

**INFORME DEL ESTUDIO DEL ESTADO POSTERIOR
A LA IMPLEMENTACIÓN SOBRE
EL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS
PUENTES ILAMA Y DEMOCRACIA
EN
LA REPÚBLICA DE HONDURAS**

Mayo de 2010

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Central Consultant Inc.

RESUMEN

Antecedentes y Objetivos del Estudio

El puente La Democracia, junto con el nuevo puente La Democracia construido en 2003 bajo cooperación financiera no reembolsable de Japón y el antiguo puente La Democracia construido en la década de los 60 con cooperación francesa, cuenta con cuatro carriles en total. Como consecuencia, llegó a resolverse la congestión crónica en el puente La Democracia, que había sido un cuello de botella en el tráfico de más de 10.000 vehículos que transitaban sobre la ruta CA-13 que une San Pedro Sula con El Progreso, ciudades nucleares de la región norteña.

Sin embargo, a causa del sismo ocurrido en mayo de 2009 en el mar de la región, cayó el antiguo puente y quedó parcialmente dañado el nuevo. La Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI), institución ejecutora hondureña, está controlando el tráfico limitando la velocidad y permitiendo el tránsito sólo en dos carriles. Además, en el puente Humuya, ubicado sobre la carretera troncal que une la capital con la zona costera norteña, que estaba dañado por socavones, al ocurrir otra inundación al mes del desastre del puente La Democracia, se multiplicaron los socavones, y para colmo aparentemente quedó afectado por dicho sismo y llegó a caer. Esto intensifica aún más la concentración del tráfico en el nuevo puente La Democracia ubicado sobre la ruta de acceso desde la zona costera norteña, Tegucigalpa capital y el puerto de Cortés, el más importante del país. Ante tal situación, en octubre de 2009 un experto de JICA hizo un estudio del estado de daños del nuevo puente y el gobierno hondureño realizó medidas de reparación de emergencia, pero tomando en consideración el volumen del tráfico que pasa sobre el nuevo puente, cabe la posibilidad de incrementarse los daños.

Puesto que el puente La Democracia construido en 2003 bajo cooperación financiera no reembolsable de Japón quedó dañado por el sismo ocurrido el 28 de mayo de 2009 en el mar de la región norteña de Honduras, tenemos por objetivo comprobar el estado actual de dicho proyecto construido con cooperación japonesa en el pasado, diagnosticar la solvencia de las estructuras, analizar técnicamente reparaciones necesarias, calcular un costo estimado de la obra de reparaciones y recomendar los demás puntos de consideración.

Resultados del Estudio en Honduras

Se estudió el volumen de tráfico durante doce horas (entre las 6:00 y 18:00) sobre los mismos puntos de la CA-5 en las cercanías de San Pedro Sula y aplicando los mismos criterios de clasificación de vehículos adoptados en el estudio de volumen de tráfico realizado por SOPTRAVI en 2001.

En consecuencia, se detectaron las siguientes situaciones.

- (1) El volumen observado en el presente Estudio sobre el Nuevo Puente La Democracia ha sido de 12,305 veh./12h, frente a los 9,207veh./12h del estudio de SOPTRAVI en 2001. Al considerar que el volumen estimado para el año 2010 había sido de 14,283veh./12h, el volumen real ha sido inferior al volumen proyectado.
- (2) El volumen de tráfico registrado en el punto de muestreo sobre la CA-5, a 2 km desde el

Municipio de Choloma en dirección al Puerto de Cortés ha sido de 21,982veh./12h, frente a 10,875veh./12h de 2001 medidos por SOPTRAVI. Considerando que para el año 2010 se había estimado un volumen de 16,870 veh./12h, el tráfico real quedó muy por encima del volumen proyectado.

Los resultados anteriores indican que el volumen de tráfico real observado sobre la CA-5 había superado la proyección, mientras que el volumen real de tráfico sobre el Nuevo Puente La Democracia quedó por debajo de la proyección. No obstante, no debe olvidarse que el tráfico que circula por el puente La Democracia supera cualquier proyección para un tramo de sólo dos carriles.

Grado de deterioro del Nuevo Puente La Democracia

(1) Superestructura

Viga tubular: Los agrietamientos de menos de 0.2 mm detectados en la viga transversal extrema dentro de la viga principal está dentro del límite que no requieren de reparación en una estructura de hormigón armado, siendo necesario para observar si este agrietamiento es progresivo durante el trabajo de mantenimiento en los siguientes años.

Juntas de dilatación: El daño de las juntas de dilatación instaladas a ambos extremos de los estribos A1 y A2, parecen haberse producido por el choque entre la viga y el parapeto de estribos ocasionado por el excesivo desplazamiento de la viga durante el sismo.

