

5.2 DISEÑO PRELIMINAR

5.2.1 Generalidades

Aquí se describen los resultados de los diseños preliminares preparados para las carreteras del proyecto, en base a los resultados de los pronósticos de la demanda de tráfico, estudio topográfico (el Equipo de Estudio preparó planos topográficos a escala 1/10,000), estudio de suelos y materiales, y estudio hidrológico, incluyendo los siguientes diseños:

- Diseño geométrico
- Diseño de pavimentos
- Diseño de drenajes
- Diseño de puentes
- Otras estructuras

5.2.2 Diseño Geométrico

(1) Sección transversal típica

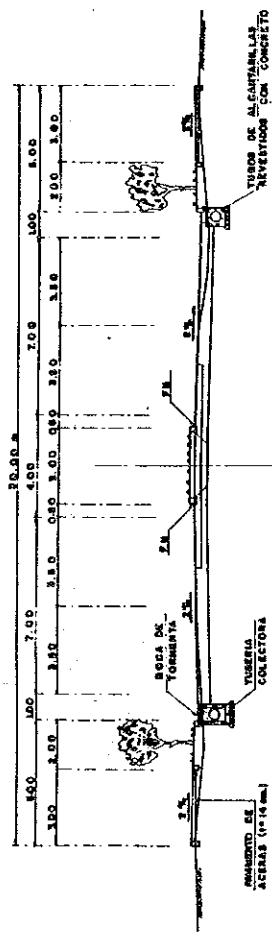
Considerando los criterios de diseño establecidos, se recomendaron las secciones transversales mostradas en la Figura 5-1.

(2) Aceras

Como se estableció en el inciso 5.1.1, Políticas Básicas, se consideró la provisión de aceras con la estructura mostrada en la Figura 5-1. Se recomienda que se construyan aceras para las carreteras en cada una de los sitios que se señalan en la Tabla 5-5.

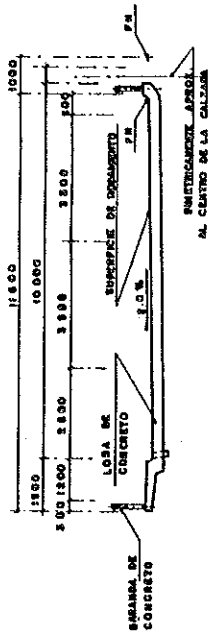
(3) Bahías

Como se establece en el inciso 5.1.1, Políticas Básicas, se consideró la provisión de bahías de buses con la estructura mostrada en la Figura 5-2. La ubicación de las bahías recomendadas para cada carretera, se muestran en la Tabla 5-6. La ubicación existente y las recomendaciones sobre el diseño revisado en 1992 fueron también consideradas para la Carretera Managua-Masaya.

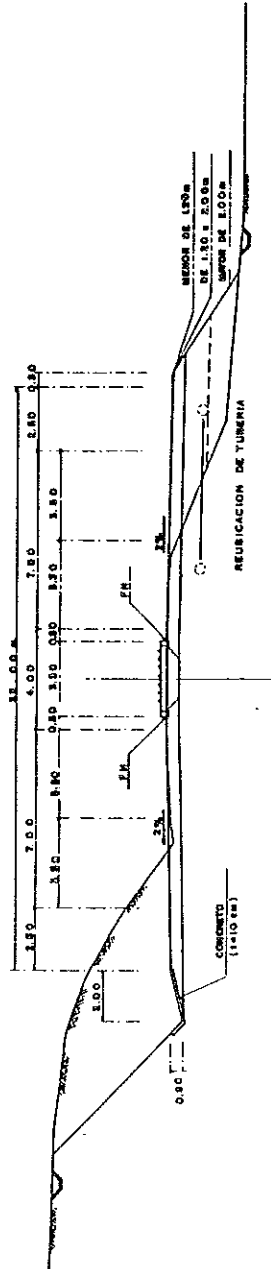


NOTA: INSTALACION DE BARRAS DE FOMENTA A CADA BOCA

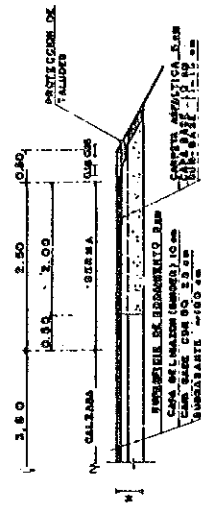
SECCION TIPICA CON ACERA
ESCALA 1:100



SECCION DE PUENTE
ESCALA 1:100



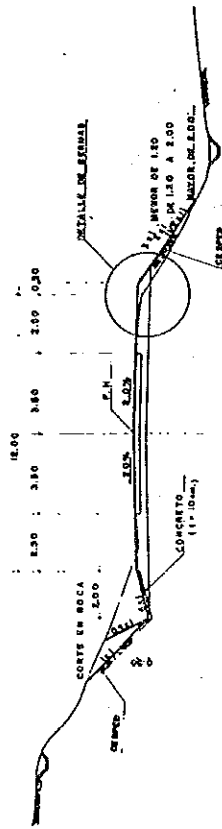
SECCION TIPICA SIN ACERA



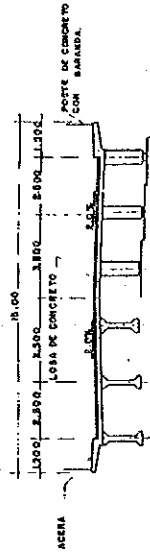
DETALLE DE BERMAS
SIN ESCALA

Figura 5-1 Recomendaron las Sección Transversal Típica (1)

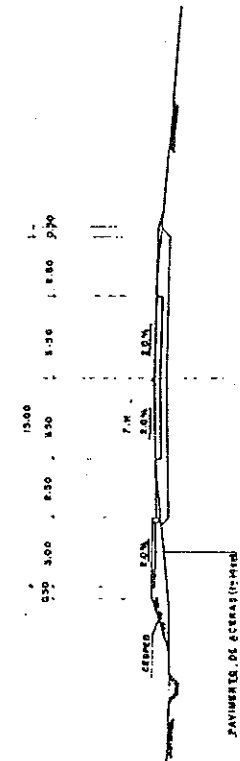
NANDAIME - MASAYA - TIPITAPA - SAN BENITO - TIPITAPA - SAN CRISTOBAL



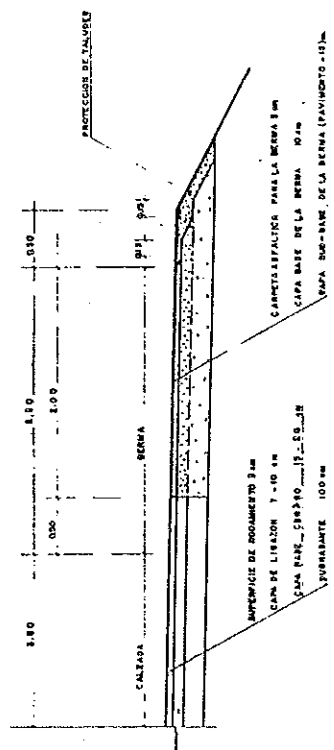
SECCION TIPICA
ESCALA 1:100



SECCION DE PUENTE
ESCALA 1:100



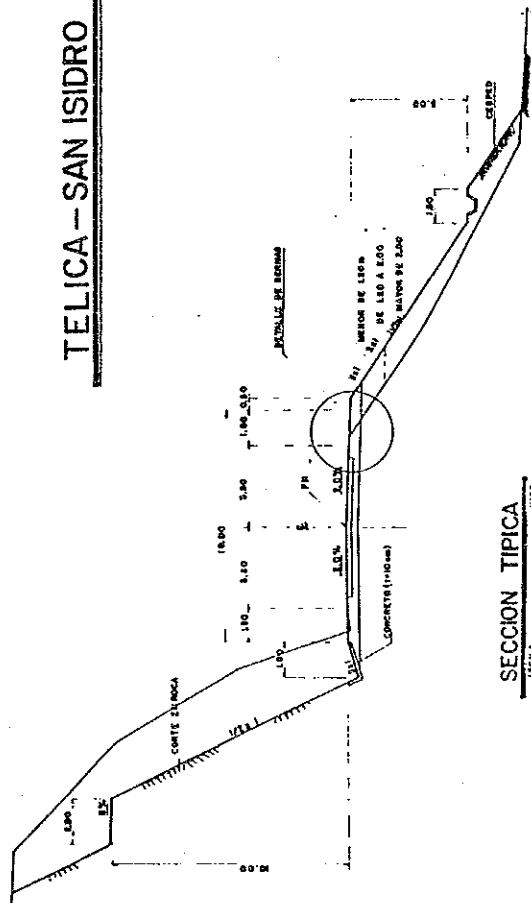
SECCION CON UNA ACERA
ESCALA 1:100



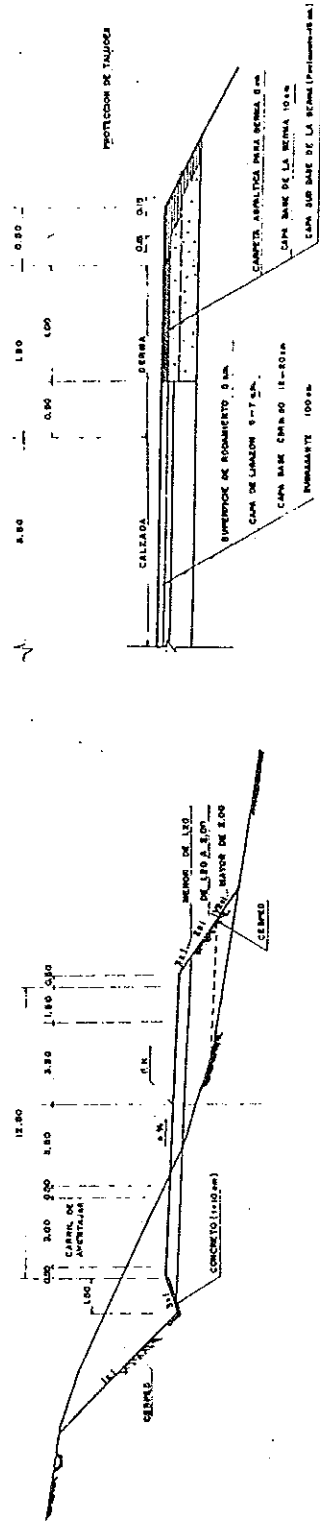
DETALLE DE BERMAS
ESCALA 1:20

Figura 5-1 Recomendaron las Sección Transversal Típica (2)

TELICA - SAN ISIDRO



SECCION TIPICA
ESCALA 1:100



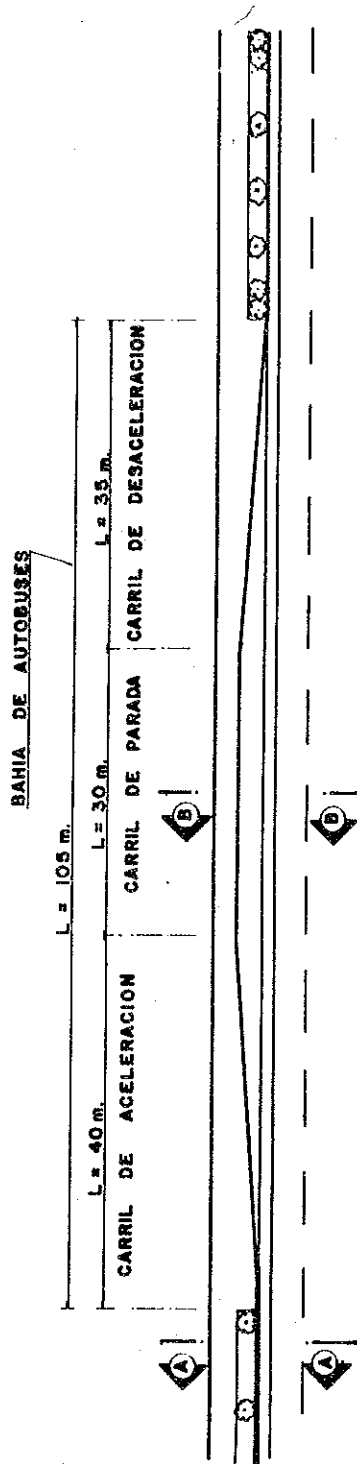
DETALLE DEL CARRIL DE AVANTAJAR
ESCALA 1:100

DETALLE DE BERMAS
ESCALA 1:20

Figura 5-1 Recomendaron las Sección Transversal Típica (3)

Tabla 5-5 Construcción de Aceras

Carretera del Proyecto	Ubicación	Longitud	Observaciones
Managua-Masaya	Intersection Colonia Centro América	3,220 m	W= 5.0 m
	Est.0+480 -1+000	520 m	W= 5.0 m, lado izquierdo
	Est.13+200-14+800	3,200 m	W= 5.0 m
	Est.19+680-21+020	1,340 m	W= 5.0 m, lado izquierdo
	Est.22+130-24+950	2,820 m	W= 5.0 m, lado izquierdo
	Est.22+130-25+470	3,340 m	W= 5.0 m, lado derecho
	Subtotal	14,440 m	
Managua-Tipitapa	-	-	-
Nandaime-San Benito (Masaya-Nandaime)	Est.0+550 -1+430	880 m	Lado derecho
	Est.8+600 -9+250	650 m	Lado izquierdo
	Est.9+250 -9+600	350 m	Lado derecho
	Est.12+100-13+000	900 m	Lado izquierdo
	Est.12+780-15+800	3,020 m	Lado derecho
(El Coyotepe-Río Panamá)	Est.5+750 -6+720	970 m	Lado izquierdo
	Est.5+800 -6+800	1,000 m	Lado derecho
	Est.8+800 -10+800	4,000 m	
	Est.16+700-17+850	2,300 m	
(Río Panamá-San Benito)	Est.2+600 -2+820	220 m	Lado izquierdo
	Est.2+530 -2+820	290 m	Lado derecho
	Est.12+350-14+000	1,650 m	Lado derecho
	Est.15+300-16+000	700 m	Lado derecho
Subtotal	16,930 m		
Telica-San Isidro	Est.11+800-12+900	1,100 m	Lado izquierdo
	Est.23+330-23+680	350 m	Lado derecho
	Est.23+680-23+830	150 m	Lado derecho
	Est.49+050-49+350	300 m	Lado izquierdo
	Est.50+100-50+700	600 m	Lado derecho
	Est.59+670-60+750	1,080 m	Lado derecho
	Est.72+650-73+000	350 m	Lado derecho
	Est.86+500-86+800	300 m	Lado derecho
Subtotal	4,230 m		
Total		35,600 m	



PLANTA - BAHIA
ESCALA 1:500



Figura 5-2 Bahía de Autobuses (con Aceras) (1)

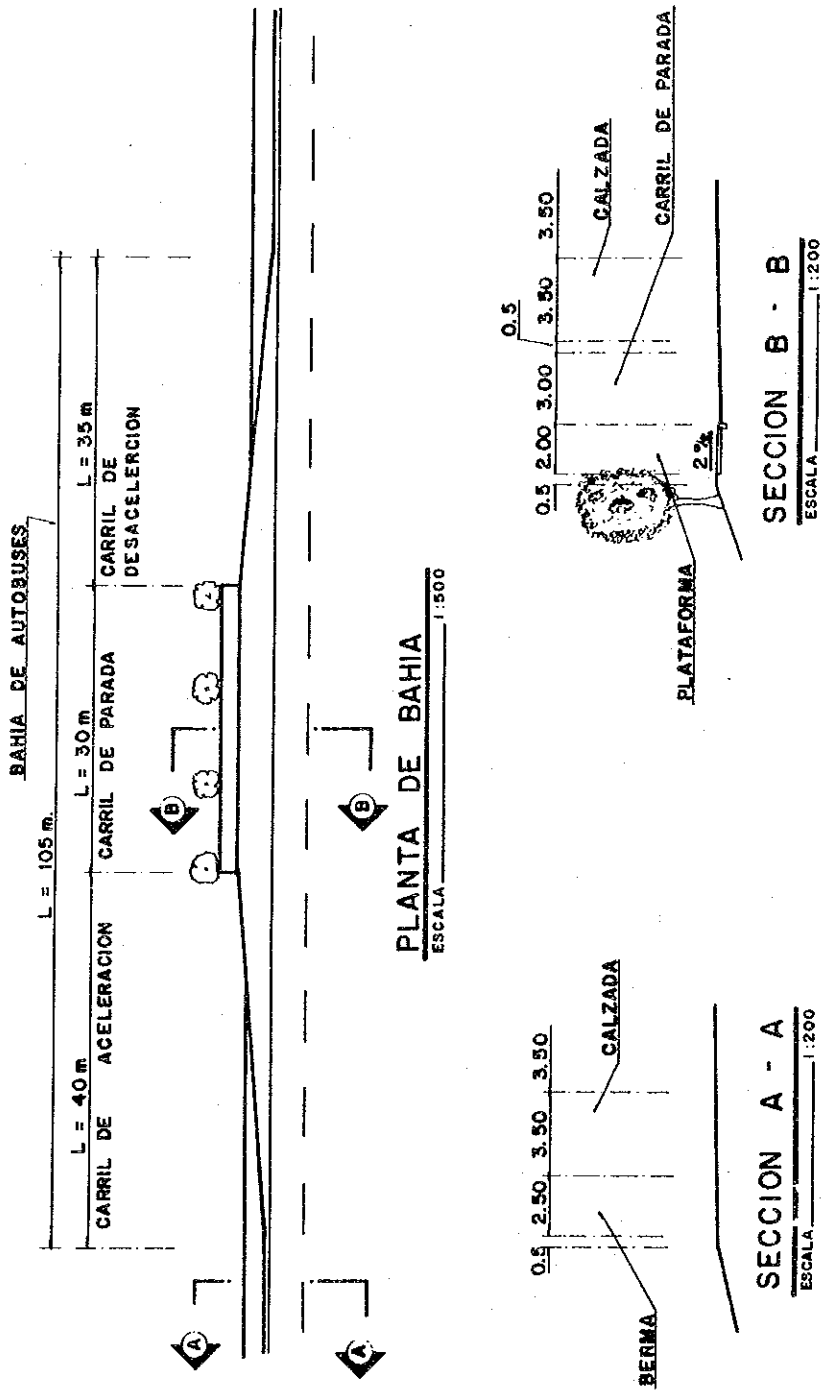


Figura 5-2 Bahía de Autobuses (sin Aceras) (2)

Tabla 5-6 Ubicación de Bahías

Carretera del Proyecto	Tramo	Ubicación
Managua-Masaya	Managua-Entrada a Ticuantepe	0+400, 2+400, 3+300,4+700, 5+500, 6+500, 7+400 7 ubicaciones
	Entrada a Ticuantepe- El Coyotepe	8+600, 10+600, 11+400, 13+000, 14+500, 15+500, 17+100, 19+700, 20+700 9 ubicaciones
	El Coyotepe-Masaya	22+200, 24+000, 25+800 3 ubicaciones
	Subtotal	19 ubicaciones
Managua-Tipitapa		0+000, 4+200 2 ubicaciones
	Subtotal	2 ubicaciones
Nandaime-San Benito	Masaya-Catarina	0+100, 1+400, 3+200, 8+600 4 ubicaciones
	Catarina-El Guanacaste	9+800, 12+800, 13+700, 15+600, 17+600 5 ubicaciones
	El Guanacaste-Nandaime	18+000,20+200,23+300,27+000 4 ubicaciones
	El Coyotepe-Río Panamá	0+600,6+400,10+000, 14+000,17+000,19+200,21+050 7 ubicaciones
	Río Panamá-San Benito	2+600, 7+900, 10+700, 12+800, 13+800, 16+000 6 ubicaciones
Subtotal	26 ubicaciones	
Telica-San Isidro	Telica-Malpaisillo	0+100, 2+300, 4+250, 10+400, 12+500, 15+800, 16+800, 19+200, 23+600 9 ubicaciones
	Malpaisillo-El Jicaral	27+200, 29+400, 32+700, 34+900, 37+400, 38+700, 40+600, 42+600, 47+700, 49+000, 50+500, 52+000, 56+000, 59+100, 60+600 15 ubicaciones
	El Jicaral-La Unión	66+800, 68+100, 70+400, 73+000, 77+400, 79+800 6 ubicaciones
	Subtotal	35 ubicaciones
Total		82 ubicaciones

(4) Consideraciones sobre alineamiento horizontal y vertical

a) Carretera Managua-Masaya

Como resultado de una revisión de los planos topográficos recopilados en escala 1/10,000, se verificó que el alineamiento horizontal de las carreteras del proyecto están conforme las normas de diseño propuestas. Asimismo, luego de una revisión de las alturas propuestas utilizando como puntos de control los puentes y cajas alcantarilla, se verificó que el alineamiento vertical está también conforme con los criterios de diseño propuestos. Sin embargo, se logró identificar la necesidad de mejorar los siguientes aspectos de los puntos de control:

- Mejoramiento de la Intersección de la Colonia Centro América (Est.00+000).
- Alineamiento horizontal del puente La Morita (Est. 00+490).
- Alineamiento horizontal y vertical en el puente El Arroyo y para protección del apoyo de la torre que sostiene líneas de alta tensión en las cercanías del puente (Est.08+100-Est.08+170).
- Mejoramiento del cruce de rieles a nivel en la Est.21+860 y del alineamiento vertical en la intersección con la carretera NIC-11 (El Coyotepe-Est.22+120).

Estas determinaciones se describen a continuación:

ⓐ Mejoramiento de la intersección de la Colonia Centro América

Se consideraron las alternativas siguientes:

- Mejorar la intersección a nivel existente por medio de una mejor señalización, asegurando suficientes carriles y longitud de espera, correspondientes al volumen de tráfico futuro (Alternativa-1).
- Consideración de un Paso Superior para el tráfico directo de/hacia Tiscapa/Masaya (Alternativa-2).

Las alternativas se determinaron de acuerdo con el flujograma ilustrado en la Figura 5-3.

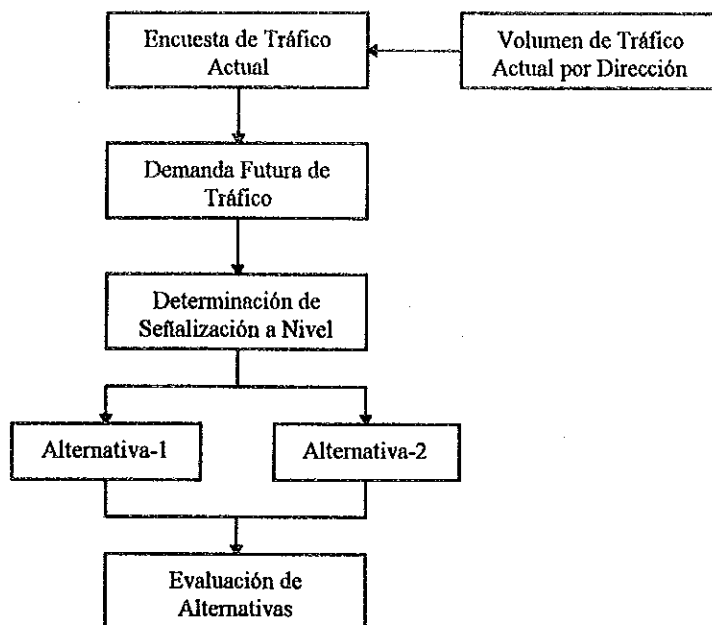


Figura 5-3 Estudio de Alternativas

Para estas determinaciones se asumieron las siguientes condiciones:

- Según los resultados de la demanda de tráfico futuro, se consideró que la hora pico está entre las 7:00a.m. y las 8:00a.m., de esta forma se estableció el volumen de tráfico como el volumen horario direccional de diseño.
- El índice de saturación del flujo que se asumieron son los siguientes:
 - Recto : 2,000 PCU
 - Giro derecho : 1,800 PCU
 - Giro izquierdo : 1,800 PCU

Las determinaciones detalladas se describen en Apéndice A5.1.

Como resultados de los estudios de casos para cada alternativa se identificaron como óptimos los siguientes planes cuya señalización es posible, (el índice de saturación < 0.9) y la congestión vehicular se asume que es mínima. (ver Figuras 5-4 y 5-5)

Los resultados de la evaluación se resumen en la Tabla 5-7. Los planes de cada alternativa se muestran en la Figura 5-6 y 5-7, respectivamente.

