

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
REPÚBLICA DE COSTA RICA

**EL ESTUDIO
SOBRE
EL DESARROLLO DE CAPACIDAD
EN
LA PLANIFICACIÓN DE REHABILITACIÓN,
MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE PUENTES
BASADO EN
29 PUENTES DE LA RED DE CARRETERAS NACIONALES
EN
COSTA RICA**

**INFORME FINAL
2 de 3
TEXTO PRINCIPAL**

Febrero 2007

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

**Oriental Consultants Company Limited
Chodai Company Limited**

SD

JR

07-07

El siguiente Tipo de Cambio fue aplicado en el Proyecto:

USD 1.00 = 116.91 JPY (Agosto 2006)

USD 1.00 = 515.86 CRC (Agosto 2006) CRC: Costa Rica Colon

PRÓLOGO

En respuesta de la petición del Gobierno de la Republica de Costa Rica, el Gobierno de Japón ha decidido conducir El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica confiándolo a la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA)

JICA selecciono y despacho un equipo de estudio liderado por el Dr. Masaaki TATSUMI de Oriental Consultants Co., Ltd. El equipo consiste en la asociación de Oriental Consultants Co., Ltd. Con Chodai Co. Ltd para Costa Rica, entre Septiembre del 2005 y Enero del 2007.

El equipo sostuvo debates con los oficiales interesados del Gobierno de Costa Rica y dirigió la asistencia técnica para Desarrollo de Capacidad en el mantenimiento de puentes y la rehabilitación así como también el refuerzo y el diseño de rehabilitación de los 10 puentes seleccionados en el área de estudio. Al regresar a Japón, el equipo desarrollo estudios adicionales y preparó este informe final en febrero del 2007.

Espero que este informe contribuya a desarrollar su aptitud en el mantenimiento y la rehabilitación de puentes de Costa Rica, y para el realce de relación acogedora entre nuestros dos países.

Finalmente, quiero expresar mi sincero elogio para los oficiales interesados del Gobierno de Costa Rica y su estrecha cooperación durante el estudio.

Febrero 2007

Kazuhisa MATSUOKA

Vicepresidente

Agencia de Cooperación Internacional de Japón

CARTA DE REMISIÓN

Febrero 2007

Mr. Kazuhisa MATSUOKA,
Vicepresidente
Agencia Cooperación Internacional de Japón (JICA)
Tokyo, JAPÓN

Tenemos el placer de enviarles el Reporte Final de El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica

El Estudio fue desarrollado por Oriental Consultants Co., Ltd en sociedad con Chodai Co. Ltd. durante el periodo de Septiembre del 2005 a Enero del 2007. Al dirigir el Estudio, completamos la asistencia tecnica para el Desarrollo de Capacidad en el mantenimiento y rehabilitación de puentes asi como en el rerefuerzo y diseños de rehabilitación de los 10 puentes seleccionados.

Deseamos tomar esta oportunidad para expresar nuestro agradecimiento a los funcionarios de JICA, Ministerio de Asuntos Internacionales de Japon, Ministerio de Obras Publicas y Traspportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), Oficina de JICA Costa Rica y de la Embajada de Japón en Costa Rica por su cooperación durante el Estudio.

Finalmente, deseo que este reporte contibuya a cooperacion de Costa Rica.

Atentamente,

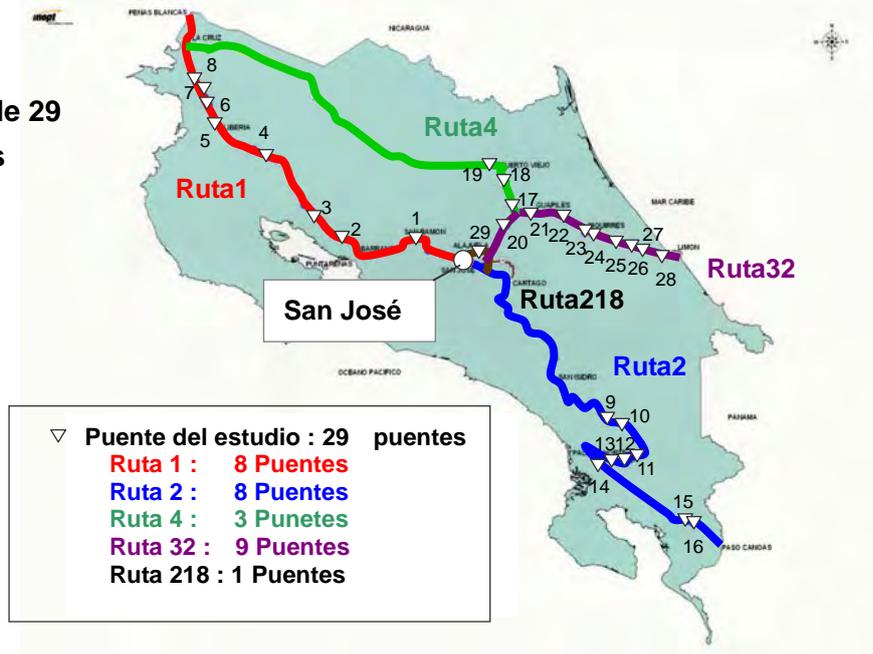
Masaaki TATSUMI

Lider del Equipo, Equipo de Estudio de El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica

Mapa de Ubicación del Proyecto



Ubicación de 29 puentes



Resumen del Proyecto

1. País	República de Costa Rica
2. Nombre del Estudio	El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación de rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica
3. Agencia de Contraparte	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
4. Objetivos del Estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia en el Desarrollo de Capacidad de la Rehabilitación, Planeamiento, Mantenimiento y Administración de Puentes • Implementación de Inspección, Diagnóstico y Plan de Rehabilitación y Refuerzo para puentes en vías • Establecimiento de Herramientas de Mantenimiento de Puentes (Sistema de Administración de Puentes (SAP), Manuales y Lineamientos)
1. Área de Estudio <ul style="list-style-type: none"> • 29 Puentes de las Rutas Nacionales (Ruta 1, 2, 4, 32, 218) incluyendo el Plan de Rehabilitación y Refuerzo de 10 Puentes • Agencias Gubernamentales, Involucrados relevantes en el Mantenimiento de Puentes. 	
2. Componentes del Estudio <ol style="list-style-type: none"> 1) Formulación e implementación del Programa de Desarrollo de Capacidad para Mantenimiento y Administración de Puentes <ol style="list-style-type: none"> a) Diferencia de Capacidad b) Formulación de Políticas Básicas en el desarrollo de capacidad c) Implementación del Desarrollo de Capacidad 2) Evaluación de las Condiciones Existentes (Inspección/Diagnóstico): en 29 puentes <ol style="list-style-type: none"> a) Establecer el Método de Inspección e Implementación del sitio de inspección b) Establecer el Método de Evaluación de las deficiencias del Puente y la selección de los 10 puentes prioritarios 3) Formulación del Plan de Rehabilitación y Refuerzo para puentes : sobre 10 puentes <ol style="list-style-type: none"> a) Implementación de la Inspección detallada b) Implementación de los estudios de las condiciones naturales (Condiciones del Río, Examinación Geologica) c) Implementación de las Pruebas de Carga del Puente (la transferencia técnica del procedimiento de prueba es el objetivo principal) d) Exámen y Selección del Plan de Construcción para la rehabilitación y refuerzo e) Elaborar los diseños y dibujos de la rehabilitación y refuerzo f) Implementación del plan de construcción preliminar, estimación de costos y análisis económico. g) Implementación del EAI y reuniones de involucrados, formulación de asistencia de los terminos de referencia e impacto ambiental 4) Establecimiento de las Herramientas para el mantenimiento y administración de puentes (SAP, Manuales y Lineamientos) 	
3. Descripción <p>Desarrollo de Capacidad La “Valoración de Diferencia de Capacidad” fue desarrollada basada en varias entrevistas con las instituciones relevantes con el fin de comprender los problemas de la administración de puentes en los niveles Individual, Organizacional y Socio/Institucional. A través del Método de CAP (Problemas & Análisis de Objetivos), Políticas Básicas y programas de DC, lo cual comprende 13 prototipos modulares de proyecto, fueron formulados. Como soporte principal para el programa de implementación del programa, el “Grupo Consultivo de Administración de Puentes (GCAP)” fue organizado por sectores con miembros de sectores Público-Privado-Académico. Para el realce de la implementación, fueron agrupados 5 proyectos modulares integrados y ubicados en 5 grupos de trabajo formando el “Grupo Consultivo de Administración de Puentes (GCAP)” para preparar la “Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)” y los planes de Acción (PO). Durante el periodo de Estudio, el Desarrollo del Recurso Humano propenso a la mejora de las capacidades individuales mediante la anticipación de prioridades en el inicio del programa a gran escala, mientras la estructura organizacional fue propuesta para el desarrollo de la capacidad organizacional por el Equipo de Estudio. Al final del Estudio, se diseñó y se desarrollo un seminario para la región del PPP en conjunto con la agencia de contraparte de Costa Rica para esparcir inicialmente las entradas/salidas entre los países del PPP. A través de las presentaciones de la contraparte en el seminario, se verificó el proceso escalonado del desarrollo de capacidad.</p> <p>Plan de Rehabilitación & Refuerzo para el Mantenimiento y Administración de Puentes Los sitios de inspección fueron tomados en el estudio de 29 puentes y se estableció el método de evaluación para la deficiencia de puentes. Se seleccionaron 10 puentes prioritarios para implementar la inspección detallada, planeación y diseño de rehabilitación/refuerzo, planes de construcción, estimación de costos y análisis económico. Después de determinar procedimientos guías se elaboraron estatutos de mantenimiento de puentes en Costa Rica. Es más otras herramientas suplementarias fueron elaboradas como por ejemplo, Manuales de Inspección, Manual de Operación del SAP y Lineamientos para la administración de puentes.</p>	
4. Conclusiones y Recomendaciones <ul style="list-style-type: none"> • Fueron extraídos y delineados 5 proyectos modulares a través del Estudio. Es recomendado que la administración del puente deba debidamente implementar en conformidad con esos 5 proyectos modulares integrados para futuro de la administración de puentes en Costa Rica. • Es recomendable que el GCAP así como los Grupos de Trabajo se enfocan en operaciones ininterrumpidamente como se muestra en los siguientes aspectos. <ul style="list-style-type: none"> ➢ Mejora de la Capacidad Individual de los oficiales del MOPT y CONAVI ➢ Desarrollo a Largo Plazo en Desarrollo de Recursos Humanos y el Intercambio de Información Técnica ➢ Mejora de Regulaciones y Estándares ➢ Promoción de Políticas de Normas Gubernamentales y Relaciones Públicas • Se requiere de Monitoreo Continuo y Evaluación de Salidas del Proceso de Desarrollo de Capacidad 	

RESUMEN DEL ESTUDIO

Período de Estudio: A partir de Setiembre, 2005 hasta Febrero, 2007

Contraparte: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Consejo Nacional de Vialidad

R.1 Antecedentes y Objetivos del Estudio

La Red Vial de Costa Rica es de 35,000 km en longitud total y comprende la carretera internacional llamada Carretera Panamericana. Ya que el transporte predominante en Centro América es de tipo terrestre comparado con el transporte marítimo o aéreo, la mejora de la red vial es un factor clave en el desarrollo e integración de la economía en la región. Consecuentemente, es de comprensión general que el mantenimiento de carreteras deberá producir impactos inmensos y en la región de tipo socio-económicos en Centro América.

Siendo que la mayoría de los 1,330 puentes en la carretera nacional sufren de un severo deterioro causado por los sismos, los ríos e incremento del volumen de tráfico, la deficiencia en el mantenimiento de carreteras ha permitido que esos daños alcancen niveles cada vez más críticos. El Plan de Desarrollo Nacional de Costa Rica establece que la rehabilitación de puentes en las carreteras destinadas para el transporte de camiones es particularmente clave para acelerar el crecimiento de la economía en el país.

Debidos a estas razones, el Gobierno de Costa Rica solicitó al Gobierno de Japón implementar la asistencia técnica en el sistema de administración de puentes. En respuesta a esta solicitud se decidió conducir el Estudio, con una muestra de 29 puentes en las carreteras de transporte de camiones pesados, enfocado en la asistencia para el desarrollo de capacidad para el reforzamiento, rehabilitación y administración de puentes con el siguiente calendario.

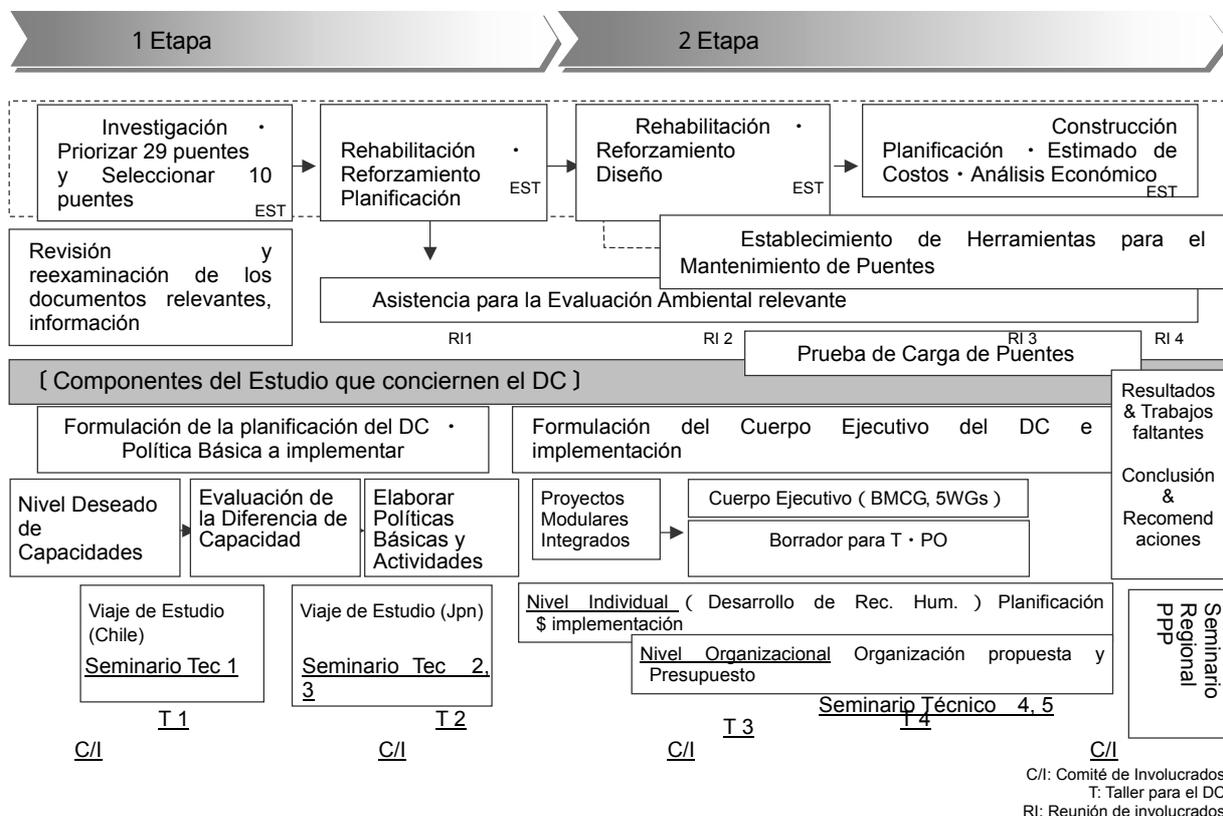


Figura 1.1. Componentes y Proceso Esquemático del Estudio

R.2 Revisión y Examen de Documentos y Datos relevantes

Las condiciones nacionales y socio-económicas se revisaron en los siguientes ítems.

- Condiciones naturales: geografía, clima, sismos.
- Estado socio-económico: uso de los suelos, datos de la población/índice social, economía e industria
- Estado actual de la red vial
- Estado actual del mantenimiento de carreteras

R.3 Condición existente de los Puentes y estado del mantenimiento de Puentes

Para comprender el estado actual de los puentes y el mantenimiento de puentes, se examinaron los siguientes ítems.

- Condición existente de los puentes en Costa Rica
- Estándares de Diseño de Puentes
- Mantenimiento de Puentes (Organización ejecutiva, sistema de mantenimiento de puentes)

R.4 Evaluación de la Diferencia de Capacidad

La evaluación de la diferencia de capacidad a gran escala se condujo juntamente con los oficiales contraparte del MOPT y CONAVI para poder evaluar las capacidades a nivel “individual”, “Organizacional” e “Institucional y social” en términos del mantenimiento de puentes y por lo tanto identificar los problemas existentes. La evaluación se implementó a través de las entrevistas con instituciones relevantes:

- a) MOPT, los departamentos relacionados y oficinas regionales
- b) CONAVI, los departamentos relacionados y oficinas regionales
- c) Otros ministerios gubernamentales y agencias relevantes tales como Ministerio de Salud, MIDEPLAN, CNC, MINAE, SETENA, etc.
- d) Universidad de Costa Rica e institutos de investigación relacionados como LANAMME
- e) Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
- f) El Sector privado tales como los contratistas y compañías de diseño
- g) Usuarios como los conductores de camiones, pasajeros y ciudadanos

Los procedimientos para la evaluación de la diferencia de capacidad incluyen los siguientes pasos. 1) Diseño de las hojas de puntaje de la evaluación de la diferencia de capacidad, 2) Entrevistas y recopilación de datos/información de los involucrados relevantes, 3) Evaluación preliminar de la diferencia de capacidad y la evaluación de la diferencia de capacidad a gran escala. El análisis de la ACP (Administración del Ciclo del Proyecto) incluye el análisis del problema y el análisis de objetivos se empleo para resolver el atasco que no permite la administración de puentes ideal.

Después del análisis del problema, el problema principal del “Mantenimiento de Puentes

Inapropiado” se derivó de i) una capacidad de mantenimiento de puentes insuficiente, ii) una débil estructura organizacional en el mantenimiento de puentes, iii) presupuesto insuficiente para el mantenimiento de puentes, iv) un reforzamiento insuficiente de las leyes, regulaciones y estándares, y v) un conocimiento insuficiente de la administración del mantenimiento de puentes.

R.5 Políticas Básicas Para el Desarrollo de Capacidad

Para poder resolver los problemas identificados por el análisis del problema, el programa para la administración total del mantenimiento de puentes y la rehabilitación, el cual está compuesto por un grupo de 13 proyectos modulares prototipo que se propone por medio del análisis objetivo y el análisis alternativo.

R.6 Implementación del Desarrollo de Capacidad para el Programa de Mantenimiento de Puentes Comprensivo

Los 13 proyectos modulares prototipo identificados fueron integrados en 5 proyectos modulares a gran escala. Al formular la MDP (Matriz de Diseño del Proyecto), se refiere al programa de mantenimiento de puentes como el grupo de 5 proyectos modulares a gran escala .

<i>Proyecto Modular Integrado 1 (PM-1): Proyecto de Construcción de la Capacidad Individual MOPT y COMAVI</i>		
1	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para la Inspección y Diagnóstico	Nivel "Individual"
2	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para la operación del SAP, la selección prioritaria y la Rehabilitación, Planificación de Puentes	Nivel "Individual"
3	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para implementar la rehabilitación de Puentes	Nivel "Individual"
<i>Proyecto Modular Integrado 2 (PM-2): Proyecto de Construcción Institucional para MOPT y CONAVI</i>		
1	Proyecto de Fortalecimiento Institucional para la Dirección de Puentes del MOPT	Nivel "Organizacional"
2	Proyecto de Fortalecimiento Institucional para el Nuevo Dept. relacionado a Puentes de CONAVI	Nivel "Organizacional"
<i>Proyecto Modular Integrado 3 (PM-3): Proyecto de Desarrollo de Recursos Humanos a largo plazo y de intercambio técnico</i>		
1	Proyecto de Desarrollo de Recursos Humanos a largo plazo	Nivel "Individual"
2	Proyecto de intercambio público-privado- académico-técnico	Nivel "Organizacional"
3	Proyecto de Intercambio Técnico de los países miembros del PPP	Nivel "Social"
<i>Proyecto Modular Integrado 4 (PM-4): Proyecto de Mejora de regulación y estándares</i>		
1	Proyecto de Mejora de Regulaciones Técnicas y Estándares de Diseño	Nivel "Institucional"
2	Proyecto de Mejora de la Gestión de Regulaciones y Procedimientos	Nivel "Institucional"
<i>Proyecto Modular Integrado 5 (PM-5): Proyecto de la Promoción y Defensa de las Relaciones Públicas</i>		
1	Proyecto de la Defensa de la Administración de Bienes para las Autoridades Financieras y de Planificación	Nivel "Institucional"
2	Proyecto de Relaciones Públicas y Defensa de los Usuarios de los Puentes	Nivel "Social"
3	Proyecto de Relaciones Públicas y Defensa de los	Nivel "Social"

Como un cuerpo principal para la implementación del programa de desarrollo de capacidad “Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes (GCMP)”, consiste de representantes de varias organizaciones y fue establecido para formar 5 grupos de trabajo. Para concretar la implementación del programa, se elaboró un borrador preliminar del DET y el PO. El DET y el PO a gran escala se formularán como el plan de 5 años en el curso de una serie de

reuniones del GCMP realizadas en el año fiscal 2007 para que se pueda iniciar el plan en el año fiscal 2008.

Como parte de la asistencia del desarrollo de capacidad organizacional, el equipo de estudio propuso una estructura organizacional y un presupuesto para el mantenimiento de puentes.

Para lograr extenderse a los países miembros del PPP, se realizó el Seminario Regional PPP al final del estudio, lo cual permitió introducir el lineamiento y extender los resultados del estudio a los países vecinos en la administración de puentes.

R.7 Desarrollo de Recursos Humanos

El Desarrollo de Recursos Humanos juega un papel en el programa de desarrollo de capacidad a nivel individual, lo que comprende principalmente las actividades de entrenamiento técnico para la administración de puentes. Estas actividades se anticiparon al inicio del desarrollo del programa y se refirieron como medidas del programa (proyecto modular integrado 1, 3).

Las Actividades de entrenamiento técnico se han introducido e iniciado esencialmente proyectándose al equipo de las contrapartes técnicas al principio del estudio. Estas actividades se practicaron como Entrenamiento en el Sitio de Trabajo (EST) y en los seminarios técnicos para realzar el conocimiento, las habilidades y las actitudes. Además, se puede notar que se realizó el Viaje de Estudio al Extranjero para obtener efectos suplementarios y amplificar la efectividad en ambos el entrenamiento técnico y la divulgación.

R.8 Condiciones Existentes e Inspección del Sitio de los Puentes del Estudio

Se examinaron e inspeccionaron visualmente los 29 Puentes del Estudio (17 puentes de viga de concreto, 12 puentes de viga de acero). Los documentos y datos relevantes, por ejemplo: se recolectó y revisó los inventarios de puentes en el MOPT, planos, historia de la reparación, volumen de tráfico, mapa topográfico, información del río para poder comprender la condición de cada puente. Los ingenieros de puentes del MOPT se unieron al equipo de Estudio para implementar la inspección visual de todos los puentes como un “Entrenamiento en el Sitio de Trabajo”, usando efectivamente las hojas de inspección.

Miembro	Resultados (Deterioro)	Puente No.	Comentarios (Causas Posibles)
Superestructura	La losa está dañada severamente.	14 puentes	El volumen de tráfico pesado es una de las causas principales. Todos los puentes en la Ruta 1 tienen daños en sus losas, mientras que los puentes en la R.2 que fueron construidos entre 19060 y 1970 lo mismo que los de la R.1.
	Se observan daños en los nudos de conexión entre el larguero y la viga transversal	Cercha de Acero	Causado por la falta de rigidez en el marco de cubierta
	Los apoyos se rompieron por un terremoto (las vigas principales están mal ubicadas por 10 cm en dirección transversal)	No.26, 27, 28	Los puentes ubicados en la Ruta 32 cerca del Puerto de Limón es donde ocurrieron los terremotos de 1991
	Las deformaciones de las vigas principales se observan en los puentes de viga de cajón de PC.	No.17, 20	Causada presuntamente por un control de calidad insuficiente durante la construcción.

