 10% del {total de costos directos + (a)}

(c)Utilidad del Contratista: 10% del {total de costos directos + (a) + (b)}

3) Result of Cost Estimate

The Project cost estimate for 10 selected bridges are finalized in Table 12.2.10. Further, their breakdown lists are attached in Appendix-12.2.

Tabla 12.2.10. Resumen del Costo del Proyecto

Item	Spec.	Unit	Qty	Unit Price			Total Amount			Remarks	Equivalent (USD)
				CRC	USD	JPY	CRC	USD	JPY		
No.2 Rio Aranjuez (1 of 2)	Rt.1. Steel truss, L=87.78m, Completion in 1955	site	1.00	287,241,753		30,285,792	287,241,753		30,285,792	RT001.02.1	\$815,873.33
No.2 Rio Aranjuez (2 of 2)	Rt.1. Steel truss, L=87.78m, Completion in 1955	site	1.00	220,201,030	26,713	2,558,910	220,201,030	26,712.52	2,558,910	RT001.02.2	\$475,462.37
No.2 Rio Aranjuez Total							507,442,784	26,713	32,844,701		\$1,291,335.71
No.3 Rio Abangares (1 of 2)	Rt.1. Steel thru truss, L=101.34m, Completion in 1963	site	1.00	309,068,365		29,292,663	309,068,365		29,292,663	RT001.03.1	\$849,689.64
No.3 Rio Abangares (2 of 2)	Rt.1. Steel thru truss, L=101.34m, Completion in 1963	site	1.00	198,340,941	107,080	3,555,149	198,340,941	107,079.52	3,555,149	RT001.03.2	\$521,974.79
No.3 Rio Abangares Total							507,409,306	107,080	32,847,813		\$1,371,664.42
No.7 Rio Azufrado	Rt.1. Rigid reinforced concrete frame, L=31.39m, Completion in 1955	site	1.00	117,281,252	80,042	14,608,995	117,281,252	80,041.50	14,608,995	RT001.07	\$482,351.76
No.12 Rio Puerto Nuevo (1 of 2)	Rt.2. Steel beam & reinforced concrete girder, L=104.89m, Completion in 1961	site	1.00	78,904,061		72,287,237	78,904,061		72,287,237	RT002.12.1	\$771,271.60
No.12 Rio Puerto Nuevo (2 of 2)	Rt.2. Steel beam & reinforced concrete girder, L=104.89m, Completion in 1961	site	1.00	285,831,855	40,021	5,210,845	285,831,855	40,020.75	5,210,845	RT002.12.2	\$599,910.01
No.12 Rio Puerto Nuevo Total							344,735,916	40,021	77,498,082		\$1,371,181.61
No.16 Rio Nuevo	Rt.2. Continuous reinforced concrete girder, L=55.47m, Completion in 1961	site	1.00	290,730,856		13,694,389	290,730,856		13,694,389	RT002.16	\$661,335.87
No.17 Rio Chirripo	Rt.4. Concrete box girder, L=175.90m, Completion in 1978	site	1.00	226,420,000		5,438,424	226,420,000		5,438,424	RT004.17	\$465,435.57
No.19 Rio Sarapiquí	Rt.4. Steel I-beam, L=100.96m, Completion in 1978	site	1.00	261,206,357		70,312,715	261,206,357		70,312,715	RT004.19	\$1,107,777.26
No.20 Rio Suctio	Rt.32. Concrete box girder, L=187.25m, Completion in N.A.	site	1.00	163,653,216		4,996,830	163,653,216		4,996,830	RT032.20	\$359,964.29
No.26 Rio Chirripo (1 of 2)	Rt.32. Continuous steel I-beam, L=431.90m, Completion in 1974-1978	site	1.00	52,217,159		222,143,100	52,217,159		222,143,100	RT032.26.1	\$2,001,344.11
No.26 Rio Chirripo (2 of 2)	Rt.32. Continuous steel I-beam, L=431.90m, Completion in 1974-1978	site	1.00	610,636,845		9,966,921	610,636,845		9,966,921	RT032.26.2	\$1,268,978.84
No.26 Rio Chirripo Total							662,854,005		232,110,021		\$3,270,322.96
No.29 Rio Torres (1 of 2)	Rt.218. Concere post-tensioned F girder, L=66.46m, Completion in N.A.	site	1.00	34,044,448		24,762,335	34,044,448		24,762,335	RT218.29.1	\$277,802.34
No.29 Rio Torres (2 of 2)	Rt.218. Concere post-tensioned F girder, L=66.46m, Completion in N.A.	site	1.00	130,581,768		3,057,081	130,581,768		3,057,081	RT218.29.2	\$279,283.14
No.29 Rio Torres Total							164,626,216		27,819,416		\$557,085.47
Total project costs of 10 bridges							3,236,359,907	253,854	512,171,387		\$10,906,474.93
Summary											<=

CAPÍTULO 13 ANÁLISIS ECONÓMICO

13.1 Introducción

13.1.1 Objetivo y Condición

En el área del Alcance del Trabajo y la Reunión de Involucrados, el análisis económico no ha sido indicado. En general se establece y formula el método de análisis económico para la construcción de nuevas carreteras, pero este no se ha establecido para la rehabilitación y el reforzamiento especialmente de puentes, ya que todavía está bajo estudio académico.