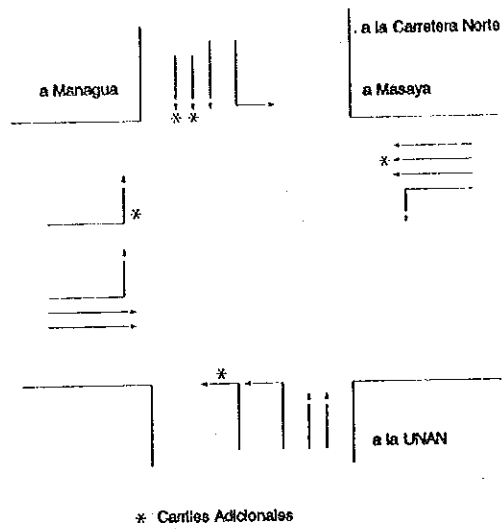


Figura 5-4 Plan Optimo de Alternativa-1

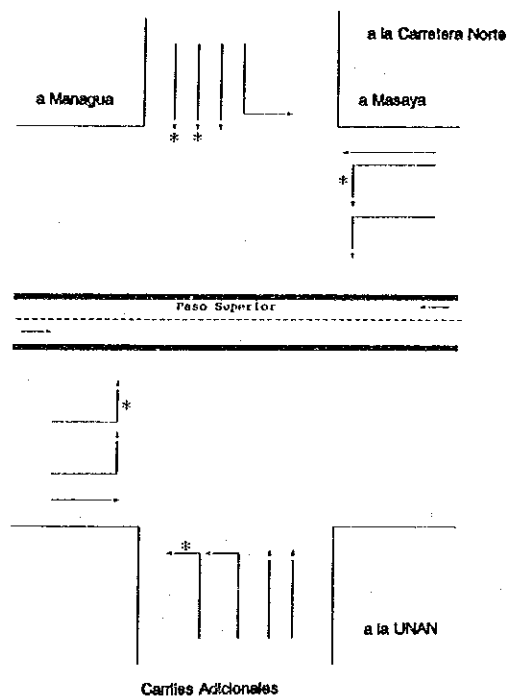


Figura 5-5 Plan Optimo de Alternativa-2

INTERSECCION "COLONIA CENTROAMERICA"

(V = 60 km/h)

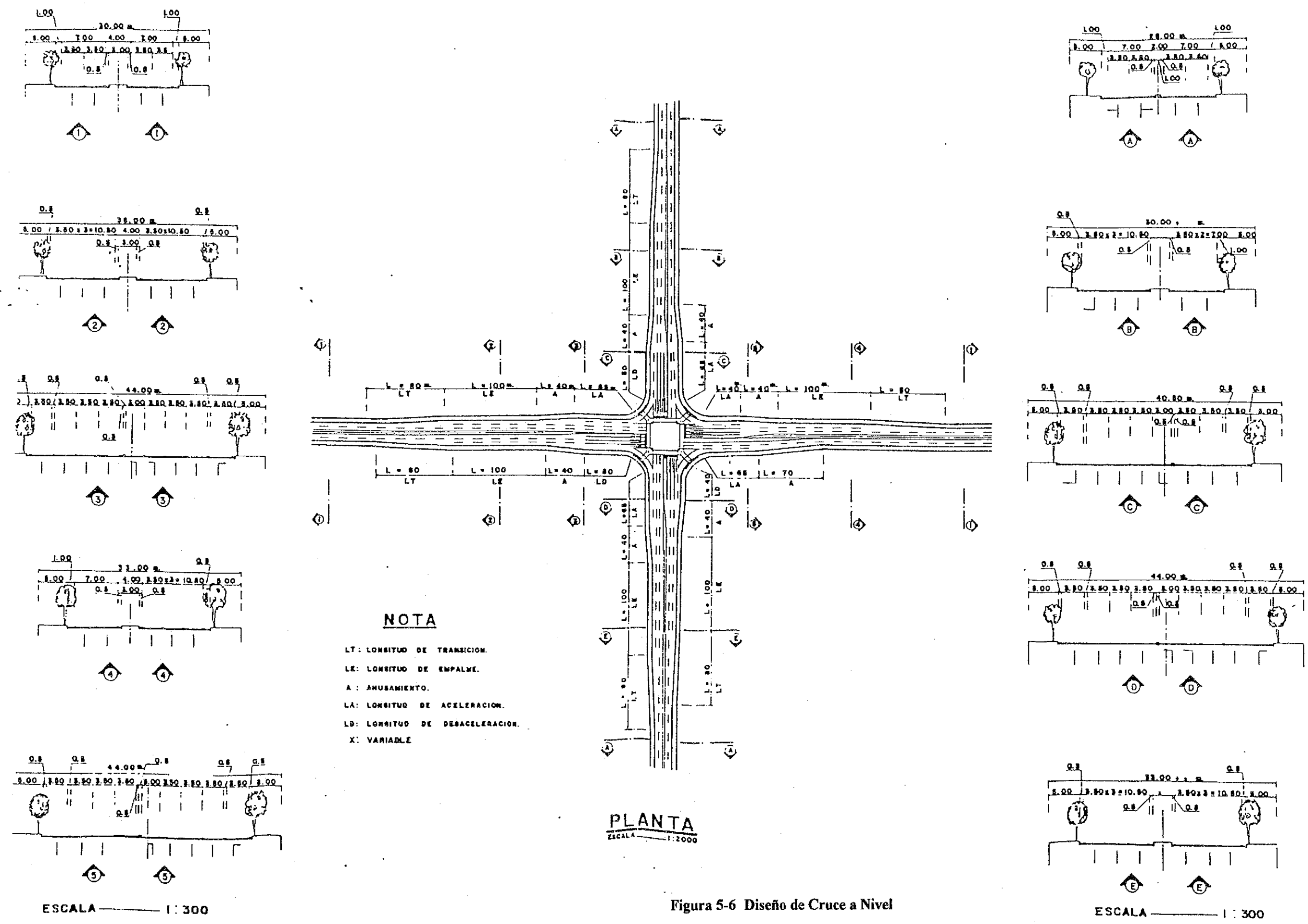


Figura 5-6 Diseño de Cruce a Nivel

INTERSECCION 'COLONIA CENTROAMERICA'

DIMENSIONES
(V=60 KM/H)

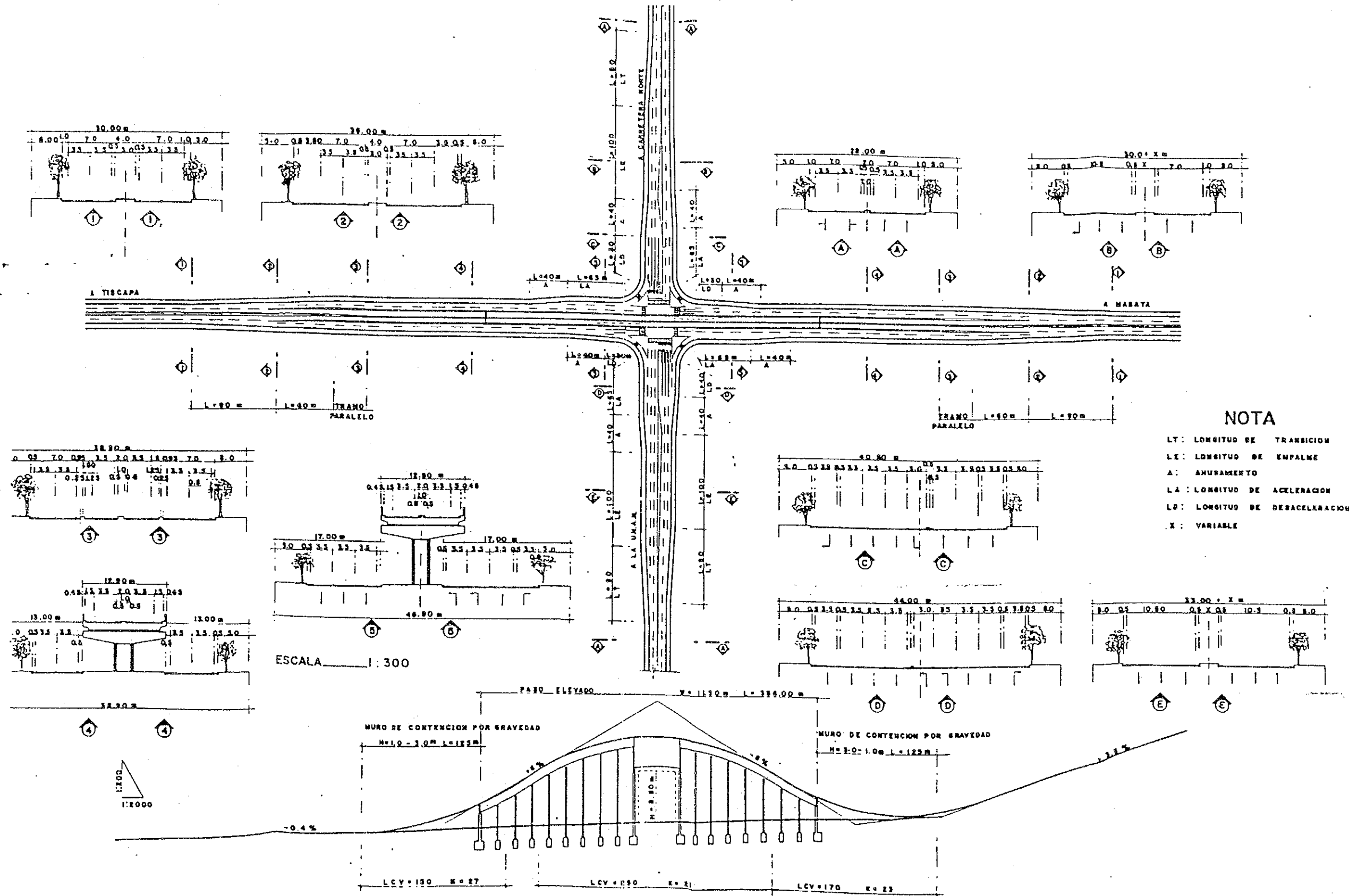


Figura 5-7 Diseño de Paso Superior

Tabla 5-7 Evaluación de Alternativas para el Mejoramiento de la Intersección de la Colonia Centro América

Aspecto de Evaluación	Alternativa-1 (Intersección a Nivel)	Alternativa-2 (Paso Superior)
Consideración principal	Mejorar la intersección a nivel existente por medio de una mejor señalización asegurando suficientes carriles y distancia de espera correspondiente al volumen de tráfico futuro	Consideración de Paso Superior para el tráfico directo de/a Tiscapa/Masaya
Operación del tráfico	La operación del tráfico se hace desventajosa debido a que los vehículos son controlados por las señales	El tráfico de/a Tiscapa/Masaya opera libremente
Dificultad de construcción	Ventajosa a través de etapas de construcción	Ligeras dificultades para asegurar una ruta alternativa durante la construcción del paso superior. Se necesitará una construcción de largo plazo para el paso superior
Costo	Ventajosa (C\$22,500,000)	Desventajosa (C\$43,200,000)
Evaluación general	La Alternativa-1 es ventajosa desde el punto de vista económico y de construcción	La Alternativa-2 deberá considerarse de acuerdo con mayores incrementos del tráfico en el futuro

En la Alternativa-2, se planifica que las estructuras de los puentes serán construidas mediante un viaducto de vigas de acero tipo cajón en las intersecciones y losa saturada de concreto postensado en la rampa de acercamiento, como se muestra en la Figura 5-7.

La Alternativa-1 se consideró como la más recomendable como resultado de los estudios mencionados en la Tabla 5-7. Las recomendaciones finales serán hechas después del estudio económico en el Capítulo 6.

② Alineamiento horizontal del puente La Morita

Con el propósito de asegurar la operación del tráfico durante la construcción de los puentes y evitar el movimiento de las casas existentes en las cercanías del puente y mejorar el flujo del río a la izquierda, se consideró el movimiento de la línea central 5.0 m hacia la derecha. La longitud de transición considerado fue de 200 m para la operación de un tráfico expedito (ver Figura 5-8).

El ancho de la mediana en la sección del puente deberá ser reducida a 2.0 m, lo cual asegura la construcción de estructuras con separación a nivel. El ancho de la acera deberá ser también reducido a 1.5 m lo cual asegura el paso de personas.

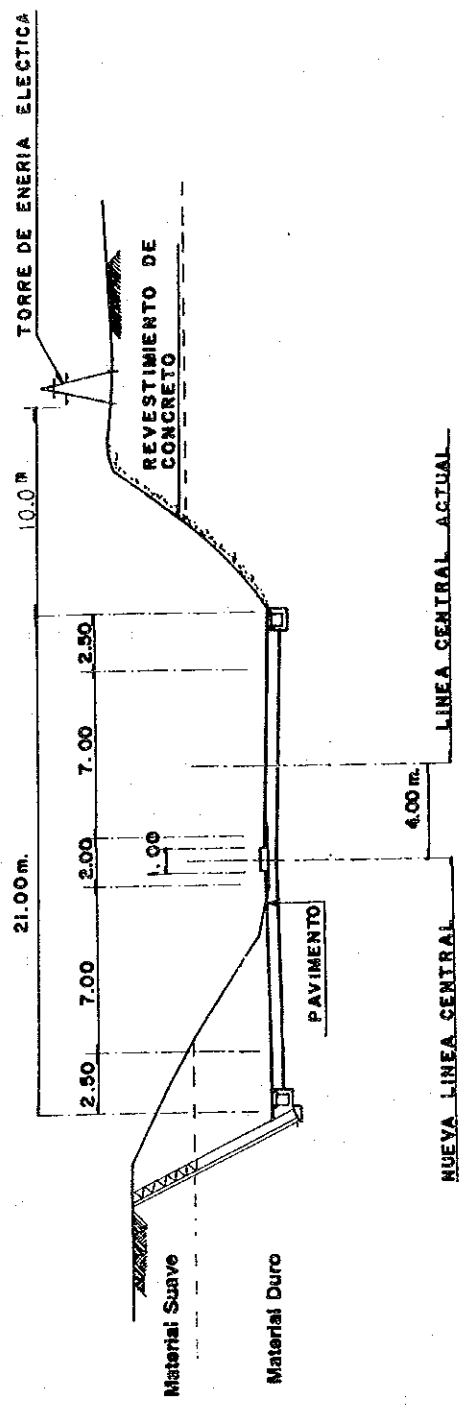


Figura 5-8 Detalle de Variante en Est. 0+490, Puente La Morita

③ Alineamiento horizontal y vertical en el puente El Arroyo y protección del soporte de la torre de la línea de transmisión

Con el propósito de asegurar la operación del tráfico durante la construcción del puente y evitar el movimiento del soporte de la torre localizada en la cima del talud del lado derecho (Est.08+100), se consideró el movimiento de la línea central de 4.0 m hacia la izquierda para permitir la operación de un tráfico expedito (ver Figuras 5-9 y 5-10).

La Figura 5-10 es la ampliación del dibujo de la sección transversal B-B de la Figura 5-9 la cual debe ser crítica debido a la existencia del soporte de la torre y un talud de corte de gran proporción.

El ancho de la mediana y de la acera deberán reducirse a 2.0 m y 1.5 m, respectivamente lo mismo que el puente La Morita. Aunque no existe acera antes y después del puente, se planifica que serán construídas sobre el puente para proporcionar seguridad a los peatones.

④ Mejoramiento del cruce de vías férreas a nivel en Est.21+860 y el alineamiento vertical en la intersección con la carretera NIC-11

Se consideraron tres alternativas para el mejoramiento:

- Primera, se consideró el mejoramiento de la intersección conservando las condiciones existentes (Alternativa-1).
- Segunda y tercera, se consideró el mejoramiento mediante un paso superior como una posibilidad desde el punto de vista técnico. Para esta segunda alternativa, se hicieron consideraciones sin estructura en las cercanías del paso superior (Alternativa-2A) y con estructura en las cercanías del paso superior, (Alternativa-2B).

La evaluación de las alternativas se resume en la Tabla 5-8. Por su parte, los planos de cada alternativa se muestran en las Figuras 5-11 y 5-12, respectivamente.

Como resultado de esta evaluación se consideró a la Alternativa-1 como la más recomendable.

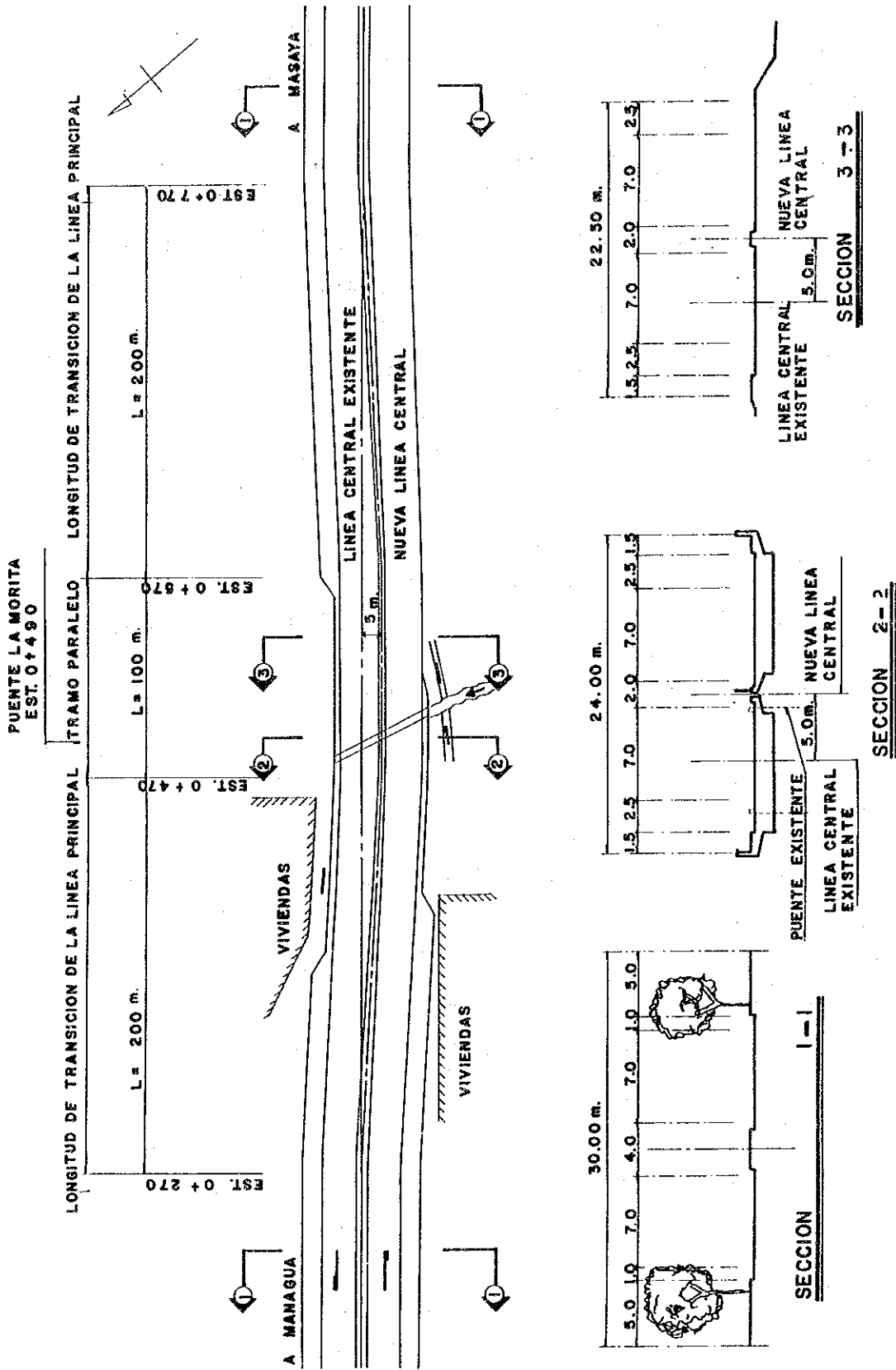


Figura 5-9 Detalle de Variante Puente El Arroyo

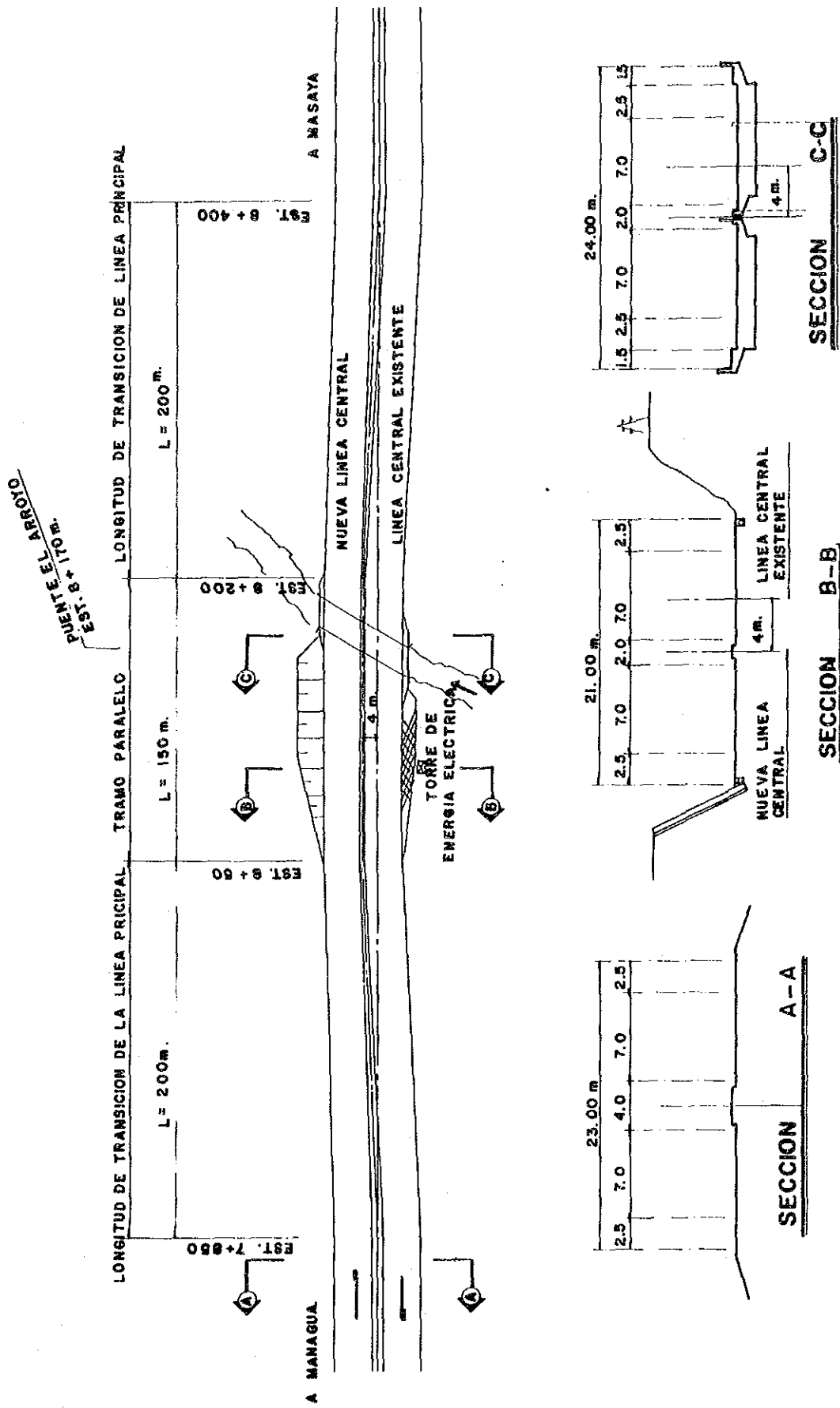


Figura 5-10 Est.8+100 Sección Transversal B-B

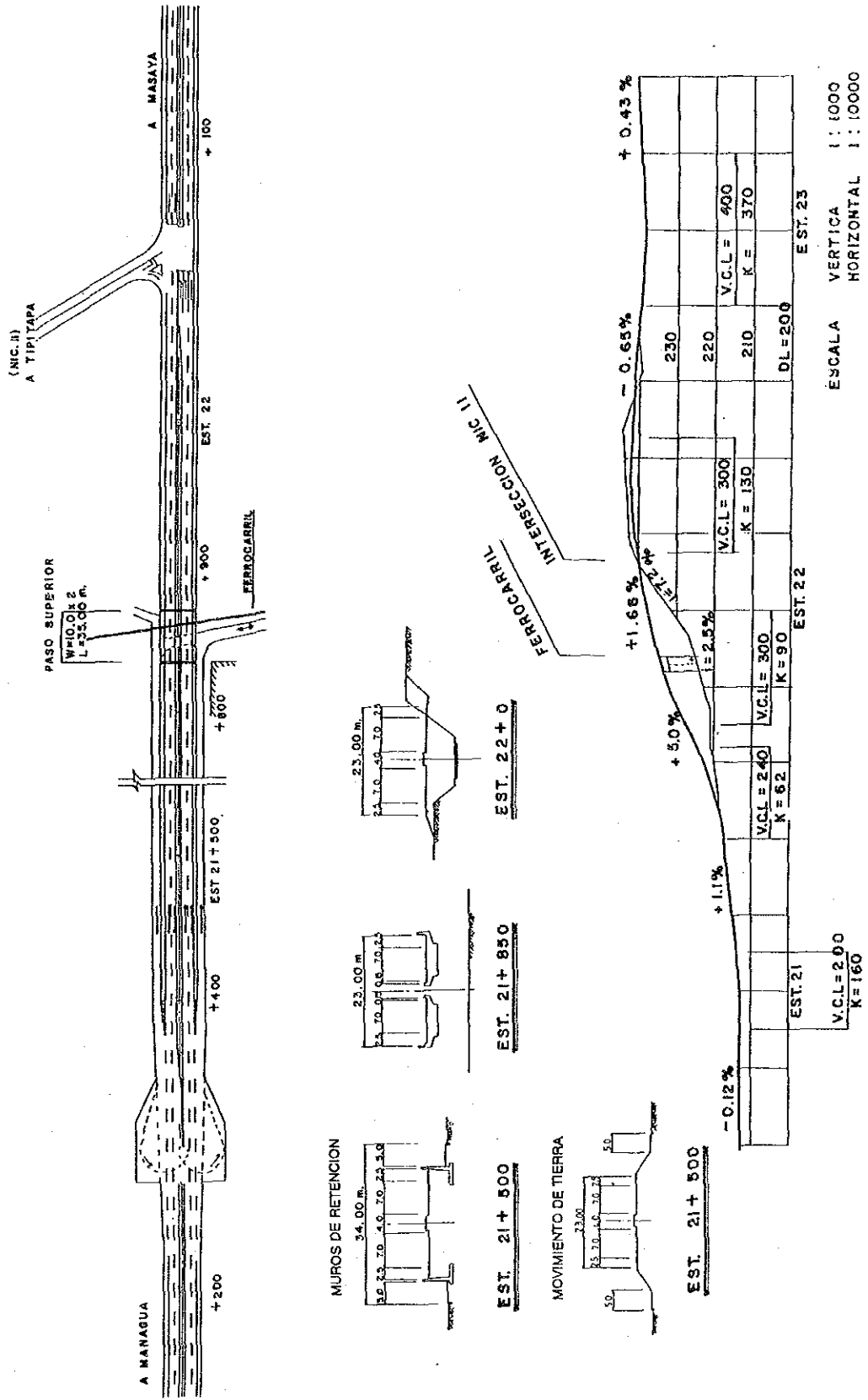


Figura 5-12 Propuesta de un Nivel Separado de Intersección para Ferrocarril

Tabla 5-8 Evaluación de Alternativas para el Mejoramiento del Cruce de Vías Férreas a Nivel de la Carretera Managua-Masaya

