

**INFORME  
DEL  
ESTUDIO DE DISEÑO BÁSICO  
PARA  
EL PROYECTO  
PARA  
LA RECONSTRUCCIÓN  
DE PUENTES PRINCIPALES EN NIC. 7  
EN LA  
REPÚBLICA DE NICARAGUA**

**MAYO DEL 2006**

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN**

<b>GM</b>
<b>JR</b>
<b>06-128</b>

**INFORME  
DEL  
ESTUDIO DE DISEÑO BÁSICO  
PARA  
EL PROYECTO  
PARA  
LA RECONSTRUCCIÓN  
DE PUENTES PRINCIPALES EN NIC. 7  
EN LA  
REPÚBLICA DE NICARAGUA**

**MAYO DEL 2006**

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN**

## **PREFACIO**

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Nicaragua, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de diseño básico para el Proyecto para la Reconstrucción de Puentes Principales en la NIC. 7 y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a Nicaragua una misión de estudio desde el 6 de septiembre hasta el 12 de octubre de 2005.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionadas del Gobierno de Nicaragua y realizó las investigaciones en los lugares destinados al Proyecto. Después de su regreso al Japón, la misión realizó más estudios analíticos. Luego se envió otra misión a Nicaragua desde el 12 de marzo hasta el 21 de marzo de 2006, con el propósito de discutir el borrador del diseño básico y se completó el presente informe.

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

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

Mayo de 2006

Masafumi Kuroki

Vice Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Mayo de 2006

## **ACTA DE ENTREGA**

Tenemos el placer de presentarle el Informe del Estudio de Diseño Básico para el Proyecto para la Reconstrucción de Puentes Principales en la NIC. 7 en la República de Nicaragua.

Bajo el contrato firmado con JICA, Central Consultant Inc., hemos llevado a cabo el presente Estudio desde septiembre hasta mayo de 2006. En el Estudio hemos examinado la pertinencia del proyecto en plena consideración a la situación actual de Nicaragua, y hemos planificado el Estudio más apropiado para el Proyecto dentro del marco de la Cooperación Financiera no Reembolsable del Gobierno del Japón.

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

Muy atentamente,

Ing. Hikaru Nishimura  
Jefe del Equipo de Ingenieros  
Misión de Estudio de Diseño Básico para el Proyecto para  
la Reconstrucción de Puentes Principales en la NIC. 7  
Central Consultant Inc.



**Mapa de Ubicación del Proyecto**



**Perspectiva de Puente Las Limas**



**Perspectiva de Puente Ocongua**



**Perspectiva de Puente Quinama**



**Perspectiva de Puente Muhan**

## ABREVIACION

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AC	Concreto Asfáltico
BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica
DANIDA	Danish International Development Agency
C/N	Canje de Nota
FOMAV	Fondo de Mantenimiento Vial
PIB	Producto Bruto Interno
GIS	Geographic Information System
GL	Nivel de Tierra
HS20-44 HS15-44	Carga Estandar para estructura especificada por AASHTO
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
IEE	Initial Environmental Evaluation
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
M/D	Minutes of Discussion
MARENA	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura
NIC. 7	Ruta Nacional No.7
NICASAP	Nicaragua Sistema de Administración Puentes
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNT	Plan Nacional de Transporte
PPP	Plan Puebla Panamá
PC	Concreto Pretensado
RC	Concreto Armado
BM	Banco Mundial

## **Resumen**

---

## Resumen

Nicaragua está ubicada en Centro América, entre el Océano Pacífico, al oeste y el Mar Caribe, al este, y alberga una población de 5.63 millones de habitantes (2004). En Nicaragua, aproximadamente el 90% del transporte de pasajeros y de carga se realiza por medio del transporte terrestre; por consiguiente, éste es el modo de transporte más importante. En Nicaragua la zona del Atlántico enfrenta las malas condiciones del acceso hacia las zonas montañosas y existen problemas de sedimentación en el Puerto El Rama que han sido la causa de las limitantes al tamaño de las embarcaciones obligándolas a ser pequeñas y a manejar sólo determinado volumen de carga. Estos factores han retrasado el mejoramiento de los caminos/puentes, dando como resultado el retraso del desarrollo de la zona en general. Por esta razón, el porcentaje de pobladores del estrato pobre con relación a la zona del Pacífico es relativamente alto, lo cual fue considerado como un gran problema social. En vista de tal situación, el Gobierno de Nicaragua (de aquí en adelante denominado “GDN”), en el Plan de Desarrollo Nacional anunciado en el año 2001 mencionaba como una de las medidas prioritarias el fortalecimiento de la funcionalidad del Puerto El Rama y la reparación de la Ruta Nacional No.7 (de aquí en adelante denominado “NIC. 7”). Además, con relación al Plan Puebla Panamá (de aquí en adelante denominado “PPP”), que es un plan de desarrollo para hacer realidad la unificación económica de Centro América y que contempla una nueva red de carreteras que incluyen una parte de la NIC. 7, la cual es el objetivo de este Proyecto, ha sido reconocida como una parte del nuevo corredor de transporte hacia el Atlántico. La mitad del tramo de la parte oriental de la NIC. 7 formará parte del corredor de transporte internacional, razón por la cual se prevee que su importancia irá siendo mayor.

Si bien en la sección NIC. 7 se han realizado trabajos de mejoramiento vial con ayuda financiera de otros donantes, los puentes existentes sobre la misma, que son demasiado viejos, se han convertido en obstáculos para el paso de vehículos de gran tamaño. Asimismo, después de que se finalice el mejoramiento del Puerto El Rama, se considera que aumentará el volumen de tránsito de vehículos pesados y de gran tamaño en la NIC. 7 por el incremento del manejo del volumen de carga en dicho puerto. Como resultado, la reconstrucción de estos puentes viejos en la NIC. 7 ha cobrado más importancia.

Bajo estas circunstancias y considerando la importancia de mejorar la NIC. 7, en julio del 2003 el GDN solicitó la Cooperación Financiera No Reembolsable al Gobierno del Japón (de aquí en adelante denominado “GDJ”) para la reconstrucción de cuatro (4) puentes considerados como de alta prioridad por los problemas significativos que presentan actualmente, tales como serios problemas estructurales, daños, disminución de las condiciones de seguridad por los angosto de sus anchos, limitaciones de peso neto admisible, etc. En respuesta, el GDJ delegó la evaluación de

dicha solicitud a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (de aquí en adelante denominada “JICA”) y envió a Nicaragua una Misión para el Estudio de Preparación en noviembre del 2004, la cual verificó la urgencia de rehabilitar los cuatro (4) puentes.

#### Resumen de los Cuatro Puentes del Proyecto

Nombre del Puente	Longitud	Ancho	Tipo de Puente	Ubicación (Distancia desde la ciudad de Managua)	Año de construcción
Puente Las Limas	30.92m	6.04m	Puente de 3 tramos simples con vigas de alma llena de acero	Aprox. 68 km	1944
Puente Ocongua	63.52m	6.71m	Puente de 3 tramos continuos con vigas de alma llena de acero	Aprox. 194 km	1961
Puente Quinama	38.24m	6.72m	Puente de 2 tramos simples con vigas de alma llena de acero	Aprox. 199 km	1961
Puente Muhan	63.52m	6.71m	Puente de 3 tramos continuos con vigas de alma llena de acero	Aprox. 207 km	1961

En base a los resultados del Estudio de Preparación, JICA envió una Misión para el Estudio de Diseño Básico a Nicaragua del 6 de septiembre al 12 de octubre del 2005 con la finalidad de preparar los planos de reconstrucción de los cuatro (4) puentes mencionados anteriormente. La Misión sostuvo una serie de discusiones con representantes del GDN y llevó a cabo el estudio de campo. Con el fin de reconfirmar las condiciones actuales de dichos puentes, la Misión procedió a realizar la inspección de los daños estructurales de los puentes, los levantamientos topográficos, los estudios de suelos y ensayos de laboratorio, la determinación del tipo de cimentación utilizada, el estudio de las condiciones de la corrosión, las pruebas de resistencia a la compresión del concreto, las pruebas de neutralización del concreto y las pruebas de carga utilizando camiones, etc.

Durante la fase de trabajos en Japón, la Misión llevó a cabo la evaluación de las condiciones estructurales de cada uno de los puentes y verificó la justificación del Proyecto. Consecuentemente, la Misión prosiguió con los siguientes estudios: determinación del tamaño y tipo de los puentes, determinación de los caminos de acceso y terraplenes, diseño estructural de los puentes, cuantificación de materiales, preparación del plan constructivo y estimación de costos preliminares.

La Misión ha preparado el Borrador del Reporte de Diseño Básico en base a los resultados del estudio de campo y de los trabajos en el Japón. JICA envió una Misión a Nicaragua del 12 al 21 de marzo del 2006 con el fin de explicar este Borrador, logrando en principio, que los representantes del GDN estuvieran de acuerdo con el contenido del mismo.

Los resultados del Estudio de Diseño Básico se resumen en la siguiente tabla. El período de implementación necesario para la ejecución del Proyecto se ha planificado de manera que se requerirán cinco (5) meses para el diseño detallado y 18 meses para los trabajos de construcción.

### Resumen de los Resultados del Estudio de Diseño Básico

Ítem		Puente Las Limas	Puente Ocongua	Puente Quinama	Puente Muhan
Alcance del Proyecto		Construcción del puente, los caminos de acceso y protección de las orillas	Construcción del puente y los caminos de acceso	Construcción del puente, los caminos de acceso y protección de las orillas	Construcción del puente y los caminos de acceso
Ubicación del Puente		Posición original	Posición original	19m aguas arriba del puente existente	Posición original
Alineamiento		Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
Longitud del puente		32.0m	65.0m	39.0m	65.0m
Ancho total		9.7m	9.7m	9.7m	9.7m
Estructura, contenido	Super estructura	Puente de viga T simple de PC	Puente de viga T postensada PC de tres tramos	Puente de viga T postensada PC de dos tramos	Puente de viga T postensada PC de tres tramos
	Estribos	T invertida (dos)	T invertida (dos)	T invertida (dos)	T invertida (dos)
	Pilares	—	Dos pilares tipo muro	Un pilar tipo muro	Dos pilares tipo muro
	Cimientos	Cimentación directa	Cimentación directa	Cimentación directa	Cimentación directa
Longitud total de caminos de acceso		11.4m+11.3m	8.0m+14.4m	228.0m+227.3m	7.8m+8.1m
Protección de las orillas	Ubicación	Taludes alrededor de los estribos	No	Taludes alrededor de los estribos	No
	Estructura	Gaviones		Gaviones	

En caso de ejecutarse el presente Proyecto con la Cooperación Financiera no Reembolsable del Japón, el monto total aproximado del costo del proyecto necesario sería de aproximadamente 1,053 millones de yenes (1,035 millones de yenes a ser cubiertos por la parte japonesa y el resto de 18 millones de yenes a ser cubiertos por Nicaragua).

Los efectos directos del Proyecto se resumen a continuación:

- 1) El límite del peso total de vehículos sobre los puentes existentes del Proyecto será aliviado de 24.5 ton a 40.9 ton, permitiendo el acomodo al incremento del volumen de tránsito, particularmente el de vehículos de carga pesada.
- 2) Los puentes del Proyecto se construirán con anchos similares a las secciones de la carretera NIC. 7. Como resultado, con estos puentes se evitará la espera de vehículos cuando transiten otros en la dirección opuesta, por lo que existirá un incremento en la velocidad de los vehículos que transiten por los puentes (30 km/h a 60 km/h).
- 3) Los puentes del Proyecto se construirán con anchos similares a las secciones de la carretera NIC. 7 y contarán con aceras. Como resultado, se reducirá drásticamente el riesgo potencial de accidentes provocados por la colisión entre vehículos o de los mismos contra barandas, así como de accidentes que involucren a los peatones.

Los efectos indirectos del Proyecto se resumen a continuación:

- 1) Con este Proyecto, se incrementará la capacidad de los puentes en la NIC. 7 de soportar carga y se logrará crear una ruta de transporte segura. Como resultado, se estabilizará e

- incrementará la distribución física (particularmente en lo que respecta al transporte de ganado) en los Departamentos de Boaco y Río San Juan, así como en la Región Autónoma Atlántico Sur, los cuales depende totalmente de la NIC.7, contribuyendo grandemente a su vez, al alivio de la pobreza de los residentes de la región (población total de 580,000 habitantes).
- 2) Después de que se complete la construcción del nuevo muelle del Puerto El Rama se espera que se incremente el manejo de volúmenes de carga. La ruta de transporte de y hacia este puerto se encuentra restringida actualmente por el peso total de los vehículos que transitan por la misma, por lo que la implementación de este Proyecto conllevará a asegurar una ruta interna de transporte efectiva para el movimiento de carga que conecte las costas del Atlántico y del Pacífico, la cual contribuirá a una mayor activación del Puerto El Rama y del desarrollo regional al mejorar la distribución física.
  - 3) El volumen de tránsito en la NIC. 7 se incrementará debido al incremento del manejo del volumen de carga en el Puerto El Rama.