	Se observa el colapso del talud alrededor del bastión.	La mayoría de los puentes	
Subestructura	Se observa socavación alrededor de la fundación en las pilas o bastiones.	Algunos de los Puentes	En el Puente No. 16, la fundación de la pila está expuesta más de 2 m por debajo de la parte inferior de la fundación debido a la socavación.
Accesorios	Daños en las juntas de expansión y las barandas.	29 puentes	Mantenimiento Insuficiente
Medidas Antisísmicas	Contra medidas insuficientes para el fallo del Puente (reforzamiento: alargamiento de la subestructura: traslape de la longitud de las vigas, sobre el ancho de la meseta de asiento del puente		
Contra medidas para carga viva	Capacidad de carga insuficiente contra HS20-44+25%	Los Puentes en la R.1 y la R.2 se diseñaron con H15-S12 de carga viva y los puentes en otras rutas se diseñaron con HS20-44.	

R.9 Selección de los 10 Puentes para la Rehabilitación, reforzamiento

Bajo la colaboración entre los ingenieros de puentes del MOPT y el Equipo de Estudio, se proceso y finalizó la selección de los puentes prioritarios para la rehabilitación de acuerdo con la evaluación de la deficiencia comprensiva de puentes cuyo criterio consiste de un grado de deterioro observado, el peso determinado por la importancia funcional como partes estructurales, lo mismo que el peso determinado por el impacto negativo potencial que esos daños presentes causan al afectar las partes estructurales de los puentes. En el Estudio, se aplicó el Proceso Jerárquico Analítico (PJA), como el método de apoyo de decisión utilizado para la evaluación de la deficiencia de puentes.

Se seleccionaron 10 puentes para la rehabilitación y reforzamiento con base en los resultados de la evaluación de la deficiencia de puentes, y con otros criterios, lo cual es el propósito del Estudio, los resultados del estudio deberán ser aplicados ampliamente y expandirse para el mantenimiento de puentes en Costa Rica.

R.10 Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puente seleccionados

El plan para la rehabilitación, reforzamiento se formuló a través de la evaluación de los resultados de los diseños detallados (Inspección Visual, prueba de la muestra del núcleo del concreto, prueba del martillo schmidt, prueba de fenolfetaleína, detección de la posición del acero de refuerzo, medición del grosor de la placa de acero) y el análisis estructural.

En este caso particular del Estudio, que se requiere verificar y asegurar que la capacidad de carga satisfaga HS20-44+25% y la resistencia sísmica satisfaga los códigos antisísmicos locales, se aplicó un análisis estructural con modelos estructurales computarizados para verificar las fuerzas tensionales o esfuerzos de cada miembro para determinar una necesidad al mismo tiempo que reforzar las condiciones específicas.

La Prueba de Carga de Puentes se condujo principalmente con el objetivo de la transferencia técnica a los ingenieros del MOPT. Con base en los resultados de la medición de la frecuencia del esfuerzo en el puente de la viga de acero, se evaluó la falla de la fatiga para estimar la vida residual.

R.11 Diseño Detallado para los 10 Puentes seleccionados

Método de la rehabilitación, el reforzamiento para los 10 Puentes se resume a continuación.

Tabla 11.1 Superestructura ("O": Método Aplicable)

Miembro	Método	R1			R2			R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29	
		ST	ST	RI	SI	RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
Losas	Incremento del grosor de la losa (lado superior)											
	Adherencia FRP											
	Reemplazo: Losa de PC											
Marco de la Cubierta Viga Principal: Acero	Replacement: frames			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Incremento del espesor de la placa de acero			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Miembros Adicionales			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Reemplazo: Placa de acero			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Cable de Acero			N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
Viga Principal: CR, PC	Incremento del peralte de la viga	N/A	N/A		N/A			N/A		N/A		
	Adherencia FRP	N/A	N/A		N/A			N/A		N/A		
	Adherencia de la placa de acero	N/A	N/A		N/A			N/A		N/A		
Accesorios	Reemplazo de la Junta de Expansión											
	Reparación Apoyo											
	Reemplazo: baranda											
Pavimento	Pavimento Asfáltico											
	Impermeabilización											

Tabla 11.2 Subestructura ("O": Método Aplicable)

Miembro	Metodo	R1			R2		R4		R32		R216	
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29	
		ST	ST	RI	SI,RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI	
Subestructura	Incremento de la sección de la viga											
	Cubierta de concreto											
	Protección del concreto											
Fundación	Agrandar fundación											
	Pilas adicionales	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A		N/A		N/A
Anti-caída	Ensanchar el asiento del Puente, Sistema de limitación de desplazamiento											
	Sistema de Conexión (cadenas)											
Protecciones	Protección del Talud (Mampostería)											

Miembro	Metodo	R1			R2		R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	ST	RI	SI,RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
	Protección del lecho del Río (Gavión)										

R.12 Planificación de la Construcción Preliminar y Estimado de Costo

La ejecución del trabajo para el Proyecto sin cerrar completamente el tráfico es crucial considerando los aspectos socio-económicos, ya que estos puentes están ubicados en las carreteras más importantes de tránsito de camiones pesados en Costa Rica. Se deberá tener un plan para que los trabajos de construcción se ejecuten básicamente en un solo carril del puente para asegurar el tráfico de una vía en el otro lado en todo tiempo. Consecuentemente, el periodo de construcción estimado varía de 60 a 190 días.

El costo estimado para el proyecto es de 360,000 a 3,270,000 Dólares (42,088,000 a 382,300,000 Yenes Japoneses) incluyendo la contingencia que equivale a un 5% del costo directo total.

R.13 Análisis Económico

El objetivo del análisis económico incluye: 1) consideración del método de análisis económico apropiado para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, 2) aplicación este análisis en los 10 puentes seleccionados, y 3) sistematización de este método para extenderlo a otros puentes.

Con base en el “realizar” y “sin realizar” para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, se examinan el costo del proyecto y los beneficios. Los beneficios del proyecto se evalúan como una reducción de costos, estos costos son los que aparecen en el “sin realizar”.

Los costos del proyecto, que están descritos en el Capítulo 12, se convirtieron en el costo económico a ser empleado. Los costos de operación y mantenimiento se calculan al tomar en consideración los costos para la inspección periódica y detallada, el reemplazo del pavimento y el reforzamiento de los miembros de acuerdo con el tipo de puente y el material, etc. Los costos sociales se calcularon con base en el “Costo del Desvío” y el “Costo de Espera” debido a la clausura y restricción del tráfico. El costo de desvío aumenta cuando se da la restricción de tráfico para una dirección durante los trabajos de construcción.

El “Escenario Futuro”, el cual es la base para el análisis, se determina para cada Puente bajo el criterio ingenieril con base en los resultados de las inspecciones y la edad del puente.

Los resultados del análisis muestran que hay 8 puentes que tienen un EIRR el cual excede al 20% y el puente donde se da el NPV más alto (taza de descuento =12%) es el Puente Chirripó (No.26) en la Ruta 32, lo que significa que la rehabilitación y el reforzamiento es bastante efectivo.

R.14 Sistema de Administración Estructural de Puentes (SAEP)

El Equipo de Estudio investigo la condición de los sistemas de información existente para carreteras y puentes para así poder comprender los problemas actuales, antes de la formulación del sistema de administración de puentes.

El Sistema de Administración Estructural de Puentes (SAEP) se estableció como una herramienta de apoyo para tener criterio técnico al implementar las inspecciones, la evaluación, y el análisis y mantenimiento de los componentes estructurales del puente. Las funciones del sistema son las siguientes;

- Función para el registro y la renovación de datos.
- Función para la administración de datos tales como la evaluación de la eficiencia.
- Función para la recuperación de datos incluyendo el inventario de puentes y datos de la inspección de puentes y ventana para la ubicación del puente.
- Función para la salida del inventario de puentes

El Sistema Administra todos los datos relevantes unificados en un solo servidor.

R.15 Herramientas para la Administración del Mantenimiento de Puentes

Se elaboraron como herramientas de apoyo para la Administración de Puentes, 1) Manual de Inspección, 2) Manual de Operación para el Sistema de Administración de Puentes 3) El Lineamiento para la Administración de Puentes.

El manual de inspección se prepara principalmente para los inspectores e ingenieros de puentes, quienes comprenden como implementar el estudio del inventario, los procedimientos de la inspección rutinaria y los métodos para evaluar el deterioro de los puentes. El manual de operaciones se prepara principalmente para el administrador del sistema y los ingenieros de puentes, quienes instruyen los métodos de operación y mantienen el Sistema de Administración Estructural de Puentes. El lineamiento se prepara principalmente para los ingenieros de puentes quienes se encargan de las actividades de mantenimiento de puentes e instruyen el concepto de mantenimiento de puentes, la causa del deterioro del puente, el método de la inspección detallada, el método de la prueba de carga y el método de reparación de puentes.

R.16 Apoyo Técnico para la Examen Ambiental

Durante este estudio, se realizó la investigación de campo en los 10 puentes seleccionados mientras se conducía la recolección de información tal como la revisión de reportajes y entrevistas con agencias u organizaciones ambientales competentes tal como SETENA. Con base en esta información ambiental recopilada, se condujo el EAI del proyecto propuesto. Del EAI se pudo llegar a la conclusión de que no se reconoce un impacto ambiental potencial significativo ya que el proyecto propuesto es un proyecto orientado a la rehabilitación/mantenimiento. Sin embargo, no se puede obviar el impacto ambiental potencial de los factores ambientales tales como la degradación de la calidad del agua temporal, embotellamientos, sonido/vibración, el tratamiento de los desechos de construcción,

la colocación de la construcción, enfermedades infecciosas tales como el dengue y malaria que podrían afectar a los trabajadores de la construcción durante el periodo de esta. Varios lugares donde se encuentran los puentes podrían estar ubicados en áreas cercanas de sitios importantes ecológica y o cultural o dentro de un parque nacional. Además, es posible que varios ocupantes ilegales estén ubicados en dos sitios de puentes.

Ya que se requieren de licencias ambientales para implementar los planes de rehabilitación de puentes propuestos, se discutió las licencias ambientales tanto las de la Ley de Costa Rica de Análisis de Impacto Ambiental como las de los lineamientos de JICA con base en los impactos negativos a ser asociados con el plan de rehabilitación. Las direcciones y los conceptos claves para el desarrollo de los Términos de Referencia de los estudios ambientales al mismo tiempo que el programa de administración ambiental.

Se puede decir que todos los 10 planes de rehabilitación seleccionados se ubican dentro de la “Categoría B1” según la Ley Costarricense AIA y según el Lineamiento de JICA en la “Categoría B2”.

Durante el estudio, las reuniones de involucrados se dieron 4 veces para discutir la información relevante al público, y las preguntas y respuestas que se daban fueron reportadas en la página de internet del MOPT.

R.17 Conclusión y Recomendaciones

A través del “Estudio de Desarrollo de Capacidad en la Planificación de la Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes basado en 29 Puentes de la Red Vial Nacional” se ha comenzado y expandido de manera eficaz el fortalecimiento de la capacidad del mantenimiento de puentes en Costa Rica. Junto con el examen técnico para la rehabilitación de los 29 puentes que incluyen el diseño para los trabajos de reparación de los 10 puentes seleccionados, los cuales representan las características estructurales en su totalidad, al igual que las actividades de defensa múltiple para la Administración de Bienes, la comprensión y entendimiento del concepto de Desarrollo de Capacidad ha sido premiado extensamente con los resultados positivos y eficacia.

A continuación se resume las recomendaciones del estudio.

- 1) Implementar un Programa de Mantenimiento de Puentes comprensivo a través de la formulación de la Estructura de Desglose del Trabajo y el Plan de Operaciones para los 5 Proyectos Modulares Integrados, los cuales deberán finalizar en el año fiscal 2007 y comenzar a partir del año fiscal 2008 hasta los siguientes 5 años.
- 2) Una operación continua sin problemas del GCMP y de los 5 Grupos de Trabajo en las siguientes tareas:
 - Mejora de la Capacidad Individual de los oficiales del MOPT & CONAVI
 - Fortalecimiento de una nueva estrategia para el Departamento de Puentes del MOPT y crear el Departamento de Conservación de Puentes propuesto para CONAVI.
 - Desarrollo de Recursos Humanos a largo plazo e intercambio de información técnica.

- Mejora de Regulaciones y Estándares
 - Promoción de la Defensa de los Oficiales del Gobierno y Relaciones Públicas
- 3) Monitoreo Continuo y Evaluación de los Resultados del proceso del Desarrollo de Capacidad.

**EL ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO DE CAPACIDAD EN LA
PLANIFICACIÓN DE REHABILITACIÓN, MANTENIMIENTO
Y ADMINISTRACIÓN DE PUENTES BASADO EN 29 PUENTES
DE LA RED DE CARRETERAS NACIONALES EN COSTA RICA**

INFORME FINAL

Tabla de Contenidos

1 DE 2: RESUMEN	
2 DE 2: TEXTO PRINCIPAL	
Mapa de Ubicación del Proyecto	
Resumen del Proyecto	
Resumen del Estudio	
Tabla de Contenidos	
Lista de Tablas	
Lista de Figuras	
Abreviaciones	
CAPÍTULO 1 RESUMEN DEL ESTUDIO	1-1
1.1 Antecedente del Estudio	1-1
1.2 Objetivos del Estudio	1-2
1.3 Componentes y Procesos del Estudio	1-3
CAPÍTULO 2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	2-1
2.1 La Condición Nacional	2-1
2.1.1 Geografía	2-1
2.1.2 El Clima	2-2
2.1.3 Fenómenos Sísmicos	2-5
2.2 La Condición Socio-Económica	2-7
2.2.1 El Uso de la Tierra	2-7
2.2.2 Población e Índice Social	2-9
2.2.3 Economía e Industria	2-12
2.2.4 Motorización	2-16
2.3 Condición y Configuración de la Red Vial	2-17
2.3.1 La Clasificación de las Carreteras	2-17
2.3.2 Volumen de Tráfico	2-22
2.3.3 Mantenimiento de Vías	2-25
CAPÍTULO 3 CONDICIONES EXISTENTES DE LOS PUENTES Y EL ESTATUS DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES	3-1

3.1	Lineamiento de Puentes en Costa Rica	3-1
3.2	Estándares de Diseño de Puentes	3-3
3.2.1	Carga de Diseño	3-3
3.2.2	Otras Condiciones	3-6
3.3	Mantenimiento de Puentes	3-9
3.3.1	Organización para la Construcción y Mantenimiento de Puentes ..	3-9
3.3.2	Sistema de Mantenimiento de Puentes en Costa Rica	3-10
CAPÍTULO 4 LA EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA DE CAPACIDAD		4-1
4.1	Objetivos y Procedimientos de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad	4-1
4.2	Resultados de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad	4-6
4.2.1	Organizaciones Gubernamentales	4-6
4.2.2	Organizaciones Académicas y de Investigación	4-16
4.2.3	Sector Privado	4-17
4.2.4	Marco Internacional	4-20
4.3	Resultados Preliminares de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad	4-21
4.4	Base del Problema y Análisis del Problema	4-26
CAPÍTULO 5 POLÍTICAS BÁSICAS PARA DESARROLLO DE CAPACIDAD		5-1
5.1	Acercamientos básicos y Políticas para el Desarrollo de Capacidad	5-1
5.2	Proyectos de Prototipo Modular para Desarrollo de Capacidad	5-7
CAPÍTULO 6 IMPLEMENTACIÓN DEL DESARROLLO DE CAPACIDAD PARA LA COMPRESION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PUENTES		6-1
6.1	Metodologías y Procedimientos Básicos	6-1
6.1.1	Programa de Aproximación como Metodologías Básicas para la Implementación del Desarrollo de Capacidad	6-1
6.1.2	Integración de Proyectos Modulares para el Desarrollo de Capacidad	6-1
6.1.3	Estableciendo el GCMP y los Grupos de Trabajo	6-2
6.1.4	Horario Básico para el Desarrollo de Capacidad	6-4
6.1.5	Conductores Claves para el Desarrollo de Capacidad	6-4
6.2	Matriz del Diseño del Proyecto, la Estructura del Trabajo y el Plan de Operaciones	6-5
6.2.1	Matriz del Diseño del Proyecto	6-5
6.2.2	EDT para los Proyectos Modulares Integrados	6-11
6.2.3	Plan de Operaciones	6-16
6.3	Reforma Institucional y Arreglo Presupuestario como Pre-condiciones para el Desarrollo de Capacidad	6-23
6.3.1	Conceptos Básicos para la Reforma Institucional	6-23
6.3.2	Reforma Institucional de Organizaciones relacionadas a puentes del MOPT y CONAVI	6-23
6.3.3	Construcción Institucional del GCMP	6-28

6.3.4	Acuerdo Presupuestario	6-29
6.4	Monitoreo y Evaluación del Desarrollo de Capacidad	6-31
6.4.1	Conceptos Básicos para el Monitoreo y la Evaluación	6-31
6.4.2	Monitoreo para las actividades durante el periodo de estudio	6-31
6.4.3	Monitoreo del Nivel Institucional durante el Periodo de Estudio	6-32
6.4.4	Monitoreo durante la Implementación del Desarrollo de Capacidad	6-34
6.5	Relaciones Públicas para el Desarrollo de Capacidad	6-37
6.5.1	Relaciones Públicas Locales	6-37
6.5.2	Extensión de los Países Miembros del PPP	6-37
6.6	Estrategia de salida después de terminado el estudio	6-38
CAPÍTULO 7 DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS		7-1
7.1	Concepto Básico	7-1
7.2	Plan de Implementación para el Desarrollo del Recurso Humano	7-1
7.2.1	Plan Básico	7-1
7.2.2	Módulos de Proyecto para la mejora de la Competencia Individual	7-5
7.3	Implementación de Actividades para el Desarrollo del Recurso Humano	7-7
7.3.1	Pilar Técnico-1	7-7
7.3.2	Pilar Técnico-2	7-10
7.3.3	Pilar Técnico-3	7-15
7.3.4	Pilar Técnico-4	7-17
7.3.5	Gira de Estudio en el Extranjero	7-19
7.3.6	Programa de Entrenamiento de la Contraparte JICA en Japón	7-25
7.3.7	Seminario Internacional Plan Puebla-Panamá	7-27
CAPÍTULO 8 INSPECCIÓN Y CONDICIONES EXISTENTES DE 29 PUENTES		8-1
8.1	Condiciones Actuales de los Puentes	8-1
8.1.1	Condición de la Ruta en Estudio	8-1
8.1.2	Condición de los Puentes en Estudio	8-4
8.2	Método de Inspección	8-6
8.3	Resultados	8-11
8.3.1	Daños en Puentes	8-11
8.3.2	Condición de Río en el Sitio del Puente	8-18
8.3.3	Otras Condiciones Relevantes en el Mantenimiento de Puentes	8-23
CAPÍTULO 9 SELECCIÓN DE 10 PUENTES PARA REHABILITACIÓN		9-1
9.1	Introducción	9-1
9.2	Método de Evaluación de la Deficiencia de Puentes	9-1
9.2.1	Formato Para la Inspección de los Puentes	9-1
9.2.2	Etapas Para la Evaluación de la Deficiencia en Puentes	9-3
9.2.3	Jerarquía completa de los Componentes del Puente	9-4
9.2.4	Evaluación de las Deficiencias del Puente	9-5
9.3	Resultados del Cálculo	9-9
9.3.1	Peso de la Evaluación de los Ítems	9-9

9.3.2	Resumen de la Taza de Deficiencia de los 29 Puentes	9-11
9.4	Selección de 10 Puentes Para un Estudio Posterior en Detalle	9-12
CAPÍTULO 10 PLAN PARA REHABILITACIÓN, REFUERZO Y MEJORA DE LOS 10 PUENTES SELECCIONADOS		
10.1	Identificación del Deterioro en los 10 Puentes	10-1
10.1.1	Metodología para Identificar los Mecanismos de Deterioración	10-1
10.1.2	Tipos y Causas de Deterioración	10-4
10.1.3	Método de Inspección Detallada	10-10
10.1.4	Resultados de la Inspección Detallada en Sitio	10-18
10.1.5	Análisis de Capacidad de Carga del Puente	10-33
10.2	Prueba de Carga de Puentes	10-43
10.2.1	Generalidades	10-43
10.2.2	Propuesta de la Prueba	10-44
10.2.3	Entrono de las Pruebas de Carga	10-44
10.2.4	Puentes Objetivos e Ítems de Pruebas de Carga	10-44
10.2.5	Flujo de Prueba de Carga	10-48
10.2.6	Horario de Pruebas de Carga	10-49
10.2.7	Prueba de Carga para Puente No.17 Chirripó	10-50
10.2.8	Prueba de Carga para el Puente No.26 Chirripó	10-56
10.2.9	Resultados y Conclusión para la Prueba de Carga en el Puente No.17 sobre el Río Chirripó	10-69
10.2.10	Resultados y Conclusión para la Prueba de Carga en el Puente No.26 sobre el Río Chirripó	10-70
10.3	Estudio de Condiciones Naturales	10-84
10.3.1	Estudio de la Condición de los Ríos	10-84
10.3.2	Estudio Geológico	10-87
10.4	Selección del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	10-92
10.4.1	General	10-92
10.4.2	Tipos de Medidas de Corrección	10-93
10.4.3	Nivel deseado de Funcionamiento del Puente	10-96
10.4.4	Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	10-97
10.4.5	Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para los 10 Puentes	10-99
CAPÍTULO 11 DISEÑO DETALLADO		
11.1	Losa	11-1
11.1.1	Método para Reforzar la Losa	11-1
11.1.2	Selección del Método de Refuerzo para la Losa	11-4
11.1.3	Metodología del Diseño para la losa reforzado con Lámina FRP	11-8
11.1.4	Metodología del Diseño de la Losa reforzada al incrementar el espesor de la losa	11-11
11.1.5	Condición existente y condición después del Refuerzo	11-14
11.2	Sistema de Cubiertas	11-15
11.2.1	Método para Reforzar el Sistema de Cubiertas	11-15
11.2.2	Selección del Método de de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas	11-16

11.2.3	Metodología de Diseño para reforzar el Sistema de Cubiertas	11-17
11.2.4	Condición Existente y Condición Después de Refuerzo	11-21
11.3	Viga Principal	11-22
11.3.1	Método para Reforzar la Viga Principal	11-22
11.3.2	Selección del método de refuerzo para la viga principal	11-26
11.3.3	Metodología de Diseño para Reforzar la Viga Principal	11-37
11.3.4	Condición Existente y condición después del Refuerzo	11-50
11.4	Accesorios	11-52
11.5	Sistema de Prevención de Colapso del Puente	11-58
11.5.1	Desempeño Sísmico	11-58
11.5.2	Concepto Básico de Sistema de Prevención para Colapso de Puentes	11-59
11.5.3	Metodología de Diseño de Sistema de Prevención para el Colapso del Puente	11-60
11.5.4	Condiciones Existentes y Medidas Requeridas	11-69
11.6	Subestructura	11-73
11.6.1	Método para Reforzar la Subestructura	11-73
11.6.2	Selección del Método de Refuerzo para Subestructuras	11-75
11.6.3	Metodología para Diseño de Refuerzo de Viga y Pila	11-77
11.6.4	Condición Existente y Condición después del Refuerzo	11-78
11.7	Fundaciones	11-84
11.7.1	Método de Refuerzo para la Fundación	11-84
11.7.2	Selección del Método de Refuerzo para la Fundación	11-85
11.7.3	Metodología para Diseño de Refuerzo de Fundación	11-88
11.7.4	Condición Existente y Condición después del Refuerzo	11-90
11.7.5	Socavación	11-95
11.8	Resumen del Diseño para la Rehabilitación, refuerzo y mejora de los 10 Puentes seleccionados	11-98