Aspecto	Alternativa-1	Alternativa-2A	Alternativa-2B
Consideración principal	Cruce a nivel con vías férreas. Mejora de alineamiento vertical entre el cruce de vías férreas y la intersección con la NIC-11	Cruce de vías férreas con separación de nivel. Mejorar el Alineamiento Vertical entre el cruce de vías férreas y la intersección con NIC-11	
		Áreas cercanas al paso superior sin estructuras	Áreas cercanas al paso superior con estructuras
Operación de tráfico	La operación es desventajosa ya que el tráfico es controlado por el cruce de vías férreas	La operación es ventajosa (El tráfico es libremente el alineamiento vertical está mejorado apropiadamente)	
Dificultades	El alineamiento vertical no está mejorado aproximadamente ($i=4,9\%$ en la intersección)	Se requiere la adquisición de muchos terrenos 9,700 m ² aproximadamente	Se requiere adquirir terrenos 2,500 m ² aproximadamente
Costo	Ventajoso (C\$3,450,000)	Desventajoso (C\$9,030,000)	Desventajoso (C\$17,100,000)
Evaluación general	La utilización actual de la vía férrea es poca. Por tanto, la alternativa-1 es ventajosa desde el punto de vista económico (efecto de la inversión). Las alternativas 2A y 2B deberán considerarse en correspondencia con el mejoramiento de la operación de la vía férrea y/o el incremento del tráfico futuro.		

b) Carretera Managua-Tipitapa

Como resultado de la revisión de los mapas topográficos a escala 1/10,000, recopilados, y la altura propuesta de las cajas a ser utilizadas como punto de control, se identificó que tanto el alineamiento horizontal como el vertical están conforme a los criterios de diseño propuestos o establecidos.

c) Carretera Nandaime-San Benito

Se determinó que el alineamiento horizontal también está conforme con los criterios de diseño, como resultado de la revisión con el mismo método de la sección anterior. En relación al alineamiento vertical, después de la revisión con el mismo método arriba mencionado, se consideró que se debe mejorar de la siguiente forma:

- Tramo Masaya-Catarina :

Se requiere el mejoramiento del alineamiento en toda la sección.

- Tramo Catarina-El Guanacaste :

Se requiere el mejoramiento del alineamiento del tramo Est.9+000 y 12+400.

- Tramos El Guanacaste-Nandaime, El Coyotepe-Río Panamá y Río Panamá-San Benito:

Los siguientes tramos no requieren de mejoramiento alguno

Se identificaron los siguientes aspectos como puntos a ser especialmente determinados por el diseño geométrico:

- Alineamiento horizontal en el puente El Arroyo N°.1 (Tramo El Guanacaste-Nandaime)
- Ribera a lo largo del Río Agua Agria (Tramo El Guanacaste-Nandaime)
- Bypass a la NIC-1 (Tramo El Coyotepe-Río Panamá)
- Sección propensa a inundación antes y después de la Est.3+000 (Tramo Río Panamá-San Benito)

Las determinaciones mencionadas anteriormente se describen a continuación:

① Alineamiento horizontal en el puente El Arroyo N°.1 (Tramo El Guanacaste-Nandaime)

Se consideró el movimiento aguas arriba, de la línea central de 14.0 m del puente existente, con el fin de no causar ninguna obstrucción del tráfico con los trabajos de construcción.

② Ribera del Río Agua Agria (Tramo El Guanacaste-Nandaime)

Se determinó la construcción de varios tipos de estructuras para los sitios que se asumen sean propensos a la erosión de las riberas.

Se seleccionó mampostería de piedra comúnmente utilizada para este propósito considerando el punto de vista económico y práctico.

③ Bypass de la NIC-1 (Tramo El Coyotepe-Río Panamá)

Se consideró un bypass que una a la NIC-1 entre Managua y Tipitapa en el tramo El Coyotepe-Río Panamá con el propósito de evitar mayor adquisición de terreno en el área central de Tipitapa.

④ Sección propensa a inundación antes y después de la Est.3+000 (Tramo Río Panamá-San Benito)

Se consideró que se elevará preventivamente la sección propensa a inundación hasta una altura de 2.0 m sobre la existente preventivamente.

d) Carretera Telica-San Isidro

Se considera que el alineamiento horizontal y vertical estarán conforme con los criterios de diseño a excepción en el tramo El Jicaral-La Unión, como resultado de la revisión con el mismo método utilizado para la Carretera Managua-Tipitapa.

Los sitios donde se mejorará el alineamiento en el tramo El Jicaral-La Unión son los siguientes:

- Antes y después de la Est.63+600
- Entre la Est.68+200 y Est.71+100

① Mejoramiento antes y después de la Est.63+600

Se ha considerado mover la línea central al lado de la montaña para un mejor alineamiento horizontal como se muestra en la Figura 5-13.

② Mejoramiento del Alineamiento entre la Est.68+200 y 71+100

Se determinaron dos alternativas:

- Alternativa-1 :Ruta Nueva
- Alternativa-2 :Mejoramiento de la carretera existente

En el caso de la Alternativa-2, es decir mejoramiento de la carretera existente, se requiere la reducción de la velocidad de diseño hasta 40 km/hr de acuerdo con los criterios de diseño. Por el contrario, en el caso de nuevo alineamiento propuesto (Alternativa-1). Se deberá asegurar una velocidad de diseño de 60 km/hr. Aunque, el costo de la Alternativa-1 es más alto, ésta es más recomendable, considerando el punto de vista de la continuidad de la velocidad de diseño de 80 km/hr adoptada antes y después en el tramo El Jicaral-El

Unión. Las consideraciones de las diferentes alternativas se resumen en la Tabla 5-9. La ruta propuesta en la Alternativa-1 se muestra en la Figura 5-14.

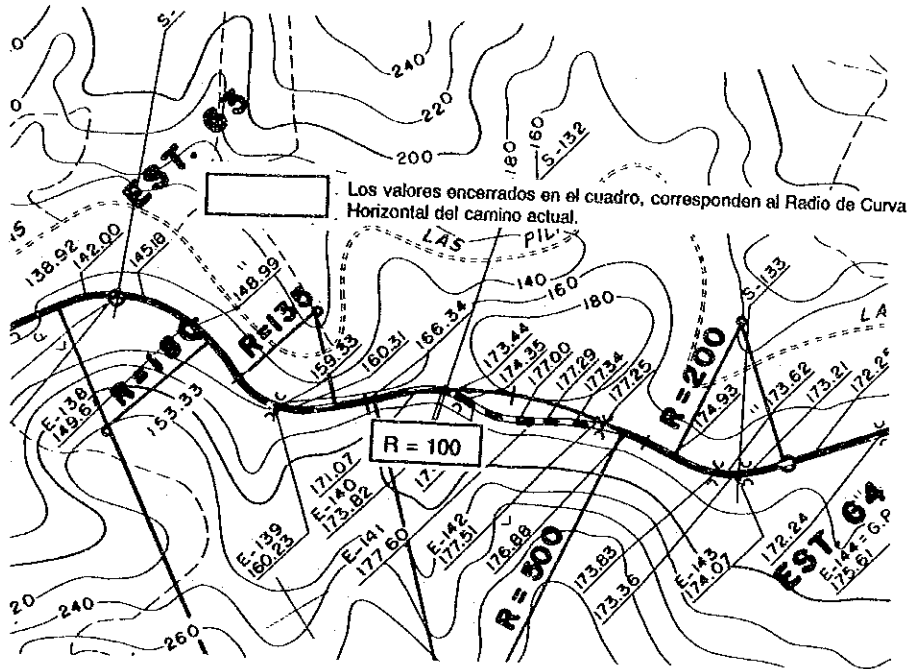


Figura 5-13 Plano de Mejoramiento en el Alineamiento de la Zona Aledaña a la Est. 63+600

Tabla 5-9 Consideración de Alternativas para el Mejoramiento entre Est.68+200 y Est.71+100 de la Carretera Telica-San Isidro

Aspecto	Alternativa-1	Alternativa-2
Consideración principal	Establecer una nueva ruta para asegurar una velocidad de diseño de 60 km/h	Mejoramiento de la carretera existente
Velocidad de diseño establecida	60 km/hr	40 km/hr
Longitud propuesta	2,900 m	3,400 m
Costo	C\$29,800,000	C\$11,500,000

5.2.3 Diseño de Pavimentos

(1) Tipo de pavimento

Debido a que el proyecto se realizará por medio de la repavimentación y ampliación de la carretera existente, el nuevo pavimento, ya sea flexible o rígido, estará sometido al efecto o alteraciones debido al tráfico existente.

La Tabla 5-10 muestra una comparación de las características generales de los pavimentos flexibles y rígidos. A continuación se analizan las consideraciones principales para la selección del tipo de pavimento para la nueva carretera.

Tabla 5-10 Comparación de las Características Generales de Pavimentos Flexibles y Pavimentos Rígidos

Aspecto	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Vida de diseño	10 años para la construcción inicial. Se debe aplicar una estrategia de construcción de muchas etapas para aumentar la vida útil a través de recapamientos.	20-30 años. Se debe aplicar una estrategia de construcción de una sola etapa.
Resistencia contra deformación y uso	Deformación en forma de ahuellamiento.	No hay deformación. La resistencia al uso es muy buena.
Sensibilidad a la sobrecarga	Más sensible que el pavimento rígido.	
Ruido y vibración	Menos sensible que el pavimento rígido.	Ruido causado por juntas y la vibración por superficies rugosas que a veces causa gran malestar en áreas residenciales.
Brillo	El reflejo de luces superficiales es débil e inferior.	Brillo en la oscuridad.
Suavidad superficial	Mejor que el pavimento rígido y proporciona condiciones confortables para conducir.	
Construcción	Menos limitaciones para la construcción que el pavimento rígido.	Las siguientes limitaciones serán tomadas en consideración para una operación continua y efectiva ya que la flota de equipos es por lo general más grande que para pavimentos flexibles. 1) Construcción de la subrasante suave y continua en la construcción del terraplén. 2) Menos estructuras de puentes o viaductos.
Mantenimiento	Se requiere mantenimiento frecuente pero con métodos simples.	Una vez que hay daño se requiere un mantenimiento especializado. El pavimento rígido es menos adecuado para terrenos blandos y áreas con asentamientos de suelo.
Economía de la construcción	Los costos de construcción en la etapa inicial son más bajos que para pavimentos rígidos.	Costos de construcción de la fase inicial más altos que para pavimento flexibles por la vida de diseño más prolongada. Los costos de las reparaciones son más altos que los pavimentos flexibles.

a) Vida útil

Para obtener un pavimento cuya vida útil sea de 20-30 años, en el caso de pavimentos flexibles se adoptan programas de construcción de varias etapas, por ejemplo una etapa inicial de 15 años y recapamientos periódicos posteriores para extender su vida útil; mientras que en el caso de pavimentos rígidos se adopta normalmente la construcción en una sola etapa.

b) Economía de la construcción

Aunque, el pavimento flexible requiere de recapamientos futuros y tiene costos de mantenimiento anual más altos que en el caso de pavimentos rígidos, el costo de inversión inicial para pavimentos rígidos es más alto que el de pavimentos flexibles debido a la diferencia en la vida de diseño en la fase inicial de la construcción.

En su mayoría, comparando los costos de inversión total, que incluyen: costos de construcción iniciales y costos de mantenimiento, el pavimento rígido es más ventajoso que el pavimento flexible.

c) Limitaciones de diseño en áreas con terrenos blandos

Normalmente, el pavimento rígido no es utilizado en terrenos blandos y en áreas con asentamientos de suelo debido a que ocurrirían fallas estructurales. Este tipo de pavimento requiere reparaciones costosas y problemáticas tales como el levantamiento de las losas de concreto por medio de gatas, inyecciones de pavimento bituminoso, etc.

Según los resultados de la investigación geológica (ver Capítulo 2), no se encontraron áreas con terrenos blandos en el área del proyecto.

d) Utilización de material local

El material bituminoso para la construcción de pavimentos diseñados con normas altas es siempre importado mientras que el cemento Portland es producido en Nicaragua. En vista de la utilización de material local es preferible el uso del pavimento rígido.

e) Sobrecarga de tráfico

El pavimento flexible es más sensible a la sobrecarga que el pavimento rígido. Si el control de carga de los camiones ilegalmente sobrecargados es difícil, es preferible el uso de pavimento rígido. Las carreteras deben tener control estricto de cargas.

(2) Tratamientos superficiales

Tomando en cuenta que la mayoría de los pavimentos de las carreteras de Nicaragua, están compuestos de tratamientos superficiales débiles, se enfatizarán los siguientes aspectos acerca de "Tratamientos Bituminosos" mencionados en el Manual de Emulsiones Asfálticas del Instituto del Asfalto de los E.U.A. (aspectos a, b, c) y de Asociación de Carreteras del Japón (aspectos d, e, f).

a) Generalidades

Cuando un tratamiento bituminoso de la capa de rodado es preparado adecuadamente, éste resulta económico, fácil de colocar, y capaz de extender la vida útil de la superficie de la carretera. Esta superficie puede resistir la abrasión o desgaste por el tráfico y proporciona una capa impermeable bajo la estructura inferior, aunque el tratamiento superficial "no es" por si mismo un pavimento.

Aunque un tratamiento superficial bituminoso hace que la resistencia de carga de la estructura del pavimento incremente un poco, su diseño no considera los volúmenes de tráfico o los límites de carga de un pavimento, y ésta resistencia tampoco es considerada para el diseño normal de un pavimento.

Mientras un tratamiento superficial proporciona excelentes superficie de rodado si es utilizado con el propósito adecuado, no es la panacea para resolver todos los problemas concernientes a pavimentos.

Para alcanzar los mejores resultados es esencial un entendimiento claro de las ventajas y límites de los tratamientos superficiales asfálticos. Es de vital importancia el realizar un

estudio cuidadoso de los requisitos de tráfico a través de una evaluación de las condiciones existentes de materiales y capas de pavimento.

b) Usos

Los tratamientos superficiales son utilizados principalmente para los siguientes propósitos:

- Proporcionar una superficie de todo tiempo para un tráfico ligero a medio.
- Proporcionar una capa impermeable para prevenir la intrusión de la humedad en la capa subyacente.
- Proporcionar una superficie no resbalosa. Los pavimentos que se han vuelto resbaladizos a consecuencia del sangrado, uso o pulimento de los agregados de la superficie pueden ser tratados con agregados duros y angulosos para devolverle la resistencia al patinaje.
- Dar vida nueva a la superficie seca y expuesta a la intemperie. Un pavimento intemperizado a causa de la disgregación puede ser restaurado y extender su serviciabilidad por medio de la aplicación de un tratamiento superficial simple o múltiple.
- Proporcionar una cubierta temporal para una nueva capa base. El tratamiento superficial es una cubierta temporal apropiada para una capa base nueva a ser colocada en invierno o en una construcción de múltiples etapas. Un tratamiento superficial proporciona básicamente una excelente superficie temporal hasta que se colocan las capas de asfalto definitivas.
- Salvar pavimentos deteriorados debido al envejecimiento, fisuramiento por retracción o agrietamiento. A pesar que el tratamiento superficial tiene poca o ninguna resistencia estructural, éste puede servir como una medida adecuada para evitar la formación de gradas hasta que un pavimento definitivo y mejor definido sea colocado.

c) Defectos generales de tratamientos superficiales

Generalmente, en los tratamiento superficiales de asfalto se pueden observar los siguientes defectos:

- Intrusión de materiales inestables
- Compactación defectuosa
- Gradación pobre de agregados
- Falta de drenaje
- Fuerza insuficiente para el tráfico esperado

d) Consideración de las condiciones de tráfico

El tratamiento de superficies asfálticas es básicamente aplicado de forma adecuada a carreteras cuyo ancho es menor de 5.5 m y cuyos volúmenes de tráfico de camiones pesados es menor a 150 veh/día (total del tráfico en ambos sentidos).

e) Consideraciones de las condiciones de drenaje

Debido a que el contenido de agua de las "emulsiones asfálticas" durante y después de la construcción es fundamental para la durabilidad y vida útil de un tratamiento superficial asfáltico, debe proporcionarse de condiciones óptimas de drenaje para las carreteras del proyecto.

f) Administración del mantenimiento

Comparando la estructura de tratamientos superficiales asfálticos con la estructura de un pavimento de concreto asfáltico normal, la primera tiene una estructura más débil. Por tanto, podrán fácilmente aparecer deformaciones como fisuras, baches, etc. en corto tiempo.

Por ésta razón si se tiene planificado el uso del tratamientos superficiales asfálticos, se deberá considerar previamente la implementación de una administración de mantenimiento adecuada y efectiva.

Generalmente, la vida útil de un tratamiento superficial asfáltico alcanza aproximadamente 10 años cuando existe una buena y óptima administración del mantenimiento, 5 años en condiciones regulares y 2 a 3 años cuando no existe o es deficiente. Los costos de mantenimiento y rehabilitación en el último caso se incrementarían críticamente sin la pronta colocación de un pavimento definitivo o si el tratamiento superficial es inadecuadamente utilizado como un pavimento flexible.

Además, a fin de seleccionar para el proyecto un tipo de pavimento adecuado desde el punto de vista económico, se realizó una investigación de datos de los costos y volúmenes de tratamientos superficiales asfálticos. Esta investigación se realizó para las obras de construcción, rehabilitación y mantenimiento ejecutadas con tratamientos superficiales asfálticos por el MCT, con el fin de comparar las características de la relación "Costo-Rendimiento" de las superficies de rodado con tratamientos superficiales asfálticos y las con pavimentos de concreto asfáltico. Desafortunadamente, los datos recopilados (ver apéndice A5.4) no son utilizables para este objetivo debido a que la recopilación ó procesamiento se realizó sin un método adecuado o una técnica para establecer una "Base de Datos" para posteriores evaluaciones técnicas ó económicas, en otros casos estos datos no están completos o no existen, en el peor de los casos.

Finalmente, se consideraron los siguientes aspectos en relación a los tratamientos superficiales asfálticos y su aplicación para las carreteras del proyecto:

- Se ha planificado que la función de las carreteras del proyecto sea de "Troncal Principal" con tráficos altos a medios (por ejemplo, carretera TP-1)
- La vida de servicio remanente de las superficies de rodado con tratamientos superficiales asfálticos existentes se terminará antes del año de apertura de las carreteras del proyecto.
- Los requerimientos futuros de mantenimiento para una nueva superficie de tratamiento asfáltico se convertiría en una inversión desventajosa para la economía de Nicaragua.

Por tanto, en este proyecto no se considerará el tratamiento superficial asfáltico como una "alternativa de pavimentos".

(3) Diseño del espesor de pavimentos de concreto asfáltico

El diseño del espesor de pavimentos de concreto asfáltico se hizo en base a la "Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos" de la AASHTO, 1986.

a) Variables de diseño y condiciones

Para el diseño del espesor, se establecieron las siguiente condiciones y variables de diseño principales:

① Vida útil

Se consideró una construcción en dos etapas para un período de análisis de 20 años. El período de servicio efectivo para la etapa inicial de la estructura de pavimento flexible se definió que será 15 años. Se diseñó un recapamiento para aumentar la vida del pavimento para los 5 años restantes hasta alcanzar al período de análisis. Se asume que el año de apertura de las carreteras será el año 2000.

② Pronóstico de tráfico

Debido a que no existen diferencias significativas entre los pronósticos de tráfico dentro de cada sección, se utilizaron como representativos los volúmenes de tráfico mostrados en la Tabla 5-11 para el diseño del espesor.

Tabla 5-11 Estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el Diseño de Pavimentos

Tramo	Año	Veh. de Pasajero	Microbus	Bus	Pick-up	Camión	Remolque	Total
Río Panamá-San Benito	1993	763	99	332	1,562	1,153	312	4,221
	2000	1,095	96	349	1,943	1,526	323	5,332
	2010	1,851	138	562	2,551	2,229	409	7,740
Río Panamá-San Cristobal	1993	1,101	176	370	1,622	1,121	318	4,708
	2000	2,216	219	461	2,425	1,649	379	7,349
	2010	3,104	270	657	2,844	2,227	429	9,531
Managua-Km 8	1993	11,829	636	1,142	5,579	1,628	757	21,571
	2000	16,552	623	1,189	6,771	2,093	609	27,837
	2010	27,811	878	1,906	8,880	3,007	1,034	43,516
Km 8-Entrada a Veracruz	1993	4,673	374	882	3,521	1,394	780	11,624
	2000	6,539	366	918	4,273	1,792	833	14,721
	2010	10,987	516	1,472	5,604	2,575	1,065	22,219
Entrada a Veracruz-El Coyotepe	1993	4,673	374	882	3,521	1,394	780	11,624
	2000	6,539	366	918	4,273	1,792	833	14,721
	2010	10,987	516	1,472	5,604	2,575	1,065	22,219
El Coyotepe-Masaya	1993	4,780	420	894	3,714	1,592	784	12,184
	2000	7,273	451	1,001	4,908	2,165	883	16,681
	2010	11,596	596	1,520	6,148	3,013	1,088	23,961
Masaya-Catarina	1993	1,066	81	299	826	673	390	3,335
	2000	1,504	76	305	1,044	852	412	4,193
	2010	3,046	136	548	1,646	1,403	542	7,321
Catarina-Guanacaste	1993	702	29	127	474	413	245	1,990
	2000	982	29	126	618	516	253	2,524
	2010	1,941	74	251	1,099	884	347	4,596
Guanacaste-Nandaime	1993	731	29	127	499	427	245	2,058
	2000	1,010	26	126	632	523	250	2,567
	2010	1,707	38	202	861	790	309	3,907
El Coyotepe-Río Panamá	1993	107	46	12	193	198	4	560
	2000	609	80	48	544	373	23	1,677
	2010	734	85	83	635	438	50	2,025
Telica-San Isidro	1993	59	17	50	97	51	3	277
	2000	147	19	81	267	150	34	698
	2010	262	25	130	375	241	40	1,073

③ Modelo de carga axial

Se pudo verificar que en Nicaragua transitan muchos camiones sobrecargados, con relación a la carga máxima permitida de 8 ton para camiones con ejes simples y 15 ton para aquellos con ejes tandem, lo cual afecta en gran manera la vida útil del pavimento.

Los resultados del estudio de camiones de carga llevada a cabo por el MCT en las estaciones de Sapoá, Mateare y Chilamatillo (Febrero, 1993) indican que el 33% del total de camiones C2 (12.0 ton), el 38% de los camiones C3 (15.4 ton) y el 28% de camiones T3-S2 (33.0 ton) transitan sobrecargados.

Se aplicó el Modelo de Carga Axial de la Figura 5-15 para calcular la "Carga Axial Equivalente de un Eje Simple" (ESAL: "Equivalent Single Axle Load") para el diseño de pavimentos en base a la "Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos" de la AASHTO, 1986. Los resultados de dichos cálculos se resumen en la Tabla 5-12.