Pavimentación: Los Baches, desgaste y los desniveles observados sobre la cubierta del puente parecen haberse producido por el tiempo, a efectos del período de uso, volumen de tráfico y el peso de los vehículos, y no necesariamente por los efectos del sismo. Se recomienda tomar las medidas necesarias para repararlos en la mayor brevedad posible, porque pueden incidir negativamente a las losas de la superestructura.

Mecanismo de control de movimiento: El daño sufrido por los mecanismos de control de movimiento es prueba de que estos han cumplido su función inherente de prevenir la caída del puente. Su deformación se debe al sufrimiento de una fuerza mayor a la diseñada, y su grado de deterioro es tal que no puede ser reparado y reutilizado.

Zapata soporte de caucho: Se observó la deformación residual de la zapata soporte de caucho, pero se consideró innecesario sustituirlo porque la deformación estaba dentro del margen de tolerancia. En cuanto al desprendimiento parcial del caucho, se analizó la prueba de esfuerzo a la presión de zapata soporte considerando la reducción de la superficie de zapata soporte, comprobándose que es suficientemente seguro. En cuanto a la caída de los pernos de presión, se considera que la caída se produjo por el momento de rotación producido en la zapata soporte aguas arriba, siendo necesario en un futuro fijar la zapata inferior y la placa de base.

(2) Subestructura

1) Estribos

El daño del parapeto de estribos se debe al choque entre la viga y el parapeto de estribos por el daño sufrido por el mecanismo de control de movimiento provocando el desplazamiento sustancial de la viga en dirección del eje del puente a efectos del sismo. Los resultados del estudio del grado de deterioro pusieron de manifiesto el cizallamiento del hormigón, deformación de las varillas de acero y la segregación del hormigón armado, perdiéndose la integridad de la estructura del hormigón armado.

2) Pilas

El daño del dispositivo de bloque protector contra caída del puente de las pilas se debe al choque provocado por el desplazamiento de la viga principal en dirección perpendicular al eje del puente, produciéndose la fuerza interseccional que superaba la carga de diseño. Del grado de daño sufrido por las varillas de acero, así como del agrietamiento del hormigón, se deduce que tanto el cizallamiento del hormigón como las varillas alcanzaron el punto de fractura, perdiéndose así la integridad como estructura de hormigón armado.

(3) Camino de acceso

Se deduce que el daño se debe a la diferencia de las condiciones del suelo.

Estudio del diseño antisísmico

El mecanismo de generación sísmica en este caso, tal como muestra la Fig. a la derecha, es una falla transcurrente con eje de tensión en dirección ONO– ESE, con el hipocentro en el contacto entre la Placa Norteamericana y la Placa del Caribe (Falla Montagua Polochic). El Puente La Democracia se ubica en el valle hondureño suspendido sobre la Placa del Caribe, y probablemente ha sufrido el esfuerzo de dirección ESE, al igual que la Placa del Caribe.

De lo anterior, se deduce que el daño sufrido por el Puente La Democracia se debe a la fuerte incidencia del estrato frágil de la parte norte del valle suspendido de Honduras asociado al borde de la placa de hipocentro (Falla Motagua Polochic), y a la presencia de la falla.



Mecanismo del sismo

De la topografía y de la geología local, se deduce que es muy probable que el fuerte movimiento sísmico ocurrido en la zona del Nuevo Puente La Democracia se deba a la singularidad del suelo local.

Por otro lado, en cuanto a las particularidades del suelo, dicha información no estaba disponible

cuando se realizó el diseño inicial, razón por la cual dicho diseño no pudo tener en cuenta los parámetros necesarios. Al haberse reunido información relevante sobre este punto durante el presente Estudio, ha quedado claro cuáles son las características particulares del suelo.

De cara al futuro, se considera necesario incorporar coeficientes de corrección del suelo al diseñar un puente en esta zona.

Relevancia del Diseño y Ejecución de Obras

(1) Relevancia del diseño

Debido a que en Honduras no existen normas nacionales de diseño antisísmico por no ser un país sísmico, para el diseño del Nuevo Puente La Democracia se adoptaron las normas nicaragüenses para lograr un determinado grado de seguridad.

La magnitud sísmica horizontal de diseño adoptado fue del la Región 2, Grado A, Tipo 3, Grupo 1, conforme a la información que se disponía entonces.

Asimismo, se mantuvo suficiente ancho del asiento de la zapata SE, y se diseñaron los mecanismos de control de movimiento y los dispositivos de bloque protector contra caída del puente, siguiendo las normas antisísmicas del Japón.