En el mencionado trasfondo, el objetivo de este análisis económico incluye temas tales como: 1) consideración del método de análisis económico apropiado para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, 2) criterio de este análisis con los diez puentes seleccionados, y 3) sistematización del método para poder extenderlo a otros puentes.

13.1.2 El Concepto de Análisis Económico para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes

Para poder alcanzar los objetivos mencionados, se ha establecido a continuación el concepto de análisis económico.

- Revisar el método de análisis económico para la construcción de infraestructura especialmente para carreteras y para realizar propuestas para el método adecuado de análisis económico para la rehabilitación y reforzamiento.
- Considerar que este resultado será posible usarlo para los materiales aplicados a la sociedad y los usuarios de las carreteras para que comprendan y tengan conciencia de la importancia del mantenimiento de puentes. Esto puede ser de ayuda al módulo del proyecto 5 en el contexto del desarrollo de capacidad.
- Para conducir el análisis económico principalmente en cuanto al beneficio y al costo se ha de estimar cuando se implemente a cada puente seleccionado el conjunto de rehabilitación y reforzamiento.

Durante el periodo de estudio, dos reportes del estudio de factibilidad han sido recolectados para ser usados como referencia de los parámetros económicos. Estos fueron conducidos por el CNC para la concesión de proyectos de carreteras, estos son: *“Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad para la Concesión de Obra con Servicio Público de la Carretera Braulio Carrillo (San José – Guápiles – Limón) 2001. 6”* y *“Diseño Preliminar Y Estudio De Factibilidad Técnica, Social, Ambiental, Económica Y Financiera Para La Concesión De Obra Con Servicio Público De Las Secciones A, B Y D Del Proyecto Anillo Periférico De San José De Costa Rica 2004.10”*.

13.1.3 Costo del Proyecto y Beneficios para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes

Con base en “realizar” y “no realizar” para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, los costos y beneficios del proyecto se observan en la tabla que se muestra a continuación. Los beneficios del proyecto se evalúan como costos de reducción, los cuales son los costos en caso de “no realizar”. Observe que los costos en “no realizar” se estiman bajo el contexto que se daría cuando el puente no se rehabilite o refuerce en el futuro.

Tabla 13.1.1. Conceptos Básicos de los Costos y Beneficios

	Realizar	No realizar
Contexto	<u>Conducir la Rehabilitación y el Reforzamiento</u> -> Extender la vida del puente -> Ser anti-sísmico	<u>No conducir la Rehabilitación y el Reforzamiento</u> -> Quedar fuera de uso cuando el Puente llegue a su tope de vida. -> En caso de sismos el Puente se caería.
Costo	Costo 1: Costo del Trabajo para la Rehabilitación y el Reforzamiento Costo 2: Costo Social del desvío por el cierre o la espera del tráfico por las restricciones de transito.	<u>Tipo A: Contexto Causado por la vida del puente</u> Costo 1: Costo de Obras para la reconstrucción Costo 2: Costo Social Costo del desvío por el cierre del tráfico en el período de construcción. <u>Tipo B: Contexto causado por sismos</u> Costo 1: Costo de Obras para recuperarse de la emergencia y la reconstrucción Costo 2: Costo Social Costo del Desvío por el cierre del tráfico durante el período de construcción.
Beneficio del Proyecto		Reducción de los costos en No realizar

De acuerdo a estos conceptos, las características de la apariencia de los Costos y Beneficios se muestran a continuación. Es claro que los beneficios aparecen solamente cuando los eventos ocurren bajo el contexto de vida del puente y sismos. Estos beneficios tienen las siguientes características.

- Los beneficios de la vida de los puentes aparecen de “inmediato” cuando se da este contexto.
- Los beneficios que aparecen por sismo aparecen “cada año” ya que existe una probabilidad de recurrencia de terremotos.