CAPÍTULO 12 PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN

	DE COSTOS PRELIMINAR PARA EL PROYECTO	12-1
12.1	Planeamiento de Construcción Preliminar	12-1
12.1.1	Generalidades	12-1
12.1.2	Contenidos de los Trabajos de Rehabilitación para los 10 Puentes Seleccionados	12-1
12.1.3	Zonas de Trabajo bajo Vigas	12-5
12.1.4	Diques Provisionales	12-7
12.1.5	Control de Tráfico	12-8
12.1.6	Programación de Construcción	12-11
12.2	Estimación de Costos Preliminar	12-11
12.2.1	Generalidades	12-11
12.2.2	Condiciones para le Estimación de costos	12-11
12.2.3	Costo Estimado del Proyecto	12-22

CAPÍTULO 13 ANÁLISIS ECONÓMICO	13-1
13.1 Introducción	13-1
13.1.1 Objetivo y Condición	13-1
13.1.2 El Concepto de Análisis Económico para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes	13-1
13.1.3 Costo del Proyecto y Beneficios para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes	13-2
13.2 Costos Sociales y Beneficios	13-4
13.2.1 Estructura de Trabajo para estimar los Costos Sociales y los Beneficios	13-4
13.2.2 Resultado de los Criterios de los Costos Sociales y Beneficios	13-8
13.3 Ubicación de las Situaciones	13-10
13.4 Resultados del Costo Social y Beneficios en cada Puente	13-12
13.5 Costo del Trabajo para cada Puente	13-18
13.5.1 Suposiciones para la Evaluación Económica	13-18
13.5.2 Resultado del Costo de Trabajos para cada puente	13-18
13.6 Evaluación Económica	13-19
13.6.1 Rango de Retorno Interno Económico (RRIE) y Valor Neto Actual (VNA)	13-19
13.6.2 Análisis de Sensibilidad	13-23
CAPÍTULO 14 ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	14-1
14.1 Sistema de Información Existente para Vías y Puentes	14-1
14.1.1 Organización Existente para la Administración de la Información	14-1
14.1.2 Sistema de Administración y Desarrollo	14-2
14.1.3 Resumen del Sistema Existente	14-3
14.2 Desarrollo del Sistema de Informática	14-8
14.2.1 Medios del Desarrollo del Sistema de Informática	14-8
14.2.2 Entorno de Red	14-9
14.2.3 Sistema de Administración de Puentes y Carreteras	14-12
14.2.4 Desarrollo del Sistema	14-13
14.3 Sistema de Administración de Puentes (SAEP)	14-17
14.3.1 Objetivo del Sistema	14-17
14.3.2 Concepto del Sistema	14-17
14.3.3 Componentes del Sistema	14-19
14.3.4 Herramientas para el Desarrollo del Sistema	14-19
14.3.5 Environment for the System Operation	14-20
14.3.6 Sistema de Operaciones	14-20
14.3.7 Proceso del Registro de Datos	14-23
14.4 Operación para el Sistema	14-26
14.4.1 Movimiento de la Pantalla	14-26
14.4.2 Flujo del Sistema de Operaciones	14-27
14.5 Descripción de los formularios de inventario e inspección de puentes	14-29
14.5.1 Introducción	14-29
14.5.2 Formularios	14-29

CAPÍTULO 15	HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES	15-1
15.1	Introducción	15-1
15.2	Manual de Inspección de Puentes	15-2
15.3	Manual de Operaciones para el Sistema de Administración de Puentes	15-3
15.4	Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes	15-4
CAPÍTULO 16	SOPORTE TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	16-1
16.1	Soporte Técnico para la Implementación de la Examen Ambiental Inicial Reporte Intermedio	16-1
16.1.1	Introducción	16-1
16.1.2	Resumen Breve Referente al Ambiente	16-3
16.1.3	Alcance y Escenario Ambiental	16-10
16.1.4	Leyes y Organizaciones Ambientales	16-25
16.2	Apoyo Técnico para el Desarrollo de los Términos de Referencia del Estudio Ambiental	16-33
16.2.1	Términos de Referencia del Estudio Ambiental Relevante	16-33
16.2.2	Medidas de Mitigación Seleccionadas	16-46
16.2.3	Plan de Administración Ambiental (PAA)	16-50
16.2.4	Monitoreo Ambiental	16-50
16.3	Reunion de Involucrados	16-52
16.3.1	Introducción	16-52
16.3.2	Resumen de las Reuniones de Involucradas	16-53
CAPÍTULO 17	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17-1
17.1	Conclusiones	17-1
17.1.1	Recapitulación del Estudio	17-1
17.1.2	Descripción General	17-2
17.2	Recomendaciones	17-2
17.2.1	Generalidades del Estudio	17-2
17.2.2	La deflexión de los puentes de viga cajón de concreto presforzado	17-5
17.2.3	Asegurando los Fondos suficientes para la Rehabilitación y Refuerzo de los Puentes	17-7
17.2.4	Administración Ambiental	17-7

APENDICES

APÉNDICE 1	PLANOS	A1-1
APÉNDICE 2	ESTÁNDARES AMBIENTALES (RUIDO/VIBRACIÓN) IMPLEMENTADOS EN OTROS PAÍSES	A2-1
APÉNDICE 3	PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS	A3-1
3.1	PROGRAMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN	A3-1
3.2	ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA PROYECTOS	A3-9
APÉNDICE 4	ANÁLISIS ECONÓMICO	A4-1
4.1	RESULTADOS ESTIMADOS DEL VOLUMEN DE TRÁFICO	A4-1
4.2	PARAMETRO DEL COV	A4-3
4.3	RUTAS DEL DESVÍO Y UBICACIÓN DE PUENTES	A4-4
4.4	ESCENARIO PARA 10 PUENTES SELECCIONADOS	A4-14
4.5	COSTOS DEL TRABAJO PARA 10 PUENTES SELECCIONADOS	A4-24
4.6	RRIE & VNA SOBRE 12% PARA 10 PUENTES SELECCIONADOS	A4-25

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1.1.	Diferencia de Horario Entre la Temperatura Máxima y Mínima	2-4
Tabla 2.2.1.	Uso de la Tierra: 1972,1999	2-7
Tabla 2.2.2.	Datos por Provincia	2-12
Tabla 2.2.3.	Índice De La Condición Social Comparada con Otros Países Vecinos	2-12
Tabla 2.2.4.	Cambio del PIB y el PIB per capita en 1991-2004	2-14
Tabla 2.2.5.	Índice de la Condición Económica de los Países Vecinos	2-14
Tabla 2.2.6.	Exportaciones FOB de los Productos Principales	2-14
Tabla 2.2.7.	Las exportaciones FOB de los Países Principales	2-15
Tabla 2.2.8.	Inscripción Vehicular en 1994-2004	2-16
Tabla 2.3.1.	Clasificación de las Carreteras y su Longitud	2-17
Tabla 2.3.2.	Volumen de Tráfico para Cada Categoría de las Rutas Nacionales	2-23
Tabla 2.3.3.	Volumen de Tráfico en Cada Ruta	2-24
Tabla 2.3.4.	Toneladas de Productos Distribuidas al Puerto	2-25
Tabla 2.3.5.	El Recurso Humano en el Plan de Rehabilitación del Pavimento de las Carreteras en el MOPT	2-27
Tabla 3.1.1.	Número de Puentes en la Ruta de Estudio	3-2
Tabla 3.2.1.	Carga Muerta	3-3
Tabla 3.2.2.	Tabla de Coeficientes γ y β (AASHTO: Tabla 3.22.1A)	3-6
Tabla 3.2.3.	Estándar de Acero	3-7
Tabla 3.2.4.	Estándar de Concreto	3-7
Tabla 3.3.1.	Ítem de Inspección	3-11
Tabla 3.3.2.	Número de Evaluación y Condición de los Miembros	3-12
Tabla 3.3.3.(1)	Ítem de Inspección Detallada	3-13
Tabla 3.3.3.(2)	Ítem de Inspección Detallada	3-14
Tabla 4.1.1.	Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual)	4-4
Tabla 4.1.2.	Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Organizacional)	4-5
Tabla 4.1.3.	Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel institucional y social)	4-6
Tabla 4.2.1.	Lista del Personal del Departamento de Puentes	4-7
Tabla 4.2.2.	Presupuesto del MOPT para el 2005	4-7
Tabla 4.2.3.	Presupuesto para Departamento de Puentes 2005	4-7
Tabla 4.2.4.	Nivel de los sueldos para Funcionarios del MOPT (AF 2005)	4-8
Tabla 4.2.5.	Programa de Entrenamiento de Caminos del MOPT (2005)	4-8
Tabla 4.2.6.	Disponibilidad de Activos intelectuales para el mantenimiento de puentes y entendimiento del mantenimiento preventivo por los Funcionarios del departamento del puente de MOPT	4-8
Tabla 4.2.7.	Departamento de Conservación Vial del CONAVI	4-9
Tabla 4.2.8.	Departamento de ingeniería del CONAVI	4-10
Tabla 4.2.9.	Dirección de trabajos del CONAVI	4-10
Tabla 4.2.10.	Presupuesto del CONAVI para el 2006	4-11

Tabla 4.2.11.	Nivel de los sueldos para Funcionarios del CONAVI (AF 2005) ·	4-11
Tabla 4.2.12.	Programa de entrenamiento del CONAVI (2005) ·····	4-12
Tabla 4.2.13.	Entendimiento del Mantenimiento Preventivo por los Oficiales mayores del CONAVI ·····	4-12
Tabla 4.2.14.	Marco Institucional para el Mantenimiento de Caminos y Puentes	4-12
Tabla 4.2.15.	Marco Institucional para Diseño de Caminos ·····	4-13
Tabla 4.2.16.	Marco institucional para Diseño del Puentes ·····	4-13
Tabla 4.2.17.	Marco institucional para Regulaciones de Adquisiciones ·····	4-13
Tabla 4.2.18.	Regulaciones sobre Licitaciones Públicas y Contratos Directos por el CONAVI ·····	4-14
Tabla 4.2.19.	Entendimiento y Mantenimiento Preventivo por los Oficiales Mayores del MH y de MIDEPLAN ·····	4-16
Tabla 4.2.20.	Programa de Entrenamiento del LANNAME ·····	4-16
Tabla 4.2.21.	Habilidad para de Activos intelectuales para el Mantenimiento de Puentes y entendimiento del Mantenimiento Preventivo de los Ingenieros del LANNAME ·····	4-16
Tabla 4.2.22.	Habilidad de Activos intelectuales para el Mantenimiento de Puentes y entendimiento del Mantenimiento Preventivo de los ingenieros miembros de CFIA ·····	4-17
Tabla 4.2.23.	Capacidad de las Compañías Locales y Extranjeras ·····	4-18
Tabla 4.2.24.	Marco Institucional para Regulaciones de Tráfico ·····	4-19
Tabla 4.2.25.	Peso Máximo Permitido y longitudes para los Carros ·····	4-19
Tabla 4.3.1.	Resultados de las Hojas de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual) ·····	4-21
Tabla 4.3.2.	Resultados las hojas de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Organizacional) ·····	4-23
Tabla 4.3.3.	Resultados de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Institucional y social) ·····	4-25
Tabla 5.1.1.	Aproximaciones Básicas Alternativas para Mantenimiento de Puentes ·····	5-2
Tabla 5.2.1.	Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Individual) ·····	5-7
Tabla 5.2.2.	Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Organizacional) ·	5-7
Tabla 5.2.3.	Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Institucional y Social) ·····	5-8
Tabla 6.1.1.	Lista de 5 Proyectos Modulares Integrados ·····	6-2
Tabla 6.1.2.	5 Grupos para la GCMP y Proyectos Modulares Relacionados ···	6-3
Tabla 6.1.3.	Propuesta de Asignación de Responsabilidades de los Grupos de Trabajo de GCMP ·····	6-3
Tabla 6.1.4.	Incentivos para Miembros del GCMP ·····	6-4
Tabla 6.2.1.	Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 1) ··	6-6
Tabla 6.2.2.	Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 2) ··	6-7
Tabla 6.2.3.	Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 3) ··	6-8
Tabla 6.2.4.	Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 4) ··	6-9
Tabla 6.2.5.	Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 5) ··	6-10
Tabla 6.2.6.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 1) ·····	6-11

Tabla 6.2.7.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 2)	6-11
Tabla 6.2.8.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 3)	6-12
Tabla 6.2.9.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 4)	6-12
Tabla 6.2.10.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 2(Tarea 1)	6-12
Tabla 6.2.11.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 2(Tarea 2)	6-13
Tabla 6.2.12.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 1)	6-13
Tabla 6.2.13.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 2)	6-13
Tabla 6.2.14.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 3)	6-14
Tabla 6.2.15.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 1)	6-14
Tabla 6.2.16.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 2)	6-14
Tabla 6.2.17.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 3)	6-15
Tabla 6.2.18.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 5(Tarea 1)	6-15
Tabla 6.2.19.	EDT Preliminar para Proyecto Modular 5(Tarea 2)	6-16
Tabla 6.3.1.	Personal Requerido para la Dirección de Puentes del MOPT	6-25
Tabla 6.3.2.	Personal Requerido para el Departamento de Construcción de Puentes del CONAVI	6-27
Tabla 6.3.3.	Requerimientos de Presupuesto para el Costo Organizacional de Mantenimiento de Puentes	6-29
Tabla 6.3.4.	Requerimientos de Presupuesto para Costo Total de Mantenimiento de Puentes	6-29
Tabla 6.3.5.	Presupuesto Buscado para la Dirección de Puentes del MOPT para el Año Fiscal 2007	6-30
Tabla 6.3.6.	Presupuesto Buscado para CONAVI para el Año Fiscal 2007 ..	6-30
Tabla 6.4.1.	Indicadores de Desempeño y Monitoreo	6-32
Tabla 6.4.2.	Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 1	6-34
Tabla 6.4.3.	Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 2	6-34
Tabla 6.4.4.	Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 3	6-35
Tabla 6.4.5.	Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 4	6-35
Tabla 6.4.6.	Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 5	6-36
Tabla 6.5.1.	Variedad de Actividades de Relaciones Públicas Locales	6-37
Tabla 7.2.1.	Programa de Entrenamiento Técnico	7-3
Tabla 7.2.2.	Planificación del Programa de Entrenamiento Técnico	7-5
Tabla 7.2.3.	Vínculos con Módulos y Proyectos Integrados	7-6
Tabla 7.3.1.	Participación: Seminario 1-1	7-8
Tabla 7.3.2.	Participación: Seminario 1-2	7-9
Tabla 7.3.3.	Participación: Seminario 2-1	7-12
Tabla 7.3.4.	Participación: Seminario 2-2	7-12
Tabla 7.3.5.	Participación: Seminario 3	7-13
Tabla 7.3.6.	Participación: Seminario 4-1	7-13
Tabla 7.3.7.	Participación Seminario 4-2	7-14
Tabla 7.3.8.	Participación: Seminario 5	7-16
Tabla 7.3.9.	Cronograma del Estudio en Chile	7-21
Tabla 7.3.10.	Participantes de Costa Rica para el Estudio del SAP en Chile	7-21
Tabla 7.3.11.	Contraparte de Chile para el Estudio del SAP	7-22
Tabla 7.3.12.	Programa de entrenamiento de la Contraparte de JICA	7-28
Tabla 7.3.13.	Participantes en seminario PPP	7-30

Tabla 7.3.14.	Programa de Seminario Internacional del PPP	7-31
Tabla 8.1.1.	Trazo de la Ruta en Estudio	8-1
Tabla 8.1.2.	Tipo de Puentes	8-4
Tabla 8.1.3.	Inventario de los 29 Puentes en Estudio	8-5
Tabla 8.2.1.	Hoja de Inspección de Puentes	8-8
Tabla 8.3.1.	Resultado de la Inspección de los 29 Puentes	8-12
Tabla 8.3.2.	Evaluación de Cada Ítem de los Resultados de Inspección	8-13
Tabla 8.3.3.	Evaluación de los Resultados de la Inspección en Cada Ruta	8-15
Tabla 8.3.4.	Evaluación del Tipo de Puente Según los Resultados de la Inspección	8-16
Tabla 8.3.5.	Causa de Daños y Condición de Daños	8-17
Tabla 8.3.6.	Condiciones Actuales de los Ríos en los 29 Puentes	8-18
Tabla 8.3.7.(1)	Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta1)	8-19
Tabla 8.3.7.(2)	Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta2)	8-19
Tabla 8.3.7.(3)	Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta4 y 218)	8-20
Tabla 8.3.7.(4)	Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta32)	8-20
Tabla 8.3.8.	Ecuaciones para Calcular el Volumen Máximo y su Velocidad	8-21
Tabla 8.3.9.	Espaciamiento Libre Requerido	8-22
Tabla 8.3.10.	Especificación del Funcionamiento del Estudio 29 Puentes	8-23
Tabla 8.3.11.	Tipo de Pila y Fundación de los 29 Puentes Estudiados	8-25
Tabla 9.2.1.	Formato de la Inspección de los Puentes	9-2
Tabla 9.2.2.	Escala de la Importancia Relativa	9-5
Tabla 9.2.3.	Cálculo del Método de Peso	9-6
Tabla 9.2.4.	Pesos del Daño del Pavimento	9-6
Tabla 9.2.5.	Peso del Daño por Barrera	9-6
Tabla 9.2.6.	Peso de las Partes en el Grupo de Accesorios	9-7
Tabla 9.2.7.	Peso de las Partes en el Grupo de la Superestructura del Puente de Acero	9-7
Tabla 9.2.8.	Peso del Componente del Puente	9-7
Tabla 9.3.1.	Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Acero	9-9
Tabla 9.3.2.	Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Concreto	9-10
Tabla 9.3.3.	Taza de Deficiencia de los 29 Puentes	9-11
Tabla 9.4.1.	Puentes Seleccionados Para Estudios de Rehabilitación Posteriores	9-12
Tabla 10.1.1.	Conexión Entre Mecanismos de Deterioración y el Factor Perimetral	10-3
Tabla 10.1.2.	Mecanismos Relativos de Factores de Deterioración, Indicadores y Características de Deterioración	10-3
Tabla 10.1.3.	Tipos Generales de la Deterioración del Concreto	10-4
Tabla 10.1.4.	Sistemas de Deterioración de los Miembros de Concreto	10-5
Tabla 10.1.5.	Sistema de Deterioración y el Método aplicable de Inspección	10-10
Tabla 10.1.6.	Resumen de los Resultados de Inspección Visual en los 10 Puentes	10-19
Tabla 10.1.7.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Aranjuez	

	(Ruta No.1 Puente No.2) ······	10-20
Tabla 10.1.8.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Abangares (Ruta No.1 Puente No.3) ······	10-21
Tabla 10.1.9.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Azufrado (Ruta No.1, Puente No.7) ······	10-22
Tabla 10.1.10.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Puerto Nuevo (Ruta No.2 Puente No.12) ······	10-23
Tabla 10.1.11.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Nuevo (Ruta No.2, Puente No.16) ······	10-24
Tabla 10.1.12.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Chirripó (Ruta No.4, Puente No.17) ······	10-25
Tabla 10.1.13.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Sarapiquí (Ruta No.4, Puente No.19) ······	10-26
Tabla 10.1.14.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Sucio (Ruta No.32, Puente No.20) ······	10-27
Tabla 10.1.15.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Chirripó (Ruta No.32, Puente No.26) ······	10-28
Tabla 10.1.16.	Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Torres (Ruta No.218, Puente No.29) ······	10-29
Tabla 10.1.17.	Prueba de Modulo de Elasticidad Estática de Concreto en Compresión ······	10-31
Tabla 10.1.18.	Resultados de Pruebas de Carbonatación ······	10-32
Tabla 10.1.19.	Contorno del Análisis y Método de Evaluación ······	10-34
Tabla 10.1.20.	Resultado del Análisis de la Losa ······	10-35
Tabla 10.1.21.	Resultado del Análisis de la Superestructura (Armadura) ······	10-36
Tabla 10.1.22.	El Resultado del Análisis de la Superestructura (Vigas de Acero I)	10-37
Tabla 10.1.23.	Resultado del Análisis de la Superestructura (Viga de concreto) ··	10-38
Tabla 10.1.24.	Esfuerzos de Trabajo de Vigas Cajón PC en Puente sobre Río Chirripó B (No.17) ······	10-39
Tabla 10.1.25.	Resultado del Análisis de la Superestructura (1) ······	10-40
Tabla 10.1.26.	Resultado del Análisis de la Superestructura (2) ······	10-41
Tabla 10.1.27.	Resultado del Análisis de la Estabilidad de la Fundación (Fundación Extendida) ······	10-42
Tabla 10.1.28.	Resultado del Análisis de la Estabilidad de la Fundación (Fundación con Pilotes) ······	10-43
Tabla 10.2.1.	Contenidos de las Pruebas de Carga ······	10-44
Tabla 10.2.2.	Ítems de Pruebas de Carga ······	10-46
Tabla 10.2.3.	Horario de las Pruebas de Carga en los Puentes ······	10-49
Tabla 10.2.4.	Caso de Carga Estática para Puente No.17 ······	10-53
Tabla 10.2.5.	Horario Detallado de Prueba de Carga Estática ······	10-54
Tabla 10.2.6.	Dimensiones y Peso del Camión usado para Carga ······	10-54
Tabla 10.2.7.	Puntos de Medida de Esfuerzo ······	10-58
Tabla 10.2.8.	Caso de carga Estática para el Puente No.26 Chirripó ······	10-64
Tabla 10.2.9.	Clasificación de Vehículos para el Estudio de tráfico ······	10-65
Tabla 10.2.10.	Horario Detallado de la Prueba ······	10-66
Tabla 10.2.11.	Dimensiones y Pesos de los Camiones usados para las cargas ···	10-67
Tabla 10.2.12.	Comparación de la Deflexión en el Puente No.17 sobre	

	el Río Chirripó	10-69
Tabla 10.2.13.	Comparación de la Deflexión en el Centro del Tramo	10-71
Tabla 10.2.14.	Comparación de el Esfuerzo del Ala Inferior en el Centro del Tramo	10-71
Tabla 10.2.15.	Comparación de la Deflexión para la Velocidad en movimiento ..	10-73
Tabla 10.2.16.	Frecuencia de esfuerzo de la parte de conexión de la placa de refuerzo	10-78
Tabla 10.2.17.	Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión del arriostre transversal 1	10-79
Tabla 10.2.18.	Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión del arriostre transversal 2	10-79
Tabla 10.2.19.	Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión lateral	10-79
Tabla 10.2.20.	Volumen de Tráfico durante la prueba (Ambos Lados)	10-80
Tabla 10.2.21.	Daño ocurrido por número de vehículos acumulados	10-82
Tabla 10.2.22.	Número de Vehículos Acumulados que causa daño	10-83
Tabla 10.3.1.	Condición de los Ríos de los 10 Puentes	10-86
Tabla 10.3.2.	Puentes y Compañías de Estudios Geológicos	10-87
Tabla 10.4.1.	Medidas de Corrección Clasificadas por Nivel Deseado de Funcionamiento	10-92
Tabla 10.4.2.	Mecanismos de Deterioro y Plan de Reparación	10-93
Tabla 10.4.3.	Métodos Principales de Reforzamiento	10-95
Tabla 10.4.4.	Nivel deseado de Funcionamiento del Puente	10-96
Tabla 10.4.5.	Sistema de Evaluación para el Método Seleccionado	10-97
Tabla 10.4.6.	Resultados de la Evaluación para Cada Método	10-98
Tabla 10.4.7.	Resumen de los Métodos Propuestos para los 10 Puentes	10-99
Tabla 10.4.8.	Métodos de Rehabilitación para Viga Principal	10-100
Tabla 10.4.9.	Subestructuras Requeridas para Reforzamiento	10-101
Tabla 10.4.10.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre río Aranjuez (No.2)	10-103
Tabla 10.4.11.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para el Puentes sobre río Abangares (No.3)	10-104
Tabla 10.4.12.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Azufrado (No.7)	10-105
Tabla 10.4.13.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Puerto Nuevo (No.12)	10-106
Tabla 10.4.14.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Nuevo (No.16)	10-107
Tabla 10.4.15.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.17)	10-108
Tabla 10.4.16.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sarapiquí (No.19)	10-109
Tabla 10.4.17.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sucio (No.20)	10-110
Tabla 10.4.18.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.26)	10-111