El Proyecto consiste en la reconstrucción de cuatro (4) puentes existentes sobre la NIC.7, carretera que conecta la ciudad capital de Managua con el Puerto El Rama, el cual es el puerto principal en la zona de Atlántica. La implementación del Proyecto, paralelamente con el mejoramiento del Puerto El Rama, prevendrá anticipadamente las restricciones actuales al flujo de tránsito que son causadas por el deterioro de los daños en estos puentes o por el mismo colapso de alguno de ellos. El Proyecto también contribuirá a la distribución física de la región que depende totalmente de la NIC. 7 y al alivio de la pobreza de los residentes con bajos ingresos económicos que habitan en dicha región. Consecuentemente, complementará el incremento en la importancia y urgencia existente dentro del Plan de Desarrollo Nacional. Asimismo, se confirmó con el Ministerio de Transporte e Infraestructura (de aquí en adelante denominada “MTI”) que dicho ministerio cuenta con el personal suficiente y la capacidad financiera para proseguir con la operación y mantenimiento del Proyecto.

Tomando en cuenta factores como la importancia de la red vial, el área amplia a ser beneficiada y la urgencia del proyecto, en el Estudio se determinó apropiado implementar la reconstrucción de los puentes del Proyecto ubicados en la carretera principal, bajo el Esquema de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón.

# ÍNDICE

**Prefacio**

**Acta de Entrega**

**Mapa de Ubicación del Proyecto**

**Perspectiva**

**Resumen**

<b>Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto</b> .....	1
1-1 Objetivo Principal y Objetivos del Proyecto .....	1
1-2 Identificación de los Puentes Objeto del Proyecto .....	1
1-2-1 Resumen de los Puentes objeto del Proyecto .....	1
1-2-2 Evaluación del grado de integridad de los puentes .....	4
1-2-3 Resultados de la inspección de los puentes objeto del Proyecto .....	5
<b>Capítulo 2 Contenido del Proyecto</b> .....	7
2-1 Generalidades del Proyecto .....	7
2-2 Diseño Básico del Proyecto Objeto de la Cooperación .....	8
2-2-1 Lineamientos Básicos del Diseño .....	8
2-2-1-1 Lineamientos Básicos del Proyecto .....	8
2-2-1-2 Lineamientos Básicos del Diseño .....	10
2-2-2 Plan Básico .....	15
2-2-2-1 Condiciones y Metodología de Diseño .....	15
2-2-2-2 Plan Básico del Puente Las Limas .....	24
2-2-2-3 Plan Básico del Puente Ocongua .....	29
2-2-2-4 Plan Básico del Puente Quinama .....	34
2-2-2-5 Plan Básico del Puente Muhan .....	39
2-2-3 Planos de Diseños básicos .....	44
2-2-3-1 Planos de Diseño Básico del Puente Las Limas .....	44
2-2-3-2 Planos de Diseño Básico del Puente Ocongua .....	44
2-2-3-3 Planos de Diseño Básico del Puente Quinama .....	44
2-2-3-4 Planos de Diseño Básico del Puente Muhan .....	44
2-2-4 Plan de Ejecución .....	50
2-2-4-1 Lineamientos de Ejecución .....	50
2-2-4-2 Asuntos a tener en cuenta con relación a la ejecución de la obra .....	51
2-2-4-3 Clasificación de los trabajos durante la ejecución de las obras .....	52
2-2-4-4 Plan de Supervisión de la ejecución de las obras .....	53

2-2-4-5	Plan de control de calidad.....	56
2-2-4-6	Plan de suministro de equipo y materiales.....	56
2-2-4-7	Proceso de Ejecución.....	59
2-3	Resumen de las Labores a ser Realizadas por Nicaragua.....	61
2-3-1	Asuntos generales relacionados con la Cooperación Financiera no Reembolsable del Japón.....	61
2-3-2	Asuntos propios de este Proyecto.....	61
2-4	Plan de Operación y Mantenimiento del Proyecto.....	62
2-5	Costo Aproximado del Proyecto.....	63
2-5-1	Costo Aproximado del Proyecto Objeto de la Cooperación.....	63
2-5-1-1	Costo aproximado del Proyecto.....	63
2-5-1-2	Gastos a ser cubiertos por Nicaragua.....	63
2-5-1-3	Condiciones de estimación.....	64
2-5-2	Costos de Operación y Mantenimiento.....	64
<b>Capítulo 3</b>	<b>Justificación del Proyecto.....</b>	<b>66</b>
3-1	Efectos del Proyecto.....	66
3-2	Problemas y Recomendaciones.....	67
3-3	Justificación del Proyecto.....	68
3-4	Conclusión.....	68

## **Anexos**

Anexo 1	Miembros de la Misión de Estudio.....	A-1
Anexo 2	Itinerario del la Misión de Estudio.....	A-2
Anexo 3	Lista de las Autoridades Entrevistadas.....	A-4
Anexo 4	Minuta de Discusión.....	A-5
Anexo 5	Carta de Permiso Ambiental par la Ejecución de Proyecto.....	A-18
Anexo 6	Planos Estructurales de la Superestructura y Subestructura.....	A-26

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Resumen de los Cuatro Puentes objeto .....	2
Tabla 2	Evaluación del grado de integridad y elementos analizados para determinarlos puntos críticos estructurales .....	5
Tabla 3	Resumen de los resultados de la inspección del grado de solidez de los puentes objeto del Proyecto .....	6
Tabla 4	Datos básicos del diseño de los puentes del Proyecto.....	10
Tabla 5	Volumen actual de tránsito en los puentes objeto del Proyecto .....	12
Tabla 6	Resultados del cálculo del caudal de crecida de diseño de los puentes objeto del Proyecto .....	16
Tabla 7	Resultados del cálculo del nivel de crecida de diseño de los puentes objeto del Proyecto .....	16
Tabla 8	Caudal de diseño y altura de tolerancia debajo de la viga .....	17
Tabla 9	Coefficiente sísmico horizontal de diseño en los puentes conforme las normas nicaragüenses .....	19
Tabla 10	Resultados del cálculo de longitud de tramos de los puentes objeto del Proyecto .....	20
Tabla 11	Tramo determinado conforme al estándar.....	21
Tabla 12	Cuadro de Selección de Subestructura .....	21
Tabla 13	Tabla de selección del tipo de cimentación.....	22
Tabla 14	Perfil del proyecto del Puente Las Limas .....	24
Tabla 15	Volumen estimado de obras del Puente Las Limas .....	24
Tabla 16	Análisis comparativo de diferentes opciones para el Puente Las Limas.....	27
Tabla 17	Perfil del proyecto del Puente Ocongua.....	29
Tabla 18	Volumen estimado de obras del Puente Ocongua .....	29
Tabla 19	Análisis comparativo de diferentes opciones para el Puente Ocongua .....	32
Tabla 20	Perfil del proyecto del Puente Quinama .....	34
Tabla 21	Volumen estimado de obras del Puente Quinama .....	35
Tabla 22	Análisis comparativo de diferentes opciones para el Puente Quinama.....	37
Tabla 23	Perfil del proyecto del Puente Muhan.....	39
Tabla 24	Volumen estimado de obras del Puente Muhan .....	40
Tabla 25	Análisis comparativo de diferentes opciones para el Puente Muhan .....	42
Tabla 26	Labores a ser ejecutadas por la parte japonesa y la contraparte nicaragüense .....	53
Tabla 27	Rubros de Control de Calidad (Propuesta) .....	57
Tabla 28	Posibles proveedores de equipo principal y materiales de construcción.....	58
Tabla 29	Abastecimiento de las principales máquinas para construcción .....	58
Tabla 30	Cronograma de Ejecución de Obras.....	60
Tabla 31	Costo aproximado del Proyecto .....	63
Tabla 32	Gastos a ser cubiertos por Nicaragua.....	63
Tabla 33	Principales rubros de mantenimiento y costos.....	65
Tabla 34	Efectos directos del Proyecto e Indicadores de resultados.....	66
Tabla 35	Efectos indirectos del Proyecto.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ancho de los puentes del Proyecto.....	9
Figura 2	Ancho de la NIC. 7.....	9
Figura 3	Ancho propuesto del puente nuevo .....	9
Figura 4	Distribución de epicentros de los eventos ocurridos entre 1992 y 1998 en Nicaragua .....	12
Figura 5	Carga máxima tolerable y carga sobre un eje establecidas en Nicaragua.....	18
Figura 6	Procedimientos de determinación de la longitud de tramos .....	20
Figura 7	Plano General del Puente Las Limas.....	45
Figura 8	Plano General del Puente Ocongua.....	46
Figura 9	Plano General del Puente Quinama.....	47
Figura 10	Planta del Conjunto del Puente Quinama.....	48
Figura 11	Plano General del Puente Muhan .....	49

# **Capítulo 1**

## **Antecedentes del Proyecto**

## **Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto**

### **1-1 Objetivo Principal y Objetivos del Proyecto**

En Nicaragua la zona del Atlántico enfrenta las malas condiciones del acceso hacia las zonas montañosas y existen problemas de sedimentación en el Puerto El Rama que han sido la causa de las limitantes al tamaño de las embarcaciones obligándolas a ser pequeñas y a manejar sólo determinado volumen de carga. Estos factores han retrasado el mejoramiento de los caminos/puentes, dando como resultado el retraso del desarrollo de la zona en general. Por esta razón, el porcentaje de pobladores del estrato pobre con relación a la zona del Pacífico es relativamente alto, lo cual fue considerado como un gran problema social.

En vista de tal situación, el GDN, en el Plan de Desarrollo Nacional anunciado en el año 2001 mencionaba como una de las medidas prioritarias, el fortalecimiento de la funcionalidad del Puerto El Rama y la reparación de la NIC. 7. Además, con relación al PPP, que es un plan de desarrollo para hacer realidad la unificación económica de Centro América y que contempla una nueva red de carreteras que incluyen una parte de la NIC. 7, la cual es el objetivo de este Proyecto, ha sido reconocida como una parte del nuevo corredor de transporte hacia el Atlántico. La mitad del tramo de la parte oriental de la NIC. 7 formará parte del corredor de transporte internacional, razón por la cual se prevee que su importancia irá siendo mayor.

En la sección NIC. 7, se han realizado trabajos de mejoramiento vial con ayuda financiera de otros donantes. Asimismo, se han venido rehabilitando de uno en uno, parte de los 59 puentes que existen en la NIC.7. Sin embargo, los puentes de este Proyecto no han sido incluidos dentro de este programa de rehabilitación. Consecuentemente, como resultado, se ha visto la disminución del factor seguridad de algunos puentes debido al deterioro de sus estructuras, y la NIC. 7 no puede absorber el incremento del volumen de tránsito y de carga viva de los camiones pesados que se ha producido por el aumento del volumen esperado de manejo de carga en el Puerto El Rama. Estos factores han causado efectos negativos en la distribución física del uso de la NIC. 7.

El Proyecto tiene como objetivos asegurar un tránsito seguro y estable para el transporte en la NIC.7 y contribuir a la comodidad de los residentes de la región por medio de la reconstrucción de cuatro (4) puentes considerados como de alta prioridad por los problemas significativos que presentan actualmente, tales como serios problemas estructurales, daños, disminución de las condiciones de seguridad por los angosto de sus anchos, limitaciones de peso neto admisible, etc.

### **1-2 Identificación de los Puentes Objeto del Proyecto**

#### **1-2-1 Resumen de los Puentes objeto del Proyecto**

Los puentes objeto del presente Proyecto se encuentran ubicados sobre la NIC. 7, que une a San Benito en la parte norte de Managua con el Puerto El Rama, puerto pluvial en el lado del Mar Caribe; uno de los puentes (Puente Las Limas) se encuentra ubicado en el departamento de Boaco

(superficie de 4,177 km<sup>2</sup>, con una población de 166 mil habitantes de acuerdo a las estadísticas de 2002), y los otros tres (Puente Ocongua, Puente Quinama y Puente Muhan) se encuentran ubicados en el departamento de Chontales (superficie de 6,481km<sup>2</sup>, con una población de 177 mil habitantes de acuerdo a las estadísticas de 2002).

En la región a lo largo del camino de la NIC. 7 se pudo observar que la ganadería es la principal actividad y que los ranchos o fincas ocupan la mayor parte de los terrenos ubicados a lo largo del mismo. Por otro lado, en El Rama, que es el punto final de la NIC. 7, se encuentra el Puerto El Rama, el cual es el puerto principal del lado del Mar Caribe, donde ha sido establecida una ruta internacional para el transporte de mercadería que se une con Miami y que a su vez conduce hacia el Puerto El Bluff en la Bahía Bluefields y a otras islas alejadas.

Por consiguiente, tomando en cuenta lo antes mencionado sobre el uso de los terrenos a lo largo del camino y sobre la situación del Puerto El Rama, se puede decir que la NIC. 7, en donde se encuentran ubicados los puentes objetos del presente Proyecto, cumple un papel sumamente importante en la comercialización del forraje y de los productos que provienen principalmente de la ganadería, siendo una ruta para el transporte de mercadería de exportación e importación de y hacia el Puerto El Rama, así como una ruta para el transporte de bienes hacia la zona costera.

El resumen de los cuatro puentes objeto del presente Proyecto se muestran en la Tabla 1. A continuación se describe un resumen de las características de cada puente.