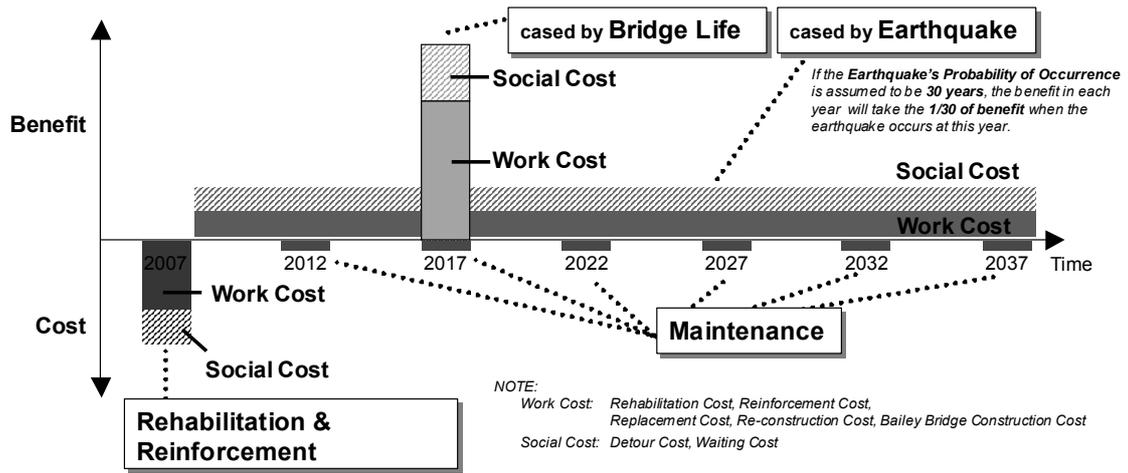


Figura 13.1.1. Imagen de la Apariencia de los Costos y los Beneficios

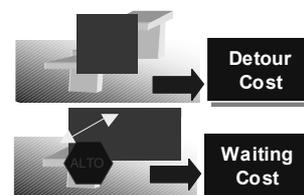
Este estudio necesita 30 años para un período de evaluación dada su situación, especialmente si ocurren terremotos de 30 a 50 años ya que la vida de la mayoría de los puentes es de 30 años.

La siguiente sección describe como los Costos Sociales y los Beneficios se estimarían y sus resultados, posteriormente se describe el Costo de Obras, por último se verá el análisis económico tal como el EIRR y B/C.

13.2 Costos Sociales y Beneficios

13.2.1 Estructura de Trabajo para estimar los Costos Sociales y los Beneficios

Para estimar los Costos Sociales y los Beneficios para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, es necesario que se incluya el tipo de ítems. Este estudio toma el Costo Social como “Costo de Desvío” y “Costo de Espera” como resultado del cierre del tráfico y las restricciones. El costo de desvío aumenta cuando se cae el puente y se emplea una ruta de desvío. El Costo de Espera aumenta debido a la restricción del tráfico se da una vía durante el trabajo de construcción.



La secuencia para estimar el costo social se resuelve a continuación.

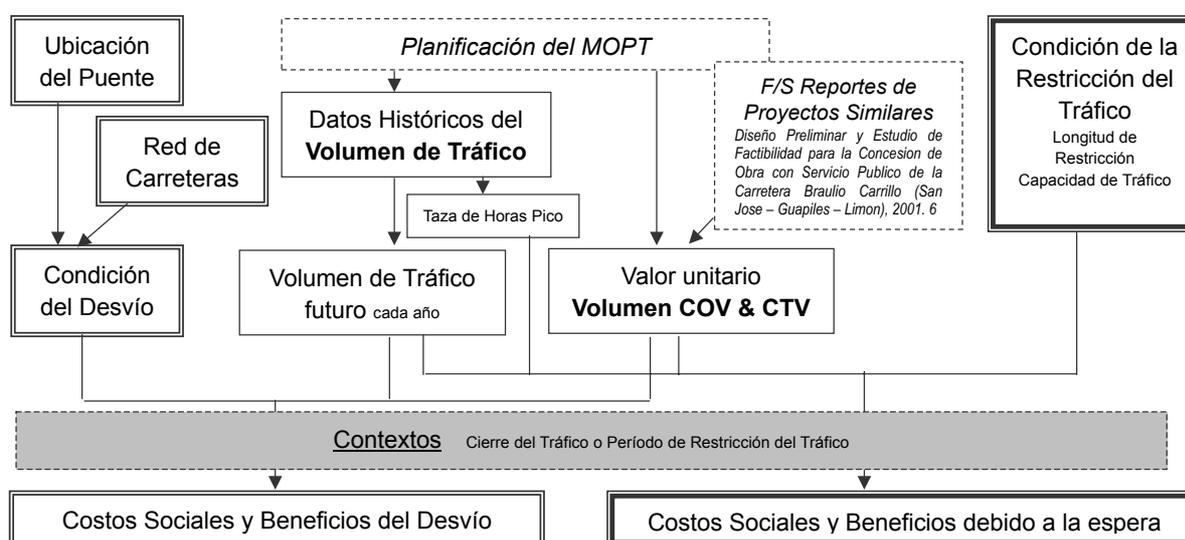


Figura 13.2.1. Secuencia del Estimado de Costos Sociales y Beneficios

Para poder estimar los Costos Sociales y los Beneficios como resultado de los desvíos y la espera, es necesario estimar el volumen de tráfico en el futuro y identificar el valor unitario. Para el Costo de operación por vehículo (COV) y el Costo de Tiempo de Viaje (CTV). Ambos son estudiados por el Departamento de Planificación del MOPT, por lo que después de revisados se aplican a este estudio. El valor del tiempo para Activos (bienes) es referido por un reporte similar del estudio de factibilidad para proyectos de concesión de carreteras.

Primero, el volumen de tráfico a futuro deberá de ser estimado, y luego, el valor unitario del “Costo de Operación de Vehículos” (COV) y el “Costo del Tiempo de Viaje” (CTV) se deberán de aplicar a la diferencia entre el caso original y el caso del desvío o espera. La siguiente sección describe los detalles de cada ítem.

1) Estimado del Volumen de Tráfico

El equipo de estudio ha recopilado los datos históricos de tráfico del Departamento de Planificación del MOPT. El método de estimado del volumen de tráfico se toma como un

“Método de Tendencia (Método de Estimado Externo)” en lugar del Método Unitario Básico (Método de Modelo de Función) debido a las limitaciones de la precisión de los datos para el número de registro de vehículos¹ y el número de la población a futuro y el PIB.