Tabla 10.4.19.	Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Torres (No.29)	10-112
Tabla 11.1.1.	Métodos Correctivos para la Losa	11-1
Tabla 11.1.2.	Métodos de Reparación para la losa	11-2
Tabla 11.1.3.	Métodos de Refuerzo para la losa	11-3
Tabla 11.1.4.	Comparación del Método Aplicable	11-5
Tabla 11.1.5.	Características de la Hoja de Fibra de Carbono Típica	11-8
Tabla 11.1.6.	Comparación de las Condiciones de la losa	11-15
Tabla 11.2.1.	Método de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas	11-15
Tabla 11.2.2.	Método de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas	11-16
Tabla 11.2.3.	Comparación del Larguero	11-21
Tabla 11.2.4.	Comparación del Diafragma	11-21
Tabla 11.3.1.	Método de Refuerzo para la viga Principal	11-22
Tabla 11.3.2.	Métodos de Refuerzo para Puente de losa de concreto reforzado ..	11-23
Tabla 11.3.3.	Métodos de Refuerzo para el Puente de Viga tipo I prefabricada ..	11-24
Tabla 11.3.4.	Método de Refuerzo para el Puente de cajón prefabricado	11-25
Tabla 11.3.5.	Métodos de Refuerzo de Puentes de Acero	11-26
Tabla 11.3.6.	Comparación del Refuerzo para la losa del Puente No. 7 sobre el río Azufrado	11-28
Tabla 11.3.7.	Comparación Preliminar para Reforzar la Viga Principal del Puente No.7 sobre el Río Azufrado	11-29
Tabla 11.3.8.	Comparación del Refuerzo para la Viga Principal del Puente No.7 sobre el Río Azufrado	11-29
Tabla 11.3.9.	Comparación del Refuerzo para la Viga principal del puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo	11-30
Tabla 11.3.10.	Comparación del Refuerzo para la Viga Principal del Puente No.16 sobre el Río Nuevo	11-31
Tabla 11.3.11.	Comparación del Método de refuerzo para la Viga tipo I prefabricada	11-32
Tabla 11.3.12.	Resultado del Esfuerzo para el Método de Adherencia FRP para la Viga Principal del Puente No. 29 sobre el Río Torres	11-32
Tabla 11.3.13.	Esfuerzo par alas vigas de cajón prefabricadas del Puente No.17 sobre el Río Chirripó y el Puente No.20 sobre el río Sucio	11-32
Tabla 11.3.14.	Deflexiones en el centro debido a varias fuerzas	11-34
Tabla 11.3.15.	Comparación de las condiciones de la estructura principal para puentes de cercha	11-50
Tabla 11.3.16.	Comparación de las condiciones de la estructura principal Para puentes de viga tipo I de acero	11-51
Tabla 11.3.17.	Comparación de Estructura Principal para Losas de Puentes de Concreto Reforzado	11-51
Tabla 11.3.18.	Comparación de Estructura Principal para Puentes de Vigas I PC	11-52
Tabla 11.4.1.	Propósitos de Accesorios	11-52
Tabla 11.4.2.	Juntas Abiertas (Juntas de Expansión Tipo Drenadotas)	11-55
Tabla 11.4.3.	Juntas Cerradas (Junta de Expansión Tipo Drenaje)	11-56
Tabla 11.5.1.	Nivel de Desempeño Sísmico	11-59

Tabla 11.5.2.	Tipo de sistema de Prevención de Asiento	11-83
Tabla 11.5.3.	Estructura Protuberante	11-63
Tabla 11.5.4.	Estructura para conectar la viga a la subestructura	11-64
Tabla 11.5.5.	Estructuras para conectar las dos vigas	11-65
Tabla 11.5.6.	Estructura que limita el desplazamiento excesivo	11-66
Tabla 11.5.7.	Reforzamiento de los goznes en el Puente de Voladizo	11-68
Tabla 11.5.8.	Condiciones Existentes y Longitud de Asiento Requerido	11-70
Tabla 11.5.9.	Conexión de la Viga Seleccionada	11-71
Tabla 11.5.10.	Tipo de sistema de Prevención de Asiento	11-72
Tabla 11.6.1.	Métodos de Reforzamiento para la Viga Transversal	11-74
Tabla 11.6.2.	Método de Refuerzo para la Pila	11-75
Tabla 11.6.3.	Comparación del Método de Refuerzo para la Viga	11-76
Tabla 11.6.4.	Comparación del Método de Refuerzo para la Pila	11-77
Tabla 11.6.5.	Capacidad de Carga de la Viga Cabezal	11-78
Tabla 11.6.6.	Capacidad de Carga de la Viga Transversal después del Refuerzo	11-79
Tabla 11.6.7(a).	Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente	11-80
Tabla 11.6.7(b).	Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente	11-81
Tabla 11.6.7(c).	Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente	11-82
Tabla 11.6.8.	Capacidad de Carga de la pila después de reforzar	11-83
Tabla 11.7.1.	Métodos de Refuerzo para la Fundación	11-84
Tabla 11.7.2.	Condición Existente de la Fundación Aislada y el Tamaño necesitado de la Fundación	11-91
Tabla 11.7.3.	Capacidad de Carga de las Fundaciones Existentes y después del refuerzo	11-92
Tabla 11.7.4.	Fuerza de la Reacción Axial de las pilas y el número necesitado de pilas	
	(a) Fuerza Axial de las pilas de la estructura original	11-93
	(b) Fuerza Axial de las pilas de la estructura reforzada	11-93
Tabla 11.7.5.	Condición de la Capacidad de Carga de la Fundación	
	(a) Capacidad de Carga de la Fundación original	11-93
	(b) Capacidad de Carga de la Fundación contra las fuerzas compresión después del refuerzo	11-94
	(c) Refuerzo de la Fundación contra la fuerza Tensión	11-94
Tabla 11.7.6.	Método para la Protección del Lecho del Río	11-96
Tabla 11.7.7.	Relación entre el Peso del Bloque de Concreto y la Velocidad	11-97
Tabla 11.7.8.	Condición de la Socavación y Contramedidas	11-98
Tabla 11.8.1.	Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Superestructuras de los 10 Puentes seleccionados	11-99
Tabla 11.8.2.	Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Subestructuras de los 10 Puentes seleccionados	11-99
Tabla 12.1.1.	Puente No.2 sobre el Río Aranjuez (R.1)	12-1
Tabla 12.1.2.	Puente No. 3 sobre el Río Abangares (R.1)	12-2
Tabla 12.1.3.	Puente No. 7 sobre el Río Azufrado (R.1)	12-2
Tabla 12.1.4.	Puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo (R.2)	12-3
Tabla 12.1.5.	Puente No. 16 Sobre el Río Nuevo (R.2)	12-3
Tabla 12.1.6.	Puente No. 17 Sobre el Río Chirripo (R.4)	12-4

Tabla 12.1.7.	Puente No. 19 Sobre el Río Sarapiquí (R.4)	12-4
Tabla 12.1.8.	Puente No. 20 Sobre el Río Sucio (R.32)	12-4
Tabla 12.1.9.	Puente No. 26 Sobre el Río Chirripo (R.32)	12-4
Tabla 12.1.10.	Puente No. 29 Sobre el Río Torres (R.218)	12-5
Tabla 12.1.11.	Periodo de Construcción en los 10 Puentes	12-11
Tabla 12.2.1.	Salarios Unitarios por hora	12-12
Tabla 12.2.2.	Precios Unitarios para la Mayoría de Materiales	12-13
Tabla 12.2.3.	Comparación de precios de la mayoría de materiales entre Costa Rica y Japón	12-14
Tabla 12.2.4.	Costo por Hora de la Mayoría de Equipos	12-15
Tabla 12.2.5.	Modificación del Coeficientes del Número de Trabajadores	12-17
Tabla 12.2.6.	Comparación de Salarios Unitarios por Hora entre Costa Rica & Japón	12-17
Tabla 12.2.7.	Costos Unitarios para la Mayoría de Ítems de Trabajo	12-18
Tabla 12.2.8.	Desglose de Ítems de Trabajo “Remoción de Juntas de Expansión”	12-19
Tabla 12.2.9.	Porcentaje de Costos de Transporte entre Muestras de Proyectos	12-20
Tabla 12.2.10.	Resumen del Costo del Proyecto	12-21
Tabla 13.1.1.	Conceptos Básicos de los Costos y Beneficios	13-2
Tabla 13.2.1.	Resultados de la Fórmula del estimado del Volumen de Tráfico ..	13-5
Tabla 13.4.1.	Situación “no realizar” para el Río Sucio	13-12
Tabla 13.4.2.	Situación para “no realizar” para el Río Sucio	13-13
Tabla 13.4.3.	Situación “no realizar” para el Río Aranjuez	13-15
Tabla 13.4.4.	Situación para el Río Aranjuez en caso de “no realizar”	13-16
Tabla 13.5.1.	Suposiciones de la Evaluación del Proyecto del Costo Económico	13-18
Tabla 13.5.2.	Costo Bruto de cada Ítem	13-19
Tabla 13.6.1.	Escenario del Puente Chirripó (No.26)	13-21
Tabla 13.6.2.	Tabla de Costo/Beneficio para el Puente Chirripó (No.26)	13-22
Tabla 13.6.3.	Escenario para Puente Chirripó (No.26)	13-23
Tabla 13.6.4.	Escenario para Puente Aranjuez (No.2)	13-23
Tabla 13.6.5.	Escenario para Puente Azufrado (No.7)	13-23
Tabla 14.1.1.	Sistema de Inventario de la División de Obras Públicas en el MOPT	14-5
Tabla 14.1.2.	Sistema de Inventario en CONAVI	14-6
Tabla 14.2.1.	Entorno del Desarrollo del Sistema	14-9
Tabla 14.2.2.	Sistema Existente para la Administración de Carreteras	14-12
Tabla 14.2.3.	Sistema Total de Administración de Carreteras (SIGVI) (1/2)	14-14
Tabla 14.2.3.	Sistema Total de Administración de Carreteras (SIGVI) (2/2)	14-15
Tabla 14.3.1.	Tamaño del Archivo de Imagen Necesario	14-20
Tabla 16.1.1.	Puentes Seleccionados	16-2
Tabla 16.1.2.	Reservas Indígenas Registradas en Costa Rica	16-7
Tabla 16.1.3.	Número de Casos de Dengue reportados Anualmente por el Ministerio de Salud	16-9

Tabla 16.1.4.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 2: Puente sobre el Río Aranjuez)	16-10
Tabla 16.1.5.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 3: Puente sobre el Río Abangares)	16-12
Tabla 16.1.6.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 7: Puente Sobre el Río Azufrazo)	16-13
Tabla 16.1.7.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 12: Puente Sobre el Río Puerto Nuevo)	16-14
Tabla 16.1.8.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 16: Puente Sobre el Río Nuevo)	16-16
Tabla 16.1.9.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 17: Puente Sobre el Río Chirripó)	16-17
Tabla 16.1.10.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 19: Puente Sobre el Río Sarapiquí)	16-18
Tabla 16.1.11.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 20: Puente Sobre el Río Sucio)	16-19
Tabla 16.1.12.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 26: Puente Sobre el Río Chirripó-R32)	16-21
Tabla 16.1.13.	Examen Ambiental Inicial (Sitio 29: Puente Sobre el Río Torres)	16-22
Tabla 16.1.14.	Resumen del Potencial Impacto Negativo	16-23
Tabla 16.1.15.	Resumen de Posibles Impactos	16-24
Tabla 16.1.16.	Estándar Ambiental de Ruido en Costa Rica (dBA)	16-27
Tabla 16.1.17.	Estándar Ambiental (Calidad del Aire, ug/m3)	16-27
Tabla 16.1.18.	Estándar de Calida del Agua para el Nivel 1	16-28
Tabla 16.2.1.	Política de Rehabilitación para los 10 Puentes Seleccionados	16-35
Tabla 16.2.2.	Resumen de las Actividades Principales de Construcción	16-37
Tabla 16.2.3.	Categorías de las Medidas de rehabilitación por Tipo de Actividad de Construcción	16-37
Tabla 16.2.4.	Tareas Ambientales Principales requeridas para El Estudio Ambiental	16-40
Tabla 16.2.5.	Descripciones de la Condición Ambiental Actual	16-41
Tabla 16.2.6.	Estudio de Campo Ambiental (Bio-Físico)	16-41
Tabla 16.2.7.	Estudio de Campo Ambiental (Socio-Cultural)	16-41
Tabla 16.2.8.	Estudio de Evaluación de Impactos	16-42
Tabla 16.2.9.	Categorización del proyecto (tentativo)	16-43
Tabla 16.2.10.	Medidas de Mitigación de Proyectos Específicos para la Calidad del Aire	16-47
Tabla 16.2.11.	Medidas Mitigativas relacionadas a la protección de los Recursos Hídricos	16-47
Tabla 16.2.12.	Medidas Mitigativas relacionado a la Protección del Suelo	16-48
Tabla 16.2.13.	Medidas de Mitigación de Sonidos	16-48
Tabla 16.2.14.	Medidas de Mitigación para la Protección de Flora/Fauna	16-49
Tabla 16.3.1.	Horario de Reuniones de Involucrados	16-52
Tabla 16.3.2.	Página para Reuniones de Involucrados	16-52

Tabla 16.3.3.	Entorno de la 1ra Reunión de Involucrados	16-53
Tabla 16.3.4.	Categorización de Preguntas	16-53
Tabla 16.3.5.	Entorno de la Combinada 2da Reunión de Involucrados	16-54
Tabla 16.3.6.	Entorno de la 3ra Reunión de Involucrados	16-54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.1.	Ubicación de los Puentes de Estudio (29 puentes)	1-2
Figura 1.2.1.	Objetivos y Componentes del Estudio	1-3
Figura 1.3.1.	Componentes y Proceso Esquemático del Estudio	1-4
Figura 1.4.1.	Cronograma de Trabajo del Estudio y el Programa	1-7
Figura 2.1.1.	Mapa de Ubicación de Costa Rica	2-1
Figura 2.1.2.	El Perfil de los Ríos Más Extensos en Costa Rica	2-2
Figura 2.1.3.	Mapa de Distribución de la Temperatura Anual Promedio	2-3
Figura 2.1.4.	Mapa de la Precipitación Anual Promedio	2-4
Figura 2.1.5.	Mapa de la Línea de Falla en Costa Rica	2-5
Figura 2.1.6.	Mapa del Terremoto del 22 de Abril de 1991, Ubicado en la Zona del Caribe	2-6
Figura 2.2.1.	Vista del Terreno en Costa Rica	2-7
Figura 2.2.2.	Mapa del Uso de la Tierra en Costa Rica en 1992	2-8
Figura 2.2.3.	Cambio en la Población Desde 1980	2-9
Figura 2.2.4.	Provincias en Costa Rica y la Ubicación de los Puentes	2-9
Figura 2.2.5.	Cantones en Costa Rica	2-10
Figura 2.2.6.	Distribución de la Población en Cada Provincia	2-11
Figura 2.2.7.	Densidad de la Población	2-11
Figura 2.2.8.	Cambio en la Población de Cada Provincia basado en 1974	2-11
Figura 2.2.9.	Cambio del PIB y el PIB per capita Entre 1991-2004	2-13
Figura 2.2.10.	Relación Entre la Propiedad del Auto y el PIB per Capita	2-16
Figura 2.3.1.	Red de Carreteras (Por Categoría) en Costa Rica	2-19
Figura 2.3.2.	Red de Carreteras (Cada Categoría) en la Gran Área Metropolitana	2-20
Figura 2.3.3.	Red de Carreteras en la Provincia de San José	2-20
Figura 2.3.4.	Red de Carreteras en la Provincia de Cartago	2-20
Figura 2.3.5.	Red de Carreteras en la Provincia de Alajuela	2-21
Figura 2.3.6.	Red de Carreteras en la Provincia de Guanacaste	2-21
Figura 2.3.7.	Red de Carreteras en la Provincia de Heredia	2-21
Figura 2.3.8.	Red de Carreteras en la Provincia de Limón	2-21
Figura 2.3.9.	Red de Carreteras en la Provincia de Puntarenas	2-22
Figura 2.3.10.	Volumen del Tráfico en Cada Ruta en Costa Rica	2-23
Figura 2.3.11.	Volumen de Tráfico en Cada Ruta	2-24
Figura 2.3.12.	Esquema de las Etapas del Mantenimiento de las Rutas Nacionales	2-26
Figura 2.3.13.	Esquema de las Etapas del Mantenimiento de la Carretera Rural ..	2-26
Figura 2.3.14.	Condición del Pavimento de las Calles en las Rutas Nacionales ..	2-27
Figura 3.1.1.	Distribución en el Ancho del Puente	3-2
Figura 3.1.2.	Distribución de la Longitud del Puente	3-3
Figura 3.2.1.	Camiones Estándar HS (Costa Rica)	3-4
Figura 3.2.2.	Camiones Estándar H (Costa Rica)	3-4
Figura 3.2.3.	Carga Carril (AASHTO)	3-4

Figura 3.2.4.	Ancho de Camino	3-6
Figura 3.2.5.	Claro de Estructura	3-7
Figura 3.2.6.	Claro Debajo de Cubierta	3-7
Figura 3.2.7.	Vigas Estándar PCI de Puentes (Costa Rica)	3-8
Figura 4.1.1.	Hoja de Calificación de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual)	4-1
Figura 4.2.1.	Posible Desarrollo Profesional de los Ingenieros en Puentes	4-18
Figura 4.3.1.	Gráfico de Radar el Nivel Individual de Capacidad (1)	4-21
Figura 4.3.2.	Gráfico de Radar el Nivel Individual de Capacidad (2)	4-21
Figura 4.3.3.	Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (1)	4-23
Figura 4.3.4.	Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (2)	4-23
Figura 4.3.5.	Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (3)	4-23
Figura 4.3.6.	Gráfico de Radar el Nivel Institucional de Capacidad	4-25
Figura 4.3.7.	Gráfico de Radar del Nivel Social de Capacidad	4-25
Figura 4.4.1.	Árbol del Problema	4-26
Figura 4.4.2.	Árbol del Problema para Mantenimiento Insuficiente en Puentes ..	4-27
Figura 4.4.3.	Árbol del Problema para Estructura Organizacional Semanal en Mantenimiento de Puentes	4-27
Figura 4.4.4.	Árbol del Problema de Presupuesto Insuficiente para Mantenimiento de Puentes	4-28
Figura 4.4.5.	Árbol del Problema de Imposiciones de Leyes, Regulaciones y Estándar	4-28
Figura 4.4.6.	Árbol del Problema del Conocimiento Insuficiente de Administración de Mantenimiento de Puentes	4-29
Figura 5.1.1.	Problema Ramificado Global y Alternativas de Aproximación ...	5-4
Figura 5.4.1.	Imagen de la Estructura Organizacional del Grupo Principal de Mantenimiento de Puentes	5-9
Figura 5.5.1.	Imagen del Nivel Objetivo del Desarrollo de Capacidad	5-10
Figura 6.2.1.	Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 1	6-18
Figura 6.2.2.	Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 2	6-19
Figura 6.2.3.	Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 3	6-20
Figura 6.2.4.	Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 4	6-21
Figura 6.2.5.	Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 5	6-22
Figura 6.3.1.	Número de Puentes Objetivo por ser inspeccionados periódicamente	6-24
Figura 6.3.2.	Estructura Organizacional del Departamento de Puentes Actual del MOPT en 2006	6-26
Figura 6.3.3.	Estructura Organizacional de la Mejorada Dirección de Puentes en el 2007	6-26
Figura 6.3.4.	Propuesta de Estructura Organizacional de la Dirección de Puentes del MOPT	6-26
Figura 6.3.5.	Estructura Organizacional Actual del CONAVI en 2006	6-27
Figura 6.3.6.	Estructura Organizacional del CONAVI en 2007	6-27
Figura 6.3.7.	Propuesta de Estructura Organizacional del	

	Nuevo Departamento de Construcción de Puentes del CONAVI	6-27
Figura 6.3.8.	Imagen de posición de GCMP	6-28
Figura 6.4.1.	Nivel Objetivo Institucional de Desarrollo de Capacidad	6-33
Figura 7.3.1.	Actividades Clave: Pilar-1	7-7
Figura 7.3.2.	Actividades Clave: Pilar-2	7-10
Figura 7.3.3.	Actividades Clave: Pilar -3	7-15
Figura 7.3.4.	Actividades Clave: Pilar -4	7-18
Figura 7.3.5.	Condición de la Red Vial en Chile	7-22
Figura 7.3.6.	Clasificación de los Puentes por Material en Chile	7-23
Figura 7.3.7.	Salida Visual de SAP en Chile	7-24
Figura 8.1.1.	Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 1)	8-2
Figura 8.1.2.	Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 2)	8-2
Figura 8.1.3.	Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 32)	8-3
Figura 8.1.4.	Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 4,218)	8-3
Figura 8.2.1.	Ejemplo de la Hoja de Medición para las Dimensiones del Puente	8-9
Figura 8.2.2.	Estándar de Puntos de Vista	8-10
Figura 8.3.1.	Longitud de Tramo Mínima	8-21
Figura 8.3.2.	Longitud de Tramo Mínima Requerida	8-22
Figura 8.3.3.	Longitud de Asiento en Vigas	8-24
Figura 8.3.4.	Distancia Entre el Perno del Soporte y la Cuña de Asiento del Puente	8-24
Figura 8.3.5.	Volumen de Tráfico de los 29 Sitios Estudiados	8-26
Figura 9.2.1.	Jerarquías de los Componentes del Puente	9-4
Figura 10.1.1.	Proceso de Inspección y Trabajos de Reparación/Refuerzo	10-1
Figura 10.1.2.	Desglose del Trabajo y Flujo para la Identificación de los Mecanismos de Deterioro	10-2
Figura 10.1.3.	Cuadro de Sistema de Deterioración para Miembros de Concreto	10-6
Figura 10.1.4.	Representación Esquemática de los Puntos de Mayor Impacto e el Río	10-9
Figura 10.1.5.	Representación Esquemática de Socavación en Pilas Cilíndricas	10-9
Figura 10.1.6.	Resultado de Pruebas de Compresión	10-31
Figura 10.1.7.	Resultados de Pruebas de Carbonatación	10-32
Figura 10.1.8.	Deformación de las Viga Cajón en el Puente sobre el Río Chirripó (No.17)	10-33
Figura 10.2.1.	Localización de los Puentes	10-45
Figura 10.2.2.	Puente Sobre el Río Chirripó No.17	10-46
Figura 10.2.3.	Puente Sobre el Río Chirripó No.26	10-47
Figura 10.2.4.	Flujo de Prueba de Carga	10-48
Figura 10.2.5.	Secuencia Evaluación para Capacidad de Carga	10-50
Figura 10.2.6.	Puntos de Medida para Puente No.17 Chirripó	10-51
Figura 10.2.7.	Equipos de Medida de Deflexión	10-51
Figura 10.2.8.	Método de Medida de Deflexión en Puente No.17 Chirripó	10-52