**Tabla 1 Resumen de los Cuatro Puentes objeto**

Nombre del Puente	Longitud	Ancho	Tipo de Puente	Ubicación (Distancia desde la ciudad de Managua)	Año de construcción
Puente Las Limas	30.92m	6.04m	Puente de 3 tramos simples con vigas de alma llena de acero (9.33+12.26+9.33m)	Aprox. 68 km	1944
Puente Ocongua	63.52m	6.71m	Puente de 3 tramos continuos con vigas de alma llena de acero (19.59+24.34+19.59m)	Aprox. 194 km	1961
Puente Quinama	38.24m	6.72m	Puente de 2 tramos simples con vigas de alma llena de acero (19.12+19.12m)	Aprox. 199 km	1961
Puente Muhan	63.52m	6.71m	Puente de 3 tramos continuos con vigas de alma llena de acero (19.59+24.34+19.59m)	Aprox. 207 km	1961

### (1) Puente Las Limas

El Puente Las Limas se encuentra ubicado en una zona llana a 36 km al este de San Benito (donde comienza la NIC. 7). La ruta nacional desde San Benito hasta el Puente Las Limas pasa por zonas montañosas, y con la cooperación de Agencia de Desarrollo Internacional Danesa (de aquí en adelante denominado “DANIDA”) las pistas fueron mejoradas de manera que el ancho de la carretera es actualmente de 8m (ancho del carril 2 x 3.3m = 6.6m, hombros de la carretera 2 x 0.7m = 1.4m). Las condiciones de la pista también son buenas.

El Puente Las Limas fue construido en 1944. Es un puente de tres (3) tramos simples con vigas de alma llena de acero, ubicado sobre un río de 27m de ancho. Se divide en tres (3) tramos con luces de 9.33+12.26+9.33m, que dan una longitud total de 30.92m y el ancho del carril es de 6.04m. Al momento de realizar el estudio de campo, por dicho puente circulaba un volumen de tránsito promedio de 2,300 veh/día, lo cual indica que entre los cuatro puentes es el de mayor volumen de tránsito. Debido a su estrechez y al volumen de tránsito, se producen accidentes, razón por la cual es de urgencia ampliar el ancho del puente para asegurar la seguridad del tránsito que circula por el mismo. Es notable también el deterioro de la losa de concreto, lo cual constituye un factor de peligro para el tránsito de vehículos. Asimismo, los estribos y pilares del puente están contruidos con estructuras de mampostería de piedra y cimientos poco profundos, notándose una sismoresistencia insuficiente. También se pudo observar que la parte inferior de la estructura de mampostería de piedra sufre de erosión y desgaste severos.

## **(2) Puente Ocongua**

El Puente Ocongua se encuentra ubicado en la zona montañosa en las cercanías de la ciudad de Santo Tomás, a 162 km al este de San Benito. La NIC. 7 donde se encuentra el puente, fue reparada recientemente con la cooperación financiera del Banco Interamericano de Desarrollo (de aquí en adelante denominado “BID”), el ancho de la pista es de 8.0m y presenta una superficie en buenas condiciones.

El Puente Ocongua existente fue construido en el año 1961 y se ubica sobre un río de 9m de ancho. Es un puente de tres (3) tramos continuos con vigas de alma llena de acero, con luces de 19.59+24.34+19.59m, que dan una longitud total de 63.52m y el ancho del carril de 6.71m. En este puente circula un volumen de tránsito promedio de 730 veh/día, a pesar que está ubicado en una carretera de transporte importante que une Managua y El Rama. El ancho de este puente no incluye el ancho de los hombros de la carretera, factor que contribuye al peligro de colisión de vehículos. Es notable también el deterioro de la losa de concreto, lo cual constituye un factor de peligro para el tránsito de vehículos. Asimismo, las zapatas presentan medidas pequeñas, previendo una sismoresistencia insuficiente. Por otra parte, el muro de protección de los estribos se ha destruido y el relleno atrás de los mismos se ha desmoronado.

## **(3) Puente Quinama**

El Puente Quinama se encuentra ubicado a 5 km al este del Puente Ocongua, a 167 km al este de San Benito. Las obras de mejoramiento de la NIC. 7 fueron realizadas recientemente con la cooperación financiera del BID, el ancho de la pista es de 8.0m y presenta una superficie en buen estado.

El Puente Quinama existente fue construido en el año 1961 y se encuentra sobre un río de 12m de ancho. Es un puente de dos (2) tramos simples con vigas de alma llena de acero, con luces de 19.12+19.12m., dando una longitud total de 38.24m y el ancho del carril de 6.72m. En este puente circula un volumen de tránsito promedio de 730 veh/día, a pesar que está ubicado en una

carretera de transporte importante que une Managua y El Rama. El ancho de este puente no incluye el ancho de los hombros de la carretera, factor que contribuye al peligro de colisión de vehículos. Es notable también el deterioro de la losa de concreto, lo cual constituye un factor de peligro para el tránsito de vehículos. Asimismo, el muro de protección de los estribos se ha destruido y el relleno atrás de los mismos se ha desmoronado. A pesar del bajo volumen de tránsito en este puente, se puede decir que desde el punto de vista estructural se encuentra en una situación sumamente peligrosa.

#### **(4) Puente Muhan**

El Puente Muhan se encuentra ubicado a 8 km al este del Puente Quinama, a 175 km al este de San Benito. Las obras de mejoramiento de la NIC. 7 fueron realizadas recientemente bajo la cooperación financiera del BID, el ancho de la pista de 8.0m y presenta una superficie en buen estado.

El Puente Muhan fue construido en 1961 y se ubica sobre un río de 9m de ancho. Es un puente de tres (3) tramos continuos con vigas de alma rellena de acero, con luces de 19.59+24.34+19.59m, que dan una longitud total de 63.52m y un ancho del carril de 6.71m. En este puente circula un volumen de tránsito promedio de 730 veh./día, a pesar que está ubicado en una carretera de transporte importante que une Managua y El Rama. El ancho de este puente no incluye el ancho de los hombros de la carretera ni de las aceras, factor que contribuye al peligro de colisión de vehículos y al paso seguro de los peatones que residen en las cercanías de este puente. Debido a una construcción deficiente, es notable el deterioro del pilar P1 ubicado en el lado hacia Managua; las zapatas presentan medidas pequeñas, previendo una sismoresistencia insuficiente y pudiendo catalogarlo como estructuralmente peligroso. Asimismo en el pilar P2 ubicado en el lado hacia El Rama se ha producido una corrosión de gran magnitud.

#### **1-2-2 Evaluación del grado de integridad de los puentes**

En el presente Estudio de Diseño Básico, además de los estudios visuales realizados en los Estudios Preliminares y de las pruebas no destructivas para determinar los puntos críticos estructurales y el grado de integridad de los puentes objeto en forma más detallada, se llevó a cabo una evaluación para cada uno de los puentes. Los elementos analizados para determinar el grado de integridad de los puentes son los siguientes: levantamiento topográfico, estudio de suelos y perforaciones, investigación del tipo de cimentación utilizada, estudio de las condiciones de la corrosión, pruebas de resistencia a la compresión del concreto, pruebas de neutralización del concreto y pruebas de soporte de carga utilizando camiones, etc.

**Tabla 2 Evaluación del grado de integridad y elementos analizados para determinar los puntos críticos estructurales**

<b>Elementos Analizados</b>	<b>Contenido de la Evaluación</b>
Tipo de Puente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición del ancho, longitud de cada tramo y medidas de la subestructura utilizando levantamientos y equipos de medición.</li> <li>• Verificación visual de la situación de los alrededores y estudio del material de relleno.</li> <li>• Valores de carga restringidos.</li> </ul>
Grado de deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio visual y toma de fotografías del desprendimiento de concreto/exposición de las barras de refuerzo/ porosidades/ calibre/ grado de oxidación/cuarTEAMIENTOS.</li> <li>• Estudio visual y toma de fotografías del descascaramiento del acero/deformaciones/ corrosión.</li> <li>• Estudio visual y toma de fotografías de los pilares y estribos de los puentes, condiciones de la corrosión, deterioro de los muros de protección.</li> <li>• Estudio visual y toma de fotografías del deterioro de barandas, juntas de dilatación, apoyos, material de relleno, etc.</li> <li>• Estudio visual y toma de fotografías del camino de acceso o aproximaciones/estructuras secundarias tales como muros de contención en el camino, etc.</li> </ul>
Resistencia del concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de la resistencia del concreto de las losas y pilares de los puentes mediante la prueba de resistencia a la compresión de muestras de concreto.</li> <li>• Medición de la resistencia del concreto mediante la prueba de martilleo Schmidt.</li> </ul>
Prueba de neutralización del concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de la profundidad de neutralización del concreto mediante una solución de fenolftaleína</li> </ul>
Tipo de cimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición del ancho y espesor de zapatas mediante el uso de taladros y sondajes.</li> </ul>
Estudio de suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de suelos justo debajo de los pilares de los puentes existentes.</li> </ul>
Condiciones de la corrosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En cuanto a los pilares del lado derecho del puente Muhan, cuya corrosión se considera avanzada, se contó con la cooperación del MTI para comprobar el grado de la misma. Se realizó un cierre provisional con sacos llenos de tierra y se drenó el agua mediante el uso de bombas.</li> </ul>
Prueba de soporte de carga utilizando camiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de la flexión del puente mediante pruebas de carga utilizando camiones y trailers.</li> </ul>

### 1-2-3 Resultados de la inspección de los puentes objeto del Proyecto

La inspección se realizó para conocer el grado de solidez de los cuatro (4) puentes objeto del Proyecto (Puente Las Limas, Puente Ocongua, Puente Quinama y Puente Muhan), evaluando los aspectos relacionados con la funcionabilidad por tránsito, solidez (grado de deterioro), nivel estructural (resistencia) y sismoresistencia de cada uno de los mismos. El resumen de los resultados de dicha inspección se muestra en la Tabla 3.

De acuerdo a los resultados de la inspección arriba mencionada, además de los resultados de la evaluación cuantitativa estructural y del contenido de la reparación de los puentes objeto del Proyecto, en el presente Estudio de Diseño Básico se ha considerado conveniente proceder a la reconstrucción de todos los puentes.

Ahora bien, en cuanto al hecho de que en el Estudio Preliminar se había considerado únicamente reparar el Puente Muhan y en base a los resultados de las consideraciones técnicas detalladas en este Estudio de Diseño Básico, se ha estimado que la medida adecuada a tomar es reconstruir dicho puente.

**Tabla 3 Resumen de los resultados de la inspección del grado de solidez de los puentes objeto del Proyecto**

Nombre del Puente	Grado de Solidez			Estado Actual	Plan de Reconstrucción
	Aspecto del tránsito	Aspecto estructural	Aspecto General		
Puente Las Limas	Alto	Alto	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El volumen de tránsito promedio diario es de 2,300 vehículos, siendo el mayor entre los cuatro puentes, por lo que su función en el aspecto de tránsito es muy alta.</li> <li>• Debido a la estrechez del puente, se producen accidentes de tránsito, por lo que es de suma urgencia ampliar el ancho del mismo.</li> <li>• Es evidente el deterioro de la losa de concreto.</li> <li>• La subestructura de estribos y pilares del puente es de mampostería de piedra; además, por contar con cimientos pequeños se considera que su sismoresistencia es insuficiente.</li> </ul>	Reconstrucción del puente
Puente Ocongua	Término medio	Alto	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El volumen de tránsito promedio diario es de 730 vehículos; sin embargo, al estar ubicado en una ruta de transporte importante entre Managua y El Rama, su función en el aspecto de tránsito es alta.</li> <li>• El ancho del carril es de 6.72m y no incluye el ancho de los hombros de la carretera, por lo que existe el peligro de colisión entre vehículos.</li> <li>• Es notorio el deterioro de la losa de concreto.</li> <li>• Los cimientos son pequeños, evidenciándose una sismoresistencia insuficiente.</li> <li>• Se ha derrumbado totalmente el muro de protección y el relleno de tierra del estribo ha comenzado a desmoronarse.</li> <li>• La corrosión en los apoyos es sumamente intensa, por lo que los mismos ya no cumplen con sus funciones.</li> </ul>	Reconstrucción del puente
Puente Quinama	Término medio	Alto	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El volumen de tránsito promedio diario es de 730 vehículos; sin embargo, al estar ubicado en una ruta de transporte importante entre Managua y El Rama, su función en el aspecto de tránsito es alta.</li> <li>• El ancho del carril es de 6.72m y no incluye el ancho de los hombros de la carretera; debido a su estrechez, es notable el deterioro de las barandas por la colisión de vehículos.</li> <li>• Es notorio el deterioro de la losa de concreto.</li> <li>• Se ha derrumbado totalmente el muro de protección y el relleno de tierra del estribo ha comenzado a desmoronarse.</li> </ul>	Reconstrucción del puente
Puente Muhan	Término medio	Alto	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El volumen de tránsito promedio diario es de 730 vehículos; sin embargo, al estar ubicado en una ruta de transporte importante entre Managua y El Rama, su función en el aspecto de tránsito es alta.</li> <li>• El ancho del carril del puente es de 6.72m y no incluye el ancho de los hombros de la carretera, por lo que existe el peligro de colisión entre vehículos.</li> <li>• Debido a una construcción defectuosa, se puede observar notablemente la destrucción del pilar P1 del puente.</li> <li>• Los cimientos son pequeños, evidenciándose una sismoresistencia insuficiente.</li> <li>• Está comenzando a producirse una fuerte corrosión en el pilar P2 del puente.</li> </ul>	Reconstrucción del puente

## **Capítulo 2**

### **Contenido del Proyecto**

## Capítulo 2 Contenido del Proyecto

### 2-1 Generalidades del Proyecto

En Nicaragua, debido a que la zona del Atlántico enfrenta las malas condiciones del acceso hacia las zonas montañosas, las grandes limitaciones que existen en el Puerto El Rama como puerto fluvial, han retrasado el mejoramiento de los caminos/puentes, dando como resultado el retraso del desarrollo de la zona en general. Por esta razón, el porcentaje de pobladores del estrato pobre con relación a la zona del Pacífico es relativamente alto, lo cual fue considerado como un gran problema social. En vista de tal situación, el GDN, en el Plan de Desarrollo Nacional anunciado en el año 2001 mencionaba: 1) la Unificación Nacional; 2) la corrección de la diferencia económica de la zona oriente occidente mediante el desarrollo de la zona del Atlántico; 3) como punto principal del desarrollo económico debido al comercio exterior con los Estados Unidos, que tendría su base en el Puerto El Rama, se menciona como una de las medidas prioritarias el fortalecimiento de la funcionalidad del Puerto El Rama y la reparación de la NIC. 7. De acuerdo a estas medidas prioritarias del Plan de Desarrollo Nacional, con la cooperación del Banco Mundial (de aquí en adelante denominado “BM”), del BID y de la Agencia de DANIDA se llevaron a cabo las obras de reparación de la pista de la NIC. 7, y a la vez se ejecutaron las obras de reparación del Puerto El Rama (incluyendo el nuevo muelle).