MOPT ha recopilado los datos del volumen de tráfico desde 1987 en cada estación. Después de identificar la estación cercana a cada puente, se estima el volumen de tráfico a futuro con una función lineal y cada categoría de volumen de tráfico (por ejemplo: vehículos de pasajeros, camiones de dos ejes, camiones de cinco ejes²) se divide bajo la misma proporción que el último volumen de tráfico. Los resultados de la fórmula del estimado del volumen de tráfico se muestran en la siguiente tabla. Los detalles se describen en el Apéndice-4.1.

Tabla 13.2.1. Resultados de la Fórmula del estimado del Volumen de Tráfico

No. De Puente	Ruta	Fórmula del Estimado del Volumen de tráfico Y: Volumen de Tráfico (TPD), X: A.D.,	Proporción de la Categoría de Vehículos %			
			Vehículos de Pasajeros	2 Ejes	5 Ejes	
No 2	Río Aranjuez	R. 1	$Y = 266.045 X - 525,931$ ($R^2=0.944$)	87.9	4.1	8.0
No 3	Río Abangares	R. 1	$Y = 314.233 X - 622,921$ ($R^2=0.865$)	87.4	1.9	10.7
No 7	Río Azufrado	R. 1	$Y = 5.00 X - 8,118$ ($R^2=1.000$)	84.4	3.1	12.5
No12	Río Puerto Nuevo	R. 2	$Y = 48.379 X - 95,504$ ($R^2=0.790$)	85.1	3.3	11.6
No16	Río Nuevo	R. 2	$Y = 96.386 X - 190,946$ ($R^2=0.802$)	91.9	2.9	5.2
No17	Río Chirripo	R. 4	$Y = 218.383 X - 433,253$ ($R^2=0.904$)	89.1	5.1	6.0
No19	Río Sarapiquí	R. 4	$Y = 139.667 X - 276,441$ ($R^2=1.000$)	91.0	3.6	5.4
No 20	Río Sucio	R. 32	$Y = 345.338 X - 682,707$ ($R^2=0.902$)	67.7	9.3	23.0
No 26	Río Chirripo	R. 32	$Y = 374.938 X - 743,726$ ($R^2=0.970$)	58.0	9.0	32.0
No 29	Río Torres	R.218	$Y = 720.313 X - 1,405,945$ ($R^2=0.671$)	94.5	3.3	2.2

R²: Valor del Coeficiente de Correlación de la Fórmula del Estimado de datos históricos: R²=1.00 en Puentes No7 & 19 significa que hay solamente dos datos históricos.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

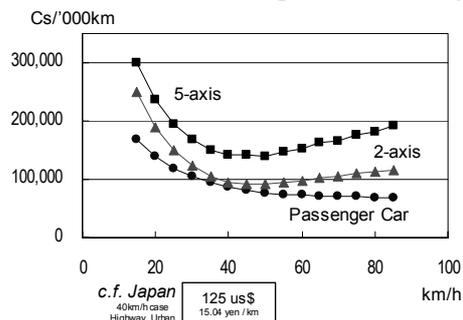
¹ Después de recolectar los datos del número de registros de vehículos desde 1987 al 2005, se muestra que los datos no pueden ser una serie porque los métodos de estadísticas han cambiado desde el 2002. Por lo tanto, el equipo de estudio ha decidido que el método unitario que pretende estimar el tráfico a futuro se estima por la función con la población, la propiedad de vehículos, el PIB per capita y el PIB es difícil de establecer.

² La categoría de vehículos del volumen de tráfico en los datos históricos del MOPT se clasifican por i) Vehículos de Pasajeros, ii) Dos ejes, iii) Tres Ejes, iv) Cinco Ejes y v) Buses. En este estudio, dado lo simple del trabajo de cálculo para COV y el CTV, las categorías del vehículo se reacomodan como tres categorías que son i) Vehículos de Pasajeros que incluyen buses, ii) Dos Ejes y iii) Cinco Ejes que incluyen los tres ejes.

2) Valor Unitario del COV y el CTV

El Departamento de Planificación del MOPT ha investigado el valor unitario para el COV y el CTV.

El Costo de Operación del Vehículo se ha estimado con el precio del 2004 seguido por el método HDM-III. El equipo de estudio toma el parámetro del COV para vehículos de pasajeros, camiones de dos ejes y tráileres de 5 ejes como se observa en la figura de la derecha. La comparación entre el COV en Costa Rica y Japón muestra la evidencia de que el COV en Costa Rica es más elevado que el de Japón (Por ejemplo el COV (Colones/000km) para 40km/hr., Costa Rica: 86,278, Japón: 64,625 (125 US\$; 15.04 yen/km). Vea los detalles en el Apéndice-4.2

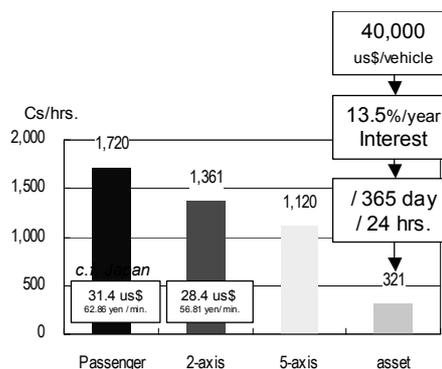


Fuente: MOPT Planificación

Figura 13.2.2. Resultados del COV

El Costo del Tiempo de viaje también se investiga y describe en el reporte de factibilidad en el Capítulo 18 llamado “Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad para la Concesión de Obras con Servicio Público de la Carretera Braulio Carrillo (San José – Guápiles – Limón), 2001. 6”