Figura 10.2.9.	Herramientas de Medida de Deflexión para Puente No.17 Chirripó	10-52
Figura 10.2.10.	Caso de Carga Estática para Puente No.17	10-53
Figura 10.2.11.	Situación de Pruebas de Carga en Puente No.17	10-55
Figura 10.2.12.	Secuencia de Evaluación de Durabilidad por Fatiga	10-56
Figura 10.2.13.	Puntos de Medida de Deflexión para el Puente No.26 Chirripó	10-57
Figura 10.2.14.	Herramientas de Medidas de Deflexión para Puente No.26 Chirripó	10-57
Figura 10.2.15.	Partes Fácilmente Afectadas por la Fatiga en Puentes de Acero ..	10-58
Figura 10.2.16.	Colocación de Gauges en Puente No.26 Chirripó	10-59
Figura 10.2.17.	Área Exacta de Esfuerzo	10-60
Figura 10.2.18.	Esfuerzo y Deformación	10-60
Figura 10.2.19.	Strain Gauge	10-61
Figura 10.2.20.	Detalle de un Strain Gauge	10-61
Figura 10.2.21.	Sistema de Almacenamiento de Datos	10-62
Figura 10.2.22.	Andamios para las Zonas de Trabajo	10-62
Figura 10.2.23.	Instalación de Strain Gauges	10-63
Figura 10.2.24.	Instalación de Strain Gauges	10-63
Figura 10.2.25.	Casos de Carga Estática para el Puente No. 26	10-64
Figura 10.2.26.	Imagen de la Prueba de carga en movimiento en el Puente No.27 sobre el Río Chirripó	10-65
Figura 10.2.27.	Situación de la Prueba de carga en el Puente No.26	10-68
Figura 10.2.28.	Comparación de la Deflexión en el Puente No. 17 sobre el Río Chirripó	10-69
Figura 10.2.29.	Caso de carga estática para el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó	10-70
Figura 10.2.30.	Comparación de las Deflexiones entre los resultados reales y los modelos	10-72
Figura 10.2.31.	Comparación de los Esfuerzos entre los resultados reales y los modelos	10-72
Figura 10.2.32.	Esfuerzo y Deflexión revisada para HS20+25%	10-73
Figura 10.2.33.	Punto de Medición del Esfuerzo para la evaluación de la Fatiga ..	10-74
Figura 10.2.34.	Secuencia de evaluación de durabilidad por fatiga	10-75
Figura 10.2.35.	Imagen del Método de Flujo Pluvial	10-76
Figura 10.2.36.	Número repetido acumulado	10-77
Figura 10.2.37.	Imagen de un grado acumulado de fatiga	10-78
Figura 10.2.38.	Volumen de Tráfico durante Pruebas (Ambos lados)	10-81
Figura 10.2.39.	Expectativa de Vida y volumen de tráfico acumulado	10-82
Figura 10.2.40.	Crecimiento y volumen de tráfico acumulado para camiones de 5 ejes	10-83
Figura 10.3.1.	Socavación en el Cauce en No.16 Puente Nuevo	10-85
Figura 10.3.2.	Erosión en los Rellenos en No.12 Puente Puerto Nuevo	10-85
Figura 10.3.3.	Deposito de Grande Rocas en No.17 Puente Río Chirripó	10-85
Figura 10.3.4.	Depósito de Grandes Rocas en No.20 Puente Río Sucio	10-85
Figura 10.3.5.	Perforaciones en las Zonas de los Puentes	10-87
Figura 10.3.6.	Muestras de Suelos de Perforaciones en Estudio Geológico	10-88

Figura 11.1.1.	Selección de Programación para la reparación o refuerzo para la losa	11-4
Figura 11.1.2.	Daños en la losa del Puente de cercha	11-6
Figura 11.1.3.	Grieta en la losa del Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí	11-6
Figura 11.1.4.	Curva de Esfuerzo/ Deformación	11-8
Figura 11.1.5.	Programa del Diseño para la losa del la adherencia FRP	11-9
Figura 11.1.6.	Momento y esfuerzo debido a la carga muerta	11-10
Figura 11.1.7.	Momento y esfuerzo debido a la carga viva	11-10
Figura 11.1.8.	Esfuerzo debido a la Carga muerta y la carga viva	11-11
Figura 11.1.9.	Programa del Diseño para incrementar el espesor de la losa	11-12
Figura 11.1.10.	Momento y Esfuerzo debido a la carga muerta	11-13
Figura 11.1.11.	Momento y esfuerzo debido a la carga viva	11-13
Figura 11.1.12.	Esfuerzo debido a la carga viva y a la carga muerta	11-14
Figura 11.2.1.	Programa del Diseño para el Larguero usando el método de cambiar de viga simple a viga continúa	11-17
Figura 11.2.2.	Momento de flexión	11-18
Figura 11.2.3.	Esfuerzo debido a la carga muerta y a la carga viva	11-18
Figura 11.2.4.	Programa del Diseño para el diafragma por el incremento de la sección del miembro	11-19
Figura 11.2.5.	Esfuerzo producido por la carga muerta y la carga viva	11-20
Figura 11.3.1.	Miembros Adicionales para reforzar el Puente sobre el Río Aranjuez	11-27
Figura 11.3.2.	Deflexión en el Puente No.17 sobre Río Chirripó	11-33
Figura 11.3.3.	Deflexión en el Puente No.20 sobre el Río Sucio	11-33
Figura 11.3.4.	Comparación de la deflexión para el Puente No.17 sobre el Río Chirripó	11-34
Figura 11.3.5.	Comparación de la deflexión para el Puente No.20 sobre el río sucio	11-35
Figura 11.3.6.	Programa de Diseño para el Puente de cercha de acero reforzado con miembros diagonales adicionales	11-37
Figura 11.3.7.	Programa de Diseño para el Puente de cercha de acero reforzado al incrementar la dimensión	11-38
Figura 11.3.8.	Esfuerzo por las cargas vivas y las cargas muertas	11-39
Figura 11.3.9.	Esfuerzo por la carga muerta y la carga viva	11-40
Figura 11.3.10.	Programa de Diseño para El Puente de Viga Tipo I de acero reforzado con cable externo adicional	11-41
Figura 11.3.11.	Esfuerzo debido a la carga muerta, la carga viva y el preesfuerzo	11-42
Figura 11.3.12.	Programa de Diseño para la viga de concreto reforzado con un Refuerzo de adherencia FRP y adherencia de placa de acero	11-43
Figura 11.3.13.	Programa de diseño para la viga de concreto reforzado al incrementar la sección	11-44
Figura 11.3.14.	Programa de Diseño para la viga de concreto reforzado que necesita incrementar la losa con adherencia FRP o con placa de acero	11-45
Figura 11.3.15.	Esfuerzo debido a la carga muerta	11-46
Figura 11.3.16.	Esfuerzo debido a la carga viva	11-46

Figura 11.3.17.	Esfuerzo Compuesto debido a la carga muerta y a la carga viva	11-47
Figura 11.3.18.	Área Reforzada de la viga	11-47
Figura 11.3.19.	Programa de Diseño para reforzar la viga tipo I prefabricada con adherencia FRP	11-48
Figura 11.3.20.	Imagen del esfuerzo de tensión de la viga tipo I prefabricada	11-49
Figura 11.4.1.	Detalle de Impermeabilización	11-54
Figura 11.4.2.	Condición de las Juntas de Expansión	11-55
Figura 11.4.3.	Ejemplo de Método para Fijar Nuevas Juntas de Expansión	11-58
Figura 11.5.1.	Longitud de Asiento para Vigas	11-60
Figura 11.5.2.	Distancia para calcular la Longitud del asiento Calcular la longitud de asiento	11-61
Figura 11.5.3.	La longitud de asiento para un puente sesgado	11-61
Figura 11.5.4.	Dimensiones Requeridas de las Ménsulas de Concreto	11-62
Figura 11.5.5.	Altura Mínima de Ménsula	11-62
Figura 11.5.6.	Dimensiones Requeridas para la Ménsula de Concreto	11-67
Figura 11.5.7.	Refuerzo del gozne para el puente en voladizo	11-68
Figura 11.5.8.	Refuerzo del gozne para el puente en voladizo	11-68
Figura 11.7.1.	Proceso de Diseño de Aumento de Fundaciones	11-86
Figura 11.7.2.	Proceso de Diseño de Incremento de Número de Pilotes	11-87
Figura 11.7.3.	Juicio de Capacidad de Carga	11-88
Figura 11.7.4.	Socavación del lecho del Río alrededor de la pila	11-95
Figura 12.1.1.	Andamio Tipo-A	12-6
Figura 12.1.2.	Andamio Tipo-B	12-6
Figura 12.1.3.	Andamio Tipo-C	12-7
Figura 12.1.4.	Andamio Tipo-D	12-7
Figura 12.1.5.	Modelo de Estructura de Dique	12-8
Figura 12.1.6.	Planteo General de Control de Tráfico	12-8
Figura 12.1.7.	Planteo del Área de Construcción Tipo Estándar	12-9
Figura 12.1.8.	Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 20 (Río Sucio)	12-10
Figura 12.1.9.	Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 29 (Río Torres)	12-10
Figura 13.1.1.	Imagen de la Apariencia de los Costos y los Beneficios	13-3
Figura 13.2.1.	Secuencia del Estimado de Costos Sociales y Beneficios	13-4
Figura 13.2.2.	Resultados del COV	13-6
Figura 13.2.3.	Resultados	13-6
Figura 13.2.4.	Ruta de Desvío para el Río Sucio	13-7
Figura 13.2.5.	Los Resultados del Costo Social por el Cierre del Tráfico por un día en el Río Sucio (R.32)	13-9
Figura 13.2.6.	Pérdida Social por el Cierre del Tráfico por un día en los 10 Puentes	13-9
Figura 13.2.7.	Ubicación del Río Torres (R.218)	13-10
Figura 13.2.8.	Pérdida Social de la Restricción del Tráfico en una dirección durante un día para los 10 Puentes	13-10
Figura 13.3.1.	Tipos Considerables de Situaciones	13-11

Figura 13.4.1.	Río Sucio (R.32)	13-12
Figura 13.4.2.	Apariencia de los Costos Sociales y lo Beneficios para el Río Sucio (R.32)	13-13
Figura 13.4.3.	Río Aranjuez (R.2)	13-14
Figura 13.4.4.	Ruta de Desvío para el Río Aranjuez (R.2)	13-14
Figura 13.4.5.	Apariencia del Costo Social y Beneficios para el Río Sucio (R.32)	13-16
Figura 13.4.6.	Resultados de los Beneficios Sociales para los 10 Puentes Seleccionados	13-17
Figura 13.6.1.	Resultados del RRIE	13-20
Figura 13.6.2.	Resultados del VNA, Rango de Beneficio para Rehabilitación & Refuerzo	13-20
Figura 14.1.1.	Administración de la Información de las Vías	14-1
Figura 14.1.2.	Flujo de Información en el Departamento de Puentes	14-1
Figura 14.1.3.	Organización del Desarrollo y Administración del Sistema	14-2
Figura 14.1.4.	Organización de CONAVI	14-3
Figura 14.2.1.	Red en la División de Obras Públicas	14-10
Figura 14.2.2.	Conexión de Red entre MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales	14-11
Figura 14.2.3.	Sistema Existente del MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales y el plan de Desarrollo del Sistema	14-16
Figura 14.3.1.	Concepto del SAEP	14-17
Figura 14.3.2.	Componentes del Sistema de Hardware	14-19
Figura 14.3.3.	Concepto del Sistema de Administración de Puentes	14-21
Figura 14.3.4.	Organización para la construcción de la Base de Datos	14-22
Figura 14.3.5.	Proceso de Registro de Datos del Inventario	14-23
Figura 14.3.6.	Proceso de registro de Datos de Inspección	14-24
Figura 14.3.7.	Proceso de Registro de Datos Relevantes	14-24
Figura 14.4.1.	Movimiento de la Presentación	14-26
Figura 14.4.2.	Búsqueda de los Datos de Inventario de Puentes	14-27
Figura 14.4.3.	Búsqueda de Datos de Inspección de Puentes	14-27
Figura 14.4.4.	Evaluación de la Deficiencia de Puentes	14-28
Figura 14.4.5.	Priorizar para la Reparación del Puente	14-28
Figura 14.4.6.	Estimado de Costo para la Reparación de Puentes	14-28
Figura 15.2.1.	Ítems de apoyo del Manual de Inspección	15-2
Figura 15.3.1.	Ítems de apoyo del Manual de Operaciones para el SAEP	15-3
Figura 15.4.1.	Ítems que describen el Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes	15-4
Figura 16.1.1.	Áreas de Protección Ambiental en Costa Rica	16-5
Figura 16.1.2.	Accidentes de Tránsito a nivel Nacional (1996 – 2004)	16-6
Figura 16.1.3.	Variación en el tiempo de CO2 en Costa Rica	16-7
Figura 16.2.1.	Resultados de la Medición del Sonido (Este de Neak Loeng, Junio/03/05)	16-43
Figura 16.2.2.	Conteo de Volumen de Tráfico (Este de Neak Loeng, Junio/03/05)	16-43

Figura 16.2.3.	Diagrama de Flujo de la Selección del Estudio de Campo Ambiental	16-44
Figura 16.2.4.	Resultado del Estudio de Predicción de Sonido	16-44
Figura 16.2.5.	Diagrama de Selección del Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental	16-45
Figura 16.2.6.	Diagrama del Flujo del Proceso de Alcance y Sondeo Ambiental ·	16-46

ABREVIACIONES

AASHTO:	Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials)
AF:	Año Financiero
AHP:	Análisis de Jerarquías de Prioridades (Analysis of Hierarchy of Prioritization)
ASTM:	Estándares Americanos de Pruebas y Materiales (American Standard for Testing and Materials)
BCIE:	Banco Centroamericano de Integración Económica
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CABEI:	Banco Centroamericano de Integración Económica (Central America Bank of Economic Integration)
CAD:	Diseño Asistido por Computadora (Computer Aided Design)
CAFTA:	Tratado de Libre Comercio de Centro América (Central America Free Trade Agreement)
CC:	Capacidad de Construcción
CED:	Capacidad de Evaluación de Diferencia
CFIA:	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
CIC:	Colegio de Ingenieros Civiles
CIDA:	Agencia de Desarrollo Internacional Canadiense (Canadian International Development Agency)
CNC:	Consejo Nacional de Concesiones
CONAVI:	Consejo Nacional de Vialidad
COV:	Costo de Operación de Vehículos
CRC:	Colones de Costa Rica
CTV:	Costo de Tiempo de Viaje
C/P:	Contraparte
DC:	Desarrollo de Capacidad
DV:	Derecho de Via
EDC:	Estructura de Desglose de Costo
EDP:	Estructura de Desglose de Presupuesto
EDC:	Evaluación de Diferencia de Capacidad
EET:	Entrenamiento En Trabajo
E/F:	Estudio de Factibilidad
EIA:	Evaluación de Impacto Ambiental
FCE:	Factor de Conversión Estándar
FED:	Factor Espectral Dinámico
FOB:	Libre al Abordar (Free on Board)
FRP:	Fibra de Refuerzo Plástico
FTAA:	Tratado de Libre Comercio de America (Free Trade American Agreement)
FTSC:	Factor de la Taza Salarial Cubierta
GART:	Gran Área de Red de Trabajo
GCAP:	Grupo Consultor de Administración de Puentes
GCR:	Gobierno de Costa Rica
GJ:	Gobierno de Japón
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global

GTZ:	La Agencia Alemana para Cooperación Técnica (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)
ICE:	Instituto Costarricense de Electricidad
HDM-III:	Diseño de Autopistas y Modelo Estándar de Mantenimiento versión III (Highway Design and Maintenance Standard Model version III)
JBIC:	Banco Japonés de Cooperación Internacional (Japan Bank for International Cooperation)
JICA:	Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (Japan International Cooperation Agency)
JPY:	Yenes Japoneses
KfW:	Kreditanstalt für Wiederaufbau
LANAMME:	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
MAR:	Matriz de Asignación de Responsabilidades
MDP:	Matriz de Diseño de Proyecto
ME:	Ministerio de Economía
MIDEPLAN:	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica
MINAE:	Ministerio del Ambiente y Energía
M/R:	Minutas de Reunión
MS:	Ministerio de Salud
MOPT:	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
MOPTT:	Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Telecomunicaciones (Chile)
NAM:	Nivel de Agua Máximo
NAMin:	Nivel de Agua Mínimo
O y M:	Operación y Mantenimiento
OD:	Origen y Destino
PC:	Concreto Pretensado
PIB:	Producto Interno Bruto
PO:	Plan de Operaciones
PPP:	Plan Puebla Panamá
RC:	Concreto Reforzado
RICAM:	Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas
RREI:	Rango de Retorno de Economía Interna
SAP:	Sistema de Administración de Puentes
SETENA:	Secretaría Técnica del Ambiente
SF:	Estudio de Factibilidad
SICA:	Sistema de la Integración Centroamericana
SIECA:	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SIGVI:	Sistema Integrado de Gestión Vial
SINA:	Ministry of Environment and National System of Environmental Organizations
SINAC :	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SOP:	Secretaría de Obras Públicas (Méjico)
SPEM:	Sistema de Programación y Ejecución del Mantenimiento Vial
T/C:	Trabajo de Campo
TEA:	Trabajo en Estructuras Averiadadas
TR:	Términos de Referencia
TPD:	Tránsito Promedio Diario

UNDP: Programa de Desarrollo de Las Naciones Unidas
(United Nations Development Program)
USD: Dolares de Estados Unidos
VNA: Valor Neto Actual

Colones de Costa Rica (¢): Unidad Moneda de Costa Rica: \$US 1 aproximadamente ¢ 516 a Agosto del 2006.

CAPÍTULO 1 RESUMEN DEL ESTUDIO

1.1 Antecedente del Estudio

Costa Rica tiene un área de aproximadamente 51,100 km² con una población de 430,000 y limita al Norte con Nicaragua, al Sur con Panamá, al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico.

Costa Rica es uno de los países miembros en el “Sistema de Integración Centroamericana (SICA)” y se espera que juegue un papel importante en el desarrollo e integración de la economía en la región. Para extender la integración económica, la mejora de la infraestructura en el sector del transporte es un factor esencial que apoyar. En particular, la mejora de la red vial es uno de los temas con prioridad en el Plan Puebla Panamá, ya que este permite el transporte terrestre lo que sería de gran ventaja en Centro América en términos de efectividad de costo en comparación con otros medios de transporte tales como el aéreo o marítimo que serán consecuentemente promovidos.

Se establece claramente en el Plan de Desarrollo Nacional (2002-2006) de Costa Rica que “la aceleración del crecimiento económico” es un componente integral del plan y que la construcción y rehabilitación de puentes en las carreteras donde se transportan los camiones son factores clave a ser prioritarios de manera estratégica en la construcción y la conservación de la red vial.

La Red Vial en Costa Rica alcanza una longitud total de más de 37,300 km de la longitud total que comprende la carretera internacional de camiones, que une geográficamente a Centro América a través del país. La mayoría de los 1,330 puentes en las carreteras nacionales (7,775 km) sufren de deterioros severos debido al material que ha envejecido. Los trabajos de mantenimiento insuficiente e inadecuado han acelerado estos daños y han permitido el decline del rendimiento del puente. La capacidad de carga que requiere el código regional del PPP para las carreteras internacionales de camiones no son satisfactoriamente seguras para sostener la capacidad necesaria para el transporte terrestre como una ruta comercial principal. Además debido al hecho de que los países están ubicados geológicamente en el cinturón volcánico, se vuelve un factor crítico tomar la consideración de la prevención de desastres para el mantenimiento de puentes en Costa Rica para prevenir a las estructura de desastres naturales tales como erupciones y terremotos. De acuerdo a lo anterior, se requiere de manera completa que se den programas de asistencia para mejorar las capacidades en la administración de puentes que comprenden la inspección, el diagnóstico del deterioro en los puentes existentes al mismo tiempo que la planificación del reforzamiento y la rehabilitación de puentes.

Debido a lo anterior, el Gobierno de Costa Rica solicitó al Gobierno de Japón ejecutar un estudio de factibilidad para la implementación del sistema de administración de puentes y seleccionar 30 puentes como parte del Estudio de Factibilidad. En respuesta a la anterior solicitud se decidió conducir “El Estudio sobre Desarrollo de Capacidad en la Planificación, Mantenimiento y Administración de la Rehabilitación de Puentes”

1.2 Objetivos del Estudio

El estudio se condujo en los 29 Puentes objetivo en la red de carreteras de camiones, las que comprenden del Puente No.1 al No. 8 en la Ruta 1 de la Carretera Nacional, del Puente No.9 al No. 16 en la Ruta 2 de la Carretera Nacional, del Puente No.17 al No. 19 en la Ruta 4 de la Carretera Nacional, del Puente No.21 al No. 28 en la Ruta 32 de la Carretera Nacional y el Puente No.29 en la Ruta 218 de la Carretera Nacional y se debe de enfocar en la asistencia para el desarrollo de capacidad para el reforzamiento y la rehabilitación además de la administración de puentes. Los objetivos principales del estudio de establecen a continuación:

- (1) Apoyar la implementación del programa de desarrollo de capacidad para el Sistema de Administración de Puentes a nivel individual, organizacional y social/institucional.
- (2) Conducir el diagnóstico de puentes y evaluar su condición actual.
- (3) Formular el Plan de rehabilitación/reforzamiento/mejora en los 10 puentes prioritarios.
- (4) Elaborar los planes de diseño de la rehabilitación/reforzamiento/mejora en los 10 puentes prioritarios.
- (5) Conducir la planificación y el análisis económico el estimado de costo/construcción preliminar.
- (6) Establecer el Sistema de Administración de Puentes (SAP) como herramienta práctica para implementar el mantenimiento de puentes.
- (7) Elaborar los Manuales y Lineamientos estándares en la inspección de puentes y en la rehabilitación/reforzamiento/mejora y mantenimiento de los puentes.
- (8) Apoyar la información ambiental relevante de acuerdo al Lineamiento de JICA para las consideraciones ambientales y sociales, que serán necesarias de efectuar antes de la implementación de la rehabilitación/reforzamiento/mejora.

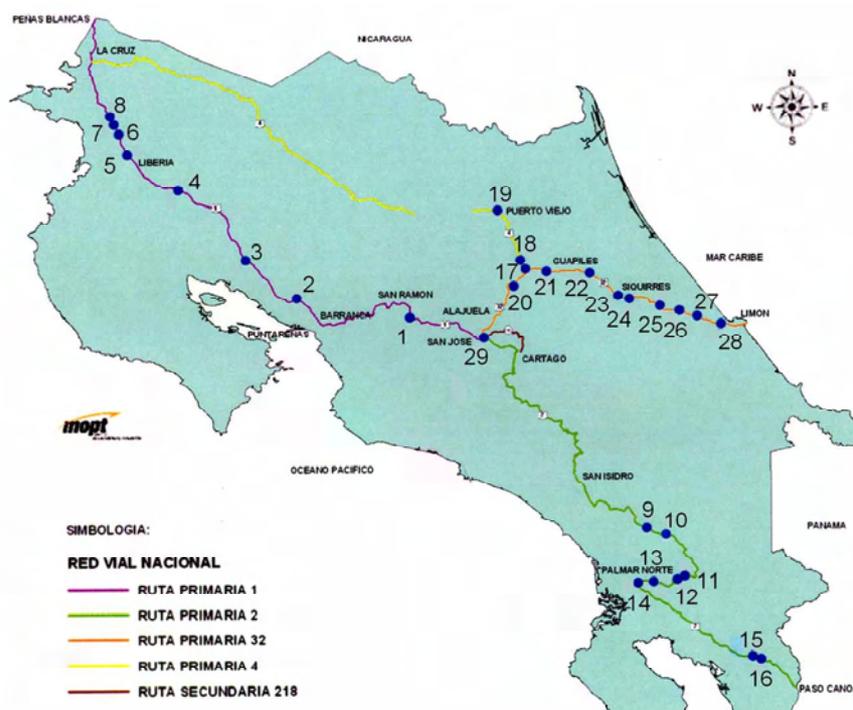


Figura 1.1. Ubicación de los Puentes de Estudio (29 puentes)

1.3 Componentes y Procesos del Estudio

La Figura 1.2. indica los componentes compresivos del estudio para tomar los objetivos mencionados anteriormente. La Dirección de Planificación y el Departamento de Puentes del Ministerio de Obras Públicas (MOPT) y la dirección de planificación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) funcionan como las contrapartes del Estudio.