Tabla 5-12 Cálculo de las Aplicaciones ESAL

Tramo	Unidad	Año			
		2000	2010	2015	2020
(a) Managua-Masaya	veh/día	27,837	43,516	43,516	43,516
	10 ⁶ ESAL	2.14	29.80	46.30	62.70
(b) Masaya-Nandaime	veh/día	2,567	3,907	3,907	3,907
	10 ⁶ ESAL	0.56	7.38	11.30	15.20
(c) Masaya-Tipitapa	veh/día	1,677	2,025	2,025	2,025
	10 ⁶ ESAL	0.25	3.13	4.74	6.34
(d) Tipitapa-San Benito	veh/día	5,332	7,740	7,740	7,740
	10 ⁶ ESAL	1.27	17.00	26.10	35.20
(e) Tipitapa-Managua	veh/día	7,349	9,531	9,531	9,531
	10 ⁶ ESAL	1.42	18.10	27.40	36.80
(f) Telica-San Isidro	veh/día	698	1,093	1,093	1,093
	10 ⁶ ESAL	0.14	1.98	3.07	4.16

④ Mejoras del alineamiento

Tomando en cuenta las mejoras del alineamiento consideradas en el diseño geométrico (ver Sección 5.2.2), se diseñó una nueva estructura de pavimentos para las siguientes tramos.

- Tramo Masaya-Nandaime : Est. 0+000 - Est. 15+300
- Tramo Masaya-Tipitapa : Est. 19+500 - Est. 21+925

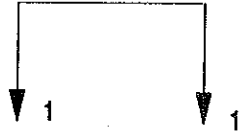


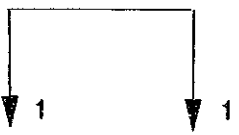
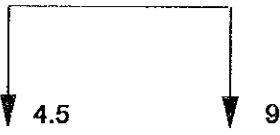
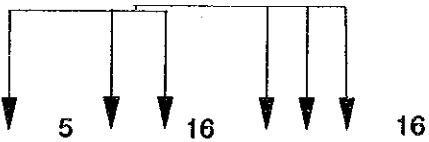
No.	Tipo de vehiculo	Modelo de Distribucion de Carga (ton)
1	Vehiculo de Pasajeros	
2	Microbus	
3	Bus	
4	Camioneta	
5	Camion Grande	
6	Remolque	

Figura 5-15 Modelo de Carga Axial

© Características del suelo del lecho y secciones de diseño.

Como se describe en las secciones anteriores en la construcción de las carreteras la longitud de las secciones de corte es muy limitada. Se construirán estructuras de pavimento sobre los terraplenes para una mayor ampliación.

Carretera Managua-Masaya:

Los materiales para terraplenes y subrasante se obtendrán del banco de préstamo ubicado en San Luis (Km 1+050 sobre la Carretera Managua-Tipitapa), excepto para la ampliación en las áreas onduladas cercanas al puente El Arroyo (Km 8+100 - Km 8+490), el Km 17+950, y la intersección El Coyotepe (Km 21+950-Km 21+630), las cuales tienen secciones de corte, por tanto los materiales para el terraplén se obtendrán de la excavación de la carretera y cerca de los bancos de préstamos en las áreas onduladas.

Los materiales para terraplenes y subrasante del banco de préstamo de San Luis al norte de la intersección El Coyotepe está compuesta de un material arenoso (A-2-3[0]) con un CBR que varía de 27 a 40. Tomando en cuenta las condiciones anteriores del material de terraplenes, se preparó el diseño del espesor del pavimento asumiendo un CBR de diseño del 20% correspondiente al material existente en la subrasante actual, valor que fue obtenido del promedio de los resultados de los ensayos CBR realizados por el MCT de Nicaragua en 1992, y se consideró que es casi uniforme para toda la sección.

Otras secciones:

Para las secciones Masaya-Nandaime, Masaya-Tipitapa, Tipitapa-San Benito y Río Panamá-San Cristóbal los materiales para terraplén y subrasante se obtendrán del banco de préstamo ubicado en San Luis (Km 1+050 sobre la Carretera Masaya-Tipitapa), para el caso de Carretera Telica-San Isidro los materiales se obtendrán del banco de préstamo ubicado en San Jacinto (Km 14+700 sobre la Carretera Telica-San Isidro).

El material para terraplén y la subrasante del banco de préstamo de San Jacinto, ubicado entre Telica y La Cruz de la India, está compuesta por material arenoso (A-1-a[0], A-1-b[0]) con un valor CBR que varía entre 28 y 37.

Considerando las condiciones anteriormente mencionadas en relación al material de terraplén, se seleccionó el diseño de espesor asumiendo que los valores de CBR de diseño mostrados en la Tabla 5-13 que se obtuvieron en base a los resultados de los ensayos de CBR efectuados para este proyecto (ver Capítulo 2) son casi uniformes. Los valores CBR para las secciones de diseño fueron calculados en base al método de diseño del Japón. Por otra parte, se consideraron casos especiales de diseño para algunos valores bajos de CBR (ver Apéndice A5.2).

Tabla 5-13 Valores CBR para el Diseño de Pavimentos

Tramo	Sección de Diseño	CBR de Diseño (%)
Masaya - Nandaimé	0+000 - 15+300	25
	15+300 - 27+200	12
Masaya - Tipitapa	0+000 - 21+925	13
Tipitapa - San Benito	0+000 - 16+000	20
Tipitapa - Managua	0+000 - 4+300	36
Telica - San Isidro	0+000 - 16+800	54
	16+800 - 30+400	34
	30+400 - 32+500	40
	32+500 - 41+800	31
	41+800 - 56+400	25
	56+400 - 92+500	14
	92+500 - 95+760	37

b) Resultados del diseño de pavimentos

Los resultados del diseño de pavimentos se resumen en la Tabla 5-14 (los detalles se muestran en el Apéndice A5.2). La subbase se omite para las secciones donde el CBR de diseño es mayor que 20% debido a que se considera que el material es bueno o en casos en que el volumen de tráfico de diseño es muy bajo.

(4) Diseño de hombros

Los hombros fueron diseñados en base a las normas de diseño vigentes en Japón. La Figura 5-16 muestra un detalle del pavimento de los hombros y su diseño geométrico.

Tabla 5-14 Resultados del Diseño de Pavimentos

Tramo	Pavimento Existente (según el MCT)	CBR de la Subrasante (%)	Espesor del Pavimento Nuevo (cm)			
			Capa de Rodadura		Capa Base (CBR>80%)	Recapamiento después de 15 años
			Rodado	Ligazón		
Managua-Masaya 00+000-25+900	Carpeta de asfalto	20	5	10	30	5
Masaya-Nandaime 00+000-15+300	Carpeta de asfalto	25	5	10	15	5
15+300-27+200	Doble tratamiento	12	5	10	20	5
Masaya-Tipitapa 00+000-21+925	Tratamiento simple	13	5	7	20	6
Tipitapa-San Benito 00+000-16+000	Doble tratamiento	20	5	10	25	5
Tipitapa-Managua 00+000-04+300	Carpeta de asfalto	36	5	10	25	5
Telica-San Ishidro 00+000-16+800	Tratamiento simple	54	5	5	15	5
16+800-30+400	Tratamiento simple	34	5	5	20	5
30+400-32+500	Tratamiento simple	40	5	5	20	5
32+500-41+800	Tratamiento simple	31	5	5	20	5
41+800-56+400	Tratamiento simple	25	5	5	25	6
56+400-92+500	Tratamiento simple	14	5	5	25	6
92+500-95+760	Tratamiento simple	37	5	5	20	5

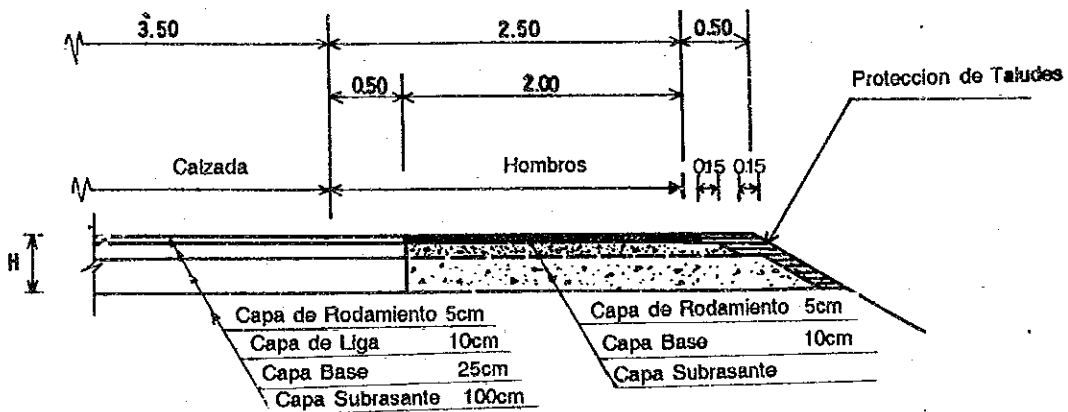


Figura 5-16 Diseño de Hombros

(5) Recomendaciones

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la investigación de las condiciones existentes y el diseño de pavimentos flexibles se pueden formular las siguientes recomendaciones.

a) Subrasante

Debido a que se observó la existencia de asentamiento de terraplenes y depresiones durante la investigación de las condiciones existentes (ver capítulos 3 y 6), se deberá mejorar la subrasante para las estructuras nuevas de pavimentos diseñados para las secciones siguientes:

- Tipitapa-San Benito : Est. 2+000 - Est. 3+100
- Telica-San Isidro : Est. 30+400 - Est. 32+500
Est. 45+000 - Est. 46+700
Est. 89+900 - Est. 95+750

Por tanto, para estabilizar las capas de subrasante, el material del lecho de la carretera será sustituido por un material apropiado y selecto, compactado a una densidad máxima de laboratorio de 90% o mayor en base al ensayo AASHTO T180, Método D o su equivalente. Sin embargo, es recomendable realizar una investigación detallada de suelos en estas secciones para un buen mejoramiento.

b) Capa subbase

Puesto que se considera que la mayoría de los suelos que conforman el lecho de las carreteras del proyecto son de buena calidad, se omite la implementación de la capa subbase para las respectivas estructuras de pavimento. Sin embargo, para asegurar un buen funcionamiento de éstos, se proporcionará una capa de suelo compactado (no tratado) en lugar de la capa subbase (CBR>20) para todas las secciones del proyecto, especialmente para aquellas secciones mencionadas en el inciso a). En caso de requerirse de terraplenes altos, esta capa se extenderá hasta un espesor de $t=100$ cm.

Esta capa de agregados sin tratamiento se compactará a una densidad máxima de laboratorio de 95% o mayor en base al ensayo AASHTO T180, Método D o su equivalente. Además, para prevenir la acumulación de aguas libres dentro o bajo la estructura del pavimento en las áreas húmedas, el material será seleccionado de tal manera que la fracción que pasa el tamiz N° 8 sea reducida a un porcentaje pequeño (de 5% a 10% aproximadamente, $t=40$ cm.)

c) Capa base

El material que se utilizará para la base estará compuesto de agregados bien graduados, sin tratamiento, de piedra triturada proveniente de las canteras (Planta de trituración "Cosmapa" situada a 6 km al suroeste de Chinandega para la Carretera Telica-San Isidro y la planta de la cantera de Veracruz para las otras secciones) y estabilizado mecánicamente ($CBR > 80$).

Aunque, no se presentan requerimientos específicos de calidad para la capa base, se pueden utilizar las especificaciones incluidas en el "Manual para Construcción de Carreteras" de la AASHTO, las especificaciones ASTM D2940, o las "Normas Internacionales del Japón" (JIS) (Agregados M-40).

Los agregados de la base sin tratamiento, serán compactados a una densidad máxima de laboratorio de 95% o más, en base al ensayo AASHTO T180, Método D o su equivalente.

d) Capa de concreto asfáltico

Se utilizarán las especificaciones incluidas en las normas ASTM D3515, o en las Normas Internacionales del Japón (JIS) relacionadas con el control de calidad de los materiales y métodos de construcción de capas de concreto asfáltico.

e) Movimiento de tierras para la remoción del pavimento existente

El material restante de la remoción del pavimento existente y de la capa base podrá ser utilizado como material para el terraplén o la subrasante pero no como material de la base nueva o de la subbase.

5.2.4 Diseño de Drenajes

(1) Generalidades

Las carreteras existentes en la ruta propuesta presentan deficientes estructuras de drenaje, no se ha realizado ningún trabajo de mantenimiento de cunetas. Estas estructuras resultan inadecuadas para poder evacuar la cantidad de agua que escurre de la calzada. Por lo tanto, se requiere un mejoramiento sustancial de las estructuras de drenaje para la carretera del proyecto.

Para mantener la carretera en buen estado bajo cualquier estación, las estructuras de drenaje son uno de los más importantes factores.

Los datos concernientes a las precipitaciones pluviales para elaborar la curva Intensidad-Duración-Frecuencia se obtuvieron del Departamento de Hidrología del INETER.

Existen tres estaciones de observación sobre las carreteras del proyecto, estas son A. C. Sandino, Nandaime y Estelí; estas estaciones se aplican a las rutas en estudio y se dividen en los siguientes grupos:

Tabla 5-15 Datos Concernientes a las Precipitaciones Pluviales

Estación	Carretera Proyecto	NIC N°.
A. C. Sandino	Carretera Managua-Masaya Carretera Masaya-Tipitapa Carretera Tipitapa-San Benito	NIC-1 y NIC-4
Nandaime	Carretera Masaya-Nandaime	NIC-4 y NIC-11
Estelí	Carretera Telica-San Isidro	NIC-26

La aplicación de las "Curvas de Duración de Intensidades de Precipitaciones Pluviales" están referidos a las Figuras 2-25, 2-26 y 2-27 de la Sección 2.5 "Consideraciones Hidrológicas".

(2) Cálculo de caudales

Los caudales correspondientes a las áreas de drenaje respectivas, se calcularon mediante la ecuación de escurrimiento que aparece a continuación:

$$Q = \frac{I}{(3.6 \times 10^{-6})} \times C \times I \times A$$

donde;

- Q : Caudal, descarga máxima de la cuenca (m³/seg)
- C : Coeficiente de escurrimiento (0.5)
- I : Intensidad de la precipitación (mm/h)
- A : Area de captación (m²)

Se determinaron los coeficientes de escurrimiento para los diferentes tipos de superficies de suelo en correspondencia con la intensidad de lluvias y a las características topográficas del área de drenaje.

En este estudio se utilizó el valor de escorrentía de C = 0.5 como un promedio ponderado. En la Tabla 5-16 se muestran los valores generales de C de acuerdo a la topografía del terreno.

Tabla 5-16 Coeficiente de Escorrentía

Topografía	Valores de C
Escarpas, terrenos áridos y superficies impermeables	0.7 - 0.9
Bosques y Praderas escarpadas	0.4 - 0.7
Tierras de bosques con pendientes moderadas a bruscas	0.2 - 0.4
Superficies llanas impermeables	0.1 - 0.2

La intensidad de las precipitaciones se determinó en base a la curva Intensidad-Duración elaborada para un período de retorno de 20 años en el caso de alcantarillas y cajas. En el caso de puentes, se calculó para un período de retorno de 50 años.

Para calcular los tiempos de concentración se utilizaron los valores de corrección de la Figura 5-17 y las ecuaciones que se muestran a continuación.

La velocidad promedio del caudal en el área de drenaje es:

$$V = 72 (H/L)^{0.6}$$

donde;

- V : Velocidad promedio del caudal (km/hr)
- L : Distancia mayor recorrida por el caudal sobre el terreno
- H : Diferencia de elevación entre el punto más alto del caudal al punto de descarga para L (m)

Tiempo de concentración:

$$T = (L/V) + 60$$

donde,

T : Tiempo de concentración (min)

El valor de corrección (K), multiplica la intensidad de precipitación en base al valor de T que resultó anteriormente.

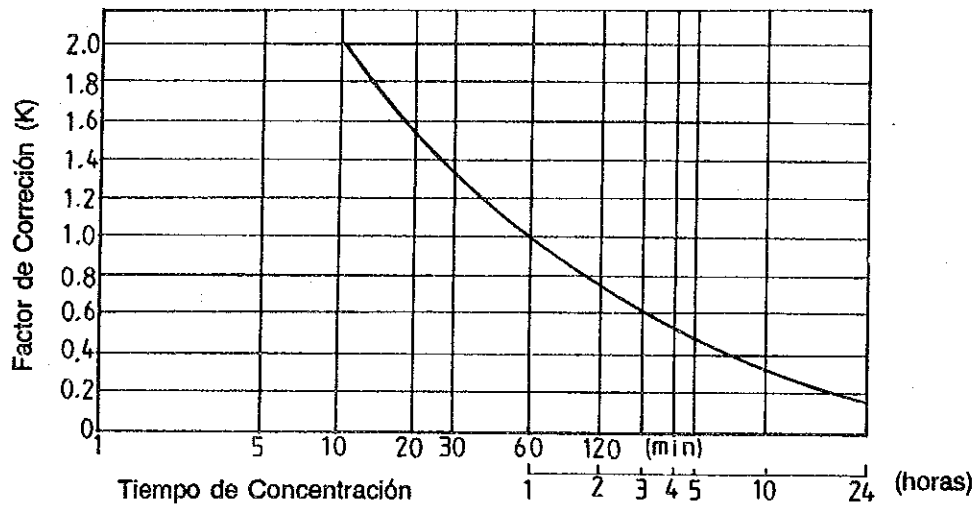


Figura 5-17 Factores de Corrección para Intensidades de Precipitación

La Tabla 5-17 muestra los valores correspondientes a los caudales máximos en cada caso de los puentes o alcantarillas ubicadas a lo largo de la carretera del proyecto.

Tabla 5-17 Caudales Máximos por Precipitación (1)

Carretera Managua-Masaya

Ubicación de la Estación Km	Área de Captación (km ²)	Longitud del Caudal (km)	Diferencia de Elevación (m)	Coefficiente C	Tiempo de Concentración (hr)	Intensidad de Precipitación (mm/hr)	Escorrentía Máxima (m ³ /sec)	Observaciones
Puente La Morita Est. 0+490	23.0	15.0	300	0.5	2.18	42.87	136.9	Puente existente
Puente Est. 2+250	10.0	10.5	400	0.5	1.04	93.97	130.5	Puente existente
Puente El Arroyo Est. 8+170	10.4	22.0	690	0.5	2.44	38.60	557.6	Puente existente
Est. 9+350	10.0	8.5	110	0.5	1.60	61.50	85.4	Alcantarilla existente
Est. 10+630	8.0	7.0	85	0.5	1.37	69.70	77.4	Alcantarilla existente

Tramo Masaya-Catarina-Nandaime

Ubicación de la Estación Km	Área de Captación (km ²)	Longitud del Caudal (km)	Diferencia de Elevación (m)	Coefficiente C	Tiempo de Concentración (hr)	Intensidad de Precipitación (mm/hr)	Escorrentía Máxima (m ³ /sec)	Observaciones
Puente Mayari Est. 58+960	35.0	11.5	280	0.5	1.48	60.01	291.7	Puente existente
Puente El Arroyo No. 2 Est. 61+380	20.0	12.5	190	0.5	2.14	32.00	88.9	Puente existente
Puente El Arroyo No. 1 Est. 62+750	98.0	23.0	470	0.5	3.30	28.91	393.5	Puente existente

Tramo El Coyotepe-Río Panamá

Ubicación de la Estación Km	Área de Captación (km ²)	Longitud del Caudal (km)	Diferencia de Elevación (m)	Coefficiente C	Tiempo de Concentración (hr)	Intensidad de Precipitación (mm/hr)	Escorrentía Máxima (m ³ /sec)	Observaciones
Est. 12+370	6.0	5.0	70	0.5	0.90	125.00	104.2	Caja existente 2-3.0x3.0

Tramo Río Panamá-San Benito

Ubicación de la Estación Km	Área de Captación (km ²)	Longitud del Caudal (km)	Diferencia de Elevación (m)	Coefficiente C	Tiempo de Concentración (hr)	Intensidad de Precipitación (mm/hr)	Escorrentía Máxima (m ³ /sec)	Observaciones
Est. 7+000	16.0	7.5	28	0.5	2.98	29.76	66.1	Caja existente 2-3.7x3.0

Carretera Managua-Tipitapa

Ubicación de la Estación Km	Área de Captación (km ²)	Longitud del Caudal (km)	Diferencia de Elevación (m)	Coefficiente C	Tiempo de Concentración (hr)	Intensidad de Precipitación (mm/hr)	Escorrentía Máxima (m ³ /sec)	Observaciones
Est. 0+550	27.0	9.0	60	0.5	3.56	22.42	84.1	Caja existente 1-3.7x3.0

Tabla 5-17 Caudales Máximos por Precipitación (2)

Carretera Terica-San Isidro

Ubicación de la Estación Km	Area de Captación (km ²)	Longitud del Caudal (km)	Diferencia de Elevación (m)	Coefficiente C	Tiempo de Concentración (hr)	Intensidad de Precipitación (mm/hr)	Escorrentía Máxima (m ³ /sec)	Observaciones
Puente Est.2+970	14.0	9.5	580	0.5	0.71	99.98	194.2	Puente existente
Puente Est.1+750	8.5	5.0	291	0.5	0.53	140.77	166.2	Puente existente
Puente Est.20+520	6.0	7.0	592.5	0.5	0.42	172.80	144.0	Puente existente
Puente Santa Amalia Est.23+200	13.0	12.0	420	0.5	1.24	61.23	110.6	Puente existente
Puente Est.33+860	7.0	5.5	125	0.5	0.83	85.56	83.2	Puente existente
Puente Negarote Est.43+050	230.0	26.0	300	0.5	5.25	11.65	369.0	Puente existente
Puente Est.45+970	49.0	10.0	205	0.5	1.43	51.83	352.7	Puente existente
Puente Est.54+480	15.0	8.0	570	0.5	0.54	141.96	285.7	Puente existente
Puente El Arenal Est.61+430	427.0	43.0	1,120	0.5	5.33	11.45	678.3	Puente existente
Puente Los Cabros Est.68+180	7.0	10.0	500	0.5	0.84	91.06	88.5	Puente existente
Puente Est.86+810	66.0	18.0	780	0.5	1.64	47.49	435.3	Puente existente
Puente Est.94+205	76.0	22.0	820	0.5	2.20	32.63	344.6	Puente existente

(3) Cálculos hidráulicos

La capacidad de caudal de las cajas y puentes se calculan mediante la Fórmula de Manning que se muestra a continuación:

$$Q = A \times V$$

$$V = 1/n R^{2/3} S^{1/2}$$

donde;

- Q : Caudal de escurrimiento (m³)
- A : Area de escurrimiento del río (m²)
- V : Velocidad de flujo o escurrimiento (m/seg)
- n : Coeficiente de rugosidad
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente del lecho del río

(4) Estructuras de drenaje

Cualquier obra de drenaje a ser construída a lo largo de las carreteras del proyecto debe ser diseñada de acuerdo a la capacidad de descarga y en base a la descarga de la escorrentía actual.

Se seleccionaron obras de drenajes económicas para lugares donde el caudal es moderado, a excepción de los sitios donde se planea construir puentes.

a) Alcantarillas tipo tubería

Tomando en cuenta la propuesta ampliación de la Carretera Managua-Masaya y un mantenimiento fácil de las obras de drenaje, en este estudio se planeó sustituir las alcantarillas de acero corrugado por tubos de concreto de un diámetro mínimo de 42".

El diseño estándar de las alcantarillas se muestra en el Plano No.69.

En áreas planas, la ubicación de los lugares de construcción de las nuevas alcantarillas se determinó a través del siguiente intervalo para drenaje lateral.

Tabla 5-18 Intervalo Estándar de Alcantarillas en Areas Planas

Condición	Intervalo Estándar (m)
Areas de pastos y zonas de inundación	200
Otras	500

En áreas onduladas y montañosas, las alcantarillas se ubicaron en los puntos de curvatura seleccionados en base a los resultados de las investigaciones topográficas.

Las alcantarillas ubicadas en las secciones a mejorar, las actuales alcantarillas de acero se encuentran en buen estado, sin embargo, hay mucho sedimento dentro de ellas y en los delantales, tanto en la entrada como en la salida, por lo que es necesario limpiarlas de la arena y los sedimentos.

Será necesario proveer a las cunetas de las carreteras con superficies de piedra bolón y mampostería para prevenir la sedimentación y el socavamiento de los delantales.

b) Cajas

En la Carretera Managua-Masaya, será necesario instalar cajas nuevas debido a la propuesta de ampliación de los carriles de tráfico. En este estudio se utilizó como tipo una caja de concreto de varios tipos, con cabezales y delantales el cual cumple con las normas del MCT establecidos para este tipo de obra en Nicaragua. En el caso de caudales de gran volumen, se requiere cajas dobles.