Además, con relación al PPP, que es un plan de desarrollo para hacer realidad la unificación económica de Centro América, incluyendo Nicaragua, en la Reunión Cumbre de Jefes de Estado realizada en junio de 2005 en Belice, cuyo objetivo principal era reforzar el corredor de transporte de la Costa Atlántica y las carreteras de conexión, se propuso una nueva red de carreteras del PPP, para lo cual se logró el consenso de todos los países. Con esta nueva red de carreteras del PPP, el tramo San Benito – Lobago de la NIC. 7, que viene a ser el objetivo de este Proyecto, ha sido reconocido como una parte del nuevo corredor de transporte hacia el Atlántico, corredor que venía haciendo falta y que ahora será construido en Nicaragua y Costa Rica. Con el establecimiento de esta red de carreteras del PPP, la mitad del tramo de la parte oriental de la NIC. 7 formará parte del corredor de transporte internacional, razón por la cual se prevee que su importancia irá siendo mayor.

Sin embargo, no se han realizado las reparaciones de los puentes que se encuentran en la NIC. 7. Debido a su deterioro, dichos puentes no ofrecen la seguridad debida, algunos de ellos no cuentan con la suficiente anchura y tienen límites de peso para los vehículos de carga, no siendo posible distribuir suficientemente los efectos de una carretera troncal principal.

Bajo este contexto, el GDN, considerando la importancia que tiene la reparación de toda la NIC. 7, solicitó al Gobierno del Japón la Cooperación Económica no Reembolsable para la construcción – reparación de los cuatro (4) puentes que se encuentran entre Managua y El Rama (Puente Las Limas, Puente Ocongua, Puente Quinama y Puente Muhan).

Por consiguiente, para el presente Proyecto se tiene contemplado lo siguiente: Objetivos del

Proyecto: asegurar la seguridad y estabilidad del flujo de tránsito y transporte en la NIC. 7, así como contribuir a mejorar la comodidad de los residentes locales; Efectos esperados del Proyecto: proceder con la reconstrucción de los cuatro (4) puentes objeto localizados entre Managua y El Rama en la NIC. 7, reparando los problemas estructurales existentes, lo cual asegurará un paso seguro sobre los mismos. Asimismo, por la implementación de este Proyecto se tiene como Objetivo principal: fomentar el desarrollo socio-económico local al acelerar el proceso de distribución física en la región, lo cual conlleva posiblemente a aliviar la pobreza en la región.

## **2-2 Diseño Básico del Proyecto Objeto de la Cooperación**

### **2-2-1 Lineamientos Básicos del Diseño**

#### **2-2-1-1 Lineamientos Básicos del Proyecto**

##### **(1) Nivel meta de rehabilitación**

Mediante la rehabilitación de cuatro puentes sobre la “ruta de transporte entre la ciudad capital y el Caribe”, se establece como meta del presente Proyecto asegurar una circulación fluida y segura de la misma y que recupere a su vez su función como la principal ruta de distribución física dentro de la red de caminos troncales.

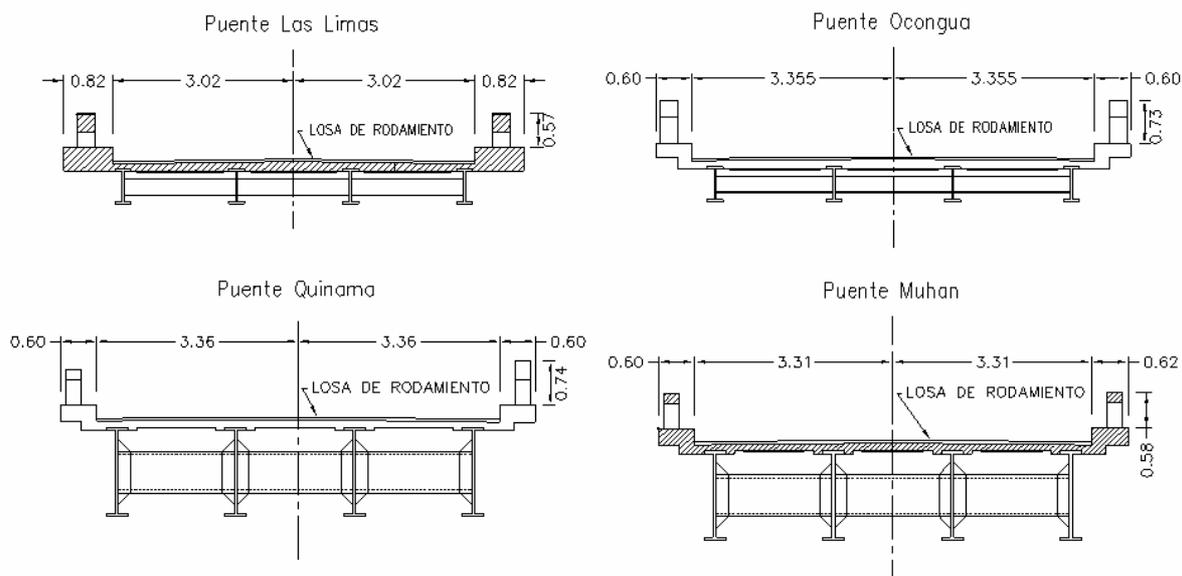
Con base a este criterio, en el presente Estudio de Diseño Básico se establecieron los siguientes niveles meta de reconstrucción.

- 1) Ampliar el ancho de los puentes que actualmente constituyen el cuello de botella y que presentan una alta incidencia de accidentes de tránsito;
- 2) Construir puentes con estructuras capaces de soportar una carga viva de la AASHTO HS20-44 incrementada en un 25%, tomando en cuenta que los puentes deben soportar un alto volumen de tránsito de los remolques pesados; y,
- 3) Adoptar un diseño sismoresistente considerando que Nicaragua es un país sísmico en el que han ocurrido varios eventos grandes, incluyendo el terremoto que ha devastado el centro de la ciudad de Managua.

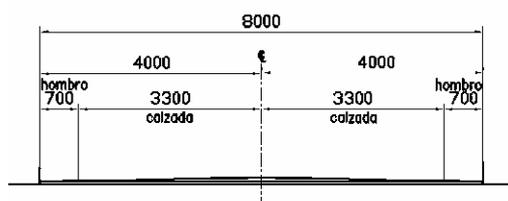
##### **(2) Ancho de los puentes**

En la Figura 1 se muestra el ancho de los cuatro puentes (existentes) objeto del Proyecto.

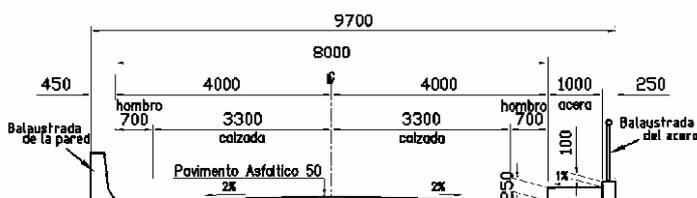
Por otro lado, la NIC. 7 ha sido ampliada y actualmente cuenta con un ancho total de 8.0m en todo su tramo, el cual se desglosa en 6.6m de calzada y 1.4 m de hombros (véase la Figura 2). Por lo tanto, en el presente Proyecto se propone adoptar el mismo ancho efectivo de 8.0m (calzada + hombros) en los puentes nuevos con el fin de que coincida con el del camino. Asimismo, se propone construir la acera de 1.0m de ancho en un lado del camino, para lograr el tránsito seguro de los peatones, con lo cual el ancho total sería de 9.5m (véase la Figura 3).



**Figura 1 Ancho de los puentes del Proyecto**



**Figura 2 Ancho de la NIC. 7**



**Figura 3 Ancho propuesto del puente nuevo**

### (3) Análisis de la longitud de los puentes, sus tramos y alturas de diseño de la superestructura

De acuerdo con las encuestas realizadas en la zona de influencia de los puentes sobre los desbordamientos ocurridos en el pasado, se dice que los mismos ocurrieron en todos los puentes durante el Huracán Juana (1988) y sólo en los puentes Las Limas y Ocongua durante el Huracán Mitch (1998), confirmando que el nivel del agua subió hasta por debajo de las vigas en otros dos puentes. La situación fue consecuencia de la precipitación extraordinaria, por lo que se considera que con la longitud actual de los puentes, estos pueden soportar hasta un caudal de crecida con 50 años de probabilidad. De acuerdo con estos resultados de las encuestas y del análisis hidrológico, la longitud del puente fue calculada básicamente, manteniendo la misma ubicación de los estribos existentes y con base al ancho del río que debe ser mantenido de acuerdo con el movimiento hidráulico en los puntos donde están construidos los puentes existentes, así como con los resultados del análisis hidrológico.

Asimismo, la división óptima de tramos en función de la longitud del puente predeterminado fue calculada determinando primero la longitud estándar del tramo a partir del caudal de crecida de diseño. La altura de diseño de la superestructura fue determinada con base a una serie de factores

que incluyen: la longitud del puente, el nivel de crecida de diseño calculado a partir del caudal de crecida de diseño, la altura de la viga determinada a partir de la longitud del tramo, la altura requerida por debajo de la viga, así como el perfil longitudinal proyectado del camino incluyendo los accesos al puente. La altura requerida por debajo de la viga fue determinada manteniendo la altura de tolerancia requerida por las Normas de Diseño de Estructuras Fluviales (borrador) del Japón, por encima del nivel de crecida de diseño.

En la Tabla 4 se presentan los datos básicos del diseño de los puentes del Proyecto, elaborados a través del análisis de cada variable. Los detalles de cada puente se describen en la sección “2-2 Diseño Básico”.

**Tabla 4 Datos básicos del diseño de los puentes del Proyecto**

Rubro		Unidad	Puente Las Limas	Puente Ocongua	Puente Quinama	Puente Muhan
Plan fluvial	Nivel de crecida de diseño	m	139.760	237.690	255.670	295.540
	Caudal de crecida de diseño	m <sup>3</sup> /s	530	390	330	440
	Velocidad de flujo de diseño	m/s	4.4	3.6	4.3	3.0
	Altura de tolerancia debajo de la viga	m	1.0	1.0	0.8	1.0
	Elevación del espacio debajo de la viga	m	140.959	241.486	258.600	298.183
	Longitud estándar de tramos	m	20.0	20.0	12.5	20.0
Plan de Puentes	Ubicación	m	Ubicación original	Ubicación original	19m aguas arriba del puente existente	Ubicación original
	Long. del puente	m	32.000	65.000	39.000	65.000
	División de tramos	m	31.100	3@20.767	2@18.600	3@20.767
	Elevación mínima del espacio debajo de la viga	m	140.842	241.283	258.118	298.018
	Altura de la estructura	m	1.93	1.73	1.63	1.73
	Altura de la superficie del puente	m	142.772	243.013	259.748	299.748
	Ancho total	m	9.700	9.700	9.700	9.700
Desvío alternativo	Necesidad	-	Necesario	Necesario	No es necesario	Necesario
	Ubicación	-	Aguas arriba	Aguas abajo	-	Aguas abajo
	Material	-	Materiales disponibles localmente	Materiales disponibles localmente	-	Materiales disponibles localmente
Terrenos de construcción	Necesidad de comprar	-	No es necesario	No es necesario	Necesario	No es necesario
	Terreno para el desvío alternativo	-	No es necesario	Necesario	No es necesario	Necesario

### 2-2-1-2 Lineamientos Básicos del Diseño

#### (1) Lineamientos sobre las condiciones naturales

##### a) Temperatura y humedad

Los sitios de construcción de los cuatro puentes se hallan dentro de la zona subtropical con temperaturas y humedades altas. Es importante tomar en cuenta que estas condiciones climáticas constituyen el factor que puede afectar más en el mantenimiento de los puentes, en el caso de que

estos sean metálicos.

En el caso de construir puentes de concreto, se requiere mucha precaución en el proceso de curado tal como el control de la temperatura, etc..

#### b) Precipitación pluvial y nivel de agua de los ríos

La precipitación pluvial máxima mensual observada en la estación pluviométrica de Teustepe, en la cercanías del Puente Las Limas es de aproximadamente 300mm (precipitación media anual: aprox. 900mm). La precipitación pluvial máxima mensual observada en la estación pluviométrica de Muhan en la cercanía de los puentes Ocongua, Quinama y Muhan es de 400mm (precipitación media anual: aprox. 2,100mm). El año en Nicaragua se divide claramente en las épocas seca y de lluvias, y la precipitación pluvial se concentra en su mayoría durante la segunda.