Si bien es cierto que el antiguo puente La Democracia se había caído en el último evento sísmico, el Nuevo Puente La Democracia, contiguo al primero, se salvó de daños fatales de los principales miembros y de la caída de la estructura, y este hecho indica que el sistema de diseño antisísmico ha funcionado adecuadamente, y el Diseño Básico era apropiado.

(2) Relevancia de la ejecución de obras

El hormigón y las varillas de acero afectados habían sido sometidos a un control planificado desde la calidad de cada material, planificación del ejecución de obras hasta el control del acabado, siguiendo las normas de gestión de obras establecidas por el Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo (MLIT) del Japón.

Asimismo, la firma consultora que asumió la supervisión del proyecto verificó que las obras fueron ejecutadas de manera segura satisfaciendo las especificaciones establecidas, por lo que se considera que no ha habido defecto alguno en las obras ejecutadas por el Contratista.

Plan de reparación y refuerzo

Como los posibles efectos negativos que incidiría la no reparación de los daños sufridos por el Nuevo Puente La Democracia, se mencionan las pérdidas socioeconómicas principalmente por el transporte y distribución de mercaderías desde las ciudades de la Costa del Caribe, incremento del costo de mantenimiento para reparar y reforzar los daños y degradación del puente con el tiempo, reducción de la vida útil de la estructura, etc. Por lo tanto, se recomienda reparar y reforzar las partes afectadas, identificadas en el presente Estudio.

Las obras propuestas incluyen algunos métodos de reparación o refuerzo poco familiar en Honduras, y otros que no puedan ser ejecutados con el nivel técnico disponible de las empresas locales. Por lo tanto, el Estudio preparó una lista de las obras que puedan ser ejecutados por los contratistas locales y de las obras a ser ejecutadas por un tercer país. Adicionalmente, en cuanto a las juntas de dilatación que transmiten el impacto al parapeto de estribos cada vez que circula un vehículo, se propuso una medida de emergencia por requerir subsanar la situación en mayor brevedad.

Para la rehabilitación de las partes dañadas, se propuso un plan de reparación y refuerzo, entendiendo por “reparación” a las obras de recuperar la funcionalidad del puente según el diseño original, y por “refuerzo” a las obras que agregaran mayor funcionalidad al puente para resistir a un sismo de similar magnitud al último ocurrido. En cuanto al diseño de refuerzo para dotar a la estructura de mejor funcionalidad, solo se tomaron en cuenta la instalación de los dispositivos de bloque protector contra caída del puente y de los mecanismos de control de movimiento, aplicando los mismos criterios aplicados en Japón, sin tomar en cuenta el refuerzo en función de la magnitud sísmica horizontal de diseño de la misma magnitud para la superestructura y subestructura (estribos y pilas) así como para la cimentación.

La magnitud sísmica horizontal de diseño que constituye un factor importante en el plan de reparación y refuerzo, para las obras de reparación se adoptó el misma magnitud de diseño de $k_h = 0.115$, que el diseño original, con el fin de recuperar la funcionalidad del puente. Para las obras de refuerzo, se calculó la magnitud sísmica horizontal necesaria para que los miembros no alcancen el punto de fractura aún cuando ocurra el espectro de respuesta de aceleraciones máximo, asumiendo que el movimiento sísmico que afectó el puente ha sido de entre 398gal y 507gal. Para la definición de la fuerza horizontal de diseño para la rehabilitación del puente, asumida en base a la relación entre la intensidad de esfuerzos tolerable y el resistencia a la deformación, se decidió adoptar una magnitud sísmica horizontal de diseño de $k_h = 0.22$ para que las varillas de acero no alcancen el punto de fractura frente a una aceleración sísmica del orden de 500gal.

A continuación se describen los métodos de reparación y refuerzo de cada parte.

- (1) Para la reparación de los estribos y pilas, se propuso diseñar los métodos de reparar y reforzar el parapeto de estribos de estribos dañados, así como de los dispositivos de bloque protector contra caída del puente manteniendo el nivel coherente con el resto del puente. Sin embargo, en el caso de reforzar las pilas conforme al sismo ocurrido, se tomará la medida de reforzar el tope de las pilas contra la fuerza cortante.
- (2) Para la reparación y refuerzo de las zapatas soporte, en cuanto a las zapatas soporte de las pilas, se propuso el método de soldadura que ha resultado más efectivo después de compararlo con el método de reinstalación de los pernos de presión, eventualmente caídos, de la zapata soporte de caucho y de la zapata inferior.
- (3) Para la reparación y refuerzo de los Mecanismos de control de movimiento se propuso el método de soportes de acero y la unión entre las vigas y los estribos.