Por medio de un análisis comparativo de los caudales con la capacidad de las alcantarillas tipo caja, se determinaron los tipos y ubicaciones de las alcantarillas requeridas para el proyecto, la ubicación de éstas se detalla en la Tabla 5-19. En el Plano No.10 se muestra el diseño estándar para el mejoramiento de las alcantarillas de drenaje existentes.

(5) Otras estructuras de drenaje

Las fallas o deslizamientos en la estructura de un terraplén son frecuentemente causados por la colmatación superficial de los drenes y la infiltración del agua en el terreno. Las estructuras de drenajes planificadas en este proyecto, tienen el propósito de evitar los deslizamientos de tierra en los taludes y de esa forma garantizar la seguridad de todas las obras. Las obras de drenaje planificadas en este estudio son las siguientes:

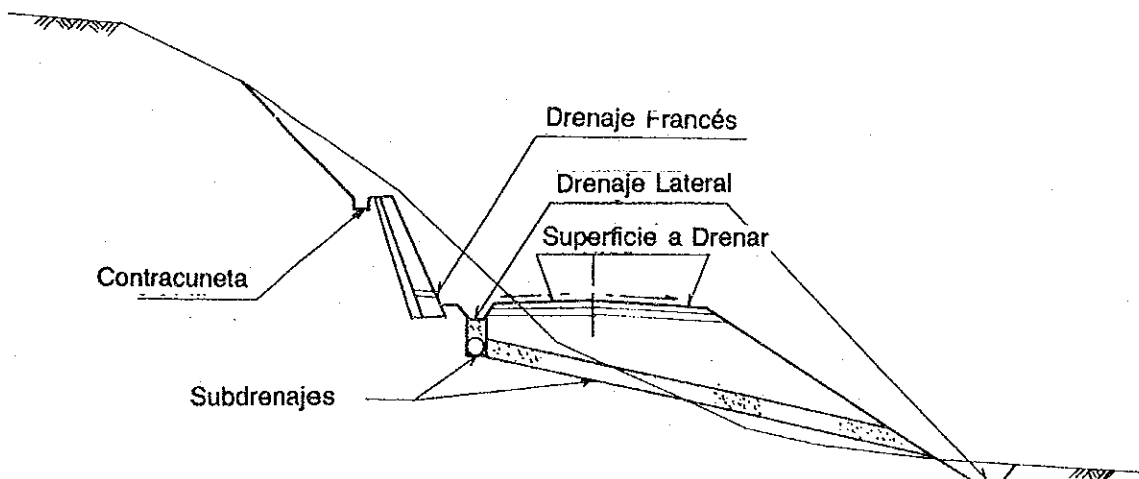


Figura 5-18 Estructuras de Drenaje para Carreteras

Tabla 5-19 Cálculos Hidráulicos (1)

Carretera Managua-Masaya

Ubicación de la Estación Km	Cauce		Gradiente Hidráulico (%)	Coeficiente n	Velocidad Promedio (m/sec)	Capacidad Descarga (m³)	Escorrentía Máxima (m³/sec)	Observaciones
	Sección Altura y Ancho (m)	Area (m²)						
Puente La Morita Est.0+490	3.0 × 7.0	16.8	2.0	0.02	8.94	150.40	136.9	Reconstrucción de puente
Puente Est.2+250	2 - 3.5 × 3.5	19.6	2.0	0.02	7.43	145.60	130.5	Caja nueva
Puente El Arroyo Est.8+170	8.0 × 17.0	108.8	1.5	0.05	5.81	623.20	557.6	Reconstrucción de puente
Est.9+350	2-3.0 × 3.0	14.4	1.6	0.02	5.99	86.30	85.4	Caja nueva
Est.10+630	2 - 2.5 × 2.5	10.0	3.5	0.02	7.85	78.50	77.4	Caja nueva

Tramo Masaya-Catarina-Nandaime

Ubicación de la Estación Km	Cauce		Gradiente Hidráulico (%)	Coeficiente n	Velocidad Promedio (m/sec)	Capacidad Descarga (m³)	Escorrentía Máxima (m³/sec)	Observaciones
	Sección Altura y Ancho (m)	Area (m²)						
Puente Mayari Est.58+960	5.0 × 15	60.0	1.7	0.05	4.94	296.60	291.7	Puente existent
Puente El Arroyo No. 2 Est.61+380	2.5 × 9.0	18.0	4.5	0.05	5.27	94.90	88.9	Puente existent
Puente El Arroyo No. 1 Est.62+750	3.5 × 23.0	73.6	2.2	0.05	5.52	402.70	393.0	Reconstrucción de puente

Tramo El Coyotepe-Río Panamá

Ubicación de la Estación Km	Cauce		Gradiente Hidráulico (%)	Coeficiente n	Velocidad Promedio (m/sec)	Capacidad Descarga (m³)	Escorrentía Máxima (m³/sec)	Observaciones
	Sección Altura y Ancho (m)	Area (m²)						
Est.12+370	2 - 3.0 × 3.0	14.4	2.5	0.02	7.49	107.90	104.2	Caja existente 2-3.0×3.0

Tramo Río Panamá-San Benito

Ubicación de la Estación Km	Cauce		Gradiente Hidráulico (%)	Coeficiente n	Velocidad Promedio (m/sec)	Capacidad Descarga (m³)	Escorrentía Máxima (m³/sec)	Observaciones
	Sección Altura y Ancho (m)	Area (m²)						
Est.7+000	2 - 3.7 × 3.7	15.4	3.0	0.02	5.48	84.40	66.1	Caja existente Alcantarilla metal corrugado 2-3.7×3.0

Carretera Managua-Tipitapa

Ubicación de la Estación Km	Cauce		Gradiente Hidráulico (%)	Coeficiente n	Velocidad Promedio (m/sec)	Capacidad Descarga (m³)	Escorrentía Máxima (m³/sec)	Observaciones
	Sección Altura y Ancho (m)	Area (m²)						
Est.0+550	2 - 3.0 × 3.0	14.4	1.6	0.02	5.99	86.30	84.1	Caja nueva

Tabla 5-19 Cálculos Hidráulicos (2)

Telica-San Isidro Road

Location	Channel		Hydraulic Gradient (%)	Coefficient n	Average Velocity (m/sec)	Discharge Capacity (m ³)	Maximum Runoff (m ³ /sec)	Remarks
	Section Height and Width (m)	Area (m ²)						
Puente Est.2+970	8.0 × 4.5	28.8	5.0	0.05	6.84	197.30	194.2	Puente existente
Puente Est.1+750	9.0 × 4.5	32.4	3.0	0.05	5.50	178.20	166.2	Puente existente
Puente Est.20+520	8.0 × 4.0	25.6	4.5	0.05	6.22	159.40	144.0	Puente existente
Puente Santa Amallia Est.23+200	15.0 × 4.0	48.0	2.6	0.05	5.42	260.20	255.0	Puente existente
Est.24+830	3 - 3.0 × 1.85	13.3	4.0	0.02	9.43	125.80	110.6	Caja triple existente
Puente Est.33+860	2 - 3.0 × 2.5	12.0	3.0	0.02	7.81	93.80	83.2	Puente existente
Puente Negarote Est.43+050	28.0 × 3.5	78.4	2.0	0.05	4.98	390.20	369.0	Puente existente
Puente Est.45+970	17.0 × 5.0	68.0	2.5	0.05	6.10	419.10	352.7	Puente existente
Puente Est.54+480	16.6 × 3.5	46.2	4.0	0.05	6.54	302.20	295.7	Puente existente
Puente El Arenal Est.61+430	50.0 × 4.5	180.0	1.0	0.05	4.29	773.40	678.3	Puente existente
Puente Los Cabros Est. 68+180	9.5 × 4.0	30.4	1.5	0.05	3.77	470.20	435.3	Puente existente
Puente Est.86+810	23.0 × 4.0	73.6	3.0	0.05	6.39	470.20	435.3	Puente existente
Puente Est.94+205	16.0 × 4.0	51.2	4.0	0.05	6.94	355.60	344.6	Puente existente

a) Cunetas

Los canales de las cunetas cumplen con la función específica de coleccionar las aguas que escurren desde los taludes o cortes, superficie de la carretera, y el agua de la infiltración para evitar el socavamiento de y derrumbe de los taludes debido a la erosión.

Las cunetas de las carreteras se construyen también para evitar la infiltración en la base y la subrasante para mantener el pavimento en buenas condiciones.

b) Cunetas en la base de las pendientes

Las cunetas construidas en la base de las pendientes son para evitar el derrumbe de los taludes y la infiltración del agua que fluye a las partes más bajas.

c) Subdrenajes para terraplenes

Cuando se construyen terraplenes en lugares pantanosos o sobre terrenos de fundación muy blandos, se requiere la instalación de subdrenajes, tales como estabilizadores de arena para casos en que el nivel freático del agua es muy alto.

Las depresiones o asentamientos en la superficie de rodamiento, base, sub-base y sub-rasante son causadas por el drenaje de las aguas internas contenidas en el suelo y la reducción de la capacidad portante del suelo debido al debilitamiento de éste ante esfuerzos cortantes provocados por la presión del suelo.

d) Obras de drenaje del terraplén para estructuras

La acumulación de agua subterránea y de aguas de infiltración en la parte posterior de las paredes de retención podrían poner en peligro la seguridad de dicha obra provocando su derrumbe. Por lo tanto, se deben construir pozos filtrantes.

5.2.5 Diseño de Puentes

(1) Generalidades

Los puentes existentes se clasifican en: puentes de losas de concreto, puentes de vigas T fabricados in situ, y puentes compuestos de vigas de acero con un ancho de superestructuras que varía entre 7.0 y 9.5 m. En la mayoría de los puentes existentes, los estribos están contruidos de mampostería y piedra bolón. Algunos de los puentes tienen subestructura de concreto.

En general, se puede decir que los puentes existentes en el tramo del proyecto están en buenas condiciones. Sin embargo, se determinó que estos puentes sean reemplazados o reconstruidos debido a la ampliación y para mejorarlos considerando el incremento futuro del tráfico. En la carretera del proyecto, Carretera Managua-Masaya (NIC-4) existen tres puentes, estos son: La Morita (Est.0+490), Est.2+250 y El Arroyo (Est.8+170).

Asimismo, los requerimientos del reemplazo de puentes denotan la necesidad de la reconstrucción del puente El Arroyo N°.1 ubicado en el tramo Guanacaste-Nandaime debido a que el actual lecho del río se encuentra en un estado crítico de socavación y el MCT ya ha efectuado trabajos de rehabilitación y refuerzo en éste. El lugar de emplazamiento del actual puente es inadecuado, pues se encuentra precisamente en la intersección de los Ríos El Arroyo y Agua Agria. La construcción del nuevo puente se planificó de tal manera que el lugar de emplazamiento esté ubicado aguas arriba del actual, como se muestra en los planos.

(2) Ancho del puente

El ancho del puente será el mismo de la calzada incluyendo hombros y aceras en todos los tramos del estudio. El ancho estándar se muestra en los planos.

(3) Cargas

Los puentes a ser reconstruidos necesitan ser diseñados para una carga HS-20 y se planifica su reemplazo por puentes permanentes de concreto o por cajas alcantarilla de con-

creto. Los puentes diseñados para cargas HS son suficientemente fuertes para soportar las cargas de un cabezal con semitrailer o su respectiva rampa de carga.

(4) Terremotos

El pronóstico de terremotos de gran magnitud no podría ser preciso por las siguientes razones: ① El área que incluye Managua pertenece a la zona de fallas más inestables localizada entre el occidente y oriente de Nicaragua, lo que posibilita la ocurrencia de terremotos de gran magnitud en el futuro. ② Hay registros de dos terremotos de gran magnitud ocurridos en Managua en 1931 y 1972, respectivamente. La magnitud del terremoto de 1972 en la escala de Ríthter fue de 6.2 con una onda sísmica de 5.6.

Por tal razón, las estructuras se diseñarán para que resistan los movimientos provocados por los terremotos, considerando la ubicación de las fallas activas existentes, la repuesta sísmica del suelo en el sitio y las características de la respuesta dinámica de toda la estructura.

(5) Subestructuras

a) Condiciones del sub-suelo

En la Sección 4.4 "Investigación Geológica y de Mecánica de Suelos" se describen las observaciones efectuadas acerca de las condiciones del sub-suelo en el estudio topográfico y los ensayos de penetración por medio de sondeos. Se encontraron afloraciones de capas de roca cercanas a la superficie del suelo en los sitios de estudio. Por lo tanto, se puede tener suficiente capacidad de soporte cerca de la superficie del terreno.

b) Tipos de fundación

Se ha encontrado que el tipo de fundación combinado y con alas tipo pared es comunmente utilizado como típico ya que resulta adecuado para las condiciones del sub-suelo. La altura de los estribos debe determinarse en base al perfil del suelo bajo la fundación y al registro de perforación. La sección transversal típica se muestra en la Figura 5-19.

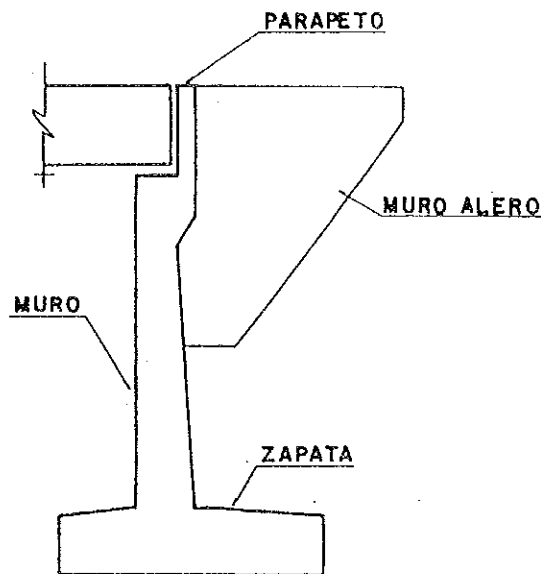


Figura 5-19 Sección Típica de los Estribos

c) Condiciones de diseño

El diseño de las estructuras de concreto reforzado para los estribos conforme a la AASHTO "Standard for Highway Bridges", será realizado bajo las siguientes condiciones de diseño:

- Tipos de fundaciones : Fundaciones con aletones
- Materiales :
 - Concreto : Resistencia específica de compresión, de diseño, a los 28 días (f_c)
210 kg/cm² (3,000psi)
 - Barras refuerzo : Resistencia a punto de cedencia, cargas mayores de 4,200 kg/cm²
(60,000 psi)

El método de diseño a ser aplicado es el "Método de diseño por Carga de Servicio" (Tensiones admisibles de diseño).

La resistencia del concreto deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Tensiones de compresión de las fibras extremas : $0.4f_c$
- Tensiones de apoyo : $0.3f_c$
- Tensiones de corte : $0.95 f_c$

La resistencia de las barras de refuerzo deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- Refuerzos de grado 40, 1,400 kg/cm² (20,000psi)
- Refuerzos de grado 60, 1,600 kg/cm² (24,000psi)

d) Aletones

Las paredes de los aletones deberán ser de suficiente longitud para retener el terraplén de la calzada tanto como se necesite y dar protección contra la erosión. La longitud de los aletones se calculará utilizando las pendientes requeridas por la calzada.

e) Drenaje

El material del terraplén posterior a los estribos será drenado mediante barbacanas y drenaje francés ubicado a intervalos adecuados.

f) Mampostería de mortero y protección de piedra

Cuando existe la probabilidad de socavación, debe considerarse en el diseño la implementación de protectores contra socavación de los estribos del puente. Los taludes del terraplén y el lecho adyacentes a las estructuras que estén sujetas a erosión deben ser protegidas adecuadamente con escolleros o con mampostería de piedra bolón. La mampostería será colocada en línea con el sentido del escurrimiento con una ligera elevación del nivel para disminuir la velocidad de escurrimiento. Las ubicaciones de dichas estructuras se muestra en los planos.

(6) Superestructuras

- ① La longitud de los puentes es determinada por medio del análisis hidrológico de la descarga y por el análisis hidráulico de la capacidad de caudal como se describe en la sección 5.2.4 "Diseño de Drenajes".
- ② Los principales tipos de superestructuras de las normas estándar de diseño en Nicaragua son hechos de losas de concreto reforzado y vigas T, vaciadas in situ, y vigas T com-

puestas. En la Tabla 5-20 se muestra un estudio comparativo de los distintos tipos de superestructuras, longitud relativa del claro en base a sus propias características estructurales realizado en éste estudio. Se considerarán además los siguientes aspectos:

- Disponibilidad local de los materiales necesarios.
- Plan de presupuesto.
- Experiencia en Nicaragua en construcción y mantenimiento.
- Introcucción de nuevas técnicas de construcción en Nicaragua.

Tabla 5-20 Claros Estándar para Puentes

Tipo	Longitud del Claro		Costo Unitario (Córdobas/m)
	20 m	50 m	
Puentes de Concreto			
Losas de CR	==		20,000 - 30,000
Vigas T CR	==		17,000 - 25,000
Losa Alivianada de CP	==		23,000 - 30,000
Viga compuesta de CP		==	28,000 - 45,000
Puentes de Acero			
Viga Compuesta Simple (de un solo tramo)		==	30,000 - 40,000
Viga Continua Tipo "I"		==	35,000 - 55,000
Viga Simple Tipo Cajón		==	50,000 - 80,000

Nota.: CR - Concreto Reforzado
CP - Concreto Postensado

c) Tipos de superestructura

Los principales tipos de estructuras y longitudes relativas de claro aplicados son como se muestra en la Tabla 5-21.

Tabla 5-21 Principales Tipos de Superestructuras

Tipos de Superestructura	Longitud del Claro Aplicable (m)	Observaciones
Losas de concreto reforzado (losa CR)	5 - 10	Espesor de la losa 30-47 cm
Viga compuesta simple	18 - 30	Alto de la viga 76-91 cm
Viga de concreto postensado (Viga CP)	20 - 35	Tipo "I"

Tanto los puentes con losas de concreto reforzado, como los con vigas compuestas simples son adecuadas para claros pequeños porque no existen diferencias en los costos unitarios de construcción. Y además porque en Nicaragua se tiene experiencia en la construcción de ese tipo.

Por otra parte, el concreto postensado es muy apropiado para puentes de grandes claros. Para este estudio se seleccionaron los siguientes tipos de puentes.

- ① Est. 0+490 : Puente La Morita, puente de losas de concreto, $L = 7.77$ m.
- ② Est. 8+170 : Puente El Arroyo, puente de vigas compuestas, $L = 20.00$ m.
- ③ in Nandaimé : Puente El Arroyo N° 1, puente de vigas postensadas, $L = 24.40$ m.

Las secciones típicas de las superestructuras se muestran en las Figuras 5-20, 5-21 y 5-22.

d) Condiciones de diseño

El diseño de cada tipo de superestructura para puentes será realizado conforme a las especificaciones de la AASHTO "Standard Specifications for Highway Bridges" bajo las siguientes condiciones de diseño:

① Tipo de superestructura

- Losa de concreto reforzado (losa CR)
- Vigas compuestas
- Vigas de concreto postensado

② Materiales

- Concreto : Resistencia específica de compresión, de diseño, a los 28 días f_c
 - Losas de concreto reforzado y vigas compuestas: 280kg/cm^2 (4,000 psi)
 - Vigas de concreto postensado: 400kg/cm^2 (5,700 psi)
- Barras refuerzo : Resistencia a punto de cedencia f_y superior a $4,200\text{kg/cm}^2$ (60,000psi)
- Acero Estructural: Ver Tabla 5-22

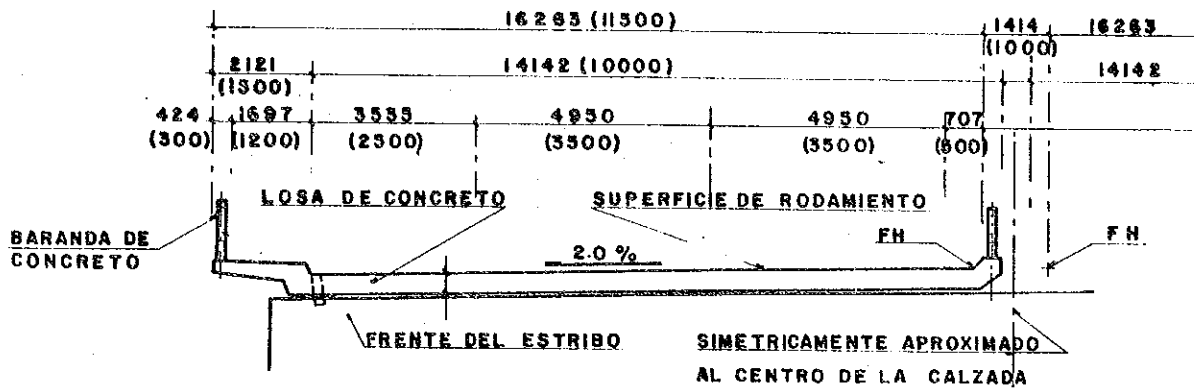


Figura 5-20 Puente La Morita, Losa de Concreto Reforzado

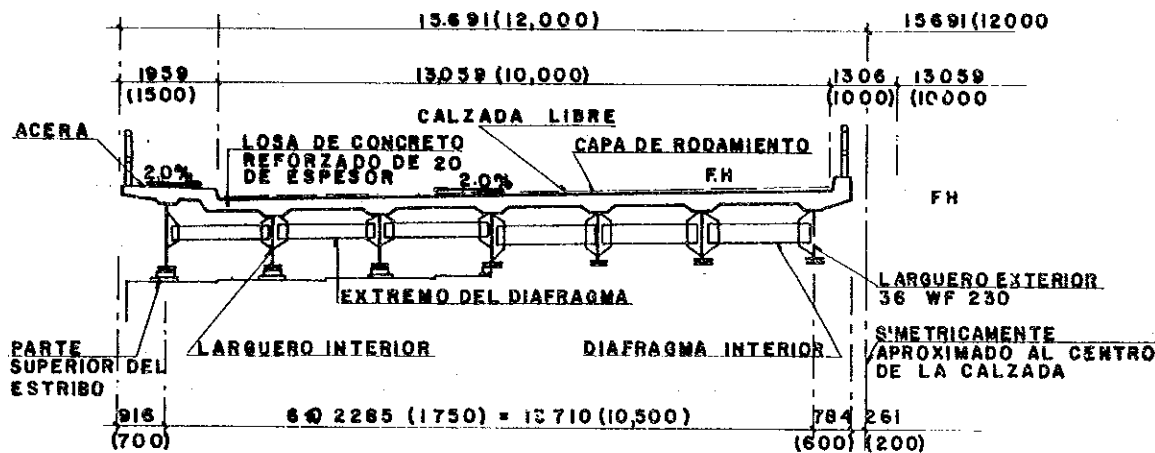


Figura 5-21 Puente El Arroyo, Viga Compuesta

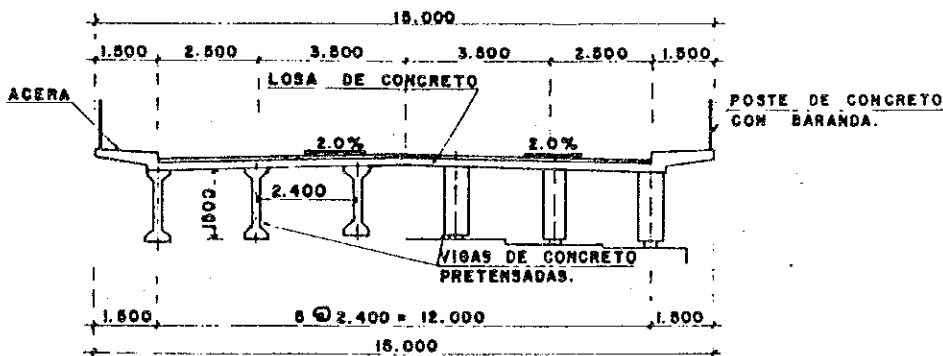


Figura 5-22 Puente El Arroyo N°1, Viga de Concreto Postensado

Tabla 5-22 Acero Estructural

Propiedades Mínimas de los Materiales, Acero Estructural (kg/cm ²)					
Tipo	Acero Estructural	Acero de alta resistencia Acero de aleación baja		Acero de resistencia alta al punto de cedencia de aleación, templado y enfriado	
Designación AASHTO	M 183	M 223	M 222	M 244	
Designación equivalente ASTM	A 36	A 572 Grado 50	A 588	A 514	A 517
Resistencia de tensión mínima	4,000 (58,000)	4,600 (65,000)	4,900 (70,000)	7,700 (110,000)	7,000 (100,000)
Punto de cedencia mínimo o resistencia mínima al punto de cedencia	2,500 (36,000)	3,500 (50,000)	3,500 (50,000)	7,000 (100,000)	6,300 (90,000)
Pernos, Rodos y Oscilador					
Designación de la AASHTO con limitación de tamaño	M 16 4" in dia. o less	M 102 To 20" in dia	M 102 To 20" in dia.	M 102 To 10" in dia.	M 102 To 20" in dia.
Designación de la ASTM para el grado y clase	A 108 Grades 1016	A 668	A 668	A 668	A 668
Punto de cedencia mínimo	2,530 (36,000)	2,300 (33,000)	2,600 (37,500)	3500 (50,000)	3,500 (50,000)

Nota: kg/cm², () están en psi.