Los resultados del análisis hidrológico indican que el movimiento hidráulico varía mucho según los ríos. Sin embargo, los ríos donde se propone construir los puentes nuevos son pequeños o medianos y no se están tomando en cuenta los datos observados del nivel de agua, a la vez que faltan datos suficientes para efectuar el diseño. Por lo tanto, se identificaron que los resultados del análisis pueden diferir sustancialmente con las condiciones reales y es necesario conocer en forma general las condiciones de cada río realizando encuestas en su respectiva zona de influencia.

Por otra parte, esta situación local constituye un factor que puede afectar considerablemente al plan de ejecución de obras y al cronograma, debiendo tomar en cuenta suficientemente las condiciones reales al momento de diseñar el proyecto. En particular, en el presente Estudio se propone completar las obras que deben realizarse dentro del río (cimentación de las pilares, etc.) duante la época seca.

#### c) Diseño sismoresistente

Nicaragua es un país sísmico en el que han ocurrido varios eventos grandes, incluyendo el terremoto que ha devastado el centro de la ciudad de Managua en 1972. En la Figura 4 se presentan los epicentros de los eventos ocurridos en el período 1992-1998.

Como se puede observar en esta Figura, la mayoría de los sismos ocurridos en el país tiene su epicentro en las costas del Pacífico y en la zona volcánica del oeste. También han ocurrido sismos cuyo epicentro estaba en la cercanía de los sitios del Proyecto, por lo que es necesario incorporar el concepto de sismoresistencia al elaborar el diseño de los puentes propuestos.

Nicaragua cuenta con un código de diseño aplicable a las estructuras y edificaciones, denominado “Reglamento Nacional de Construcción-1983”. En el Diseño Básico del presente Proyecto se aplicará la carga sísmica sujeta a este reglamento y todos los puentes serán sismoresistentes.

#### d) Arrastre y profundidad de la cimentación

Se reportaron varios casos de desastres de huracanes, etc., en los que los puentes fueron colapsados y arrastrados porque la cimentación fue socavada. Tomando en cuenta este hecho, se determinará cuidadosamente la profundidad de construcción de la cimentación, de modo que ésta pueda soportar los efectos del arrastre del lecho durante las crecidas.

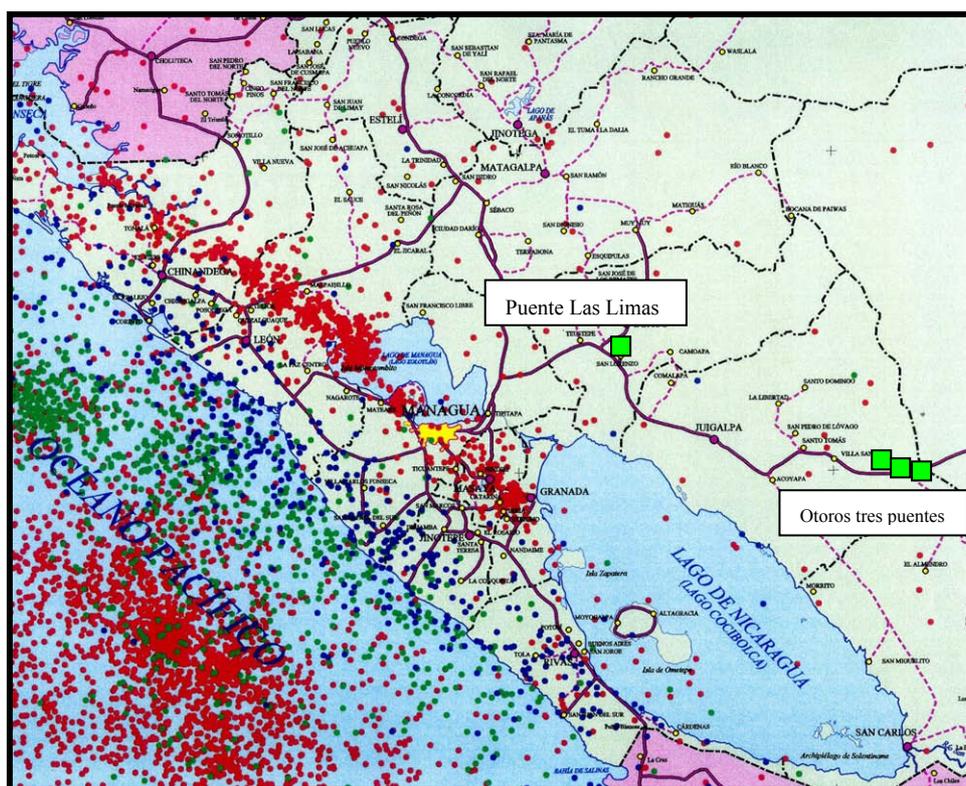


Figura 4 Distribución de epicentros de los eventos ocurridos entre 1992 y 1998 en Nicaragua

(2) Lineamientos sobre el volumen y cargas de tránsito

En la Tabla 5 se presentan los resultados del estudio de volumen actual de tránsito en los sitios del Proyecto. El tránsito en la NIC. 7 se caracteriza por el alto porcentaje de circulación de vehículos grandes y pesados, el cual puede aumentar aún más a medida que vaya avanzando el proyecto de rehabilitación del Puerto El Rama.

Tabla 5 Volumen actual de tránsito en los puentes objeto del Proyecto

Tramos	Direcciones	Volumen de tránsito 12 horas (veh./12 horas)									Vol. tránsito 24 horas (veh./día)	Volumen 12 horas	
		Auto-móvil	Pick-up	Camioneta	Autobuses	Camión pesado	Semi-volquete	Motocicleta	Vol. tránsito 12 horas	% de vehículos pesados		Bicicleta (veh.)	Peatones (personal)
Pte. Las Limas	Hacia El Rama	272	274	10	89	260	41	23	-	-	-	72	40
	San Benito	269	302	12	80	270	35	25	-	-	-	68	33
	Total	541	576	22	169	530	76	48	1962	39,5%	2,354	140	73
Pte. Muhan	Hacia El Rama	50	85	1	35	114	2	11	-	-	-	5	50
	Hacia San Benito	54	86	2	34	119	2	9	-	-	-	5	71
	Total	104	171	3	69	233	4	20	604	50,7%	725	10	121

Fuente: Resultados del estudio realizado por la Misión de Estudio de Diseño Básico (septiembre de 2005)

Nota: El volumen de tránsito de 24 h fue determinado aplicando una relación de volumen diurno-nocturno de 1.2 según la información del volumen de tránsito medido por el MTI en la NIC. 7.

El volumen de tránsito de los Puentes Ocongua y Quinama se estimó igual al del Puente Muhan debido a que dichos puentes están ubicados cerca del Puente Muhan. Por consiguiente, el sondeo del conteo del volumen de tránsito se llevó a cabo únicamente en el Puente Muhan.

En cuanto a los vehículos pesados, en la actualidad es casi imposible restringir el tránsito de los vehículos sobrecargados que superen la carga normal, aunque existen reglamentos que especifican el peso de cada tipo de vehículos, así como casetas de inspección y básculas móviles para su control. Por lo tanto, en el presente Proyecto se propone definir las condiciones de diseño de acuerdo con los vehículos que transitan en la realidad. Asimismo, se mantendrá la coherencia con las bases de diseño de otros puentes construidos en los anteriores proyectos de Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón.

### **(3) Lineamientos sobre el uso de equipo, materiales y mano de obra disponibles localmente**

#### **a) Hierro de refuerzo, materiales de acero, acero para PC**

El hierro de refuerzo para el concreto armado de hasta 32mm de diámetro puede conseguirse en el mercado nacional o en los países vecinos. Sin embargo, no existe ningún sistema que garantice su calidad. Asimismo, los productos de acero incluyendo perfiles y los materiales de acero para PC apenas se consiguen en el mercado local y no existe una planta con un nivel técnico confiable para trabajar estos materiales.

Por lo tanto, los materiales que serán utilizados en el presente Proyecto serán comprados ya sea en Japón o en un tercer país, estableciendo un sistema que permita inspeccionar su calidad.

#### **b) Materiales para el concreto**

##### **1) Agregados gruesos**

Existen varias canteras a lo largo de la NIC. 7 que han sido utilizadas en las obras de rehabilitación ejecutadas hasta ahora y la piedra triturada sin cribar ha sido extraída casi en su totalidad. Sin embargo, se considera conveniente utilizar una de estas canteras existentes, puesto que para su uso sólo se requerirá de trámites simplificados ante del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (de aquí en adelante denominado “MARENA”).

##### **2) Agregados finos (arena)**

De acuerdo con el estudio en campo, es imposible comprar los agregados finos para el concreto a lo largo de la NIC. 7, tanto es así que en la ejecución de obras de construcción del atracadero del Puerto El Rama se tuvo que comprar estos materiales en Managua y transportarlos hasta el sitio del proyecto. Por lo tanto, se considera que también para el presente Proyecto será necesario transportar los agregados finos desde Managua, aunque el precio será encarecido por la distancia del transporte.

##### **3) Cemento**

En Nicaragua existe una planta cementera que produce el cemento desde clinker, al norte de Managua. Si bien es cierto que el producto que esta empresa maneja es el cemento mezclado y no del tipo Portland, en un proyecto supervisado por nuestra empresa (Proyecto para la Rehabilitación y Reconstrucción de los Puentes sobre las Carreteras Principales- Fase II) se ha utilizado el cemento mezclado, pudiendo comprobar que la resistencia como material para la construcción de puentes era suficiente. Por lo tanto, también en el presente Proyecto se contempla comprar el cemento

disponible en el lugar.

#### 4) Concreto asfáltico

En las cercanías de Managua y de San Benito a lo largo de la NIC. 7 existen plantas de asfalto de una empresa dinamarquesa que producen concreto asfáltico para pavimentación. Sin embargo, esta planta propiedad de la empresa dinamarquesa van a ser desmanteladas al concluir el proyecto en mayo de 2006 y no será posible utilizarlas. Por lo tanto, el concreto asfáltico para la pavimentación del presente Proyecto será comprado en una planta ubicada en las cercanías de Managua.

#### c) Maquinaria y equipo para la construcción

Existen en Nicaragua empresas que alquilan la maquinaria de construcción de Komatsu, Caterpillar, etc., por lo que se puede alquilar maquinaria común. Sin embargo, entre la gama de productos que ofrecen estas empresas no se incluyen las maquinarias especiales, como por ejemplo, grúa sobre orugas grandes. Sólo existe una empresa guatemalteca que ofrece una grúa oruga de 70 toneladas de este tipo. Considerando esta situación, en la elaboración del plan de ejecución de obras, se tomará como premisa utilizar una grúa oruga de 70 toneladas para aquellas obras que puedan ser construidas con grúa.

#### d) Constructoras, técnicos y mano de obra locales

En Nicaragua existen varias empresas constructoras, ingenieros y trabajadores con suficiente experiencia en la construcción de puentes ejecutada bajo el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable (incluyendo puentes de concreto actualmente en construcción). Sin embargo, en lo que se refiere a las técnicas y experiencias de trabajo con miembros de PC las mismas son muy escasas, por lo que para las obras que requieran de alta tecnología o las obras para las que los recursos locales no estén familiarizados, se propone enviar a los ingenieros desde el Japón. Sin embargo, en lo que se refiere a otro tipo de ingenieros y técnicos, como política básica se procurará utilizar la mano de obra y la tecnología local en la mayor medida de lo posible.

### **(4) Lineamientos sobre las normas aplicables de diseño y ejecución de obras**

Recientemente, Nicaragua ha elaborado sus propias “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes” basadas en la AASHTO de los EE.UU. El diseño del presente Proyecto, en lo concerniente al ancho, carga viva de diseño, resistencia estándar de materiales locales que sean utilizados en las obras, la carga sísmica, etc., estará sujeto a las normas nicaragüenses. Para el resto de los rubros, se aplicarán las “Especificaciones de los caminos y puentes, y sus aclaraciones” (Japan Road Association, marzo de 2002) que reúnen las normas y guías japonesas, de acuerdo con lo discutido con el MTI.

### **(5) Lineamientos sobre el alcance de responsabilidades para la ejecución de obras**

Debido a que los puentes objeto del Proyecto, exceptuando el Puente Quinama, serán construidos sobre el trayecto de las carreteras existentes, el alcance de la ejecución de las obras del presente Proyecto incluye, además de la construcción de cada uno de los puentes objeto, la construcción de los respectivos caminos de acceso o aproximaciones, los cuales se intersectarán con

las carreteras existentes. Considerando la planificación del trabajo de construcción de los cuatro puentes, así como el cambio en el alineamiento de los caminos de acceso con el fin de no tener problemas, para el caso del Puente Quinama se tiene planificado construir el nuevo puente a 19m aguas arriba del puente existente, así como la reconstrucción de los caminos de acceso al mismo, los cuales van desde la parte trasera de los estribos hasta unirse con la carretera existente.

#### **(6) Lineamientos sobre la instalación de señalización aérea**

Se procederá a la instalación de señalización aérea, indicando guía direccional y carteles que indiquen que los puentes están siendo reconstruidos bajo la cooperación del Japón en los Puentes Las Limas y Muhan.