ÍNDICE

Resumen

Índice

Mapa de Ubicación / Perspectiva

Lista de las Tablas / Lista de las Figuras

Lista de las Siglas

Capítulo 1	Términos Generales del Estudio.....	1
1-1	Trasfondo del Estudio.....	1
1-2	Objetivos del Estudio.....	1
1-3	Miembros de la Misión de Estudio.....	1
1-4	Cronograma del Estudio.....	2
Capítulo 2	Metodología del Estudio.....	3
2-1	Preparativos en Japón.....	4
2-2	Trabajo en Honduras.....	4
2-3	Análisis en Japón.....	4
Capítulo 3	Resultados del estudio local.....	5
3-1	Resumen del sismo.....	5
3-2	Estado de daños causados por el sismo en el área norte de Honduras.....	5
3-3	Estado de daños del nuevo puente Democracia.....	9
3-3-1	Resultados del estudio de nivel saludable.....	9
3-3-2	Evaluación técnica sobre daños.....	13
3-4	Daños en la vía de acceso al puente y evaluación técnica.....	15
3-5	Medidas emergentes locales contra daños.....	16
3-6	Condiciones topográficas y geológicas.....	17
3-7	Estudio de tráfico.....	19
3-8	Estudio sobre diseño antisísmico.....	21
3-8-1	Estimación de la intensidad de temblor sísmico.....	21
3-8-2	Establecimiento de magnitud sísmica horizontal en el momento del diseño básico.....	27
3-8-3	Condiciones especiales en la ubicación del nuevo puente Democracia.....	28
3-9	Justificación del diseño y la ejecución.....	30
3-9-1	Justificación del diseño antisísmico en el diseño básico.....	30
3-9-2	Relevancia de la ejecución.....	32
3-10	Estudio de condiciones de adquisición.....	32
3-11	Estudio sobre el sistema de operación, mantenimiento y administración.....	33
3-12	Sistema relacionado con el aspecto social y medioambiental.....	34
Capítulo 4	Plan de reparación y refuerzo.....	36
4-1	Posición del Puente La Democracia.....	36

4-2	Consecuencias previsibles de la no reparación	37
4-3	Plan de reparación/refuerzo – Plan básico	38
4-3-1	Plan de reparación/refuerzo	38
4-3-2	Actuaciones realizables con técnicas disponibles en Honduras	38
4-3-3	Magnitud sísmica horizontal de diseño en planes de reparación y refuerzo.....	40
4-3-4	Diseño de reparaciones y refuerzos	43
4-4	Plan de construcción / Plan de adquisiciones.....	51
4-4-1	Plan de construcción	51
4-4-2	Plan de adquisiciones.....	54
4-5	Aspectos a tener en cuenta en las obras de reparación/refuerzo	55
4-5-1	Reparación y refuerzo del nuevo puente La Democracia en su actual situación.....	55
4-5-2	Reparación/refuerzo del nuevo puente La Democracia, con la perspectiva de la recuperación del antiguo puente La Democracia.....	55
Capítulo 5	Mantenimiento de los puentes La Democracia e Ilama	56
5-1	Puente La Democracia	56
5-2	Puente Ilama.....	56

Anexo

Anexo-1 Estado de daños del viejo Puente Democracia

Anexo-2 Estado de daños del Puente Humuya

Anexo-3 Resultados del estudio de daños en el nuevo puente La Democracia

Anexo-4 Datos del estudio de tráfico



Plano de ubicación del Puente para investigación



Foto-1 Vista general del nuevo Puente Democracia recién terminado



Foto-2 Nuevo puente Democracia antes de sufrir daños sísmicos



Foto-3 Vía de acceso al nuevo Puente Democracia luego de sufrir daños sísmicos



Foto-4 Viejo puente Democracia caído



Foto-5 Hundimiento producido en el estribo y el terraplén (Nuevo puente Democracia visto desde el lado de la ciudad de San Pedro Sula)



Foto-6 Vista frontal de la pila P2 (foto tomada desde el lado del estribo A2)



Foto-7 Estado del estudio de mediciones en el nuevo puente Democracia (lado de la ciudad de El Progreso)