De acuerdo a este reporte, el Resultado del CTV para vehículos de pasajeros ha sido estimado por el estudio de entrevistas de salarios de conductores y luego ha sido estimado en una cantidad de 1,924.52 colones/hora. Para los camiones y tráileres, ha sido estimado por el salario de los conductores como un costo de oportunidad, y luego es estimado como 1,361 para camiones de 2 ejes, 1,120 para tráileres de 5 ejes.



Fuente: MOPT Planificación

Figura 13.2.3. Resultados

Utilizando los resultados de la investigación del Valor de Activos de 5-ejes (Trailer)= 40,000 US\$/vehículo, El Valor de Activos de Bienes para el tiempo se calcula por el interés de ahorrar si los bienes se venden con anticipación.

En este estudio, es importante analizar no sólo el valor para el tiempo del conductor sino también para los bienes, en caso de que haya cierres de las vías, especialmente en la carretera interamericana en el tramo San José-Limón. El equipo de estudio estimó el valor del tiempo para los bienes tomando el costo de oportunidad si el valor de mercado de bienes ha sido guardado con anterioridad y luego se han creado los intereses. El resultado del valor del tiempo de los bienes se estima en 321 colones/hrs.

Note que la comparación entre CTV en Costa Rica y Japón muestra la evidencia de que el CTV en Costa Rica es un décima parte del de Japón (por ejemplo. CTV (Colones/hrs.) por vehículo de pasajeros, Costa Rica: 1,720 vs. Japón: 16,233 (31.4 US\$; 62.86 yen/min.), para camiones, Costa Rica: 1,361 vs. Japón: 14,682 (28.4US\$; 56.81 yen/min.).

3) Condición del Desvío

La ruta de desvío se identifica para cada red vial existente para cada puente. Por ejemplo, para el Río Sucio (Ruta 32), la ruta de desvío posible se muestra en la Figura de la derecha. Cada distancia y velocidad promedio se ha calculado por los datos de inventario de las carreteras: “RED VIAL NACIONAL POR RUTA Y CONDICIÓN, 2005.11”, en el Departamento de Planificación del MOPT.

Solamente los vehículos de pasajeros y camiones de dos ejes pueden transitar esta ruta de desvío, pero los tráileres de cinco ejes no pueden transitarla y tendrán que esperar hasta que haya apertura del tráfico (Algunos de ellos pueden desviarse por otras rutas, tales como R.2 y R.10). Los resultados de cada puente se describen en el Apéndice-4.3.

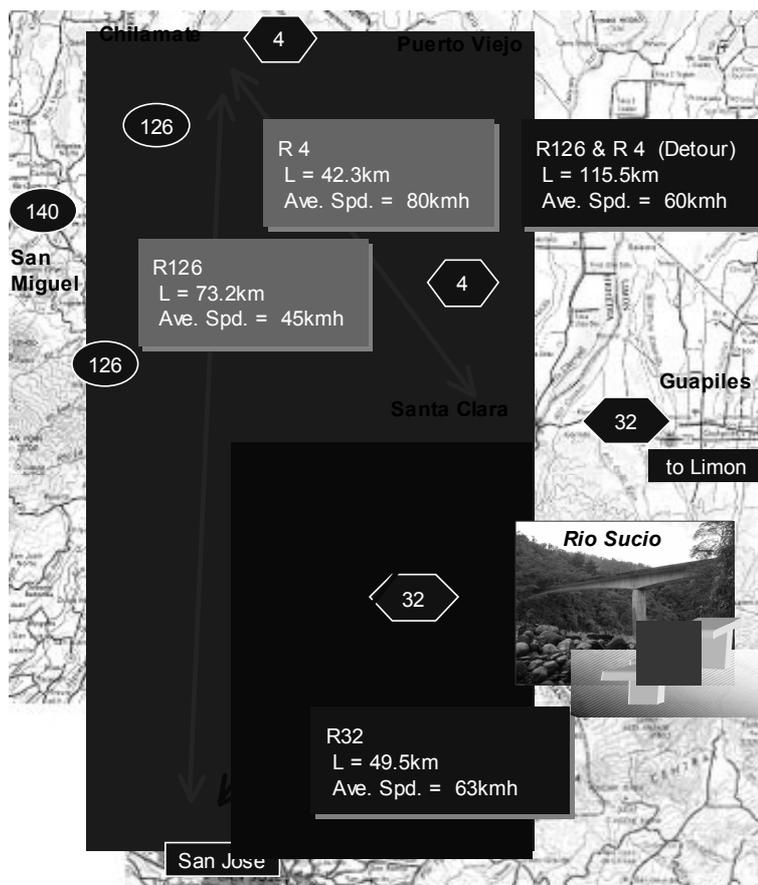


Figure 13.2.4. Ruta de Desvío para el Río Sucio

4) Costo de Espera

El Costo de Espera se calcula por el tiempo de espera promedio, el volumen de tráfico y el valor del tiempo en caso de la restricción del tráfico en una dirección durante los trabajos de construcción.