#### **(7) Lineamientos sobre el período y métodos de ejecución de obras**

Se contemplan aproximadamente 18 meses para la ejecución de las obras de construcción de los puentes del Proyecto. El cronograma será elaborado con la premisa de iniciar en agosto simultáneamente las obras de los cuatro puentes. El plan deberá tener como meta satisfacer el requerimiento técnico de concluir las obras a ejecutarse dentro de los ríos (cimentación, etc.) antes de la llegada de la época de lluvias, puesto que septiembre u octubre corresponde a un poco antes de iniciar la época seca. Tomando en cuenta los lineamientos de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, se considera conveniente ejecutar esta asistencia solicitada al Japón bajo el esquema de bonos estatales, el cual permite la ejecución en varios años fiscales.

### **2-2-2 Plan Básico**

#### **2-2-2-1 Condiciones y Metodología de Diseño**

##### **(1) Condiciones hidráulicas**

Se definieron los parámetros básicos del Proyecto a partir de la precipitación pluvial probable y del caudal. La precipitación pluvial probable fue determinada con base a los datos históricos, mientras que el caudal fue determinado de la sección del río según los resultados del levantamiento, así como de las trazas de inundaciones históricas. Para el dimensionamiento de las obras, se aplicó un período de retorno de 50 años, tomando en cuenta la dimensión y la vida útil de los puentes construidos anteriormente en Nicaragua a través de los proyectos de Cooperación Financiera No Reembolsable.

##### **a) Caudal de diseño**

El caudal de crecida de diseño fue determinado mediante la fórmula racional para las cuencas de menos de 50 km<sup>2</sup> de superficie o combinando varias fórmulas para las cuencas más grandes. La información base utilizada para este cálculo incluye el nivel de agua y el caudal en las crecidas históricas, según las encuestas realizadas a la comunidad local, su relación con la precipitación diaria, así como la relación caudal-superficie de cuenca (caudal específico) en una cuenca con similares condiciones meteorológicas y topográficas. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6 Resultados del cálculo del caudal de crecida de diseño de los puentes objeto del Proyecto**

Variables	Puente Las Limas	Puente Ocongua	Puente Quinama	Puente Muhan
Precipitación pluvial de diseño (mm/día)	140	160	160	160
Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	97.0	58.0	18.8	49.0
Longitud total del curso (m)	18,400	13,500	6,600	10,500
Pendiente de la cuenca	1/31	1/61	1/25	1/88
Pendiente del cauce	1/210	1/210	1/110	1/410
Velocidad de llegada de las crecidas (m/s)	4.7	2.1	3.4	2.1
(Montañas de la parte superior y planicie de la parte inferior)	2.1	2.1	3.5	3.0
Tiempo de llegada de las crecidas (h)	2.0	1.8	0.5	1.3
Intensidad de lluvias (mm/h)	30	37	88	46
Coefficiente de escorrentía	0.65	0.65	0.7	0.7
Caudal de descarga (m <sup>3</sup> /s)	525	387	322	438
Caudal de crecida de diseño (m <sup>3</sup> /s)	530	390	330	440

b) Nivel de crecida de diseño

El nivel de agua en función del caudal de diseño para la sección de diseño se determina, por lo general, a partir de la estimación del nivel de crecida planificado mediante los procedimientos del cálculo hidrológico. Así, para el presente Proyecto, se determinó el nivel de crecida planificado que se muestra en la Tabla 7. La altura de tolerancia debajo de la viga de cada puente fue determinada a partir del caudal de diseño conforme a las normas japonesas (Ordenanza Gubernamental para Estándar Estructural para las Instalaciones de Manejo de Ríos), cuyos resultados se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 7 Resultados del cálculo del nivel de crecida de diseño de los puentes objeto del Proyecto**

Variables	Puente Las Limas	Puente Ocongua	Puente Quinama	Puente Muhan
Caudal de crecida planificado (m <sup>3</sup> /s)	530	390	330	440
Nivel de crecida planificado (m)	139.760	237.690	255.670	295.54
Coefficiente de rugosidad: n	0.035	0.035	0.035	0.035
Pendiente del cauce: i	1/210	1/210	1/110	1/410
Área transversal del flujo: A (m <sup>2</sup> )	120.67	108.47	78.55	148.0
Longitud del perímetro mojado: (m)	36.51	44.75	40.27	47.77
Profundidad hidráulica promedio: R (m) [ = A/P ]	3.30	2.42	1.95	3.1
Velocidad del agua : v (m/s) [Fórmula de Manning]	4.4	3.6	4.3	3.0
Caudal de crecida: Q (m <sup>3</sup> /s) [ = A x v ]	530.94	390.48	337.75	444.05

**Tabla 8 Caudal de diseño y altura de tolerancia debajo de la viga**

Caudal de crecida planificado (m <sup>3</sup> /s)	Altura de tolerancia debajo de la viga (m)
Menos de 200	0.6
Más de 200 y menos de 500	0.8
Más de 500 y menos de 2,000	1.0
Más de 2,000 y menos de 5,000	1.2
Más de 5,000 y menos de 10,000	1.5
10,000 ó más	2.0

c) Ancho del río

Generalmente un río con nivel de agua normal mantiene una determinada anchura, según las condiciones de caudal, pendiente del lecho, granulometría de los materiales del lecho, por lo que se tienen varias fórmulas propuestas para estimar su ancho. Por lo general, un río con nivel de agua normal tiene una sección que permite drenar la crecida que se produce cada dos años (dos años de probabilidad), a partir de la cual se puede determinar el ancho del río. Para el presente Proyecto, se determinó el ancho de los ríos necesario para mantener la sección para drenar el caudal de diseño, sin alterar el ancho aguas arriba y abajo de los puentes nuevos.

Concretamente, se investigó el ancho aguas arriba y debajo de los sitios propuestos para los puentes nuevos, utilizando las fotografías aéreas del pasado y las recientes. Considerando que existen varios tramos cuyas riberas no están claras en las fotografías aéreas, las cuales fueron tomadas en el pasado y en años recientes, se determinó como el ancho del río al espacio que incluye también los bosques ribereños y se realizaron las mediciones 10 km hacia arriba y hacia abajo de los sitios proyectados.

d) Profundidad de arrastre del lecho o socavación

La altura de la cimentación del pilar fue definida tomando en cuenta el efecto de socavación o arrastre del lecho que puede producirse por la presencia del pilar. La profundidad del arrastre del lecho, según las normas japonesas, debe ser más de 2.0m medidos desde el lecho de diseño o desde la parte más profunda del lecho, cualquiera que sea el más bajo. Por lo tanto, en el presente Proyecto, se determinó la profundidad de la cimentación del pilar a más de 2.0 m medidos desde la parte más profunda del lecho.

Para los estribos, la cimentación deberá estar lo suficientemente profunda en la roca de base o en una capa de soporte apropiada de esquisto de barro, grava, etc., debiéndose ejecutar la obra de protección de piso si es necesaria (base de cimentación).

e) Protección de las orillas

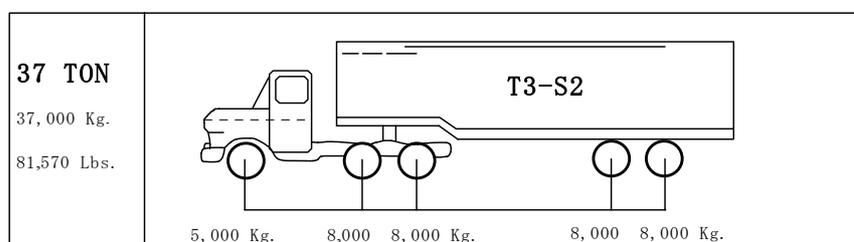
Para proteger las orillas del río alrededor del puente se construirán muros de protección 15ml aguas arriba y 20ml aguas abajo del puente, de acuerdo con la magnitud del caudal. En cuanto a la profundidad de la cimentación de estos muros, se determinará si es mayor a  $1.5 \times D$  (ancho del pilar), medida desde la parte más profunda del lecho o en la base de cimentación si la profundidad es menor.

En cuanto a la altura, los muros de mampostería de canto rodado, etc., se construirán hasta una altura menor al nivel de crecida de diseño y luego se recurrirá a la protección vegetal para una altura mayor. Las orillas de los caminos de acceso alrededor de los estribos también deberán ser debidamente protegidas.

## (2) Carga viva de diseño

La carga de diseño será definida para soportar la carga de tránsito real, tomando en cuenta los siguientes aspectos, aplicándose una carga viva estipulada en la AASHTO HS20-44 incrementada un 25 % adicional.

- El MTI ha solicitado a la Misión aplicar una carga viva de diseño para los puentes que sean construidos sobre la NIC. 7 de HS20-44 + 25 %.
- Los países centroamericanos han acordado aplicar una carga viva de diseño equivalente a HS20-44 + 25 % para las estructuras que deben soportar el tránsito de los remolques pesados.
- Nicaragua establece el límite de la carga sobre un eje según el tipo de vehículos y la carga máxima definida supera el valor estipulado por HS20-44 (AASHTO) (véase la Figura 5).
- En realidad, por las vías circulan numerosos vehículos que no cumplen con dicho límite de carga sobre un eje.
- En el Estudio de Diseño Básico para el Proyecto para la Rehabilitación y Reconstrucción de los Puentes sobre las Carreteras Principales-Fase II se demostró la relevancia de aplicar una carga viva de diseño de HS20-44 + 25 %, después de realizar la medición de la carga sobre un eje de los vehículos que transitan.



**Figura 5 Carga máxima tolerable y carga sobre un eje establecidas en Nicaragua**

## (3) Carga sísmica

El coeficiente sísmico horizontal para el diseño sismoresistente en Nicaragua está estipulado por el “Reglamento Nacional de Construcción”. Con base a esta tabla, el coeficiente sísmico horizontal aplicable a los cuatro puentes del presente Proyecto se define combinando las siguientes categorías: 1) zonificación de la intensidad sísmica (seis zonas); 2) tipo de la estructura (Siete tipos. El puente corresponde al Tipo 3); 3) prioridad de las obras (prioridades A, B y C, según este orden); y 4) importancia de la estructura (grupos 1, 2 y 3 según este orden de importancia. El puente corresponde al Grupo 1). En la Tabla 9 se muestran los valores de coeficiente sísmico horizontal de diseño aplicados a los puentes del Proyecto.

**Tabla 9 Coeficiente sísmico horizontal de diseño en los puentes conforme las normas nicaragüenses**

Categoría	Puente Las Limas	Puente Ocongua	Puente Quinama	Puente Muhan
Zonas	ZONA-3	ZONA -2	ZONA -2	ZONA -2
Tipo de la estructura	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3
Nivel de ejecución	A	A	A	A
Importancia de la estructura	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1
Coeficiente sísmico horizontal de diseño (tentativo)	0.220	0.115	0.115	0.115

#### (4) Resistencia de los materiales

##### a) Resistencia estándar de diseño del concreto para la superestructura de PC

La resistencia estándar de diseño del concreto para la superestructura de PC será la siguiente.

- Viga principal  $\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- Vigas transversales  $\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

##### b) Resistencia estándar de diseño del concreto reforzado

La resistencia estándar de diseño del concreto reforzado a ser utilizado en los miembros de la subestructura, cimentación, muros, barandas, etc., será la siguiente.

$$\sigma_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$$

##### c) Resistencia estándar de diseño del concreto simple

La resistencia estándar de diseño del concreto simple a ser utilizado en los miembros de concreto de nivelación, relleno entre aceras, etc., será la siguiente.

$$\sigma_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$$

##### d) Hierro de refuerzo

Las barras de refuerzo a ser utilizadas en el presente Proyecto serán las que satisfacen la norma SD345. El esfuerzo al punto de cedencia del hierro de refuerzo será el siguiente.

$$\sigma_{sy} = 345 \text{ N/mm}^2$$

##### e) Acero para PC

- Vigas principales: Cable de acero PC 7S12,7 (SWPR7BL)
- Vigas transversales: Cable de acero PC1S19,3 (SWPR19L)

#### (5) Procedimientos de definición de luces

En la Figura 2-6 se muestran los procedimientos de definición de la longitud de tramos. En la Tabla 10 se muestran los resultados del cálculo de la longitud de tramos de los cuatro puentes objeto del Proyecto, según los procedimientos descritos anteriormente.