③ Refuerzo de postensado

El refuerzo de postensado debe efectuarse utilizando cables de acero de alta resistencia, torones de siete cables de alta resistencia, o barra de aleación de alta resistencia como las que se especifican en los planos o en provisiones especiales.

Los cables de acero de alta resistencia deben cumplir con las especificaciones AASHTO M-204 (ASTM A-421).

Los torones de siete cables de alta resistencia deben cumplir con las especificaciones AASHTO M-203 (ASTM A-416).

Asimismo, las barras de aleación de alta resistencia deben cumplir con las especificaciones AASHTO M-275 (ASTM A-722). En caso de contar con la provision adecuada de barras producidas y ensayadas bajo las normas AASHTO M-275 (ASTM A-722), pueden utilizarse otras barras de mayor resistencia al punto cedente que el material especificado.

e) Esfuerzos y tensiones admisibles

① Concreto: Losas de concreto reforzado

- Tensión extrema de las fibras sometidas a compresión : $0.4 f'_c$
- Tensión extrema del concreto simple sometido a tracción : $0.21 f'_c$
- Tensiones de apoyo por carga de servicio : $0.95 \sqrt{f'_c}$

② Concreto postensado

- Tensiones temporales antes de pérdidas por retracción y fluencia : $0.55 \sqrt{f'_c}$
- Tensiones por carga de servicio después de pérdidas : $0.40 f'_c$
- Tensiones de apoyo por carga de servicio : $0.45 f'_c$

③ Las tensiones admisibles de las barras de refuerzo se muestran en la Tabla 5-23.

④ Las tensiones admisibles de los pernos de alta resistencia se muestran en la Tabla 5-24.

⑤ Acero para postensado

- Tensiones temporales antes de pérdidas por retracción y fluencia : $0.70 f'_c$
- Tensiones por carga de servicio después de pérdidas : $0.80 f'_c$

Tabla 5-23 Tensiones Admisibles de las Barras de Refuerzo de Acero

Tipo	Acero Estructural	Acero de alta resistencia Acero de aleación baja		Acero de resistencia alta al punto de cedencia de aleación, templado y enfriado	
		M102	M102	M102	M102
Limitaciones de tamaño designado por ASSHFO	M169	M102	M102	M102	M102
Grado o clase designada por la ASTM	A108 Grades 1016 1030 incl.	A668 Class C	A668 Class D	A668 Class F	A668 Class G
Tensión el Extremo de la Fibra kg/cm ²	2,000 (29,000)	1,800 (26,000)	2,100 (30,000)	2,600 (40,000)	2,600 (40,000)
Fuerza Cortante kg/cm ²	1,000 (14,000)	900 (13,000)	1,050 (15,000)	1,400 (20,000)	1,400 (20,000)

Nota: kg/cm², () están en psi.

Tabla 5-24 Tensiones Admisibles del Acero Estructural

Tipo	Acero Estructural	Acero de alta resistencia Acero de aleación baja		Acero de resistencia alta al punto de cedencia de aleación, templado y enfriado	
		M 183	M 223	M 222	M 244
Designación AASHTO	A 36	A 572 Grado 50	A 588	A 514	A 517
Tensión axial en elementos con orificios para pernos de alta resistencia o remaches y tensión en los extremos de la fibra de las vigas y secciones compuestas sujetas a flexión. Satisface los criterios de la sección total y neta.	1,400 (20,000)	1,900 (27,000)	1,900 (27,000)	No Aplicable	
Tensión axial en elementos sin orificios. Compresión axial, sección total, atiesadores del alma y platabandas de la viga. Compresión en las juntas y la sección total.	1,400 (20,000)	1,900 (27,000)	1,900 (27,000)	3,800 (55,000)	3,400 (49,000)
Corte en el alma de la viga y la sección total.	850 (12,000)	1,200 (17,000)	1,200 (17,000)	2,300 (33,000)	2,100 (30,000)
Tensión en los extremos de la fibra y los pasadores.	2,000 (29,000)	2,800 (40,000)	2,800 (40,000)	5,600 (80,000)	5,000 (72,000)
Corte en los pasadores	1,000 (14,000)	1,400 (20,000)	1,400 (20,000)	2,800 (40,000)	2,500 (36,000)
Apoyo en los pasadores no sujetos a rotación.	2,000 (29,000)	2,800 (40,000)	2,800 (40,000)	5,600 (80,000)	5,000 (72,000)
Apoyo en remaches de fuerza y pernos alta resistencia (o como resistencia de apoyo admisible en los pasadores)	1,000 (14,000)	1,400 (20,000)	1,400 (20,000)	2,800 (40,000)	2,500 (36,000)

Nota: kg/cm², () están en psi.

5.2.6 Otras Estructuras

A continuación se presentan recomendaciones para la reconstrucción de las estructuras de drenaje existentes, lo cual es necesario para su debido mejoramiento. Las estructuras existentes se describen en la Sección 5.2.4, "Diseño de Drenajes".

(1) Cunetas laterales, bocas de tormenta (colectores) con drenes transversales

El drenaje transversal de la calzada será provisto mediante una adecuada superficie de la corona y el drenaje longitudinal que será efectuado por el bombeo y la gradiente respectivamente. Las aguas pluviales serán conectadas en las cunetas y bocas de tormenta por medio de drenajes transversales descendentes a fin de evitar inundaciones y que el agua corra por la superficie de la calzada y el puente.

El drenaje longitudinal al pie del talud a ambos lados de la calzada será provisto mediante cunetas de tierra, cunetas de concreto tipo "V" o cunetas de mampostería de piedra, la cantidad y el tamaño de éstas deberán ser lo suficientemente adecuados para que drenen por la alcantarilla o caja. Las secciones típicas se muestran en los planos respectivos.

(2) Tubos alcantarilla

Existen a disposición en Nicaragua, normas y especificaciones de dimensiones y resistencias de tubos alcantarilla de suelo-concreto reforzado.

Las alcantarillas serán protegidas con una capa de tierra de espesor mínimo de 1.2m. Esto con el fin de prevenir cualquier daño provocado por el paso del equipo pesado durante la construcción. Cuando el espesor de la capa de relleno en la fase del Diseño Detallado sea menor de 1.2 m, se requiere proveer a la tubería de un lecho especial en el fondo de la zanja para resistir el impacto de la carga de los vehículos pesados.

Las estructuras de drenaje de la alcantarillas consisten en un tubo de concreto reforzado, aletones de concreto reforzado y delantal de mampostería y piedra bolón en la entrada y salida. El detalle de las secciones se muestra en los planos correspondientes.

(3) Cajas

Las normas, especificaciones para estructuras con relación al tamaño y dimensiones de cajas de concreto reforzado vaciado in situ, correspondiente a las estructuras de drenaje se refieren a las que utiliza el MCT en Nicaragua.

El puente de la estación 2+250 en la Carretera Managua-Masaya, tiene un claro de 4.00 m de losas de concreto reforzado.

De acuerdo con los ensayos de penetración realizados por medio de los sondeos descritos en la Sección 2.4 "Estudio Geológico y de Suelos", el nivel de fundación donde la capacidad soporte es suficiente, está ubicada aproximadamente 10.0 m de profundidad desde el lecho existente.

Se ha realizado un estudio alternativo para la selección de puentes o alcantarillas para las rutas en estudio. Tomando en cuenta la economía y la facilidad de construcción se seleccionó una de caja ya que el sistema de pilas que se requiere para la estructura del puente parece ser difícil en estos tipos de formaciones. En el Plano N° 10 se muestran planta y las secciones.

Para el mejoramiento de otras secciones, se observó que algunas cajas existentes tienen una capacidad de flujo insuficiente, especialmente se observó que las alcantarillas de 3 o 4 tubos tienen depósitos de sedimentos de arena y grava en los cabezales (delantales) de entrada y salida.

Por tanto, se ha determinado la reposición de las alcantarillas que se muestran en la Tabla 5-25.

Tabla 5-25 Lista de Cajas a ser Reemplazadas

Tramo	Estación	Dimensiones y Número de Cajas
Managua-Masaya	9+330	2 - 3.00 × 3.00 (Doble)
	10+600	2 - 2.50 × 2.50 (Doble)
Masaya-Río Panamá	7+440	2 - 1.50 × 1.50 (Doble)
Río Panamá-San Benito	2+970	2.00 × 3.00
	6+430	2.00 × 2.50
San Cristobal-Río Panamá	0+130	2 - 3.00 × 3.00 (Doble)
Telica-San Isidro	24+070	1.50 × 2.00
	57+310	1.50 × 2.50
	81+500	2.00 × 3.00
	82+070	1.50 × 2.50
	83+310	1.50 × 2.50
	84+570	2 - 1.50 × 2.00 (Doble)

(4) Mampostería de piedra y escollerados

Comunmente en Nicaragua se construyen muchas obras de mampostería de piedra con mortero en carreteras y puentes. En este estudio, se utilizan obras de mampostería aplicadas a la protección de taludes contra la erosión y deslizamientos, para la protección de las fundaciones de los puentes contra la socavación y erosión, o para proteger los delantales anteriores o posteriores de alcantarillas o cajas para reducir los problemas de socavación.

5.3 PLAN DE CONSTRUCCION

5.3.1 Generalidades

El estudio del plan de construcción incluye principalmente:

- Establecimiento del método de construcción
- Preparación del programa

Los resultados del estudio serán utilizados en la estimación de costos de construcción.

5.3.2 Método de Construcción

(1) Construcción con utilización intensiva de equipos

Para alcanzar economía en la construcción y realizar el proyecto en un período de construcción corto, se adoptará el método de construcción intensiva.

(2) Movimientos de tierra

Básicamente, para el caso de ampliación parcial (ampliación de los hombros), se consideró el método de préstamos laterales para terraplenes. En caso de ampliación total (de 2 a 4 carriles) se consideró material de préstamos y la utilización de materiales obtenidos en excavaciones simples tanto como sea posible. Para la subrasante se consideró el uso de los siguientes bancos de préstamos (ver Tabla 5-26).

Tabla 5-26 Ubicación de los Bancos de Préstamos

Ubicación del Banco	Tipo de Suelo	Observaciones
San Luis Este (km 3.2 al norte de El Coyotepe)	Arcilla arcillosa	Managua-Masaya Managua-Tipitapa Nandaime-San Benito
San Jacinto (km 12.5 al este de Telica)	Arcilla tobácea	Telica-San Isidro

(3) Trabajos de pavimentación

Se consideraron las siguientes fuentes de materiales para pavimento:

- Calidad : Capa Subbase : Grava arenosa
Capa Base : Piedra triturada graduada
- Ubicación de fuentes : Cantera de grava PROINCO en Veracruz
(Carreteras Managua-Masaya, Managua-Tipitapa, Nandaime-San Benito)
- : Cantera de Cosmapa
(Carretera Telica-San Isidro)

Se consideró que en caso de usar mezcla asfáltica, la planta debe estar ubicada sobre la carretera del proyecto.

(4) Procedimiento de construcción para la ampliación de la Carretera Managua-Masaya

La ampliación será realizada por medio del método de construcción en tres etapas:

- La primera etapa de construcción se iniciará con la separación de la carretera en dos áreas; área de tráfico y área de construcción.
- La segunda etapa de construcción consiste en pasar el área de tráfico al área de construcción una vez finalizadas las obras en esta última.
- La última etapa de construcción incluye principalmente el tratamiento de la parte central, franja verde y otros trabajos, y la parte de las aceras después de finalizar los trabajos de ampliación a ambos lados de la carretera.

Los detalles de los procedimientos se ilustran en el Apéndice A5-4.

(5) Procedimientos de construcción para el mejoramiento de la intersección de la Colonia Centro América sobre la Carretera Managua-Masaya

El procedimiento de construcción para el paso superior deberá adoptar construcción en tres etapas.

La primera etapa consiste en pasar el tráfico a un carril de la carretera mientras que en el otro se realicen los trabajos de ampliación durante diez meses. Una vez finalizados estos trabajos de ampliación en la primera etapa, el tráfico circulará normalmente.

En la segunda etapa se realizarán los trabajos de ampliación en el carril restante que sirviera para el tráfico en la primera etapa.

En la tercera etapa se realizará la construcción del paso superior la cual se iniciará tan pronto se finalicen los trabajos de la segunda etapa.

5.3.3 Programa de Construcción

(1) Condiciones para la programación

Tomando en cuenta la magnitud de la construcción y el gran número de equipo y plantas que serán requeridos, se estableció un período de 3 años como el máximo posible de construcción.

El número de días laborables se establecerá tomando en cuenta la experiencia de trabajos anteriores en las carreteras de estudio de la siguiente forma:

- Invierno (Mayo-Octubre) : 20 días/mes
- Verano (Noviembre-Abril) : 25 días/mes

(2) Programa

El programa de construcción para cada carretera del Proyecto se preparó en base a las condiciones anteriores, tal como se muestra en la Figura 5-23.

5.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

5.4.1 Generalidades

La planificación y ejecución de operación y mantenimiento de todas las carreteras de Nicaragua es realizada por la Dirección de Mantenimiento de la Dirección General de Vialidad.

Básicamente, los trabajos de mantenimiento en Nicaragua no están clasificados por su período de implementación ni por su magnitud. Como muestra la Tabla 5-27, los trabajos de mantenimiento realizados durante 1992 y 1993, y los planificados para 1994, están escuetamente resumidos en algunos ítemes estimados anualmente.

Tabla 5-27 Resumen de los Trabajos de Mantenimiento de los Años 1992-1994

Item	1992 (km)	1993 (km)	1994	
			(km)	(Córdobas)
1. Carreteras pavimentadas				
- Bacheo	1,138.32	634.48	715.06	3,950.01
- Limpieza general	1,193.55	338.04	456.99	1,790.02
- Trazado	100.25	137.00	46.00	460.00
2. Carreteras no pavimentadas				
- Reparación superficial	673.32	808.28	762.07	17,080.27
- Nivelación	1,234.33	1,104.52	580.81	1,219.70

5.4.2 Programa de Mantenimiento Propuesto

En base a los programas de mantenimiento comunmente aplicados en países como los U.S.A. y Japón, se preparó un programa de mantenimiento para las carreteras del proyecto dividiendo las principales actividades de mantenimiento en: mantenimiento rutinario, periódico e extraordinario, los cuales se describen a continuación.

(1) Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario está basado en una inspección de rutina (diaria) de las condiciones del pavimento, taludes de corte y relleno, drenajes, puentes y otras estructuras, y servicios para identificar cualquier defecto o daño de éstas.

La inspección deberá realizarse diaria o por lo menos semanalmente por un equipo de patrulla por las carreteras supervisados por las autoridades regionales de vialidad. Los resultados de la inspección de rutina serán reportados inmediatamente a la oficina central para llevar a cabo un seguimiento y control de las necesidades de mantenimiento.

(2) Mantenimiento periódico

El mantenimiento periódico está basado en una inspección detallada a realizarse cada determinados intervalos de tiempo, estos pueden ser ejecutados cada semana, cada mes o cada año, dependiendo del tipo y clase de infraestructura e incluye la revisión y comprobación de las condiciones diversas de estructuras y servicios.

La inspección será realizada por los técnicos o ingenieros de la oficina regional. Se reportarán defectos y daños para su reparación o corrección.

El mantenimiento periódico incluye también actividades como ser: limpieza del pavimento, barandado, señalización vertical y horizontal, corte del césped y mantenimiento de áreas verdes.

Dependiendo del tipo de trabajo de mantenimiento, se realizarán cada 1, 2 o 3 años. Estos trabajos a excepción de las inspecciones serán básicamente realizados por contratistas bajo la supervisión de una oficina de operación regional, y se clasifican de la siguiente manera:

① Trabajos a efectuarse cada año

- Limpieza del pavimento
- Corte y mantenimiento de áreas verdes
- Limpieza de cunetas y alcantarillas
- Reparación de pavimentos ligeramente dañados

② Trabajos a efectuarse cada 2 o 3 años

- Bacheo y recapamiento de pavimentos
- Reparación de taludes de corte y relleno
- Reparación de juntas de expansión en puentes y viaductos

③ Trabajos a efectuarse después de 15 años

- Trabajos de mejoramiento incluyendo recapamiento de pavimentos, ampliación, construcción de infraestructura adicional, etc.

(3) Mantenimiento extraordinario

El mantenimiento incidental es básicamente el trabajo a realizar para restaurar las carreteras del proyecto y las estructuras pertinentes hasta sus condiciones de operación normal, después de resultar dañadas por accidentes de carretera o causas naturales.

5.5 ESTIMACION DEL COSTO DEL PROYECTO

5.5.1 Condiciones para la Estimación de Costos

La estimación de costos del proyecto se realizó en base a los resultados del diseño preliminar, listado de trabajos, estudio sobre el método de construcción y un estudio de operación y mantenimiento de las carreteras del proyecto.

Los costos del proyecto considerados en este inciso incluyen los siguientes aspectos:

- Costos de construcción
- Costos de ingeniería
- Costos de operación y mantenimiento
- Costos de recapamiento

Las premisas básicas al estimar los costos del proyecto fueron las siguientes:

- ① Todos los trabajos de construcción serán ejecutados por contratista(s) que serán empleados para el desarrollo de las carreteras del proyecto.
- ② El precio unitario de cada componente de costo se determinó en base a las condiciones económicas prevalecientes en 1993.
- ③ Los costos del proyecto se dividieron en costos en moneda local y en moneda extranjera. Los equipos y materiales importados fueron considerados en el costo en moneda extranjera.
- ④ Para los trabajos de construcción y los servicios de ingeniería se consideran los impuestos de Nicaragua.
- ⑤ Se estimó que los imprevistos representan el 10% del costo total y de los costos de ingeniería.

Los costos del proyecto se dividieron en; costo financiero y costo económico cada uno de los cuales fueron calculados. El análisis del costo económico se estimó deduciendo los aspectos transferidos como; impuestos y aranceles de los costos financieros del proyecto.

5.5.2 Costos de Construcción

(1) Precios unitarios de los trabajos de construcción

Los precios unitarios de los trabajos de construcción se determinaron en base al análisis de costos de mano de obra, materiales y equipos para los principales ítemes.

a) Costos unitarios de la mano de obra

En la Tabla 5-28 se muestran los costos unitarios de la mano de obra aplicados en la estimación de costos de construcción que incluye impuestos y gastos generales, etc. basados en una jornada laboral de 8 horas por día.

Tabla 5-28 Costos Unitarios de la Mano de Obra

Clasificación	Costo Unitario Diario (Córdobas)
Capataz	92.00
Operador de equipo	92.00
Mano de obra para construcción	92.00
Conductor de camión	92.00
Peón	74.00
Mano de obra calificada	92.00

b) Costos unitarios de los materiales

En la Tabla 5-29 se muestran los costos unitarios de los principales materiales de construcción. Estos materiales se dividieron en nacionales e importados.

c) Costos unitarios del equipo

En la Tabla 5-30 se muestran los costos unitarios del equipo que se utilizará en la construcción de las carreteras del proyecto. Los costos diarios están compuestos por el costo de la depreciación, costos de operación y mantenimiento (combustible, lubricantes, repuestos etc.) y costos de administración.

Tabla 5-29 Costos Unitarios de los Materiales

Descripcion	Unidad	Costo Unitario (Córdobas)	Nacional/Importado
Piedra triturada	m ³	167.23	Nacional
Arena	m ³	126.49	Nacional
Cemento Portland	50 kg	20.22	Nacional
Barras de refuerzo	kg	4.13	Importado
Concreto	m ³	559.21	Nacional
Madera (2"x4")	m	1.06	Nacional
Estructura de acero	kg	11.76	Importado
Gasolina	Gal	14.60	Importado
Diesel	l	7.14	Importado
Asfalto	l	2.12	Importado
Tubería metálica (D= 30", L= 1.0 m)	m	707.00	Importado

Tabla 5-30 Costos Unitarios del Equipo

Equipo	Costo Diario (Córdobas)
Distribuidor de agregados	416
Niveladora 200 HP	5,582
Niveladora 75 HP	1,958
Camión volquete de 12 t	2,100
Camión volquete 16 t	2,366
Cargadora frontal 2.5 cy	3,084
Motoniveladora de 30,000 Lbs	5,582
Terminadora de asfalto 130 HP	7,680
Aplanadora de ruedas	1,550
Aplanadora pata de cabra 130 HP	3,435
Aplanadora tandem 10 t	1,500
Camión de plataforma de 3/4 t	760
Camión de plataforma de 3 t	1,045
Camión de plataforma de 10 t	1,524
Vibrocompactadora de tambor 130 HP	3,740
Camión pipa de 1200 Gal	1,200

(2) Costo indirecto

El costo indirecto está compuesto por los gastos generales y utilidades. Se estima será un 33% de los costos directos de totales construcción.

(3) Impuestos

Los impuestos incluyen los impuestos de timbre fiscal, impuestos municipales y el Impuesto General al Valor (IGV). Se estimó que los impuestos de timbre fiscal y municipales representan el 2% del costo total de construcción respectivamente. Asimismo, se estimó que el impuesto sobre ventas representa un 15% del costo total de construcción de la cantidad de impuesto fiscal y del impuesto municipal. La estimación de los costos de construcción para las carreteras se muestra en las Tablas 5-31.

Tabla 5-31 Costos de Construcción (1)

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Descripción	Carretera Managua-Masaya						
	Tramo Managua-Entrada Ticuantepe			Tramo Entrada Ticuantepe-Masaya			
	Local	Importado	Total	Local	Importado	Total	
Movimiento de Tierra	Limpieza de derecho de via	25,250	76,760	102,010	51,000	155,040	206,040
	Remoción de las capas de asfalto existente	15,688	364,216	379,904	27,750	644,250	672,000
	Excavación	53,505	688,518	742,023	87,330	1,123,788	1,211,118
	Relleno	2,820	14,655	17,475	118,440	615,510	733,950
	Subrasante	302,120	1,699,880	2,002,000	675,288	3,799,512	4,474,800
Trabajos de Pavimento	Capa base	4,082,390	3,264,300	7,346,690	6,685,800	5,346,000	12,031,800
	Capa de liga	3,463,200	4,195,800	7,659,000	5,890,560	7,136,640	13,027,200
	Superficie de Rodamiento	2,240,100	2,849,250	5,089,350	3,783,660	4,812,550	8,596,210
Trabajos de Drenaje	Cuenta de concrete	3,449,665	-	3,449,665	5,121,516	-	5,121,516
	Alcanrilla	2,756,610	-	2,756,610	4,476,330	-	4,476,330
	Caja	1,305,500	1,092,500	2,398,000	2,200,000	1,970,000	4,170,000
Trabajos de Puentes	Puente sobre río	3,297,000	4,133,000	7,430,000	-	-	-
	Puente peatonal	1,254,500	1,067,500	2,322,000	-	-	-
	Muros de retención	360,000	240,000	600,000	-	-	-
Trabajos Miscelaneos	Protección de taludes	431,200	-	431,200	614,880	-	614,880
	Trazado	102,850	-	102,850	177,990	-	177,990
	Acera	182,790	393,390	576,180	438,696	944,136	1,382,832
	Otros trabajos	2,779,592	2,315,451	5,095,043	2,496,248	1,607,086	4,103,334
Costo Directo		26,104,780	22,395,220	48,500,000	32,845,488	28,154,512	61,000,000
Costo indirecto		8,614,577	7,390,423	16,005,000	10,839,011	9,290,989	20,130,000
Impuesto de timbre fiscal y alcaldia		1,388,775	1,191,425	2,580,200	1,747,380	1,497,820	3,245,200
IGV		5,416,220	4,646,560	10,062,780	6,814,782	5,841,498	12,656,280
Costos de Construcción		41,524,352	35,623,628	77,147,980	52,246,661	44,784,819	97,031,480

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Descripción	Carretera Managua-Tipitapa			Carretera Nandaime-San Benito			
	Local	Importado	Total	Local	Importado	Total	
Movimiento de Tierra	Limpieza de derecho de via	10,750	32,680	43,430	163,000	495,520	658,520
	Remoción de las capas de asfalto existente	4,440	103,080	107,520	73,260	1,700,820	1,774,080
	Excavación				270,600	3,482,160	3,752,760
	Relleno				981,360	5,099,940	6,081,300
	Subrasante				928,272	5,222,928	6,151,200
Trabajos de Pavimento	Capa base	809,760	648,000	1,457,760	11,960,420	9,568,800	21,529,220
	Capa de liga	624,000	756,000	1,380,000	9,711,800	11,755,800	21,467,600
	Superficie de Rodamiento	513,000	652,500	1,165,500	8,757,480	11,138,900	19,896,380
Trabajos de Drenaje	Cuenta de concrete	1,265,662	-	1,265,662	19,249,836	-	19,249,836
	Alcanrilla	758,700	-	758,700	11,127,600	-	11,127,600
	Caja	300,000	300,000	600,000	900,000	600,000	1,500,000
Trabajos de Puentes	Puente sobre río				2,150,000	1,950,000	4,100,000
	Puente peatonal						
	Muros de retención						
Trabajos Miscelaneos	Protección de taludes	28,000	-	28,000	2,744,000	-	2,744,000
	Trazado	22,100	-	22,100	332,860	-	332,860
	Acera				901,764	1,940,724	2,842,488
	Otros trabajos	525,828	853,180	1,379,008	4,360,328	4,414,748	8,775,076
Costo Directo		4,862,240	3,345,440	8,207,680	74,612,580	57,370,340	131,982,920
Costo indirecto		1,604,539	1,103,995	2,708,534	24,622,152	18,932,213	43,554,365
Impuesto de timbre fiscal y alcaldia		258,671	177,977	436,648	3,969,389	3,052,102	7,021,491
IGV		1,008,818	694,112	1,702,929	15,480,618	11,903,198	27,383,816
Costos de Construcción		7,734,268	5,321,524	13,055,791	118,684,739	91,257,853	209,942,592

Tabla 5-31 Costos de Construcción (2)

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Descripción		Carretera Telica-San Isidro		
		Local	Importado	Total
Movimiento de Tierra	Limpieza de derecho de via	313,400	1,399,400	1,712,800
	Remoción de las capas de asfalto existente	96,200	2,233,400	2,329,600
	Excavación	541,200	6,964,320	7,505,520
	Relleno	1,274,640	6,621,810	7,896,450
	Subrasante	285,520	1,606,480	1,892,000
Trabajos de Pavimento	Capa base	16,077,990	12,865,500	28,943,490
	Capa de liga	7,768,800	9,374,850	17,143,650
	Superficie de Rodamiento	10,602,000	13,485,000	24,087,000
Trabajos de Drenaje	Cuenta de concrete	28,197,772		28,197,772
	Alcanrilla	9,761,940		9,761,940
	Caja	1,680,000	1,400,000	3,080,000
Trabajos de Puentes	Puente sobre rio			
	Puente peatonal			
	Muros de retención			
Trabajos Miscelaneos	Protección de taludes	2,035,000	2,403,000	4,438,000
	Trazado	488,410		488,410
	Acera	171,823	369,787	541,610
	Otros trabajos	3,333,715	3,522,563	6,856,278
Costo Directo		82,628,410	62,246,110	144,874,520
Costo indirecto		27,267,375	20,541,217	47,808,592
Impuesto de timbre fiscal y alcaldia		4,395,831	3,311,492	7,707,323
IGV		17,143,742	12,914,823	30,058,565
Costos de Construcción		131,435,358	99,013,642	230,449,000

5.5.3 Costos de Ingeniería

Los costos de ingeniería está compuestos por los costos del diseño detallado y la supervisión de la construcción. Se asume que el diseño detallado representa el 5% de los costos de construcción, mientras que la supervisión el 10% de los mismos. Se agregarán también a los costos de ingeniería, los impuestos vigentes en Nicaragua. Se estima que el impuesto de timbre fiscal y el impuesto municipal es de un 2% de los costos respectivamente. Se estimó que el impuesto de ventas es de un 10% de los costos de ingeniería más los impuestos de timbre fiscal y municipales. En la Tabla 5-32 se muestran los costos estimados de ingeniería para las carreteras del proyecto.