El Desarrollo de Capacidad para Costa Rica (mencionado como el “DC”) se deberá enfocar en la mejora de capacidad en los niveles “organizacional”, “individual”, e “institucional/social”. Además, el estudio se enfoca la asistencia en el establecimiento del Departamento de Conservación de puentes en CONAVI.

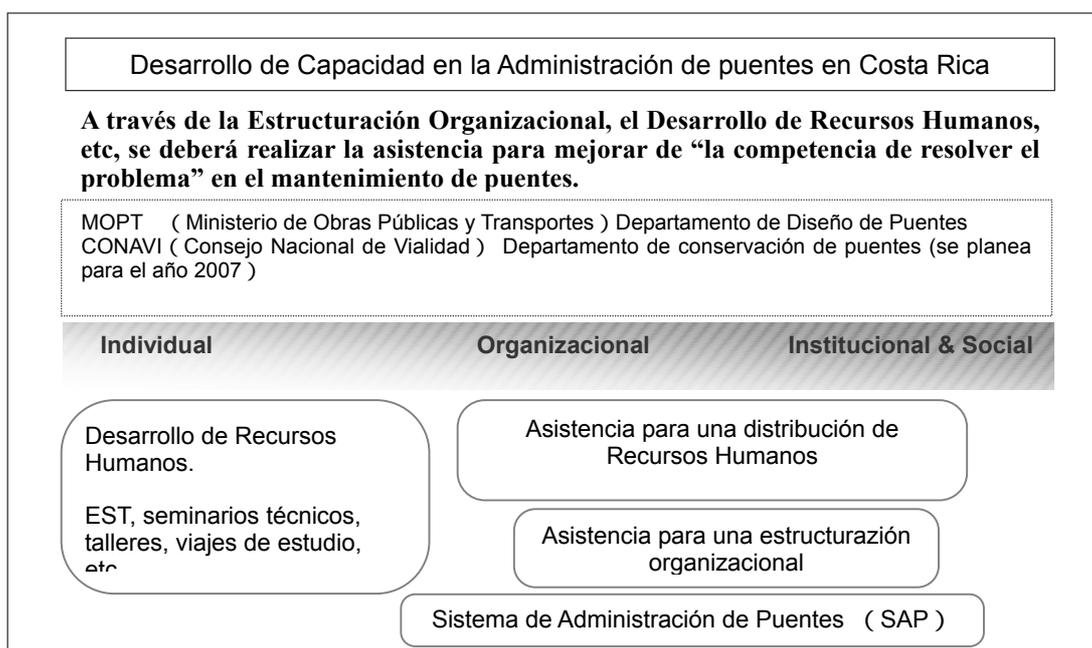


Figura 1.2. Objetivos y Componentes del Estudio

La Figura 1.3. indica un proceso esquemático del estudio. LA fila superior de las indicaciones se refiere a los componentes técnicos del Estudio y la fila inferior comprende el DC.

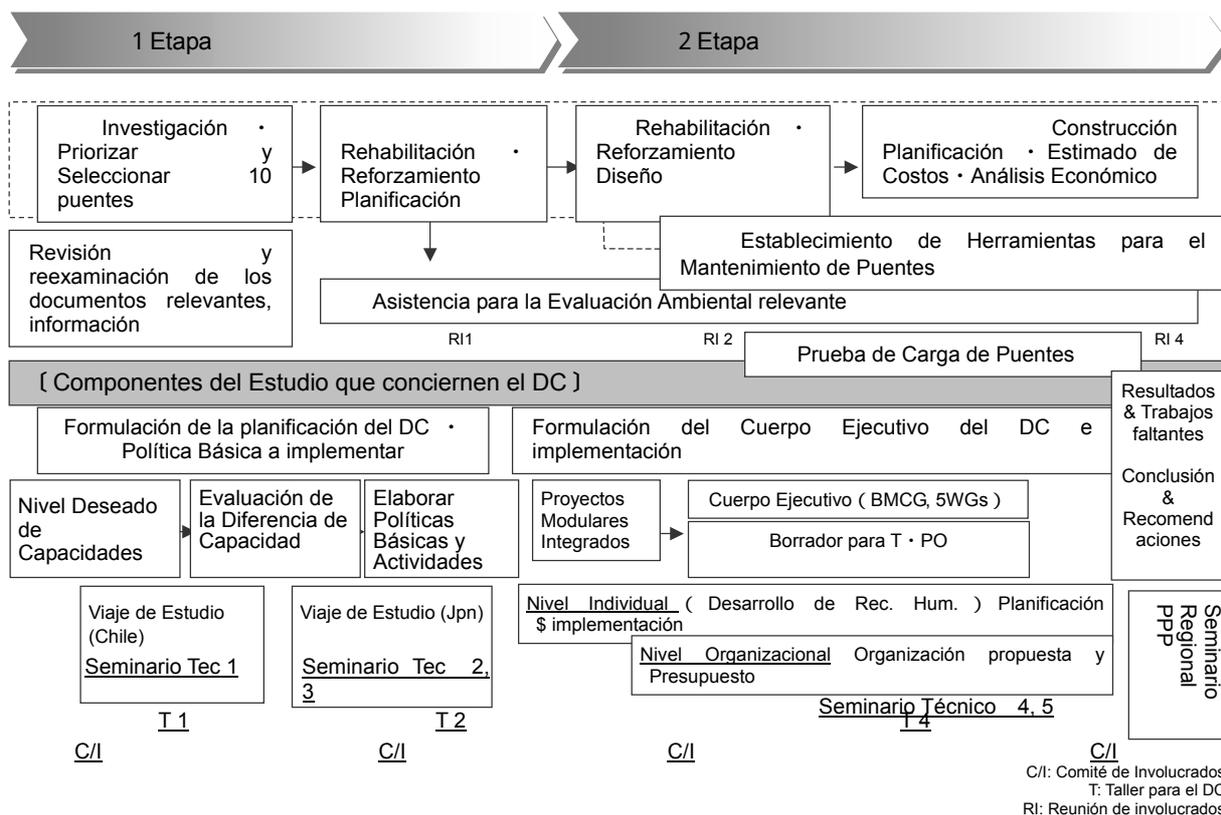


Figura 1.3. Componentes y Proceso Esquemático del Estudio

A continuación se mencionan los componentes técnicos y su programa de trabajo:

- 1) Investigación del estado presente de los 29 puentes, diagnóstico del deterioro presente, priorización y selección de los 10 puentes prioritarios.
- 2) Formulación del plan de rehabilitación/reforzamiento/mejora en los 10 puentes seleccionados.
- 3) Elaboración del diseño y planos y estudio de calidad de la rehabilitación/reforzamiento/mejora de los 10 puentes seleccionados.
- 4) Formulación la planificación, estimado de costo, análisis económico preliminar de los 10 puentes seleccionados.
- 5) Asistencia de la información relevante con base en lo que se la descripción anterior del plan de rehabilitación/reforzamiento/mejora y la planificación de la construcción en los 10 puentes seleccionados.

Además, se deberá de realizar:

- 6) ESTablecer las herramientas del mantenimiento de Puentes (por ejemplo: Sistema de Administración de Puentes-SAP-, Manual de Inspección, manual de operación del SAP, Lineamiento para el mantenimiento de puentes)
- 7) Implementación de la Prueba de carga de puentes:

A continuación se resumen los Componentes administrativos acerca del DC:

- 1) Evaluación de la diferencia de capacidad

- Establecer el estado futuro deseable de las capacidades a nivel “organizacional”, “individual”, e “institucional/social”.
- La evaluación de la diferencia de capacidad hace una diferencia entre los estados actuales y los estados deseados.
- El análisis del problema-objetivo a niveles “organizacional”, “individual”, e “institucional/social” a través de la Administración del Ciclo del Proyecto.

2) Formulación de la Política Básica para el Desarrollo de Capacidad

- Con base en los resultados del análisis del problema, se identificaron un total de 13 proyectos modulares, que comprenden 4 proyectos a nivel individual, 3 proyectos a nivel organizacional y 6 proyectos a nivel institucional-social.
- Se proponen 10 políticas básicas para una administración de puentes comprensiva. Como la política lo establece es esencial que se reconozca el compromiso político para asegurar la asignación balanceada para el presupuesto que permite que el “mantenimiento de puentes en una base ad-hoc” se convierta en un “mantenimiento preventivo”.

3) Implementación del Desarrollo de Capacidad

- 13 proyectos modulares prototipo identificados se integraron en 5 proyectos modulares a gran escala, tomando en consideración las tareas dispuestas a nivel “organizacional”, “individual”, e “institucional/social”.
- Como un cuerpo ejecutivo principal para la implementación de 5 proyectos modulares a gran escala, el “Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes”, el cual consiste en representantes de varias organizaciones tales como MOPT, CONAVI, las autoridades financieras y de planificación e instituciones académicas que forman 5 grupos de trabajo. Se finalizarán para el año fiscal la Estructura del Desglose del Trabajo (EDT) preliminar y el Plan de Operaciones de 5 proyectos modulares a gran escala para lograr los objetivos dentro de los 5 años que comienzan a partir del año fiscal 2008.
- El equipo de estudio propone una estructura organizacional para el MOPT, CONAVI y un arreglo en el presupuesto para el mantenimiento de puentes que incluye trabajos de rehabilitación, reforzamiento y mejora. Estos son materiales que juegan un papel en las actividades del GCMP
- La capacidad individual se deberá implementar con base en el “Plan de Desarrollo de Recursos Humanos”, que se incorpora en el proyecto modular integrado-1 que se enfoca en la mejora de las competencias técnicas a nivel individual. Las contrapartes se entrenan con base en Entrenamiento en el Sitio del Trabajo (EST), mientras que la

diseminación técnica debe de llegar a los ingenieros costarricenses a través de los seminarios técnicos (5 veces)

4) Seminario Regional PPP

- Para alcanzar a los países miembros del PPP, se realizó el Seminario Regional del PPP en Diciembre 2006, que permitió presentar el resumen del estudio y extender los resultados del DC comprensivo en la administración de puentes en los países vecinos.

Este reporte contiene todas las actividades y resultados descritos anteriormente y comprende los siguientes capítulos:

- Capítulo 1 Resumen del Estudio
- Capítulo 2 Situación existente en Costa Rica
- Capítulo 3 Condición Existente de Puentes y Estatus del
Mantenimiento de Puentes
- Capítulo 4 Evaluación de la Diferencia de Capacidad
- Capítulo 5 Políticas Básicas para el Desarrollo de Capacidad
- Capítulo 6 Implementación del Desarrollo de Capacidad
para el Programa de Mantenimiento de Puentes Comprensivo
- Capítulo 7 Desarrollo de Recursos Humanos
- Capítulo 8 Condición Existente e Inspección de Sitio
de los Puentes de Estudio
- Capítulo 9 Selección de los 10 Puentes para la Rehabilitación, Reforzamiento
- Capítulo 10 Plan para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes
Seleccionados
- Capítulo 11 Diseño para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes
Seleccionados
- Capítulo 12 Planificación de la Construcción Preliminar y Estimado de Costo
- Capítulo 13 Análisis Económico
- Capítulo 14 Sistema de Administración de Puentes (SAEP)
- Capítulo 15 Herramientas para la Administración del Mantenimiento de Puentes
- Capítulo 16 Asistencia Técnica para las consideraciones ambientales y sociales
- Capítulo 17 Conclusiones y Recomendaciones

El flujo de trabajo del estudio y el programa se muestran en la Figura 1.2.2. El detalle de lo que se realizó entre septiembre y diciembre se describe abajo.

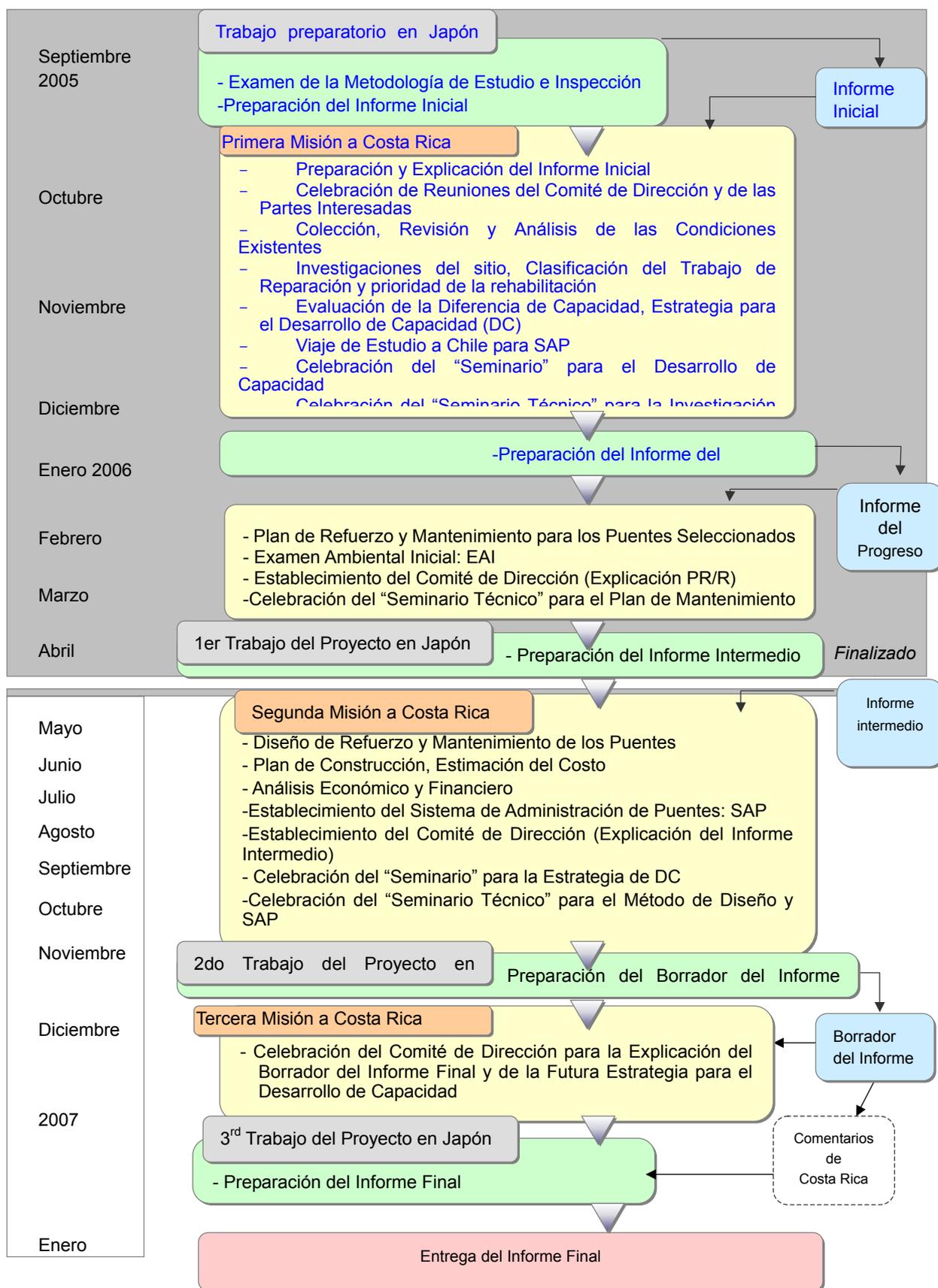


Figura 1.4. Cronograma de Trabajo del Estudio y el Programa

CAPÍTULO 2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 La Condición Nacional

2.1.1 Geografía

Costa Rica se localiza en la parte suroeste del istmo centroamericano, entre los 8° y 11° de latitud norte. Limita al norte con Nicaragua y al sureste con Panamá. El Océano Atlántico se ubica en el noreste y el Océano Pacífico se localiza en el oeste y el sur. En la zona más ancha mide 300 km. Su extensión total es de 50,700 km².

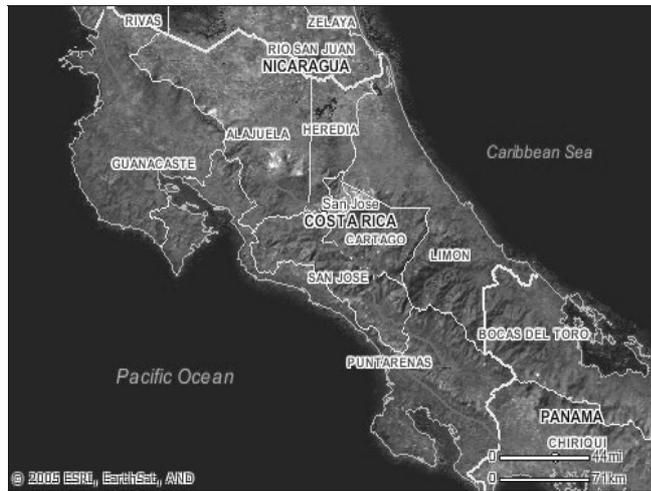


Figura 2.1.1. Mapa de Ubicación de Costa Rica

Su capital es San José. Tiene como vecinos a las dos grandes ciudades de Alajuela y Heredia, y se encuentra en medio del Valle Central. Dos tercios de su población viven en éste valle.

1) Provincias

Costa Rica se divide en siete provincias:

- San José: La capital, donde vive cerca de un tercio de la población. Se ubica a unos 1.170 metros de altitud, aproximadamente.
- Heredia: Al norte de San José, cerca del límite con Nicaragua.
- Alajuela: Al oeste de Heredia, cerca del límite con Nicaragua. Cuenta con el Parque Nacional Volcán Póas.
- Guanacaste: La parte noroeste del país. Es una de las regiones más diversas del país. Posee bosques nubosos, volcanes activos, parques nacionales y hoteles de descanso en la playa.
- Puntarenas: Cubre la mayor parte de la costa pacífica y sus llanuras, desde las partes más hacia el oeste hasta el límite con Panamá, inclusive el Parque Nacional Manuel Antonio.
- Limón: La costa Este caribeña del país. Tiene varias reservas biológicas y parques nacionales así como una amplia comunidad bilingüe de origen jamaquino.
- Cartago: Al noreste de San José. Tiene bellos volcanes.

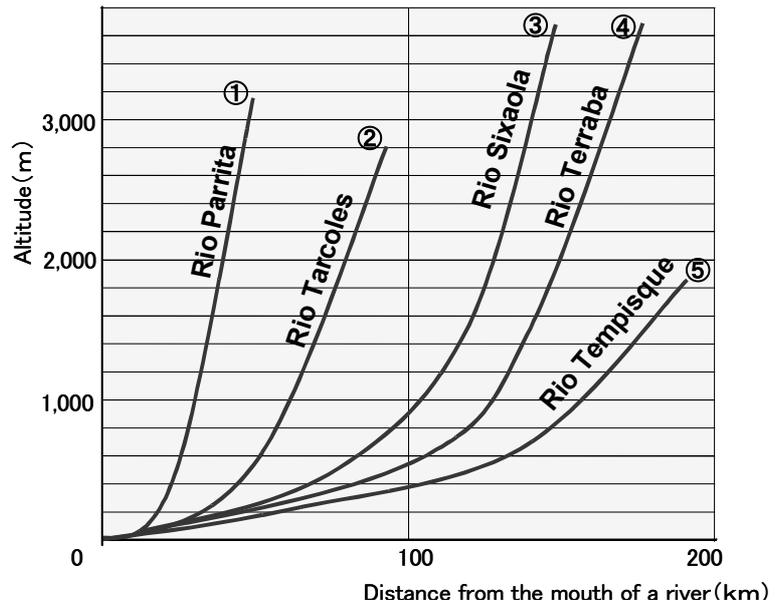
2) Las Montañas

El terreno de Costa Rica está dividido en una columna de volcanes y montañas. Se extiende hasta la cadena de los Andes-Sierra Madre, que se ubica en la parte oeste de América Central. Costa Rica es parte de la zona pacífica “Cinturón de Fuego” y cuenta con 7 de los 42 volcanes activos del istmo, más algunas docenas de volcanes dormidos o conos extintos.

La Cordillera de Talamanca, la sierra más antigua y la más distante hacia el sur del país, cuenta con el Monte Chirripó, la montaña más alta de Costa Rica, con 3.820 mts. La Cordillera Volcánica Central tiene los volcanes Turrialba, Irazú, Barva y Poás. Al noroeste está la Cordillera de Tilarán, cuya altitud llega a los 1.700mts en el Bosque Nuboso Monteverde. Al noroeste está la Cordillera de Guanacaste. Cerca del límite con Nicaragua esta cordillera tiene cinco volcanes activos entre ellos el Rincón de la Vieja y Miravalles, este último se utiliza para generar energía geotérmica.

3) Los Ríos

Los ríos de Costa Rica se caracterizan por tener pendientes empinadas en el lecho del río. Los ríos más extensos de Costa Rica se muestran en la Figura 2.1.2, los cuales tienen menos de 200 km. de largo. El lugar donde nace el río se localiza entre los 3.820 mts. a los 1600 mts. de altitud. Desde esta sección hasta una altitud de 600 mts. se encuentran las cuevas empinadas del lecho del río. Luego, el río corre cuesta abajo lentamente a los océanos Pacífico y Atlántico.



Fuente: Grupo de estudio JICA

Figura 2.1.2. El Perfil de los Ríos Más Extensos en Costa Rica

La estructura de muchos de los puentes se ha desgastado debido a los desastres naturales que han atraído aguaceros torrenciales con los ciclones tropicales, la actividad volcánica, el colapso debido a los temblores, sedimentación y daños por inundaciones.

2.1.2 El Clima

1) Meteorología

El clima de Costa Rica se divide en dos estaciones que son la estación seca y la estación lluviosa. La estación seca se extiende de enero a mayo y la lluviosa de mayo a noviembre y diciembre.

La topografía de Costa Rica tiene la influencia sobre los patrones del clima. Las estaciones seca y lluviosa se presentan en cada una de las cadenas montañosas, que son las inclinaciones del Pacífico y del Atlántico.

En la cadena montañosa del Pacífico, la estación lluviosa empieza en mayo y continúa

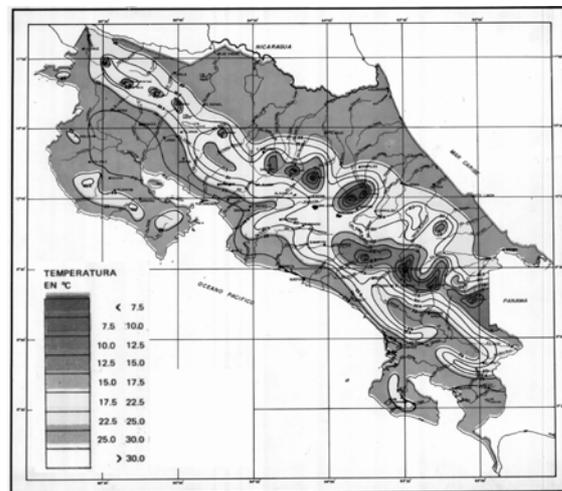
hasta noviembre. Este es el período en que los vientos alisios que vienen del noreste se reducen en su intensidad. Como resultado, las tormentas vienen por lo general del Pacífico en septiembre y octubre. En la otra mitad norte del país, la cadena del pacífico presenta una intensa estación seca.

En la cadena montañosa del Atlántico, la estación lluviosa empieza como a mediados o finales de abril y continúa hasta diciembre y enero. Los meses más húmedos son julio y noviembre, con una temporada seca que ocurre ya sea en agosto o septiembre. Fuertes tormentas suceden en esta cadena entre septiembre y febrero cuando llueve continuamente por varios días. Pero un día típico de la estación lluviosa empieza despejada con unas cuantas horas de sol, las nubes toman paso y llueve por la tarde. En contraste, los meses más secos son febrero y marzo.