Durante las restricciones de tráfico para vías en una dirección, la capacidad de tráfico puede ser calculada por la siguiente ecuación;

$$\text{Capacidad de Tráfico para la Restricción de 1 Dir (veh. /Hrs.)} = - 4 \times [\text{Long. de Restricción (m)}] + 1,480$$

Fuente: Materiales para el manejo del tráfico para construcciones en sitio en las carreteras, 1997.8
 Sociedad Japonesa de Ingenieros de Tráfico.

Si el volumen de tráfico real es menor que la capacidad de tráfico, el tiempo de espera promedio se estima con la siguiente fórmula;

$$\text{Tiempo de Espera Promedio} = \frac{(\text{Tiempo del Periodo Rojo})^2}{2 \times \text{Periodo del Ciclo} * \left(1 - \frac{\text{Volumen de Tráfico}}{\text{Capacidad de Tráfico}}\right)}$$

Donde el período del ciclo se asume como 180 seg. El tiempo del período rojo se asume como 90 seg.

Los resultados de comparación entre la capacidad de tráfico y el volumen de tráfico en las horas pico muestra que sólo el Río Sucio (R.32) y el Río Chirripó (R.32) tienen un exceso en su capacidad de tráfico. Lo cual es causado por la cantidad de tráfico en las horas pico al mismo tiempo que la longitud del puente es más larga (por ejemplo: 200 m ~ 450 m). Si la longitud de las restricciones reduce a 100m tendría suficiente capacidad de tráfico.

13.2.2 Resultado de los Criterios de los Costos Sociales y Beneficios

Esta sección muestra los resultados de los criterios de la pérdida social en caso de “el cierre del tráfico por un día” y “la restricción del tráfico en una dirección por un día” para cada puente al utilizar la secuencia descrita anteriormente.

1) Pérdida Social para el cierre del tráfico por un día

Este es el ejemplo de un caso de pérdida social cuando se cierra el tráfico por un día en el año 2007.

En el caso del Río Sucio (R.32), el volumen de tráfico (TPD) se estima con un fórmula, luego se divide por cada categoría (por ejemplo: vehículos de pasajeros: 6,948TPD, 2-ejes: 966TPD, 5-ejes: 2,389TPD). Para identificar la ruta de desvío, sólo los vehículos de pasajeros y los camiones de 2 ejes serán desviados por la R.126 a la R.4 (por ejemplo: La condición original de la R.32: Longitud = 115.5km, Velocidad Prom. = 63km/h, la condición del desvío de la R.126 a la R.4: Longitud = 115.5km, Velocidad Prom. =60km/h). De la condición previa, la pérdida social se estima en 70 millones y es de alrededor 0.31% del PIB/día. Los resultados de cada costo (por ejemplo COV, CTV en cada vehículo) se muestran en la siguiente figura.

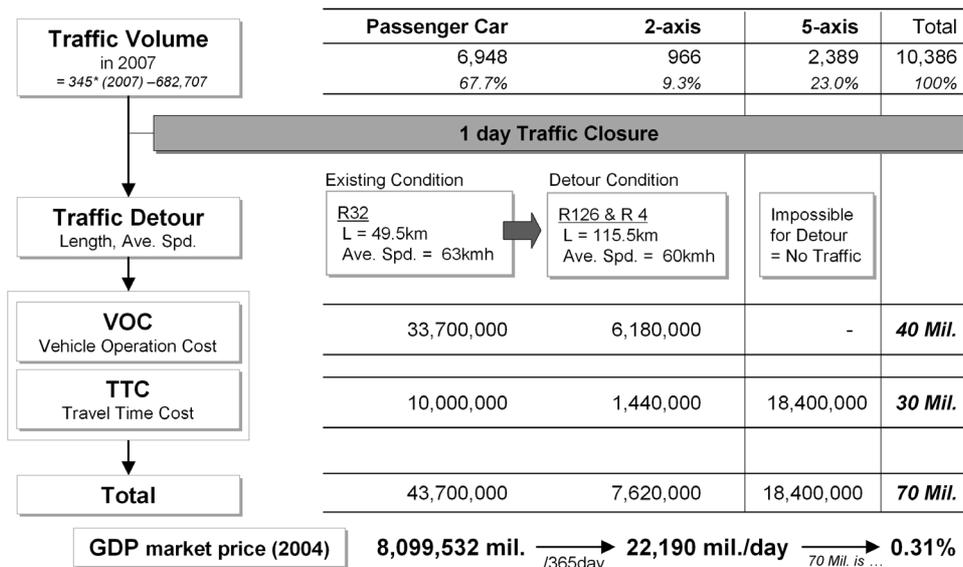


Figura 13.2.5. Los Resultados del Costo Social por el Cierre del Tráfico por un día en el Río Sucio (R.32)

Para los diez puentes seleccionados, la pérdida social tiene un valor diferente de acuerdo a su condición de desvío y el volumen del tráfico. La R32 tiene las características de un peso de 5 ejes CTV que significa el valor del tiempo de los bienes. Los resultados se muestran a continuación:

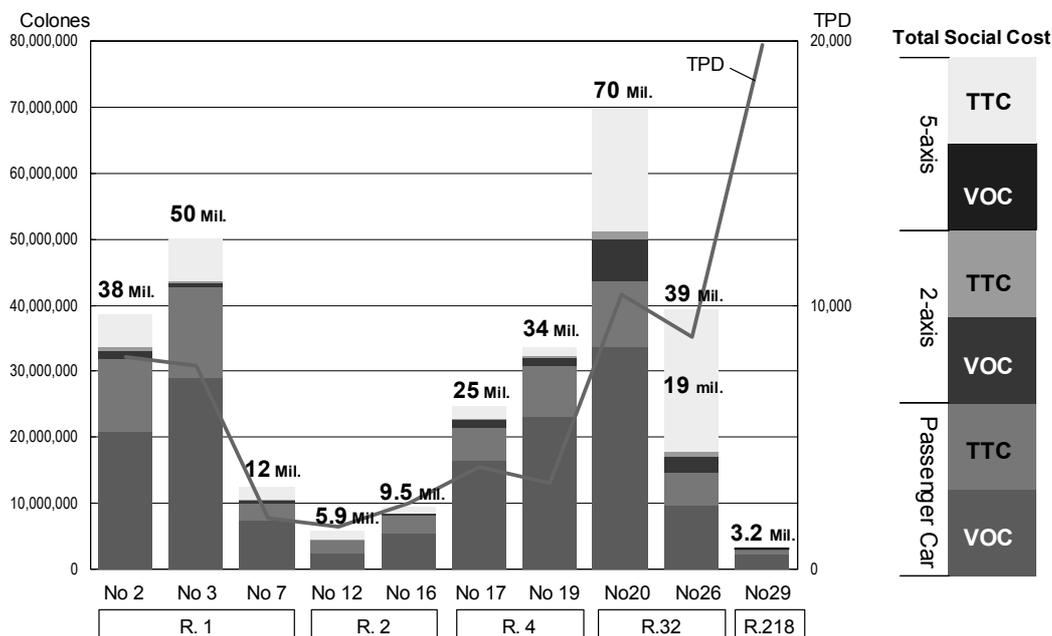


Figura 13.2.6. Pérdida Social por el Cierre del Tráfico por un día en los 10 Puentes

2) Pérdida Social para la Restricción de tráfico en una dirección por un día.

Este es un caso de pérdida social cuando se da la restricción del tráfico de una dirección por un día 2007.

La pérdida social de la restricción del tráfico en una dirección es menor que el cierre del tráfico. Para los 10 puentes seleccionados, es alrededor de 10,000 a 160,000 colones por día. En el Puente No. 29 sobre el Río Torres en la R.218 no ha sido calculado ya que está ubicado en el área Metropolitana en San José por lo que es fácil hacer un desvío por la ruta de un vecindario continuo. La figura de la derecha muestra la ubicación del Río Torres y la red de la vía.

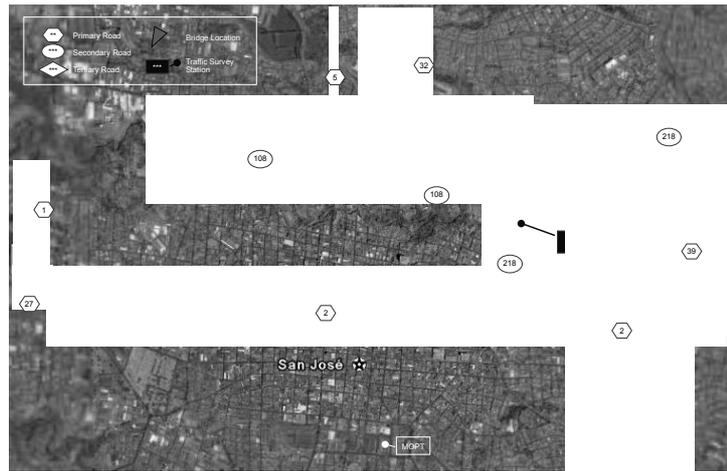


Figure 13.2.7. Ubicación del Río Torres (R.218)