5.5.4 Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos anuales de mantenimiento se estimaron en 10,000 Córdobas por km, considerando experiencias anteriores en Nicaragua. Los costos de operación anual, que incluyen los costos de administración, se estimaron en 2,600 Córdobas por km.

Tabla 5-32 Costos de Ingeniería Estimados

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Descripción	Carretera Managua-Masaya					
	Tramo Managua-Entrada Ticuantepe			Tramo Entrada Ticuantepe-Masaya		
	Local	Importado	Total	Local	Importado	Total
Supervisión de la construcción	3,471,935	2,978,565	6,450,500	4,368,450	3,744,550	8,113,000
Impuesto de timbre fiscal y alcaldía	138,877	119,143	258,020	174,738	149,782	324,520
IGV	361,081	309,771	670,852	454,319	389,433	843,752
Subtotal	3,971,893	3,407,479	7,379,372	4,997,507	4,283,765	9,281,272
Diseño Detallado	1,305,239	1,119,761	2,425,000	1,642,274	1,407,726	3,050,000
Impuesto de timbre fiscal y alcaldía	52,210	44,790	97,000	65,691	56,309	122,000
IGV	135,745	116,455	252,200	170,796	146,404	317,200
Subtotal	1,493,194	1,281,006	2,774,200	1,878,761	1,610,439	3,489,200
Costo de Ingeniería	5,465,087	4,688,485	10,153,572	6,876,268	5,894,204	12,770,472

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Descripción	Carretera Managua-Tipitapa			Carretera Nandaime-San Benito		
	Local	Importado	Total	Local	Importado	Total
Supervisión de la construcción	646,678	444,944	1,091,622	9,923,473	7,630,255	17,553,728
Impuesto de timbre fiscal y alcaldía	25,867	17,798	43,665	396,938	305,211	702,149
IGV	67,255	46,274	113,529	1,032,041	793,546	1,825,587
Subtotal	739,800	509,016	1,248,816	11,352,452	8,729,012	20,081,464
Diseño Detallado	243,112	167,272	410,384	3,730,629	2,868,517	6,599,146
Impuesto de timbre fiscal y alcaldía	9,724	6,691	16,415	149,226	114,741	263,967
IGV	25,284	17,396	42,680	387,986	298,326	686,311
Subtotal	278,120	191,359	469,479	4,267,841	3,281,584	7,549,425
Costo de Ingeniería	1,017,920	700,375	1,718,295	15,620,293	12,010,596	27,630,889

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Descripción	Carretera Telica-San Isidro		
	Local	Importado	Total
Supervisión de la construcción	10,989,579	8,278,733	19,268,312
Impuesto de timbre fiscal y alcaldía	439,583	331,149	770,732
IGV	1,142,916	860,988	2,003,904
Subtotal	12,572,078	9,470,870	22,042,948
Diseño Detallado	4,131,421	3,112,306	7,243,727
Impuesto de timbre fiscal y alcaldía	165,257	124,492	289,749
IGV	429,668	323,680	753,348
Subtotal	4,726,346	3,560,478	8,286,824
Costo de Ingeniería	17,298,424	13,031,348	30,329,772

5.5.5 Costos de Recapamiento

Para mantener la durabilidad del pavimento después de los 15 años (2015) de servicio se necesitará rehabilitar mediante un recapamiento. Este recapamiento, de 5 - 6 cm extenderá la vida útil del pavimento hasta completar el período de análisis económico de 20 años. Vale decir, que durante los 5 años de vida restante, la estructura con recapamiento resistirá el tráfico diseño restante. El recapamiento deberá realizarse entre el año 2014-2015. El costo de éste estará compuesto de recapamiento, trazado y costo indirecto.

5.5.6 Costo Estimado del Proyecto

La estimación del costo del proyecto se muestra en la Tabla 5-33 en base a las consideraciones anteriores y estimación de cada costo. El flujo de caja anual del costo del proyecto calculado se muestra en la Tabla 5-34, 5-35, 5-36, 5-37 y 5-38 asumiendo que el proyecto se implementará desde 1997 hasta 1999.

Tabla 5-33 Costo Estimado del Proyecto

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Item		Managua-Masaya		Managua-Tipitapa	Nandaime - San Benito	Telica - San Isidro
		1er. Tramo	2do. Tramo			
Costo de construcción	Local	41,524	52,247	7,734	118,685	131,435
	Importado	35,624	44,785	5,322	91,258	99,014
	Total	77,148	97,032	13,056	209,943	230,449
Costo de ingeniería	Local	5,465	6,876	1,018	15,620	17,298
	Importado	4,688	5,894	700	12,011	13,031
	Total	10,153	12,770	1,718	27,631	30,329
Subtotal	Local	46,989	59,123	8,752	134,305	148,733
	Importado	40,312	50,679	6,022	103,269	112,045
	Total	87,301	109,802	14,774	237,574	260,778
Contingencias	Local	4,699	5,912	875	13,431	14,873
	Importado	4,031	5,068	602	10,327	11,205
	Total	8,730	10,980	1,477	23,758	26,078
Total	Local	51,688	65,035	9,627	147,736	163,606
	Importado	44,343	55,747	6,624	113,596	123,250
	Total	96,031	120,782	16,251	261,332	286,856
Costo Anual de operación y mantenimiento	Local	107	219	54	821	1,207
	Importado	0	0	0	0	0
	Total	107	219	54	821	1,207
Costo de recapamiento	Local	3,727	6,302	851	15,421	20,289
	Importado	4,532	7,655	1,038	18,941	24,818
	Total	8,259	13,957	1,889	34,362	45,107

Nota : 1er. tramo - Managua-Entrada Ticuantepe
2do. tramo - Entrada Ticuantepe-Masaya

Tabla 5-34 Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Managua-Masaya: Tramo Managua-Entrada Ticuantepe)

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Item		Inversión Inicial			Inversión Adicional			Observaciones
		1997	1998	1999	2000-2013	2014	2015-2019	
Costo de construcción	Local	12,792	20,745	7,987				77,148
	Importado	10,974	17,797	6,853				
	Total	23,766	38,542	14,840	0	0	0	
Costo de ingeniería	Local	2,817	1,324	1,324				10,154
	Importado	2,417	1,136	1,136				
	Total	5,234	2,460	2,460	0	0	0	
Subtotal	Local	15,609	22,069	9,311				87,302
	Importado	13,391	18,933	7,989				
	Total	29,000	41,002	17,300	0	0	0	
Contingencias	Local	1,561	2,207	931				8,730
	Importado	1,339	1,893	799				
	Total	2,900	4,100	1,730	0	0	0	
Total	Local	17,170	24,276	10,242				96,032
	Importado	14,730	20,826	8,788				
	Total	31,900	45,102	19,030	0	0	0	
Costo Anual de operación y mantenimiento	Local				107	107	107	
	Importado				0	0	0	
	Total	0	0	0	107	107	107	
Costo de recapamiento	Local				0	3,727	0	
	Importado				0	4,532	0	
	Total	0	0	0	0	8,259	0	
Total	Local				107	3,834	107	
	Importado				0	4,532	0	
	Total	0	0	0	107	8,366	107	

Tabla 5-35 Flujo de Caja Anual del Costo de Proyecto (Carretera Managua-Masaya : Tramo Entrada Ticuantepe-Masaya)

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Item		Inversión Inicial			Inversión Adicional			Observaciones
		1997	1998	1999	2000-2013	2014	2015-2019	
Costo de construcción	Local	5,092	26,836	20,319				97,032
	Importado	6,234	19,089	19,462				
	Total	11,326	45,925	39,781	0	0	0	
Costo de ingeniería	Local	3,545	1,666	1,666				12,771
	Importado	3,038	1,428	1,428				
	Total	6,583	3,094	3,094	0	0	0	
Subtotal	Local	8,637	28,502	21,985				109,803
	Importado	9,272	20,517	20,890				
	Total	17,909	49,019	42,875	0	0	0	
Contingencias	Local	864	2,850	2,199				10,981
	Importado	927	2,052	2,089				
	Total	1,791	4,902	4,288	0	0	0	
Total	Local	9,501	31,352	24,184				120,784
	Importado	10,199	22,569	22,979				
	Total	19,700	53,921	47,163	0	0	0	
Costo Anual de operación y mantenimiento	Local				219	219	219	
	Importado				0	0	0	
	Total	0	0	0	219	219	219	
Costo de recapamiento	Local				0	6,302	0	
	Importado				0	7,655	0	
	Total	0	0	0	0	13,957	0	
Total	Local				219	6,521	219	
	Importado				0	7,655	0	
	Total	0	0	0	219	14,176	219	

Tabla 5-36 Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Managua-Tipitapa)

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Item		Inversión Inicial			Inversión Adicional			Observaciones
		1997	1998	1999	2000-2013	2014	2015-2019	
Costo de construcción	Local			7,734				13,056
	Importado			5,322				
	Total			13,056	0	0	0	
Costo de ingeniería	Local			1,018				1,718
	Importado			700				
	Total			1,718	0	0	0	
Subtotal	Local			8,752				14,774
	Importado			6,022				
	Total			14,774	0	0	0	
Contingencias	Local			875				1,477
	Importado			602				
	Total			1,477	0	0	0	
Total	Local			9,627				16,251
	Importado			6,624				
	Total			16,251	0	0	0	
Costo Anual de operación y mantenimiento	Local				54	54	54	
	Importado				0	0	0	
	Total			0	54	54	54	
Costo de recapamiento	Local				0	851	0	
	Importado				0	1,038	0	
	Total			0	0	1,889	0	
Total	Local				54	905	54	
	Importado				0	1,038	0	
	Total			0	54	1,943	54	

Tabla 5-37 Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Nandaime-San Benito)

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Item		Inversión Inicial			Inversión Adicional			Observaciones
		1997	1998	1999	2000-2013	2014	2015-2019	
Costo de construcción	Local	12,544	57,595	48,546				209,243
	Importado	13,487	37,498	40,273				
	Total	26,031	95,093	88,819	0	0	0	
Costo de ingeniería	Local	8,052	3,784	3,784				27,631
	Importado	6,191	2,910	2,910				
	Total	14,243	6,694	6,694	0	0	0	
Subtotal	Local	20,596	61,379	52,330				237,574
	Importado	19,678	40,408	43,183				
	Total	40,274	101,787	95,513	0	0	0	
Contingencias	Local	2,060	6,138	5,233				23,758
	Importado	1,968	4,041	4,318				
	Total	4,028	10,179	9,551	0	0	0	
Total	Local	22,656	67,517	57,563				261,332
	Importado	21,646	44,449	47,501				
	Total	44,302	111,966	105,064	0	0	0	
Costo Anual de operación y mantenimiento	Local				821	821	821	
	Importado				0	0	0	
	Total	0	0	0	821	821	821	
Costo de recapamiento	Local				0	15,421	0	
	Importado				0	18,941	0	
	Total	0	0	0	0	34,362	0	
Total	Local				821	16,242	821	
	Importado				0	18,941	0	
	Total	0	0	0	821	35,183	821	

Tabla 5-38 Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Telica-San Isidro)

(Unidad : 1,000 Córdobas)

Item		Inversión Inicial			Inversión Adicional			Observaciones
		1997	1998	1999	2000-2013	2014	2015-2019	
Costo de construcción	Local	10,248	60,569	60,618				230,449
	Importado	9,900	36,914	52,200				
	Total	20,148	97,483	112,818	0	0	0	
Costo de ingeniería	Local	8,917	4,191	4,191				30,330
	Importado	6,717	3,157	3,157				
	Total	15,634	7,348	7,348	0	0	0	
Subtotal	Local	19,165	64,760	64,809				260,779
	Importado	16,617	40,071	55,357				
	Total	35,782	104,831	120,166	0	0	0	
Contingencias	Local	1,917	6,476	6,481				26,079
	Importado	1,662	4,007	5,536				
	Total	3,579	10,483	12,017	0	0	0	
Total	Local	21,082	71,236	71,290				286,858
	Importado	18,279	44,078	60,893				
	Total	39,361	115,314	132,183	0	0	0	
Costo Anual de operación y mantenimiento	Local				1,207	1,207	1,207	
	Importado				0	0	0	
	Total			0	1,207	1,207	1,207	
Costo de recapamiento	Local				0	20,289	0	
	Importado				0	24,818	0	
	Total			0	0	45,107	0	
Total	Local				1,207	21,496	1,207	
	Importado				0	24,818	0	
	Total			0	1,207	46,314	1,207	

CAPITULO 6
EVALUACION ECONOMICA

CAPITULO 6 EVALUACION ECONOMICA

6.1 METODO DE EVALUACION ECONOMICA

6.1.1 Generalidades

Durante la etapa del Plan Maestro, se realizó la evaluación económica para cuatro secciones de carreteras seleccionadas para el estudio de factibilidad. Como se menciona en los Capítulos 5 y 7, en este Capítulo se examinaron los siguientes casos de carreteras.

Tabla 6-1 Proyecto de Carreteras Seleccionadas

Carretera del Proyecto	No. Proyecto
(1) Carretera Managua-Masaya	
* Tramo Managua-Entrada de Ticuantepe	
- Intersección a nivel	Proyecto-1
- Paso a desnivel	Proyecto-2
* Tramo Entrada de Ticuantepe-Masaya	Proyecto-3
(2) Carretera Managua-Tipitapa	Proyecto-4
(3) Carretera Nandaime-San Benito	Proyecto-5
(4) Carretera Telica-San Isidro	
- Incluyendo mejoras a la alineación	Proyecto-6
- Mejoras parciales	Proyecto-7

Para la selección de las carreteras en estudio arriba mencionadas se consideraron las siguientes condiciones:

- Excluir proyectos comprometidos con países donantes y agencias internacionales
- Excluir las secciones ubicadas dentro del Area Restringida
- Incluir las secciones que tienen continuidad como carreteras troncales

Aunque puede haber algunas secciones económicamente factibles en las carreteras arriba mencionadas, esta cuatro secciones no fueron evaluadas económicamente.

6.1.2 Suposiciones Básicos y Método de Evaluación

Los proyectos mencionados se evaluaron a través de la comparación Costo-Beneficio. El período de evaluación del proyecto se estableció en 23 años, incluyendo un período de construcción de 3 años entre 1997 y 1999.

Para evaluar cada caso desde el punto de vista económico nacional, es esencial estimar tanto el beneficio como el costo económico generado por la realización del proyecto. La evaluación fue realizada a través del método convencional de flujo de caja descontado. Se

adoptaron tres indicadores para la evaluación del proyecto; Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y Relación Beneficio/Costo (B/C). Los dos últimos indicadores, se evaluaron con una tasa de descuento del 12%, de acuerdo con las tasas de interés de las principales agencias internacionales de préstamo.

Las suposiciones básicas tomadas en cuenta para la evaluación se resumen de la siguiente forma:

- Período de construcción : 1997 a 1999
- Vida útil del proyecto : 23 años; 1997 a 2019
- Año básico de valuación : precios de 1993.
- Valor residual : ninguno

6.1.3 Definición de los Casos "Con Proyecto" y "Sin Proyecto"

Para la comprensión de los beneficios que se dotarán del proyecto, es necesario definir los Casos "Con Proyecto" y "Sin Proyecto" para comprender los beneficios de éste ya que algunos items de los beneficios se definen como la diferencia entre los costos de sus según se a el Casos, "Con Proyecto" y "Sin Proyecto". Por lo tanto, en el Caso "Sin Proyecto" se considera tiene el mismo nivel de servicio que el actual, aún en el futuro. Para el Caso "Sin Proyecto" con el fin de mantener el nivel de servicio tal como está previsto en el futuro, se necesita proveer de reparación de superficiales asfálticos periódicamente. Por lo tanto, en este análisis se asume que se proveerá de reparación de superficiales asfálticos cada cinco años.

A continuación se muestra la diferencia de condiciones en las carreteras entre el Caso "Con Proyecto" y el Caso "Sin Proyecto".

Table 6-2 Diferencia de Condiciones en las Carreteras entre el Caso "Con Proyecto" y el Caso "Sin Proyecto"

Item	Sin Proyecto	Con Proyecto
Pavimento de concreto asfáltico	-	X
Reparación de superficial asfáltico por 5 años	X	-
Trabajos de mantenimiento		
- Recapamiento periódico/15 años	-	X
- Mantenimiento anual	X	X

6.1.4 Beneficios del Proyecto

Generalmente, los beneficios obtenidos de los proyectos de transporte son diversos, pero dentro de los mismos se pueden considerar los siguientes:

- ① Beneficios para los usuarios
- ② Beneficios para la institución ejecutora del proyecto
- ③ Beneficios al incremento en el valor de activos tales como terrenos, edificios, etc.

Los beneficios generados por los proyectos de mejoramiento de carreteras se describen más detalladamente a continuación:

(1) Beneficios para los usuarios

a) Ahorro en el costo de operación vehicular

El ahorro en el costo de operación vehicular (COV) se deriva de la reducción del consumo de combustible por medio del aumento de la velocidad de la marcha y de la reducción de los costos fijos del COV a través de la disminución del tiempo de viaje del vehículo.

b) Ahorro en el tiempo del viaje

Se ahorra tiempo de viaje por medio del aumento de la velocidad de marcha debido al mejoramiento de la estructura de la carretera.

c) Mejoramiento del confort para conducir

Se mejora el confort no solamente del conductor sino también de los pasajeros por la reducción de saltos o sacudidas y evitando baches, grietas y otros deterioros del pavimento. Considerando que los tratamientos superficiales asfálticos existentes en las carreteras en estudio se están deteriorando, se supone que este mejoramiento es de gran proporción.

d) Reducción del daño a la carga

Con el mejoramiento de las carreteras se reduce el daño a la carga causado por sacudidas y saltos provocados por las condiciones deterioradas condiciones de la carretera, especialmente en sus hombros.

e) Reducción de los accidentes de tráfico

De acuerdo con el incremento del volumen de tráfico en el futuro, aumentarán así los accidentes. El ritmo de incremento de éstos disminuirá en comparación al caso "Sin Proyecto" debido al mejoramiento de la estructura de las carreteras. Sin embargo, es difícil estimar su índice de reducción y cuantificar los daños por accidentes debido a la insuficiente disponibilidad de datos, por lo que en este análisis no se cuantificó este beneficio.

(2) Beneficios para la institución ejecutora del proyecto

Para la institución ejecutora del proyecto, el MCT en este caso, había un ahorro en los costos periódicos para los tratamientos asfálticos superficiales para el Caso "Sin Proyecto", debido a la realización del proyecto (Caso "Con Proyecto"). Estos costos ahorro se pueden asignar a otras inversiones de la economía Nicaragüense.

Los gastos para los tratamientos superficiales asfálticos se estimaron en la Sección 6.2.

6.2 ESTIMACION DE LOS BENEFICIOS

Los beneficios del proyecto en su mayoría descritos en la sección anterior, fueron analizados cualitativamente.

6.2.1 Ahorro en el Costo de Operación Vehicular

Los beneficios del ahorro en el costo de operación vehicular se calcularon como la diferencia entre el COV para el Caso "Con Proyecto" y el Caso "Sin Proyecto". Para la estimación del COV se seleccionaron como representativos seis tipos de vehículos de acuerdo con los tipos adoptados en las investigaciones de tráfico en este Estudio. La información del COV para cada tipo de vehículo se recopiló por medio de entrevistas, como se muestra en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3 Información Básica de la Estimación del COV

Item	Vehículo de Pasajero	Microbus	Bus	Pick-up	Camión	Remolque
	TOYOTA EL40L-AEMDS	TOYOTA BB42L-BRMRS	TOYOTA BLUE BIRD	TOYOTA YN85L-PRMRS	TOYOTA DA116L-H3	GM CC7H042
Compra del vehículo (C\$)	101,835	257,336	465,350	108,776	275,621	298,382
(Vehículos de segunda mano)	50,918	128,668	232,675	54,388	137,811	149,191
Kilometraje anuales (km)	12,000	50,000	75,000	40,000	90,000	90,000
Costo seguro/año (C\$)	752	1,780	3,341	814	2,237	2,306
No. de neumático/vehículo	4	6	6	4	6	12
Vida útil de vehículo (año)	10	12	12	12	12	12
Vida útil de neumático (año)	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Valor de recuperación del vehículos (% del precio de mercado)	10	10	10	10	10	10
No. personal/vehículo	0	2	2	2	2	2
Salario de chofer/año (C\$)	0	14,400	19,200	14,400	19,200	19,200
Salario de asistente/año (C\$)	0	10,800	14,400	10,800	10,800	10,800
Costo mantenimiento/año (C\$)	600	1,800	2,500	800	2,500	2,500
Costo administración oficina/año (C\$)	0	2,460	9,615	0	9,615	9,615
Tasa de interés/año (%)	16	16	16	16	16	16

La información recopilada para el COV se expresó en precios de mercado del año 1993. Para la evaluación económica, es necesario convertir estos precios en precios económicos por medio de la eliminación de los diversos impuestos, tales como impuestos de importación, impuestos sobre ventas, etc., ya que los impuestos son items que se transfieren a la nación. Los porcentajes de estos costos su la conversión a costo económico se muestran en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4 Precio Económico de Vehículo, Combustible, Aceites y Neumáticos

(Unidad : Córdoba)

Item	Vehículo de Pasajero	Microbus	Bus	Pick-up	Camión	Remolque
	TOYOTA EL40L-AEMDS	TOYOTA BB42L-BRMRS	TOYOTA BLUE BIRD	TOYOTA YN85L-PRMRS	TOYOTA DA116L-H3	GM CC7H042
Precio del mercado e impuesto a aplicar a dicho precio						
Compra del vehículo (C\$)	101,835	257,336	465,350	108,776	275,621	298,382
(Vehículos de segunda mano)	50,918	128,668	232,675	54,388	137,811	149,191
Impuesto del vehículo	27%	23%	23%	27%	23%	23%
Combustible (gasolina, diesel)	3.17	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
Impuesto de combustibles	51.7%	14.6%	14.6%	14.6%	14.6%	14.6%
Lubricante	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85
Impuesto de lubricante	13%	13%	13%	13%	13%	13%
Neumáticos	354	469	1,581	426	1,662	1,887
Impuesto de neumáticos	35%	35%	35%	35%	35%	35%
Precio económico						
Compra del vehículo	74,645	197,634	360,181	79,842	212,228	229,754
(Vehículo de segunda mano)	37,323	98,817	180,090	39,921	106,114	114,877
Combustible (gasolina, diesel)	1.53	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
Lubricante	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70
Neumáticos	230	305	1,028	277	1,080	1,227

Nota : El precio de un vehículo de segunda mano se estima como la mitad del precio del vehículo nuevo.