En el Valle Central la temperatura es de 20° C la mayor parte del año y es un área con menos precipitación lluviosa que otras zonas.

2) Temperatura

Un mapa de la distribución de las temperaturas anuales promedio en Costa Rica (1961-1990), publicado por El Instituto Meteorológico Nacional muestra las temperaturas anuales promedio de la cadena montañosa del Pacífico, las cuales son más altas que la del Caribe. El isoterma (líneas que unen puntos con el mismo valor de temperatura) de 27.5° une toda la cuenca más baja del Río Tempisque y se extiende a lo largo de la Costa Pacífica hacia Ciudad Cortés.



Fuente: Atlas Climatológico de Costa Rica
Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Meteorológico Nacional

Figura 2.1.3. Mapa de Distribución de la Temperatura Anual Promedio

En la cadena montañosa del Caribe, el isoterma anual promedio más alto observado ha sido de 25°C, que se extiende aproximadamente a lo largo de la base del sistema orográfico, cerca de las comunidades de Upala, Puerto Viejo, Guápiles, Siquirres, y Bribri.

La Cordillera Volcánica de Guanacaste y en la Cordillera Minera de Tilarán, cuyos puntos más altos se encuentran a altitudes menores de 2.000 mts., representan áreas muy reducidas, rodeadas de un isoterma de 17.5°C, en contraste con la Cordillera Volcánica Central en donde los puntos más altos oscilan entre los 2.000 mts. y los 3.400 mts., los valores mínimos representados por la isoterma son de 12.5 °C y 10°C. En la Cordillera de Talamanca, debido a que los puntos son más altos de 3.400 mts., se observan isotermas de 10°C y 7.5°C.

La tabla 2.1.1 muestra la diferencia en la variación de la temperatura con respecto al tiempo. La temperatura climática es modificada por la altitud. En las zonas bajas, la amplitud alcanza valores más altos que en aquellos lugares con una mayor altitud. La amplitud es

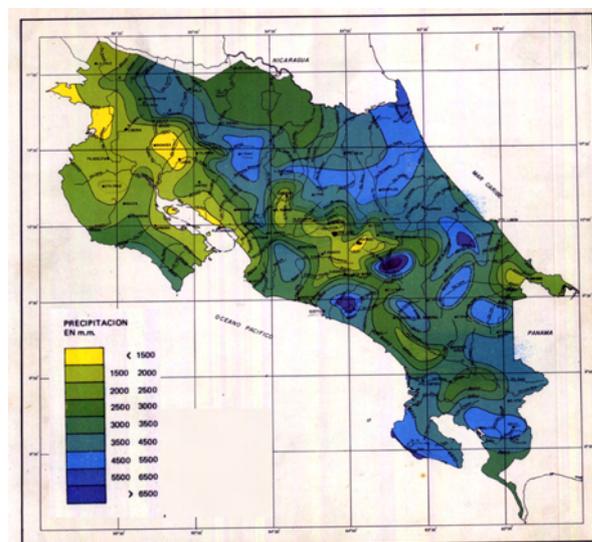
más baja en San José, Pavas y Alajuela, que están ubicados a 900 msnm, que en amplitudes como Puntarenas y Liberia, que están casi al nivel del mar.

Tabla 2.1.1. Diferencia de Horario Entre la Temperatura Máxima y Mínima

Región	Altitud (m)	Max °C	Hora	Mini °C	Hora	Diferencia °C
Puntarenas	3	33.5	13:00	23.0	05:40	10.5
Palmar Sur	16	31.0	13:20	24.0	01:40	7.0
Liberia (Llano Grande)	85	34.0	13:00	20.5	03:00	13.5
Aeropuerto Juan Sta. Maria	921	27.4	13:40	18.6	02:30	8.8
Pavas	997	26.0	13:10	18.8	06:30	7.2
San José	1,172	23.1	11:00	17.5	03:00	5.6

3) Precipitación

La Figura 2.1.4. muestra el mapa de precipitación anual promedio en Costa Rica publicado por el Instituto Meteorológico Nacional, basado en los años 1961-1980. Las áreas con menos de 1.500 mm. de precipitación están distribuidas en cuatro zonas relativas en Costa Rica. La primera se ubica en el noroeste del país, en la Península Santa Elena y en el sector costero frente al Golfo de Papagayo. La segunda es Bagaces y Cañas, incluyendo las áreas aledañas. La tercera está en la costa del Golfo de Nicoya, Costa de Pájaros y Chomes y se extiende hasta la desembocadura del Río Aranjuez. La cuarta es la región central del país e incluye la ciudad de Cartago.



Fuente: Atlas Climatológico de Costa Rica
 Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Meteorológico Nacional

Figura 2.1.4. Mapa de la Precipitación Anual Promedio

Las precipitaciones máximas se dispersan en el área montañosa. Máximas de 5.500 y 6.500 mm. se observan en la Cadena Montañosa del Caribe, en el sector costero entre los ríos Colorado y San Juan así como en la cuenca del Río Banano, la Cadena Montañosa Pacífica de Quepos, Savegre y el Río Naranjo y la Península de Osa, que se extiende desde Punta Llorona hasta Playa Madrigal. Las áreas de precipitación más alta se localizan en la cuenca del Río Pejibaye y el Río Grande de Orosi, los valores están sobre los 7.000 mm. por año.

En la Cadena Montañosa del Pacífico generalmente llueve en horas de la tarde, entre la 1 p.m. y 5 p.m. Esto sucede debido a la producción de precipitación de las nubes que alcanzan su desarrollo máximo después de registrar la temperatura más alta y porque sucede en horas de la tarde cuando el transporte de humedad es producido por los vientos

del oeste. La precipitación con origen de convección predomina, caracterizada por gotas muy grandes acompañadas de tormentas eléctricas.

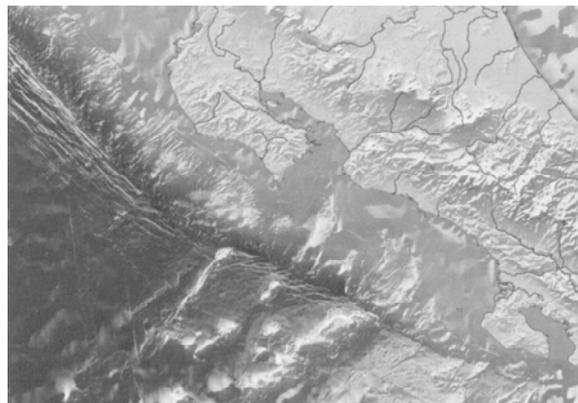
Cuando las precipitaciones fuera de este patrón suceden, se debe a la presencia de algún sistema meteorológico que altera las condiciones normales, como lo fue el caso del Temporal del Pacífico, el cual fue provocado por presiones más bajas localizadas en el Caribe.

En la Cadena Montañosa del Caribe, las precipitaciones tienen características completamente diferentes que se deben, por lo general, a nubes que no son estratificadas por convección, debido al efecto orográfico producido por la interacción entre los vientos alisios y la orografía. Este efecto se produce casi siempre durante la noche y en la pura mañana. Solamente en las planicies del Tortuguero y Barra del Colorado las precipitaciones se producen en horas de la tarde y son ocasionadas por la fricción de convergencia la cual es muy elevada en esos períodos.

2.1.3 Fenómenos Sísmicos

Costa Rica está localizada en una región donde interactúan varias placas de la litosfera. Por esta razón, la actividad geotectónica y los temblores son un fenómeno importante en la construcción geológica del territorio, dadas su frecuencia y la magnitud significativa, tienen gran relevancia para la sociedad.

La actividad sísmica más importante en Costa Rica sucede principalmente cuando la placa de Cocos se desliza bajo el territorio nacional a través de un proceso de subducción que tiene una profundidad inicial de 10 km. y alcanza profundidades máximas de 200 km., generando una constante zona sísmica que se inclina hacia el noreste.



Fuente: Atlas tectónico de Costa Rica
Percy Denyer, Water Montero, Guillermo E. Alvarado

Figura 2.1.5. Mapa de la Línea de Falla en Costa Rica

Una parte significativa de la actividad sísmica de Costa Rica se ubica bajo el sistema montañoso que corre a lo largo del país en dirección norte-oeste, generando una amenaza sísmica que es importante porque tiene una profundidad relativa baja (≤ 20 km.), por la frecuencia de temblores de mayor magnitud (5-6.5) y porque ocurren en fallas ubicadas en zonas donde hay importantes asentamientos de población.

Básicamente, Costa Rica puede dividirse en tres antearcos que son:

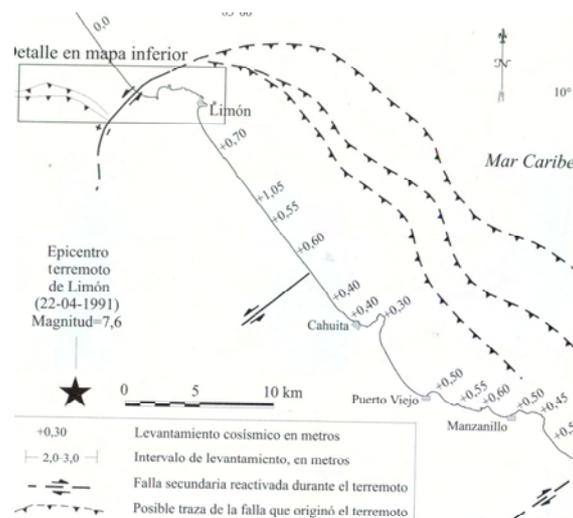
- **Antearco Noroeste**, conformado por las penínsulas de Santa Elena y de Nicoya y las cuencas del Tempisque y del golfo de Nicoya. Diversas evidencias indican que la península de Nicoya está siendo levantada en su zona costera y algunos sectores están siendo

inclinados. Dado a que el límite entre las zonas en levantamiento y en hundimiento ocurre en rocas rígidas, se generan fracturamientos y fallas que se traducen en la ocurrencia de sismos superficiales.

- **Antearco Central**, el cual dentro de la región comprendida entre Barranca y Dominical existen una serie de fallas de rumbo noreste a norte. Uno de los terremotos mas destructivos ocurridos en esta zona fue el 4 de marzo de 1924 (M 7.0) el cual es asociado con la falla de Tárcoles. La sismisidad superficial registrada por la Red Sicológica Nacional en esta zona, muestra que varias de las fallas localizadas en este antearco están activas.

- **Antearco Sur**, en donde se han medido fuerte levantamientos recientes y movimientos de rotación de bloques hacia el noreste, Varias fallas activas se ubican dentro de Osa y Burica en donde se destaca la falla de Canoas que tiene un rápido deslizamiento. En la parte frontal de la de la fila Costeña, la falla longitudinal es una falla activa a lo largo de la cual han ocurrido buena parte de los movimientos.

El último temblor más fuerte ocurrió el 22 de abril de 1991. Tuvo lugar en el Caribe, en la zona sureste de San José. Registró 7.6 en la escala Richter; el bloque superior se desplazó hacia el noreste como 3 metros en relación con el bloque inferior, provocando una elevación vertical entre los 0.5 y 1.5 metros a lo largo de la plataforma del Caribe, desde el puerto de Limón hasta la frontera con Panamá.



Fuente: Atlas tectónico de Costa Rica
Percy Denye, Water Montero, Guillermo E. Alvarado

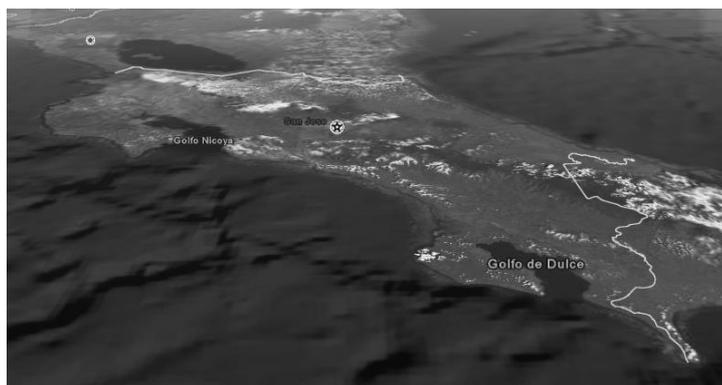
Figura 2.1.6. Mapa del Terremoto del 22 de Abril de 1991, Ubicado en la Zona del Caribe

2.2 La Condición Socio-Económica

La siguiente sección describe la condición socio-económica de Costa Rica.

2.2.1 El Uso de la Tierra

El área total del país es de 51.100 km² y se compone de 50.660 km² de tierra y 440 km² de agua. Se distingue la “tierra cultivable” que se siembra con cultivos como trigo, maíz y arroz, que son vueltos a plantar después de cada cosecha y representan un 4.41%, del área de “tierra cultivable permanente”. Los cultivos como el café, que en este caso, no son vueltos a plantar después de cada cosecha y representan un 5.88%. (Fuente: World actbook; CIA).



Fuente: Google Earth

Figura 2.2.1. Vista del Terreno en Costa Rica

El área de conservación nacional abarca 12.800 km² (25.6%) (Fuente: Estado de la Nación, 2004).

Desde 1972, el área ha crecido cerca de 80.000 hectáreas y representa solamente el 0,4% del área total en 1999. La Tabla 2.2.1 muestra el área por cada categoría de uso de la tierra. La Figura 2.2.2 muestra el mapa a colores del uso de la tierra con las mismas categorías de la Tabla 2.2.1.

Tabla 2.2.1. Uso de la Tierra: 1972,1999

Categoría	1972		1999	
	hectáreas	%	hectáreas	%
Uso urbano	14.792,00	0,3	22.599,20	0,4
Área cultivada	101.355,00	2,0	132.955,20	2,6
Cultivos de temporada				
Cultivos permanentes	246.278,60	4,8	369.209,80	7,2
Pasto	820.557,00	16,1	1.565.076,30	30,7
Pasto con agricultura	66.430,30	1,3	101.459,90	1,9
Manglar	66.523,10	1,3	49.374,30	0,9
Bosque	2.085.906,00	40,7	1.286.456,30	25,2
Bosque natural				
Bosque natural intervenido	367.090,10	7,2	484.071,40	9,5
Bosque secundario	882.164,30	17,3	695.903,10	13,6
Terreno rocoso marginal	15.292,10	0,3	8.567,10	0,2
Suelo descubierto	0	0	26.469,20	0,5
Terrenos húmedos y pantanosos	113.267,00	2,2	106.058,30	2,1
Lagos y represas	18.432,00	0,4	9.797,00	0,2
Maleza	292.287,40	5,7	228.444,60	4,5
Valle despejado	19.625,10	0,4	13.495,30	0,3
Áreas quemadas	0	0	10.063,00	0,2
Total	5.110.000,00	100,0	5.110.000,00	100,0

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

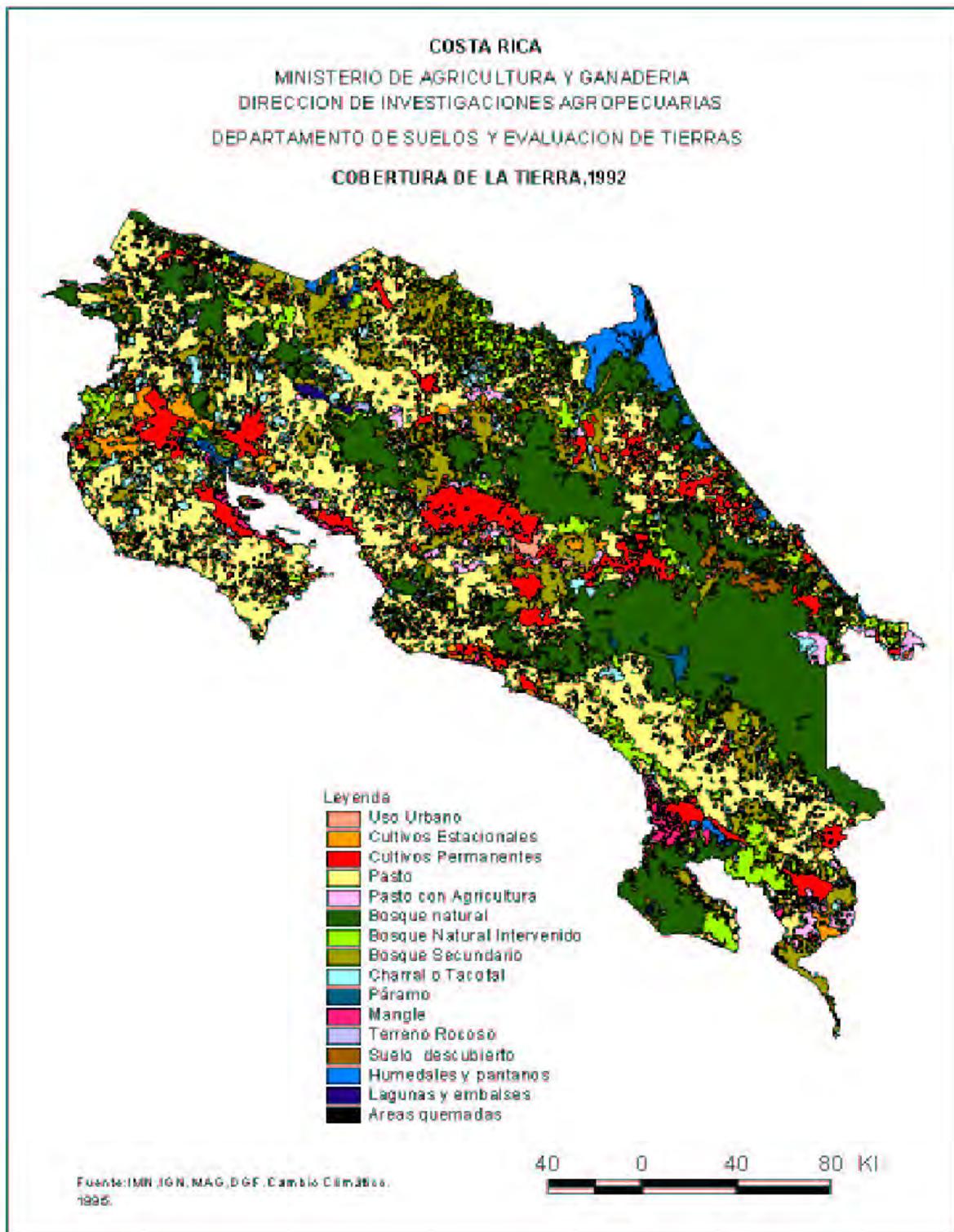
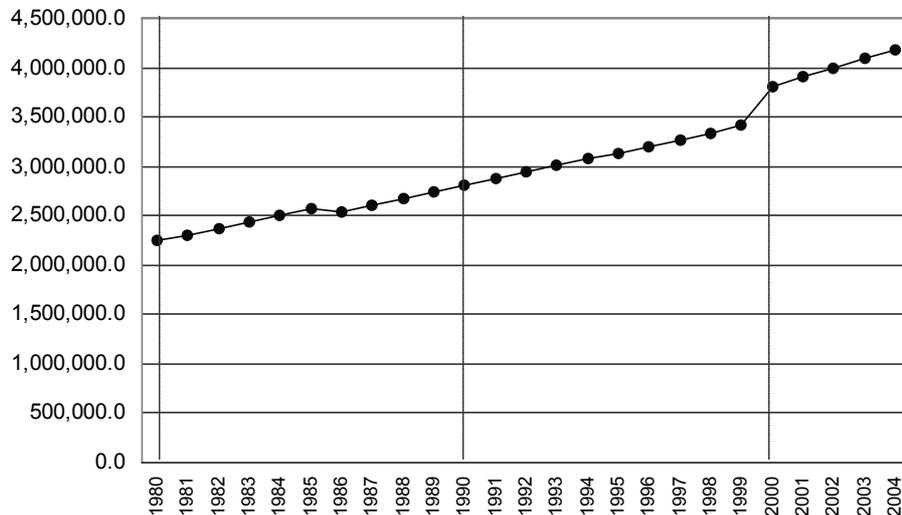


Figura 2.2.2. Mapa del Uso de la Tierra en Costa Rica en 1992

2.2.2 Población e Índice Social

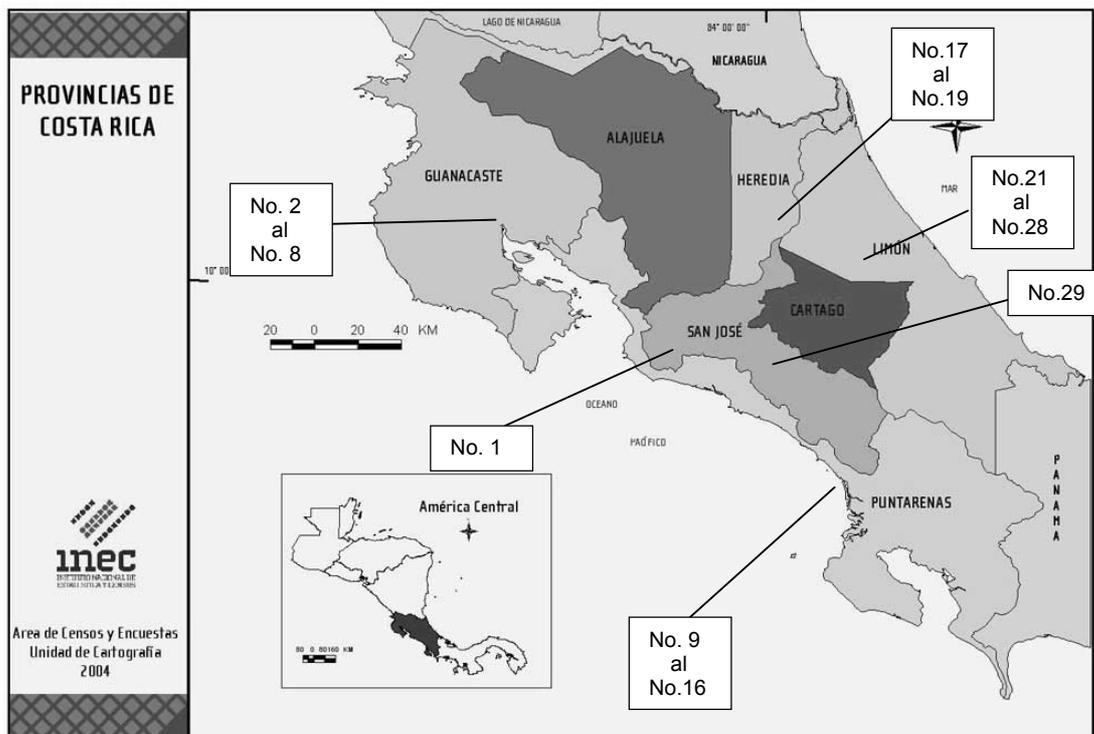
En 2004, la población de Costa Rica era 4.178.755 y la relación de incremento anual es cerca de 2 o 3 %. Para las próximas 2 décadas, la población habrá crecido aproximadamente 1,7 veces. La figura siguiente (Figura 2.2.3) muestra la tendencia en el cambio de la población desde 1980.



Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

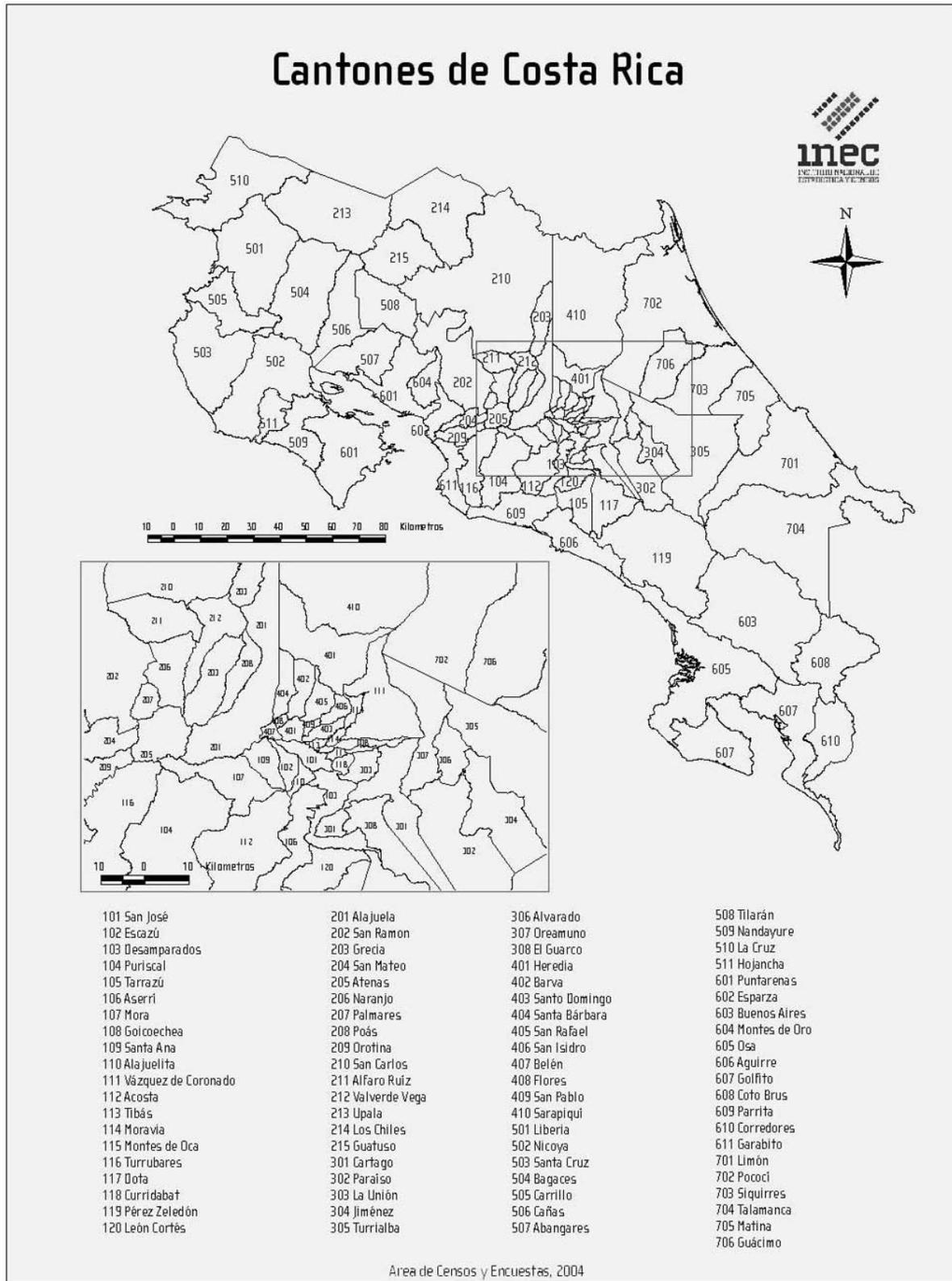
Figura 2.2.3. Cambio en la Población Desde 1980

En Costa Rica, la organización política está dividida en “Provincias”, “Cantones” y “Distritos”. Existen 7 provincias y 81 cantones, como se muestra en la Figuras 2.2.4. y 2.2.5.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Figura 2.2.4. Provincias en Costa Rica y la Ubicación de los Puentes



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Figura 2.2.5. Cantones en Costa Rica

De acuerdo a la población de cada provincia, San José tiene el 36% de la población total. La segunda población más extensa está en la provincia de Alajuela (Figura 2.2.6.). Desde otro punto de vista, que es el de la densidad, San José posee la más alta y presenta gran diferencia con el promedio nacional y la densidad de otras provincias (Figura 2.2.7.).

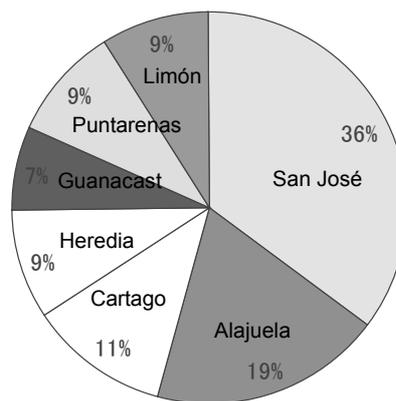


Figura 2.2.6. Distribución de la Población en Cada Provincia

En este estudio, se han juntado los datos históricos de la población por provincia en 1973, 1984 y 2000. La figura 2.2.8. muestra la relación de aumento basado en la población de cada provincia en 1973. Estos resultados muestran que la provincia de Limón presenta la relación más alta de la población en aumento. En cambio, Puntarenas y Guanacaste están bajo el promedio nacional. Estas provincias tienen las rutas 1 y 2 y más de la mitad de los puentes del estudio.

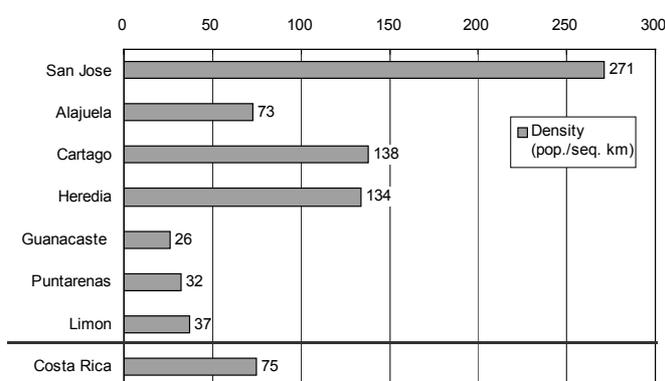
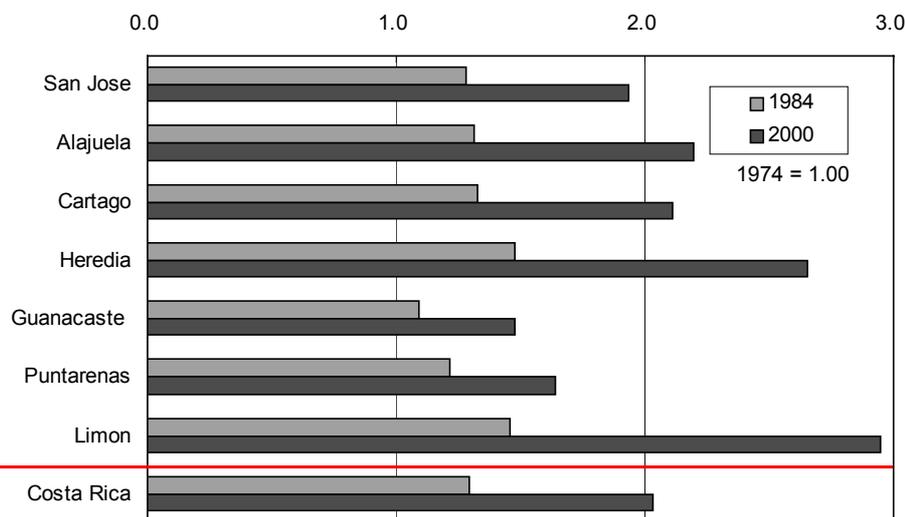


Figura 2.2.7. Densidad de la Población



Fuente: Tendencias del Desarrollo Costarricense. Versión 2003 (OdD)

Figura 2.2.8. Cambio en la Población de Cada Provincia basado en 1974

Los detalles estadísticos de cada provincia se describen a continuación (Tabla 2.2.2.).

Tabla 2.2.3. Índice De La Condición Social Comparada con Otros Países Vecinos

Tabla 2.2.2. Datos por Provincia

Provincia	San Jose	Alajuela	Cartago	Heredia	Guanacaste	Puntarenas	Limon	Costa Rica
Población								
	1973	695,163	326,032	204,699	133,844	178,691	218,208	1,871,780
	1984	890,434	427,962	271,671	197,575	195,208	265,883	241,809
	2000	1,345,750	716,286	432,395	354,732	264,238	357,483	3,810,179
Componentes de Pob. en cada grupo de años								
0-14 años	30%	33%	32%	30%	33%	35%	37%	32%
15-29 años	27%	27%	27%	28%	26%	26%	27%	27%
30-59 años	34%	33%	33%	35%	32%	31%	30%	33%
60 años a más	9%	8%	7%	8%	9%	7%	60%	8%
Area (km ²)	4,966	9,758	3,125	2,657	10,111	11,266	9,189	51,100
Densidad (Pob./km ²)	271	74	139	134	27	32	37	75
Pob. en Zona Urbana	1,081,847	259,184	286,394	241,790	1,081,847	143,444	125,917	2,249,414
(%)	80%	36%	66%	68%	409%	40%	37%	59%
Pob. en Zona Rural	264	457,102	146,001	112,942	153,400	214,039	213,378	1,560,765
(%)	20%	64%	34%	32%	58%	60%	63%	41%

Fuente: Tendencias del Desarrollo Costarricense. Versión 2003 (OdD)

En la etapa del informe del progreso, es difícil tener la estimación de la población futura y el origen de la cantidad de ésta. En la siguiente etapa de este estudio, con el análisis económico, obtendremos la información sobre la estructura nacional, incluyendo la estimación de la población, el índice económico, entre otros.

Otros índices relacionados con la condición social como “la expectativa de vida”, “el índice de natalidad” y “la mortalidad infantil” son comparados con otros de los países de América Central en la Tabla 2.2.3. Es claro que Costa Rica tiene una mayor condición social que otros de sus países vecinos.

Tabla 2.2.3. Índice De La Condición Social Comparada con Otros Países Vecinos

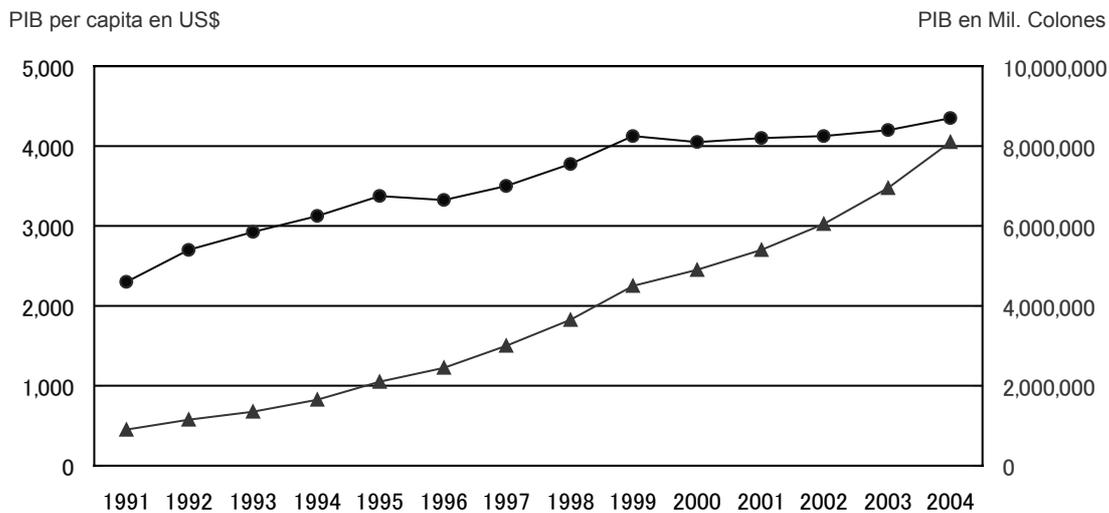
País	Costa Rica	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Notas
Población	4,016,173	14,655,189	6,704,932	6,975,204	5,465,100	est. Julio 2005
Taza de Crecimiento	1.48%	2.57%	1.75%	2.16%	1.92%	est. 2005
Índice de Natalidad	18.6	34.11	27.04	30.38	24.88	nacim/1000 pob. (est. 2005)
Índice de Muertes	4.33	6.81	5.85	6.87	4.49	muert/1000 pob. (est. 2005)
Índice de Migración	0.5	-1.63	-3.67	-1.95	-1.19	migrante(s)/1000 pobladores
Índice de Mortalidad Infantil						
Total	9.95	35.93	25.1	29.32	29.11	
Masculinos	10.85	36.74	27.98	325.84	32.6	muerter/1000 nacimientos
Femeninos	9	35.09	22.08	25.63	25.44	
Expectativa de vida al nacer						
Total	76.84	69.06	71.22	69.3	70.33	
Masculinos	74.26	67.37	67.61	67.71	68.27	años (est. 2005)
Femeninos	79.55	70.84	75.01	70.97	72.49	
Índice de Fertilidad Total	2.28	4.53	3.16	3.87	2.81	niño nacido/mujer (est. 2005)
Alfabetización						Definición: mayores de 15 años pueden leer y escribir
Poblacion total	0.96	0.706	0.802	0.762	0.675	
Masculinos	0.959	0.78	0.828	0.761	0.672	(est. 2003)
Femeninos	0.961	0.633	0.777	0.763	0.678	

Fuente: The World Factbook, CIA

2.2.3 Economía e Industria

La economía básicamente estable de Costa Rica depende del turismo, la agricultura y la exportación de los productos electrónicos. La pobreza ha sido sustancialmente reducida en los últimos 15 años y se ha establecido una fuerte seguridad social. Los inversionistas extranjeros son atraídos por la estabilidad política del país y los niveles de educación. El turismo continúa introduciendo el intercambio foráneo. Los bajos precios del café y el banano han dañado el sector agropecuario. El gobierno sigue luchando con un gran déficit y una masiva deuda interna. La reducción de la inflación sigue siendo una problemática difícil por el aumento en el precio de las importaciones, las inflexibilidades en el mercado laboral y los déficit fiscales. El país también necesita reformar el sistema de impuestos y el patrón del gasto público. Costa Rica recientemente concluyó negociaciones para participar en el Tratado de Libre Comercio con América Central y los Estados Unidos el cual, si es ratificado por la Asamblea Legislativa, resultaría en reformas económicas y un clima mejorado de inversión.

La Figura 2.2.9. muestra los producto interno bruto (“PIB”) con los precios del mercado. La línea de rombos azules muestra las series del total de PIB en millones de colones y la línea de triángulos rojos muestra las series PIB per capita en dólares americanos. Éstos han tenido un aumento estable por cerca de una década. El índice real del crecimiento de los PIB era de un 3.9% en 2004.



Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC)

Figura 2.2.9. Cambio del PIB y el PIB per capita Entre 1991-2004

La composición del PIB por sectores en 2004 es la siguiente: a) agricultura: 8.5%, b) industria: 29.7% y c) servicios: 61.8%.

Especialmente, el turismo tiene un papel importante en la economía de Costa Rica. Datos sobre el turismo se presentan en la Tabla 2.2.4, el cual ha aumentado casi 2 veces en los últimos 7 años.

Tabla 2.2.4. Cambio del PIB y el PIB per capita en 1991-2004

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Turistas Internacionales	811.490	942.853	1.031.585	1.088.075	1.131.406	1.113.359	1.238.692	1.452.926
Ingreso en millones de U.S dólares	719	884	1.036	1.229	1.096	1.078	1.199	1.357
Inversión en millones de US dólares	78	209	25	38	48	173	60	56
Número de Habitaciones	27.860	28.084	28.826	29.497	31.706	33.126	35.003	36.299

Fuente: Estado de la Nación 2004

La situación económica con los países vecinos se muestra en la Tabla 2.2.5. De acuerdo a esta tabla, Costa Rica está mejor que cualquier otro país vecino.

Tabla 2.2.5. Índice de la Condición Económica de los Países Vecinos

País	Costa Rica	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Apuntes
PIB-per capita	\$9600	\$4200	\$4900	\$2800	\$2300	Poder de compra (2004)
taza de crecimiento real	3,90%	2,60%	1,80%	4,20%	4%	2004
Taza de Desempleo	6,60%	7,50%	6,30%	28,50%	7,80%	2003

Fuente: The World Factbook, CIA

En cuanto a las exportaciones, la exportación total ha aumentado desde 1997. Los productos tradicionales de exportación son el café, el banano, carne y azúcar. Sin embargo, estos productos de exportación no sólo son por monto sino por precio unitario, el cual se ha reducido desde 1997, como lo muestra la Tabla 2.2.6. Por otra parte, las exportaciones en la zona franca han aumentado de forma estable.

Tabla 2.2.6. Exportaciones FOB de los Productos Principales

	Unidades: Millones de US\$							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total de exportaciones FOB	4205.5	5525.6	6662.4	5849.7	5021.4	5263.5	6102.2	6301.5
Exportaciones Tradicionales	1049.2	1142.6	969.4	877.8	738.8	691.1	793.8	800.7
CAFÉ	402.3	409.4	288.7	272, 0	161.8	165.1	193.6	197.6
Quintales	2705.5	2918.2	201.8	2854.8	2769.8	2548.6	2665.4	2360.1
Precio/Quintenal	148.7	140.3	103.1	95.3	58.4	64.8	72.6	83.7
BANANO	577.3	667.5	623.5	546.5	516	477.5	553.1	543.3
Toneladas	2019.0	2150	2087.2	1975, 0	1859.6	1693.6	1940.8	1915.4
Precio/toneladas	285.9	310.5	298.7	276.7	277.5	281.9	285, 0	283.7
CARNE	28.3	24	27.2	30.7	25.5	21.5	22.3	21.7
Toneladas	12.9	10.2	13.6	14.6	11.1	8.8	9.7	8.4
Precio/toneladas	2.2	2.3	2, 0	2.1	2.3	2.4	2.3	2.6
AZUCAR	41.3	41.8	30, 0	28.6	35.5	27, 0	24.8	38.1
Quintales	2180.7	3358	3231.7	3025	3624, 0	2941.5	2383.9	4490.5
Precio/Quintenal	18.9	12.5	9.3	9.5	9.8	9.2	10.4	8.5
Otras Exportaciones	3156.3	4382.9	5693	4972, 0	4282.6	4572.4	5308.3	5500.7
Agricultura y Pesca	716.8	757.8	573.5	526.6	539.6	565, 0	596.1	671.6
Productos Manufacturados	1121	1244.4	1134.7	1090.2	1029.3	1022.7	1077.2	1208.1
Productos ensamblados	427.2	444.5	396.1	398.9	366.4	354.1	331.7	373.3

Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Con relación a las exportaciones con otros países, América del Norte, que es el principal destino, está disminuyendo la cantidad de productos de exportación. Por otro lado, la relación con América Central, la Comunidad del Caribe y otros países de Latinoamérica se ha reforzado desde 1997 (Tabla 2.2.7.).

Tabla 2.2.7. Las exportaciones FOB de los Países Principales

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
	Unidades: Millones de US\$							
Total de Exportaciones	4205,5	5525,6	6662,4	5849,7	5021,4	5263,5	6102,2	6301,6
América Central	410,9	479,4	531,9	557,5	558,9	524	575,4	662,1
Guatemala	135,2	156,9	160,9	168,7	175,7	169,8	181,7	196,5
El Salvador	99,1	101,6	105,1	118,7	131,4	111	124,8	143,3
Honduras	66,3	82,5	92,5	97,4	99,4	99,4	105	128,6
Nicaragua	110,3	138,4	173,4	172,7	152,2	143,8	163,9	193,7
Norte América	1121,6	1187,5	1021	926,3	820,8	842,7	892,8	930,8
Canadá	66,8	78,2	29,7	21,2	22,1	25	26,7	25,1
Estados Unidos	991,8	1054	927,3	845,4	757,4	756	824	852,5
México	62,9	55,2	63,9	59,7	41,3	61,7	42	53,2
Comunidad Caribeña	30	36,6	31,2	42,1	50,4	48,6	55,7	56,6
Barbados	1,3	1,6	1,9	2,6	2,5	2,4	2,4	2,6
Belice	1,5	2,7	1,5	1,9	2,1	2,1	2,5	2
Guyana	0,4	0,9	0,6	1,5	1,2	0,8	0,7	1,1
Trinidad y Tobago	3,2	3,6	3,6	3,1	4,3	4,7	6,3	7,4
Otros	23,5	27,8	23,6	32,9	40,3	38,6	43,8	43,6
Otros en Latinoamérica	277	340,6	288,6	272,2	280	272,2	274,6	322,5
Panamá	78,9	91,2	105,6	105,7	117	109,5	121,1	135,5
Colombia	28,9	32,3	14,4	15,5	13,2	15,5	15,3	20,3
Venezuela	17,9	20,9	13,6	20,3	20,8	15,8	156,6	25,1
Brasil	3,3	3,4	2,5	1,7	4,4	12,1	7,4	6,3
Argentina	8,7	5,7	1,1	1,4	1,3	0,2	0,4	0,7
Chile	26	19,3	15,2	3,2	3,5	2,8	2,7	4,7
Ecuador	9,1	9,9	8,4	9,9	10,5	9,2	8,2	11,7
Perú	14,3	15,3	10	7,6	7,2	5,7	8,9	8,4
Bolivia	0,9	0,6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Uruguay	1,4	2,1	1,4	0,7	1,4	0,6	0,7	0,5
Paraguay	0,2	0,7	0	0	0,1	0	0	0
El resto de Latinoamérica	87,5	139	116,2	106,1	100,5	100,7	94,1	109
Europa	885,5	962,8	740,8	629,3	550,4	547,9	608,6	643
Asia	111,3	82,6	39,3	50,2	39,1	35,6	51,8	52,6
Oceanía	4,6	3,9	2,6	2,6	1,2	1,2	1,8	2,3
África	12,1	8,4	8,2	8,2	3,3	3,8	3,7	8,3
Otros Países	34	43,1	13,8	6,1	3,7	2,7	2,7	2,2
Productos ensamblados	427,2	444,5	396,1	398,9	366,4	354,1	331,7	373,3
Zonas de Libre Comercio	891,3	1936,2	3588,8	2956,3	2347,4	2630,6	3303,3	3247,8

Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional Instituto de Estadística y Censo (INEC)

2.2.4 Motorización

En armonía con el aumento del PIB, la inscripción de los vehículos se ha incrementado continuamente y era de 228 vehículos/1000 personas en 2004 (Figura 2.2.9., Tabla 2.2.8.).

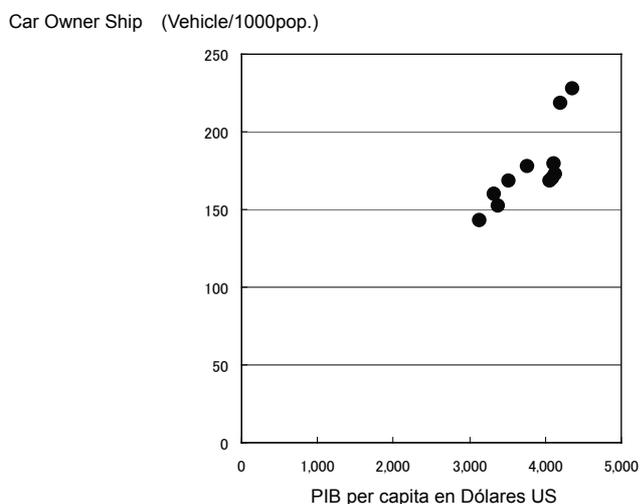


Figura 2.2.10. Relación Entre la Propiedad del Auto y el PIB per Capita

Tabla 2.2.8. Inscripción Vehicular en 1994-2004

Año	Reg. No. de Vehículos	Población	PIB per capita en US\$	Vehículo/1000pob
1994	439.235	3.070.918	3.131	143
1995	477.778	3.136.020	3.378	152
1996	511.670	3.202.440	3.322	160
1997	551.750	3.270.700	3.509	169
1998	594.148	3.340.909	3.764	178
1999	612.300	3.412.613	4.116	179
2000	641.302	3.810.187	4.062	168
2001	664.563	1.906.742	4.095	170
2002	689.763	3.997.883	4.117	173
2003	894.501	4.088.773	4.194	219
2004	952.295	4.178.755	4.353	228

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Transporte 2002 (MOPT), Estado de la Nación 2004