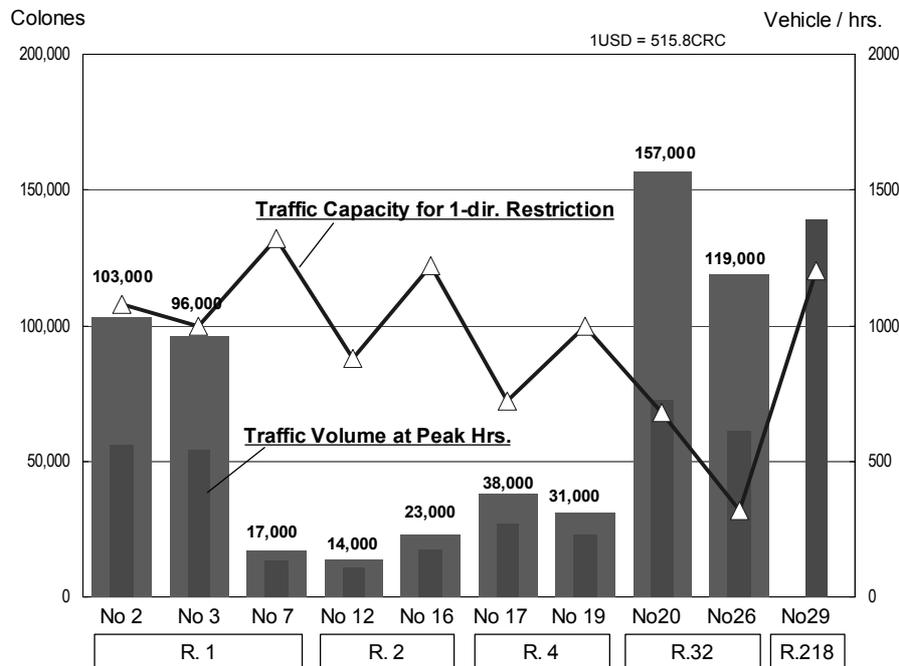


Figura 13.2.8. Pérdida Social de la Restricción del Tráfico en una dirección durante un día para los 10 Puentes

13.3 Ubicación de las Situaciones

En la posibilidad “no realizar” cada puente presenta una situación para no estar bajo servicio. El equipo de estudio ha decidido que cada situación bajo el criterio de los ingenieros con los resultados de inspección de las condiciones existentes y la edad del puente.

La situación tiene dos fases, una es causada por “Vida del Puente”, la otra es por los “Terremotos”.

La situación causada por la “Vida del Puente” significa que el Puente no podrá ser usado cuando una parte del puente ha alcanzado su vida con respecto a la condición existente del

deterioro. Se cree que la vida de este puente es predecible. Por otro lado, en la situación causada por “Terremotos” se asume que el puente se caería de ocurrir un terremoto. Por lo tanto, no es predecible pero tiene esta probabilidad en cada año. Ambas situaciones afectarían el tráfico ya que se este se cerraría o habría restricción de tráfico en una dirección debido al daño del puente. Esta situación se muestra en la siguiente figura.

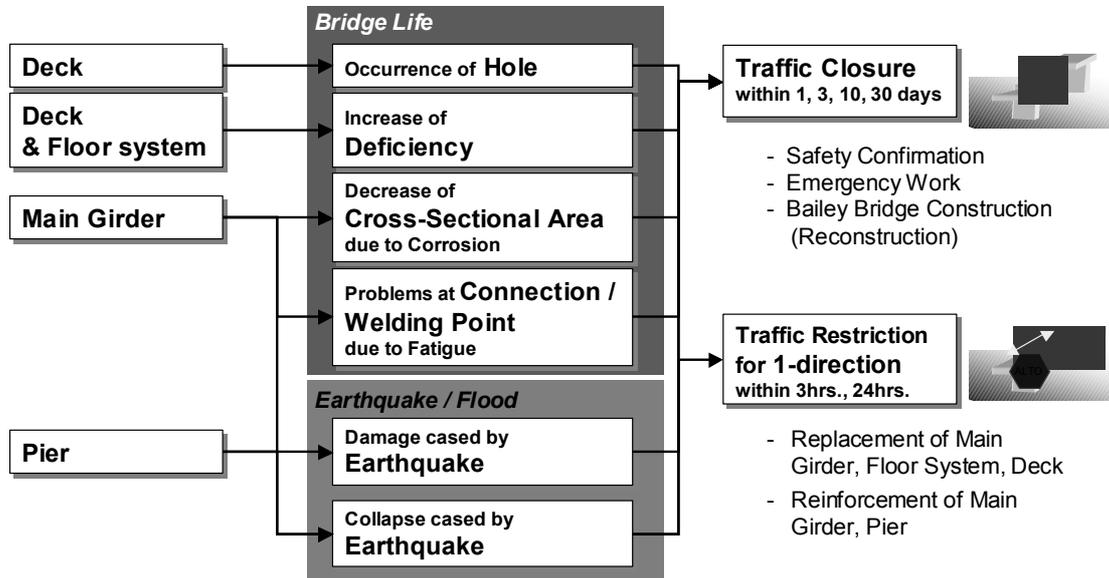


Figura 13.3.1. Tipos Considerables de Situaciones

Cada situación para los 10 puentes seleccionados se ha resumido en el Apéndice-4.4. En este apéndice también se indica el método de rehabilitación y reforzamiento y el horario de mantenimiento en “realizar”.

Cuadro: Probabilidad de Ocurrencia de Terremotos en Costa Rica

De acuerdo a los datos históricos de terremotos en Costa Rica, se estableció la ecuación Gutenberg & Richter para la relación entre la Frecuencia y la Magnitud.

Los resultados de probabilidad de ocurrencia con cada nivel de magnitud es el siguiente,

- Los Puentes No12 & No16 están bajo una situación crítica para un terremoto.
- Los resultados del estimado muestran que una clase M6 ocurrirá durante los próximos 5 años.

Este estudio toma como posible situación un terremoto clase M7, el terremoto que causaría daños a los puentes ocurriría en un plazo de 20 ~ 50 años en cada puente.

[Ecuación Gutenberg & Richter] $\log N = a - b \times M$
 N: Probabilidad de ocurrencia para cada año
 a, b: Parámetro de acuerdo a la zona (1 ~ 21)
 M: Nivel de Magnitud