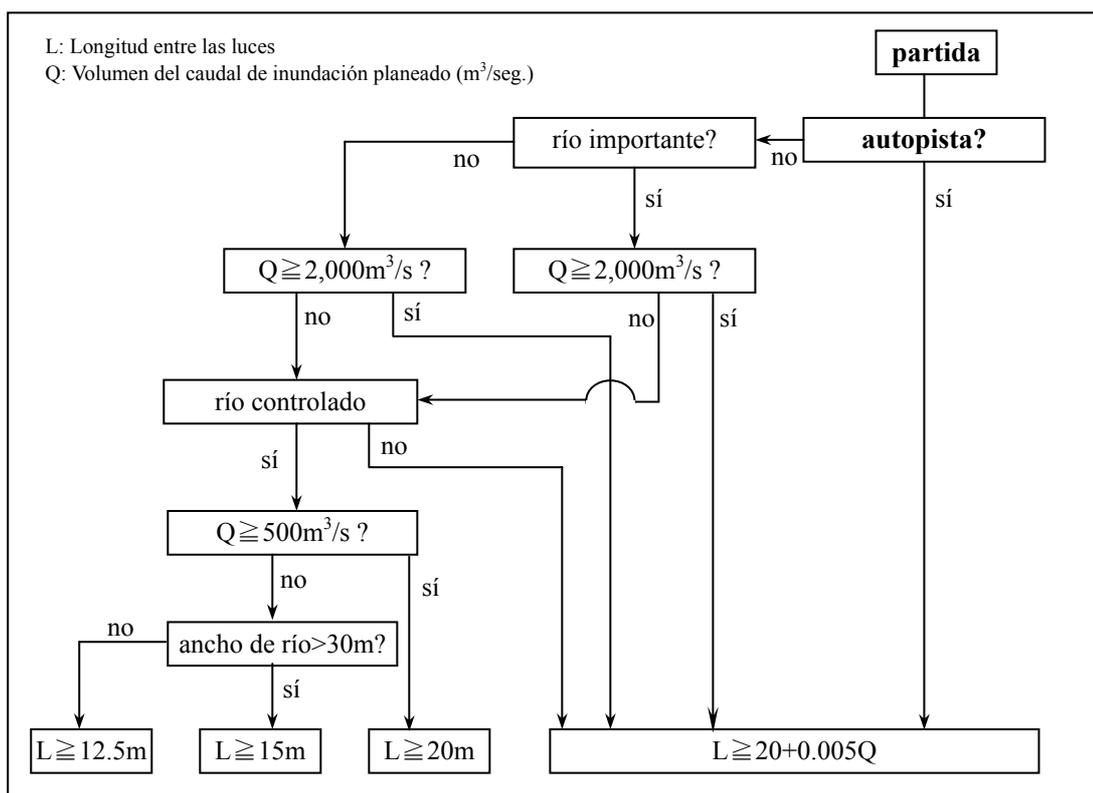


Figura 6 Procedimientos de determinación de la longitud de tramos

Tabla 10 Resultados del cálculo de longitud de tramos de los puentes objeto del Proyecto

Ítem	Puente Las Limas	Puente Ocongua	Puente Quinama	Puente Muhan
Clasificación Vial	Ruta Nacional	Ruta Nacional	Ruta Nacional	Ruta Nacional
El río es importante?	No	No	No	No
Caudal de crecida planificado Q (m <sup>3</sup> /s)	530	390	330	440
Q ≥ 2000m <sup>3</sup> /s?	No	No	No	No
El río es controlado?	No	No	No	No
Q ≥ 500m <sup>3</sup> /s?	Si	Si	No	Si
Ancho del río > 30m?	↓	↓	No	↓
Longitud del tramo estándar	L ≥ 20m	L ≥ 20m	L ≥ 12.5m	L ≥ 20m
Longitud del tramo actual	9.33+12.26+9.33 =30.92m	19.59+24.34+19.59 =63.52m	19.12+19.12 =38.24m	19.59+24.34+19.59 =63.52m
Determinación de la longitud de tramos	L ≥ 30.92m	L ≥ 20m	L ≥ 19.12m	L ≥ 20m

(5) Tabla para la selección de los tipos de puentes

a) Tabla para la selección de la superestructura

En la Tabla 11 se muestra el tramo estándar para la selección del tipo de superestructura.

**Tabla 11 Tramo determinado conforme al estándar**

Tipo de Superestructura	Luz recomendada para el puente			Para curva		Comparación de viga/luz	
	50 m	100 m	150 m	Estruct.	Losa		
Puente de acero	Losa compuesto c/ viga				sí	sí	1/18
	Viga de plancha simple				sí	sí	1/17
	Viga de plancha continua				sí	sí	1/18
	Viga de caja simple				sí	sí	1/22
	Viga de caja continua				sí	sí	1/23
	Celosía simple				no	sí	1/9
	Celosía continua				no	sí	1/10
	Viga "Langer" invertida				no	sí	1/6,5
	Viga "Rose" invertida				no	sí	1/6,5
	Arco				no	sí	1/6,5
Puente de PC	Viga pre-tensada				no	sí	1/15
	Losa de caja				sí	sí	1/22
	Viga de "T" simple				no	sí	1/17,5
	Losa compuesta simple				no	sí	1/15
	Losa compuesta unida				no	sí	1/15
	Losa compuesta continua				no	sí	1/16
	Viga de caja simple				sí	sí	1/20
	Viga de caja (voladizo)				sí	sí	1/18
	Viga de caja continua (empuje o soporte)				sí	sí	1/18
	Est. rígida como "π"				no	sí	1/32
Puente de RC	Losa de caja				sí	sí	1/20
	Arco continua relleno				sí	sí	1/2

b) Tabla para la selección del tipo de subestructura

En la Tabla 12 se presenta la selección del tipo de subestructura.

**Tabla 12 Cuadro de Selección de Subestructura**

Tipo	Forma	Altura aplicada (m)			Condiciones aplicadas
		10	20	30	
Estribo	1. Sistema de gravedad	■			La base de sostén es poco profunda. Es apropiada en el caso de una base directa.
	2. Sistema de T invertida	■			Es una forma frecuente, usada para la cimentación directa sobre pilotes.
	3. Sistema de contrafuertes		■		Apropiado cuando el estribo es alto. Se utiliza poco material pero el periodo de la obra es largo.
	4. Sistema de cajón		■		Es un sistema desarrollado para un estribo alto. El periodo de la obra es relativamente largo.
Pilas	1. Tipo columna		■		Apropiado para las pilas bajas, las condiciones de cruce difíciles, ríos de caudal medio, etc.
	2. Sistema Rahmen (marco rígido)		■		Apropiado para los puentes anchos con pilas relativamente altas. En caso de inundaciones, puede impedir la corriente del agua en el río.
	3. Sistema de pila de pilotes		■		Es el sistema mas económico pero no es apropiado para los puentes con gran resistencia horizontal. Además, en caso de inundaciones, puede impedir la corriente del agua en el río.
	4. Sistema ovalado		■	■	Apropiado para los puentes con las pilas altas y la fuerza externa grande.

c) Tabla para la selección del tipo de cimentación

En la Tabla 13 se muestra la selección del tipo de cimentación.

**Tabla 13 Tabla de selección del tipo de cimentación**

Forma básica		Cimentación sobre pilotes		Cimentación sobre pilotes con perforación media					Cimentación sobre pilotes en el lugar			Base Caisson								
				Pilotes PHC		Pilotes de tubo de hierro			Revestimiento total	Inverso	Taladro de Tierra	Base profunda	Neumática	Abierta	Base de revestimiento de tubo de hierro	Base de pared continua subterránea				
				Método de impacto final	Método de agitación por efusión de aire	Método de impacto en hormigón	Método de impacto final	Método de agitación por efusión de aire									Método de impacto en hormigón			
Condiciones de selección		Base directa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		Pilotes RC	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Pilotes PHC	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		Pilotes de tubo de hierro	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Método de impacto final	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		Método de agitación por efusión de aire	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Método de impacto en hormigón	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Método de impacto final	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Método de agitación por efusión de aire	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Método de impacto en hormigón	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Revestimiento total	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Inverso	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Taladro de Tierra	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Base profunda	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Neumática	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Abierta	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de selección		Base de revestimiento de tubo de hierro	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Base de pared continua subterránea	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Condiciones del suelo	Condiciones hasta la capa de apoyo	Hay una capa muy blanda en la capa intermedia	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Hay una capa muy dura en la capa intermedia	○	×	△	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	△	○	○	
		Hay gravas en la capa intermedia	Diámetro de grava menos de 5 cm	○	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
			Diámetro de grava 5 cm – 10 cm	○	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
			Diámetro de grava 10 cm – 50 cm	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	Hay una capa de tierra que quedará licuada	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Condiciones de la capa de base	Profundidad de capa de apoyo	Menos de 5 m	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
			5-15 m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			15-25 m	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			25-40 m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40-60 m			×	×	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
Más de 60 m		×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
Tipo de suelo de la capa de apoyo		Arcilloso ( $20 \leq N$ )	○	○	○	○	○	×	△	○	×	△	○	○	○	○	○	○	○	
	Suelo arenoso, pedregullo ( $30 \leq N$ )	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de agua subterráneas	Gran inclinación (mas de 30°)	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	△	△	○	△	△	△		
	Hay muchas ondulaciones en la superficie de la capa de apoyo	○	△	△	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	△	△	○		
	El nivel del agua subterránea está cerca de la superficie	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○		
Características de la estructura	Escala de carga	Poca carga perpendicular(tramos a menos de 20 m)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		Carga normal perpendicular(tramos entre 20 m – 50 m)	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		Gran carga perpendicular(tramos a más de 50 m)	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		Poca carga horizontal respecto a la vertical	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Sistema de soporte	Gran carga horizontal respecto a la vertical	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Pilote de apoyo	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Condiciones de ejecución	Obras sobre el agua	Profundidad de agua de menos de 5 m	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		Profundidad de más de 5 m	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	Espacio de trabajo estrecho	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
	Obras de pilotes inclinados	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Influencia de gases tóxicos	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Ambiente en las cercanías	Solución contra ruidos y vibraciones	○	×	×	×	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	△	○	
		Influencia contra estructuras vecinas	○	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

Nota : ○-Alta adaptabilidad, △-Hay adaptabilidad, ×-Hay poca adaptabilidad

#### **(6) Caminos de acceso y pavimentación**

Para el diseño de los caminos de acceso, básicamente se mantendrá la misma sección que los caminos actuales, incluyendo la estructura de pavimentación. La superficie del puente y los caminos de acceso serán pavimentados con concreto asfáltico.

#### **(7) Medidas contra el arrastre del lecho (o socavación) y la protección de las orillas**

Para contrarrestar los efectos del arrastre del lecho, los pilares serán construidos a una profundidad mayor de los 2.0m medida desde la parte más profunda del lecho o se construirán sobre la roca de base.

Los estribos se deberán construir a una profundidad suficiente, colocando una base de cimentación sobre la roca de base o una capa de soporte apropiada de esquisto de barro, grava, etc., debiendo ejecutar obras de protección si es necesario. Para los casos de los Puentes Las Limas y Quinama, la protección de las orillas se llevará a cabo colocando gaviones en los alrededores de los estribos, incluyendo también la protección del terraplén de los estribos y sus alrededores.

#### **(8) Metodología de diseño**

El diseño del puente se realizará básicamente mediante el método de esfuerzos permisibles. En el caso de que se ejecuten las obras con los materiales disponibles localmente tal como se describió anteriormente, para los esfuerzos permisibles, se adoptarán las normas y directrices del Japón con el fin de mantener la congruencia con la metodología de diseño y el coeficiente de seguridad de los materiales en base al diseño de otros puentes reconstruidos bajo el esquema de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón.

## 2-2-2-2 Plan Básico del Puente Las Limas

### (1) Plan general

**Tabla 14 Perfil del proyecto del Puente Las Limas**

Parámetros	Atributos	Descripción / cuantificación	Notas
Alcance del Proyecto		1) Diseño y construcción del Puente Las Limas 2) Construcción de los caminos de acceso y protección de las orillas	
Alineamiento	Planta	Lineal	
	Sección longitudinal	Pendiente longitudinal del puente = 0.04 %	
Estructura, contenido	Puente nuevo	Longitud del puente L = 32.0m Ancho total W = 9.7m Ángulo $\theta = 0^\circ$ (puente recto) Superficie del puente A = 310.4m <sup>2</sup> Tipo de la superestructura = puente de viga T simple de PC Montaje de la superestructura = montaje por el método de la viga de erección Estribos = T invertida (dos), altura = 9.0m Cimentación = cimentación directa Pavimento de la superficie = 256.0m <sup>2</sup> Pavimento asfáltico caliente (t = 5.0cm)	Guía de pavimentación asfáltica
	Caminos de acceso	Ancho total = 9.7m Longitud total: detrás del estribo A1 = 11.4 m detrás del estribo A2 = 11.3 m Calzada = Pavimento asfáltico caliente (t = 5.0cm) Hombros = Pavimento asfáltico simple (t = 3.0cm)	Guía de pavimentación asfáltica Guía de pavimentación asfáltica simple
	Losa de aproximación	Ancho total = 8.0m Longitud = 5.0m	
	Protección de las orillas	Ubicación: Taludes alrededor de los estribos Estructura: Gaviões	

**Tabla 15 Volumen estimado de obras del Puente Las Limas**

Obras	Descripción	Unidad	Vol. estimado	Notas	
Puente nuevo	Concreto (40 N/mm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	142.9		
	Ídem (30 N/mm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	26.1		
	Ídem (24 N/mm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	15.9		
	Trabajo de encofrado	m <sup>2</sup>	1060.6		
	Cables y barras de acero para PC	ton	7.2		
	Hierro de refuerzo	ton	18.2		
	Pavimento de la superficie (asfalto caliente)	m <sup>2</sup>	256.0	t = 50mm	
	Baranda	m	32.0		
	Subestructura	Excavación para la cimentación	m <sup>3</sup>	2,690	
		Concreto para el cuerpo estructural (24 N/mm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	406	
		Trabajo de encofrado para el cuerpo estructural	m <sup>2</sup>	518	
Hierro de refuerzo		ton	40.6		
Relleno		m <sup>3</sup>	2,283		
Caminos de acceso	Terraplén	m <sup>3</sup>	0.0		
	Subbase (capa superior e inferior)	m <sup>2</sup>	203.4		
	Losa de aproximación (concreto)	m <sup>3</sup>	36.0		
	Pavimentación asfáltica (caliente)	m <sup>2</sup>	192.0		
Protección de las orillas	Gavión	m <sup>2</sup>	420.0		

## **(2) Plan de construcción de obras (puentes, caminos de acceso y protección de las orillas)**

### a) Nivel de agua de diseño, altura de tolerancia debajo de la viga, altura de diseño de la superficie del puente

La altura de tolerancia debajo de la viga para la longitud del puente establecida, se determinó como se muestra en la Tabla 8. Los procedimientos del cálculo consistieron en lo siguiente: primero se determinó la longitud del puente en función del ancho del río en el sitio propuesto de construcción y la ubicación óptima de los estribos, la cual se describe más tarde; luego se determinó la altura de tolerancia debajo de la viga en función del nivel y del caudal de crecidas de diseño para esta longitud del puente. Dado que el Proyecto consiste en construir un puente nuevo en el mismo lugar donde se encuentra el puente actual, se mantendrá la misma altura de diseño de la cubierta del puente.