Los costos unitarios del COV se estimaron en base a las cifras de las Tablas 6-3 y 6-4, y se muestran en la Tabla 6-5.

El ahorro del COV se ha calculado comparando el costo del Caso "Con Proyecto" con el costo del Caso "Sin Proyecto". Generalmente, algunas características de las carreteras tales como la condición de la superficie, el alineamiento geométrico, la gradiente y curvatura etc., afectan el COV. Sin embargo, para este estudio se seleccionaron el aumento de la velocidad de la marcha y la reducción del tiempo del viaje como los elementos que más lo afectan, ya que los otros casi no seran afectados por el mejoramiento de la carretera.

Los beneficios del ahorro en el costo de operación vehicular en cada caso para los años 2000 y 2010 se muestran en la Tabla 6-6. (ver Anexo A6.4 respecto a ahorro en el COV)

Los ahorros del COV del 2001 al 2009 están distribuídos proporcionalmente con el COV de los años 2000 y 2010. Después del 2010, se asume que son sean los mismos del año 2010.

Tabla 6-5 Costo de Operación Vehicular Unitario

(Unidad : Córdoba)

Item	Vehículo de Pasajero	Microbus	Bus	Pick-up	Camión	Remolque
	TOYOTA	TOYOTA	TOYOTA	TOYOTA	TOYOTA	GM
	EL40L-AEMDS	BB42L-BRMRS	BLUE BIRD	YN85L-PRMRS	DA116L-H3	CC7H042
Costo Variable						
Costo de combustible	0.1812	0.3419	0.4857	0.1839	0.9037	0.9037
Lubricante	0.0077	0.0226	0.0308	0.0077	0.0570	0.0570
Costo de neumáticos	0.0875	0.0834	0.1874	0.0630	0.1641	0.3728
Costo Fijo						
Mantenimiento	0.0500	0.0360	0.0333	0.0200	0.0278	0.0278
Depreciación	0.3315	0.1732	0.2098	0.1069	0.1032	0.1117
Seguro	0.0627	0.0356	0.0445	0.0204	0.0249	0.0256
Salario de tripulación	0.0000	0.5040	0.4480	0.6300	0.3333	0.3333
Costo de administración	0.0000	0.0492	0.1282	0.0000	0.1068	0.1068
Interes de prestamo	0.3395	0.2059	0.2482	0.1088	0.1225	0.1326
Total	1.0600	1.4519	1.8160	1.1407	1.8433	2.0713

(Unidad : Córdoba)

Item	Vehículo de Pasajero	Microbus	Bus	Pick-up	Camión	Remolque
	TOYOTA	TOYOTA	TOYOTA	TOYOTA	TOYOTA	GM
	EL40L-AEMDS	BB42L-BRMRS	BLUE BIRD	YN85L-PRMRS	DA116L-H3	CC7H042
Costo Variable						
Costo de combustible	8.15	15.39	21.86	8.28	40.66	40.66
Lubricante	0.35	1.02	1.39	0.35	2.56	2.56
Costo de neumáticos	3.94	3.75	8.43	2.84	7.39	16.77
Costo Fijo						
Mantenimiento	0.38	0.58	0.80	0.26	0.80	0.80
Depreciación	3.25	3.43	6.19	1.74	3.67	3.97
Seguro	0.48	0.57	1.07	0.26	0.71	0.74
Salario de tripulación	0.00	8.05	10.73	8.05	9.58	9.58
Costo de administración	0.00	0.79	3.07	0.00	3.07	3.07
Interes de prestamo	2.60	3.29	5.95	1.39	3.52	3.81
Total de costo fijo	4.12	13.41	21.87	10.30	17.84	18.16
Total	16.55	33.57	53.54	21.76	68.45	78.17

Nota : Estimado en 45 km de velocidad

Tabla 6-6 Beneficios de Ahorro en el Costo de Operación Vehicular para los Años 2000 y 2010

(Unidad : 1,000 Córdoba)

No. Proyecto	Ahorro en el Costo de Operación Vehicular	
	2000	2010
Proyecto-1	17,518.86	38,986.61
Proyecto-2	19,243.54	28,054.13
Proyecto-3	15,311.06	31,361.84
Proyecto-4	1,625.68	1,985.11
Proyecto-5	15,125.79	27,558.15
Proyecto-6	4,774.48	8,076.73
Proyecto-7	4,774.48	8,076.73

6.2.2 Ahorro en el Costo del Tiempo del Viaje

De los análisis de tráfico realizados en este Estudio, se obtuvo el ahorro del tiempo para los años 2000 y 2010 por proyecto. Utilizando este ahorro de tiempo se calculó el ahorro de tiempo anual para los años 2000 y 2010. El ahorro del tiempo desde 1991 a 1999 y después del 2010, se obtuvo de la misma forma que el caso del COV.

El valor del tiempo se calculó utilizando el PIB por empleado. El PIB de Nicaragua en 1992, fue de 8,426.6 millones de Córdobas, por otra parte, el número de empleados en 1992 se estimó en 1,225,000 personas según los datos del SPP-DGNV y el MITRAB de Nicaragua. Asumiendo 2,184 horas laborables por año [Fuente: Ministerio del Trabajo, 8 horas x (303 días - 30 días de vacaciones)] la productividad por empleado por hora se estimó en 3.07 Córdobas/hora.

En esta oportunidad el valor del tiempo se aplicó solamente a viajes relacionados con la actividad económica tales como "negocios", "yendo al trabajo" y "yendo a casa". El número promedio de pasajeros, la parte que corresponde a viajes con fines relacionados a la actividad económica y los beneficios por ahorro en el tiempo del viaje, se muestran en la Tabla 6-7.

3) Ahorros en el costo del mantenimiento

Como se afirmó en la Sección 6.1.4, la realización del proyecto traerá consigo ahorros en el costo del mantenimiento. La vida del pavimento asfáltico de las carreteras mejoradas se asume de 15 años aproximadamente.

Por otra parte, durante su vida útil se deberá proveer del mismo mantenimiento actual, así como del mantenimiento ordinario, es decir, recapamientos, limpieza y rehabilitación parcial.

Las carreteras existentes requerirán tratamientos superficiales asfálticos periódicos cada cinco años de aquí en adelante, con el fin de mantener el mismo nivel de movimiento de tráfico. Por lo tanto, la diferencia entre el costo de mantenimiento del Caso "Sin Proyecto" y el del Caso "Con Proyecto" se considera un beneficio del proyecto como ahorro en el costo.

Tabla 6-7 Beneficio por Ahorro en el Tiempo de Viaje para los Años en 2000 y 2010

(Unidad : Córdoba)

Item	Vehículo de Pasajero	Microbus	Bus	Pick-up	Camión	Remolque	Beneficio Total por Ahorro en el Tiempo de Viaje
Valor del tiempo/hora	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	
No. promedio de pasajeros	3.2	16.3	44.4	3.0	4.4	2.5	
Objeto de viaje (Economico)	0.751	0.735	0.574	0.784	0.857	0.896	
Ahorro del Tiempo de Viaje en 2000							
Proyecto-1	1,226,400	53,290	95,630	536,185	188,340	55,480	
Proyecto-2	1,349,770	57,670	104,390	588,015	203,670	58,400	
Proyecto-3	548,960	36,135	82,855	408,800	207,320	72,270	
Proyecto-4	36,865	4,745	7,665	44,165	33,945	6,935	
Proyecto-5	512,460	32,485	89,060	453,330	275,940	88,330	
Proyecto-6	88,695	730	51,465	152,935	81,395	13,505	
Proyecto-7	88,695	730	51,465	152,935	81,395	13,505	
Ahorro del Tiempo de Viaje en 2000							
Proyecto-1	1,757,110	77,745	123,005	676,345	303,315	86,140	
Proyecto-2	1,972,095	84,315	136,875	743,870	325,945	89,790	
Proyecto-3	1,366,195	80,665	189,070	751,900	418,290	129,210	
Proyecto-4	41,975	5,475	10,585	45,260	33,945	5,110	
Proyecto-5	1,089,890	62,050	178,485	740,950	506,620	136,510	
Proyecto-6	156,585	17,155	81,760	220,825	133,955	16,425	
Proyecto-7	156,585	17,155	81,760	220,825	133,955	16,425	
Beneficio por Ahorro del Tiempo de Viaje en 2000							
Proyecto-1	9,048,163	1,960,013	7,482,167	3,871,599	2,180,291	381,525	24,923,758
Proyecto-2	9,958,366	2,121,110	8,167,556	4,245,845	2,357,756	401,605	27,252,238
Proyecto-3	4,050,130	1,329,050	6,482,641	2,951,798	2,400,010	496,986	17,710,615
Proyecto-4	271,983	174,522	599,716	318,900	392,959	47,691	1,805,770
Proyecto-5	3,780,840	1,194,803	6,968,125	3,273,333	3,194,380	607,428	19,018,907
Proyecto-6	654,376	26,849	4,026,662	1,104,289	942,257	92,871	6,847,305
Proyecto-7	654,376	26,849	4,026,662	1,104,289	942,257	92,871	6,847,305
Beneficio por Ahorro del Tiempo de Viaje en 2010							
Proyecto-1	12,963,648	2,859,472	9,624,009	4,883,644	3,511,282	592,368	34,434,422
Proyecto-2	14,549,770	3,101,117	10,709,208	5,371,217	3,773,255	617,468	38,122,036
Proyecto-3	10,079,546	2,966,870	14,792,987	5,429,199	4,842,274	888,551	38,999,427
Proyecto-4	309,684	201,371	828,179	326,806	392,959	35,140	2,094,140
Proyecto-5	8,041,017	2,282,207	13,964,808	5,350,133	5,864,813	938,752	36,441,730
Proyecto-6	1,155,257	630,963	6,396,967	1,594,498	1,550,711	112,951	11,441,347
Proyecto-7	1,155,257	630,963	6,396,967	1,594,498	1,550,711	112,951	11,441,347

El costo de mantenimiento se estimó con un costo unitario de 11.5 Córdoba/m², el cual se obtuvo de la información de costos de mantenimiento de 1993 (Anexo A5.3). Este costo de mantenimiento, afirmado en la Capítulo 5, fue también convertido en costo económico restándole los impuestos tal y como se muestra en las Tablas 6-8 y 6-9. (ver Anexo A6.7 respecto a factor conversión)

Tabla 6-8 Costo Financiero del Mantenimiento del Caso "Sin Proyecto"

No. Proyecto	Costo Unitario (Córdobas/m ²)	Ancho (m)	Distancia (km)	Costo Total (1,000 Córdobas)
Proyecto-1	11.5	23	8.520	2,253.5
Proyecto-2	11.5	23	8.520	2,253.5
Proyecto-3	11.5	23	17.380	4,597.0
Proyecto-4	11.5	12	4.300	593.4
Proyecto-5	11.5	12	65.125	8,987.3
Proyecto-6	11.5	10	95.760	11,012.4
Proyecto-7	11.5	10	95.760	11,012.4

Tabla 6-9 Ahorro en el Costo Económico del Mantenimiento

(Unidad : 1,000 Córdobas)

No. de Proyecto	Costo Financiero/Año	Factor de Conversión	Costo Económico/Año	Costo Mantenimiento Anual (Con-Caso)	Ahorro Costo Económico Mantenimiento
Proyecto-1	2,254	0.75713	1,706	89	1,617
Proyecto-2	2,254	0.75713	1,706	89	1,617
Proyecto-3	4,597	0.75713	3,481	183	3,298
Proyecto-4	593	0.75713	449	45	404
Proyecto-5	8,987	0.75713	6,804	685	6,119
Proyecto-6	11,012	0.75713	8,338	1,009	7,329
Proyecto-7	11,012	0.75713	8,338	1,009	7,329

6.3 COSTO ECONOMICO

Como se explicó anteriormente, el costo del proyecto se estimó con precios de mercado; por lo que el costo financiero deberá ser convertido en costo económico para evaluar el proyecto.

En la estimación de costos, el costo del proyecto se dividió en dos partes; una es la parte en moneda nacional y la otra en moneda extranjera. El 70% de la parte en moneda extranjera corresponde a equipos de construcción importados, mientras que el restante 30% corresponde a materiales importados como gasolina, aceite, asfalto, etc.

El costo económico para la parte en moneda nacional ha sido calculada eliminando impuestos tales como el Impuesto de Timbre Fiscal el Impuesto de Alcaldía. Para la parte en moneda extranjera los impuestos de importación se eliminarán más adelante. Aunque la tasa de impuestos varía item por item, se determinó la tasa promedio de impuestos tomando en cuenta la composición de los items del costo del proyecto como se muestra en la Tabla 6-10.

Tabla 6-10 Tasa de Impuestos

Tipo de Impuestos	Tasa de Impuestos
Impuesto de timbre	2%
Impuesto de la Municipalidad	2%
Impuesto sobre ventas	15%
Impuesto por importación de equipos	26%
Impuesto por importación de materiales	10%

El costo del proyecto, costo de mantenimiento y el costo de recapamientos periódicos, afirmado en la Capítulo 5, en términos de costo económico se calculó tal como se muestra en la Tabla 6-11.

Tabla 6-11 Costo Económico del Proyecto, del Mantenimiento y del Recapamiento

(Unidad : 1,000 Córdobas)

No. Proyecto	Costo Financiero *			Costo Económico del Proyecto	Costo Económico del Mantenimiento	Costo Económico del Recapamiento
	Porción Local	Porción Extranjera	Total			
Proyecto-1	46,989	40,313	87,302	67,563	89	6,255
Proyecto-2	52,389	55,612	108,001	82,754	89	6,225
Proyecto-3	59,124	35,475	109,803	84,981	183	10,571
Proyecto-4	8,752	6,022	14,774	11,549	45	1,431
Proyecto-5	134,305	103,269	237,574	184,787	686	26,012
Proyecto-6	148,734	112,045	260,779	203,027	1,009	34,152
Proyecto-7	77,856	58,651	136,507	106,276	1,009	34,152

Nota : * - Costo financiero excluyendo imprevistos.

6.4 EVALUACION ECONOMICA

Utilizando el flujo de caja del costo y el beneficio económico se calcularon la Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y la Relación Beneficio/Cost (B/C) para cada proyecto. Con TIR y B/C se puede juzgar la viabilidad del proyecto y la habilidad de pago del préstamo. Por otra parte, el VAN es adecuado para evaluar la dimensión de los beneficios sociales. La Tabla 6-12 muestra los resultados de esta evaluación. (ver Anexo A6.7 respecto a tabla de fluo de caja)

Tabla 6-12 Resultados de la Evaluación

	Proyecto-1	Proyecto-2	Proyecto-3	Proyecto-4	Proyecto-5	Proyecto-6	Proyecto-7
TIR (%)	46.00	41.97	38.43	31.90	21.07	4.42	12.24
VAN (1000C\$)	256,409	235,530	213,505	11,909	120,358	(73,239)	1,392
B/C	5.56	4.48	4.10	2.38	1.80	0.53	1.02

Se evaluó cada tramos (Proyectos 1 a 5) de Carretera Managua-Masaya, Carretera Nandaimé-San Benito, Carretera Managua-Tipitapa y los indicadores económicos resultaron con valores altos. Estos proyectos han sido definidos como factibles. Sin embargo la Carrtera Telica-San Isidro, del Proyecto-6, el plan de mejora para la longitud total del camino objeto del plan, incluyendo una mejora parcial de la alineación de la ruta se ha considerado como no factible. El Proyecto-7 es una alternativa al Proyecto-6 que incluye el plan de mejora descrito a continuación; cuenta con un indicador económico elevado y se considera como factible. (ver Tabla 6-13)

Tabla 6-13 Contenido de Mejoramiento para Proyecto-6 y Proyecto-7 (Carretera Telica-San Isidro)

Item	Contenido de Mejoramiento	
	Proyecto-6	Proyecto-7
Pavimento asfaltado	95.8 km (todo la sección)	95.8 km (todo la sección)
Pavimento base	95.8 km (todo la sección)	40.8 km
Hombros	95.8 km (todo la sección)	20.0 km
Drenajes	95.8 km (todo la sección)	66.8 km
Mejora parcial de la alineación de la ruta	2 secciones	—
Longitud de mejora de la alineación	Aprox. 1.7 km	—

Como resultado de esta evaluación, se recomienda poner en práctica la mejora del pavimento del asfalto en toda la sección y una mejora parcial del pavimento base, hombros y drenaje actuales. También se recomienda elevar el estándar de la carretera hasta el nivel propuesto por el Capítulo 5 de este informe, de acuerdo al aumento de tráfico esperado en Carretera Telica-San Isidro.

6.5 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Los costos y beneficios del proyecto cambiarán con estos errores de estimación, cambios socioeconómicos inesperados, etc., por lo que se realizó el análisis de sensibilidad. En dicho análisis, se asume que el costo del proyecto (únicamente costo inicial) y los beneficios cambiarán en un rango de $\pm 10\%$ y $\pm 30\%$. Como se muestra en la Tabla 6-14, se realizó el estudio de factibilidad en todos los proyectos a excepción de la Carretera Telica-San Isidro, a pesar de un incremento del costo del 20%.

Tabla 6-14 Resultados de la Análisis de Sensibilidad

Proyecto-1

Costo Inicial		Beneficios			
		0 %	-10 %	-20 %	-30 %
0 %	TIR	46.00	42.91	39.66	36.21
	VAN	256,409	225,154	193,899	162,643
	B/C	5.56	5.00	4.45	3.89
-10 %	TIR	43.20	40.27	37.18	33.91
	VAN	250,922	219,667	188,412	157,156
	B/C	5.06	4.56	4.05	3.55
-20 %	TIR	40.77	37.97	35.03	31.91
	VAN	245,435	214,180	182,925	151,669
	B/C	4.65	4.19	3.72	3.26
-30 %	TIR	38.64	35.96	33.14	30.16
	VAN	239,948	208,693	177,438	146,182
	B/C	4.30	3.87	3.44	3.01

Proyecto-5

Costo Inicial		Beneficios			
		0 %	-10 %	-20 %	-30 %
0 %	TIR	21.07	20.25	19.41	18.55
	VAN	120,358	108,108	95,858	83,608
	B/C	1.80	1.72	1.64	1.55
-10 %	TIR	19.45	18.67	17.87	17.06
	VAN	105,958	93,708	81,458	69,209
	B/C	1.65	1.57	1.49	1.42
-20 %	TIR	18.04	17.30	16.54	15.76
	VAN	91,558	79,308	67,058	54,809
	B/C	1.51	1.44	1.37	1.30
-30 %	TIR	16.80	16.09	15.36	14.62
	VAN	77,158	64,908	52,659	40,409
	B/C	1.40	1.33	1.27	1.21

Proyecto-2

Costo Inicial		Beneficios			
		0 %	-10 %	-20 %	-30 %
0 %	TIR	41.97	38.95	35.79	32.46
	VAN	235,530	205,212	174,893	144,575
	B/C	4.48	4.03	3.59	3.14
-10 %	TIR	39.24	36.39	33.39	30.23
	VAN	228,892	198,574	168,225	137,937
	B/C	4.08	3.67	3.26	2.86
-20 %	TIR	36.88	34.16	31.31	28.32
	VAN	222,254	191,936	161,617	131,412
	B/C	3.75	3.37	3.00	2.62
-30 %	TIR	34.80	32.21	29.49	26.61
	VAN	215,616	185,298	154,979	124,661
	B/C	3.46	3.12	2.77	2.42

Proyecto-6

Costo Inicial		Beneficios			
		0 %	-10 %	-20 %	-30 %
0 %	TIR	4.42	3.18	1.82	0.31
	VAN	-73,239	-82,544	-91,849	-101,154
	B/C	0.53	0.48	0.43	0.37
-10 %	TIR	3.45	2.25	0.93	-0.54
	VAN	88,901	-98,206	-107,510	-116,815
	B/C	0.49	0.44	0.39	0.34
-20 %	TIR	2.59	1.43	0.15	-1.29
	VAN	-104,562	-113,867	-123,172	-132,477
	B/C	0.45	0.40	0.36	0.31
-30 %	TIR	1.83	0.69	-0.56	-1.96
	VAN	-120,223	-129,528	-138,833	-148,138
	B/C	0.41	0.37	0.33	0.29

Proyecto-3

Costo Inicial		Beneficios			
		0 %	-10 %	-20 %	-30 %
0 %	TIR	38.43	35.67	32.78	29.74
	VAN	213,505	185,296	157,087	128,879
	B/C	4.10	3.69	3.28	2.87
-10 %	TIR	35.94	33.33	30.60	27.72
	VAN	206,879	178,670	150,462	122,253
	B/C	3.74	3.37	2.99	2.62
-20 %	TIR	33.78	31.31	28.71	25.97
	VAN	200,253	172,044	143,836	115,627
	B/C	3.44	3.09	2.75	2.41
-30 %	TIR	31.90	29.53	27.06	24.44
	VAN	193,627	165,419	137,210	109,001
	B/C	3.18	2.86	2.54	2.23

Proyecto-7

Costo Inicial		Beneficios			
		0 %	-10 %	-20 %	-30 %
0 %	TIR	12.24	10.53	8.67	6.61
	VAN	1,392	-7,676	-16,676	-25,675
	B/C	1.02	0.91	0.81	0.71
-10 %	TIR	11.22	9.53	7.69	5.63
	VAN	-4,369	-13,369	-22,368	-31,368
	B/C	0.95	0.86	0.76	0.67
-20 %	TIR	10.27	8.60	6.76	4.70
	VAN	-10,062	-19,061	-28,061	-37,060
	B/C	0.90	0.81	0.72	0.63
-30 %	TIR	9.38	7.72	5.88	3.81
	VAN	-15,754	-24,754	-33,753	-42,753
	B/C	0.85	0.77	0.68	0.60

Proyecto-4

Costo Inicial		Beneficios			
		0 %	-10 %	-20 %	-30 %
0 %	TIR	31.90	30.30	28.69	27.07
	VAN	11,909	10,893	9,877	8,861
	B/C	2.38	2.26	2.14	2.03
-10 %	TIR	29.00	27.53	26.06	24.57
	VAN	11,087	10,071	9,055	8,039
	B/C	2.17	2.06	1.96	1.85
-20 %	TIR	26.57	25.21	23.84	22.46
	VAN	10,264	9,249	8,233	7,217
	B/C	2.00	1.90	1.80	1.70
-30 %	TIR	24.49	23.22	21.94	20.65
	VAN	9,442	8,427	7,411	6,395
	B/C	1.85	1.76	1.67	1.58

6.6 IMPACTO DEL PROYECTO

Además del efecto antes mencionado en los proyectos seleccionados, se han considerado los siguientes impactos para cada proyecto.

(1) Carretera Managua-Masaya

- ① La carretera de cuatro carriles propuesta en este Estudio fortalecería su función como principal carretera troncal de Nicaragua.
- ② El mejoramiento de la carretera sería influyente en la construcción o reconstrucción de otra carretera troncal en el futuro.
- ③ El ensanchamiento de la capacidad de la carretera contribuiría al desarrollo de las actividades socioeconómicas a lo largo de la carretera tales como restaurantes, gasolineras y otros negocios.

(2) Carretera Managua-Tipitapa

- ① Ya que Tipitapa se está convirtiendo en una zona residencial de Managua, el mejoramiento de esta sección brindaría mejores condiciones de transporte, negocios, etc., entre Tipitapa y Managua.
- ② El mejoramiento de esta sección facilitaría las condiciones para el transporte de los productos agrícolas a Managua, la cual constituye la mayor área de consumo del país.

(3) Carretera Nandaimé-San Benito

- ① Con el mejoramiento de la Carretera Panamericana que atraviesa Nicaragua, se proporcionarían mejores condiciones para el transporte internacional, especialmente para los vehículos pesados.
- ② La parte oriental de Managua estaría más próxima a Masaya, lo cual reduciría la distancia entre estas dos ciudades.

(4) Carretera Telica-San Isidro

- ① Se mejoraría el transporte entre la parte este y oeste de Nicaragua.
- ② Se garantizaría el transporte de los productos agrícolas provenientes de la Región VI.