### b) Ubicación de los estribos y longitud del puente

#### 1) Estribo A1 (margen izquierda)

El Estribo A1 de la margen izquierda será ubicado detrás del Estribo A1 del puente actual. Dado que la estructura actual (A1) es relativamente estable, puesto que no se observan daños como los efectos de arrastre del lecho por inundaciones o deterioro, etc., además porque el cauce local tiene una forma suave relativamente estable en forma de S aguas arriba y abajo del puente actual, se decidió mantener la misma forma lineal de la obra de protección de la orilla.

\*Ubicación del Estribo A1: 0+184

#### 2) Estribo A2 (margen derecha)

El Estribo A2 de la margen derecha será ubicado detrás del estribo actual, puesto que el ancho requerido del río en este tramo es de 29m según los cálculos hidrológicos y debido a que la longitud del puente debe ser de 32m al considerar el ancho del río, la altura de tolerancia y el ancho del asiento del puente.

\*Ubicación del Estribo A2: 0+216

Longitudinalmente, la dimensión de este estribo se determina por la conexión con el camino existente. Dado que la altura de tolerancia debajo de la viga va a ser aproximadamente de 1.08m, este valor supera la altura de tolerancia requerida (de 1.0m) que se determina por el caudal del río.

### c) Ancho del puente

Véase la Tabla 14.

### d) Determinación del número de tramos

La ordenanza de las estructuras fluviales en Japón establece cumplir con la longitud estándar de tramos en función del caudal de crecida de diseño "Q", considerando la necesidad de restringir el número de pilares para evitar que se estanquen ramas, troncos, etc., que son arrastrados por la corriente del río.

Estas normas fueron resumidas en la Figura 6. Al aplicar estas normas, la longitud estándar del tramo sería  $L \geq 20m$ . Por lo tanto, este puente va a contar con un tramo con una longitud de 32m (que es la longitud del puente).

#### e) Selección del tipo de superestructura

De la longitud actual del puente (30.92 m) y del caudal de crecida de diseño ( $Q = 740 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se determinó que el puente nuevo tendrá un tramo de  $L \geq 30.92 \text{ m}$  de longitud. Para la selección del tipo de superestructura, se elaboraron cuatro opciones que satisfacen esta longitud de tramo, tomando como referencia lo descrito en la Tabla 11, realizándose el análisis comparativo pertinente (Véase la Tabla 16 de análisis comparativo).

- Opción 1: Puente de viga T simple de PC ( $L = 32.0\text{m}$ ) (montaje utilizando la viga de erección)
- Opción 2: Puente con vigas compuestas de acero simplemente apoyadas ( $L = 32.0\text{m}$ ) (montaje por el método de grúa acodada o doblada)
- Opción 3: Puente de pórtico simple de concreto reforzado PRC ( $L = 32.0\text{m}$ ) (todas las etapas)
- Opción 4: Puente de Viga T pretensada PC de dos tramos ( $L = 2@16.0 = 32.0\text{m}$ ) (montaje utilizando la viga de erección) [información referencial]

De los resultados del análisis comparativo, se concluyó que la Opción 1 (puente de viga T simple de PC) es la superestructura óptima a ser elegida por las experiencias acumuladas en Nicaragua, por su economía, por la facilidad del mantenimiento, por su trabajabilidad y por el potencial de transferencia tecnológica, etc. Cabe recordar que la Opción 4 ha sido incluida en la Tabla solamente como una información referencial, puesto que sólo satisface la longitud del tramo actual, no así la longitud estándar de tramo del puente nuevo.

#### f) Selección del tipo de estribos

##### 1) Ubicación de las bases de los estribos

El lecho de la cimentación de los estribos debe estar más bajo que la parte más profunda del lecho actual (136.183m) y debe penetrarse la capa de arena/grava (capa de soporte).

##### 2) Tipo de estribos

Se determinó la altura de los estribos a partir de la ubicación del lecho de cimentación especificada en el inciso anterior y a la altura de diseño de la calzada. Los resultados son los siguientes.

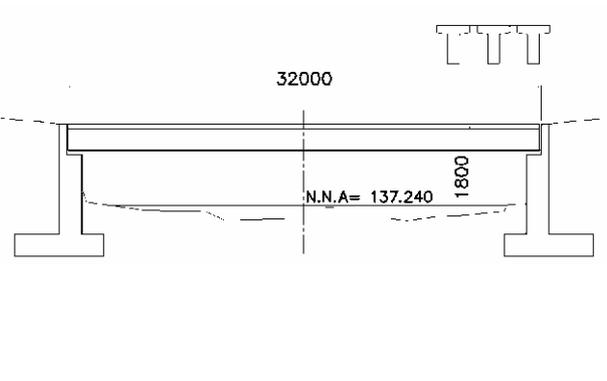
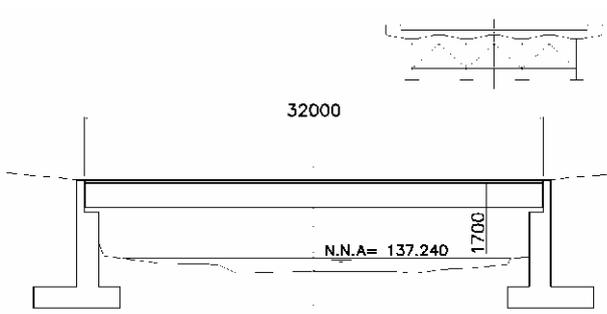
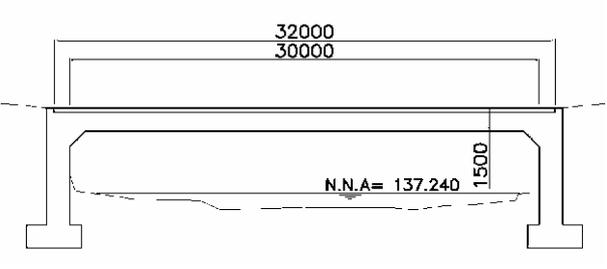
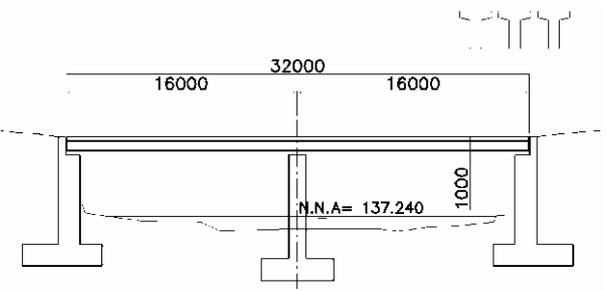
- Estribo A1:  $H = 9.0\text{m}$
- Estribo A2:  $H = 9.0\text{m}$

El tipo de los estribos en Japón se determina en base a la altura de los mismos. Con base a lo descrito en la Tabla 12, "Selección del tipo de subestructura". Por la altura de diseño de los estribos del presente Proyecto, se determinó que los estribos A1 y A2 serán del tipo T invertida.

#### g) Selección del tipo de cimentación

El estudio de suelos se realizó en dos puntos: en la terraza fluvial (SLL-2) de la parte frontal del Estribo A1 del puente existente y detrás del Estribo A2 (SLL-1). La geología en el punto SLL-2 está constituida por un suelo arenoso, arena/grava, roca base, etc., mientras que la del punto SLL-1 está constituida por suelo arenoso, gravas, arena/grava, roca base, etc.

**Tabla 16 Análisis comparativo de diferentes opciones para el Puente Las Limas**

Opciones	Descripción
<p><b>Opción 1: Puente de viga T simple de PC</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es el tipo de puente adoptado en los proyectos de Cooperación Financiera No Reembolsable ejecutados en el pasado en Nicaragua.</li> <li>La viga principal será fabricada en el patio que se construye detrás de los estribos.</li> <li>Permite utilizar el patín superior como losa, pudiendo acortar el tiempo requerido para la construcción de losas in situ.</li> <li>El puente, al no tener pilares, es la mejor opción desde el punto de vista de obstrucciones al flujo de agua del río.</li> <li>Es una excelente opción en cuanto al mantenimiento, puesto que básicamente la obra no requiere de mantenimiento.</li> <li>El puente, al no tener pilares, es la mejor opción en cuanto al período de construcción de obras.</li> <li>El montaje se realiza por el método de viga de erección.</li> <li>Tanto la superestructura como la subestructura pueden ser fabricadas en Nicaragua casi en su totalidad.</li> <li>Es el tipo con mayor potencial en Nicaragua y puede realizarse la transferencia tecnológica.</li> <li>Es la opción que presenta la mayor ventaja económica.</li> </ul>
<p><b>Opción 2: Puente con vigas compuestas de acero simplemente apoyadas</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este tipo de puente ha sido adoptado en varios proyectos de cooperación bilateral de EE.UU. y otros países.</li> <li>La superestructura es la menos pesada entre las cuatro opciones y es sismoresistente. Sin embargo, es costosa por ser una estructura metálica.</li> <li>Es la segunda opción con el período de ejecución más corto, después de la Opción 1.</li> <li>El montaje se realiza con grúa acodada.</li> <li>Requiere de un costo de mantenimiento (para la pintura). Sin embargo, en un país donde no se tiene suficiente presupuesto, frecuentemente no se realiza el mantenimiento adecuado.</li> <li>Las vigas de acero deben ser fabricadas en Japón o en un tercer país.</li> <li>La construcción es costosa por ser un puente de acero y requiere un costo de mantenimiento, por lo que económicamente hablando es la más desfavorable entre las cuatro opciones.</li> </ul>
<p><b>Opción 3: Puente de pórtico simple de concreto reforzado PRC</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructuralmente no tiene ningún problema en especial y es la opción menos costosa entre las cuatro opciones.</li> <li>La viga principal debe ser fabricada dentro del río mediante el método de todas las etapas, etc., durante la época lluviosa, lo cual constituye un peligro durante las crecidas.</li> <li>Básicamente no requiere de mantenimiento.</li> <li>Es el tipo de estructura que provee una mejor transitabilidad por no incluir apoyo o juntas de expansión.</li> <li>Presenta dificultades técnicas, como por ejemplo, es difícil asegurar la calidad en los ángulos donde se concentran los esfuerzos. Por lo tanto, es difícil realizar la asistencia técnica en comparación con las opciones 1 y 2.</li> </ul>
<p><b>(Opción 4: Puente de Viga T pretensada PC de dos tramos [información referencial])</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es el tipo de puentes adoptado en los proyectos de Cooperación Financiera No Reembolsable ejecutados en el pasado en Nicaragua.</li> <li>La calidad es la mejor entre las cuatro opciones porque las vigas pretensadas se fabrican en la planta.</li> <li>Permite utilizar el patín superior como losa, pudiendo acortar el tiempo requerido para la construcción de losas in situ.</li> <li>Es una excelente opción en cuanto al mantenimiento, puesto que básicamente la obra no requiere de mantenimiento.</li> <li>Los tramos del puente actual son de 9.33+12.26+9.33m. La longitud estándar del tramo que se calcula con base al caudal de crecida de diseño es de 20m o más, por lo que esta opción no se puede adoptar.</li> </ul>

Nota : N.N.A. – Normal Nivel de Agua

Considerando que la cimentación de una estructura importante como lo son los puentes debe estar lo suficientemente profunda sobre un suelo estable, se determinó construir la cimentación del Estribo A1 sobre la capa de arena/grava y la del Estribo A2 sobre la capa de grava, ambas con valores de “N” de 50 o mayores. Estas capas de soporte se distribuyen a una profundidad relativamente superficial (lecho) de menos de 9m desde la calzada. Se construirán zapatas directas colocadas sobre bases de cimentación colocadas sobre las capas de arena/grava y de grava, respectivamente.

h) Altura debajo de la viga

Como se indicó en el numeral a) “Nivel de agua de diseño”, la altura de diseño del puente será definida en base a la conexión con los caminos de acceso en ambos lados del puente. La altura debajo de la viga se define en 1.0m, que es la altura de tolerancia requerida.

i) División de responsabilidades

De conformidad con los lineamientos básicos de diseño descritos en la sección 2-2-2-1, las obras de construcción de los caminos de acceso al Puente Las Limas que cubre la cooperación japonesa consistirán en el área de excavación para los estribos + obras de protección (10m) en ambas márgenes.

Dentro de las obras de construcción de la calzada de estos caminos de acceso se construirán las losas de aproximación de 5m de largo (y 40cm de espesor) detrás de cada estribo, en la forma estipulada en las guías de construcción japonesas. La superficie de estas losas de aproximación y de la cubierta del puente será recubierta solamente con concreto asfáltico, mientras que el resto será pavimentado con capa asfáltica desde la subbase.

j) Obras de protección de las orillas y de los estribos

Con el objeto de proteger las orillas del río y los estribos, se construirán muros de protección en las orillas colocando gaviones aguas arriba y abajo del puente, y en la parte frontal de los estribos.