Foto-8 Andamio instalado para investigar el nivel de solidez de la pila P1



Foto-9 Estado de raspado del concreto del estribo A1

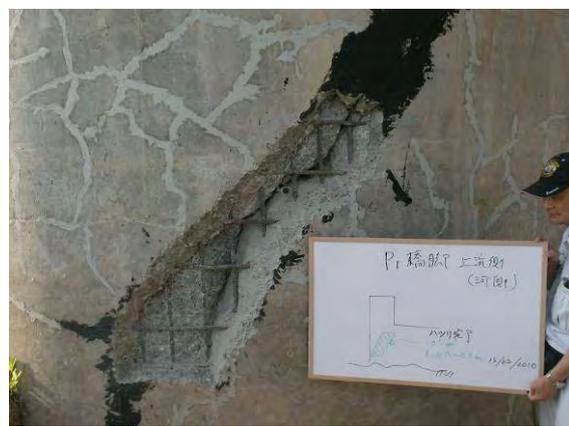


Foto-10 Estado de raspado del concreto de 1 a pila P1



Foto-11 Parte quebrada de la corona del bloque protector contra caída del puente instalado en la pila P1 en el lado de curso alto



Foto-12 Pernos de fijación caídos identificados en el estudio (lado de la pila P1)



Foto-13 Estado de recubrimiento luego de terminado el estudio de nivel de solidez

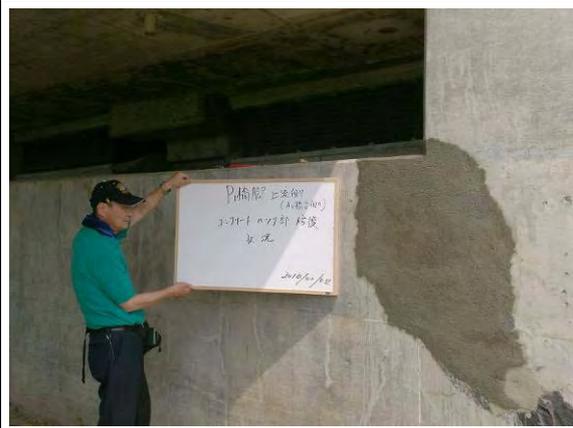


Foto-14 Parte recubierta luego de terminado el estudio de nivel de solidez



Foto-15 Vista general del nuevo Puente Ilama recién terminado



Foto-16 Puente Ilama antes de sufrir daños sísmicos



Foto-17 Estado de la viga principal del puente Ilama



Foto-18 Estado de la junta de extensión

Lista de las Tablas

Tabla 1-4-1	Itinerario del estudio local	2
Tabla 3-3-1	Normas de evaluación para las inspecciones periódicas de los componentes	10
Tabla 3-7-1	Resultados del estudio de tráfico	20
Tabla 3-8-1	Relación entre la escala Mercalli revisada y aceleración.....	21
Tabla 3-8-2	Aceleración máxima calculada de la fórmula de atenuación por distancia (gal).....	22
Tabla 3-8-3	Relación entre la escala sísmica de la Agencia Meteorológica de Japón y las aceleraciones de referencia	23
Tabla 3-8-4	Cálculo estimado de aceleraciones a partir de la composición seccional del bloque protector contra caída del puente	24
Tabla 3-8-5	Fuerza de inercia sísmica estimada a partir de daños producidos en los pernos de fijación.....	25
Tabla 3-8-6	Estimación de aceleraciones a partir de la composición seccional de la base de la columna de las pilas.....	26
Tabla 3-8-7	Resultados del cálculo estimado de aceleraciones de respuesta	26
Tabla 3-8-8	Reglamento de la magnitud sísmica para "al área 2"	28
Tabla 3-10-1	Precio unitario de principales materiales en el mercado local.....	32
Tabla 3-10-2	Costo de alquiler de equipos.....	32
Tabla 3-11-1	Presupuesto nacional (2009).....	34
Tabla 4-3-1	Actuaciones de reparación/refuerzo	39
Tabla 4-3-2	Intensidad de esfuerzo permisible e resistencia a la flexibilidad de refuerzos de acero....	43
Tabla 4-3-3	Comparación de formatos en métodos de refuerzo de pilares	45
Tabla 4-3-4	Comparación de métodos de reparación de soportes de pilares	47
Tabla 4-3-5	Comparación de formatos para mecanismo de control de movimiento de estribos.....	49
Tabla 4-3-6	Comparación de formatos para mecanismo de control de movimiento de pilares	50
Tabla 4-4-1	Opciones posibles para adquisición de los principales materiales de construcción	54

Lista de las Figuras

Fig. 2-1-1	Diagrama de Flujo del Trabajo.	3
Fig. 3-1-1	Ubicación del epicentro y el nuevo puente	5
Fig. 3-2-1	Ubicación del estudio del estado de daños	8
Fig. 3-3-1	Deformación de la zapata soporte del estribo A1	12
Fig. 3-3-2	Deformación de la zapata soporte del estribo A2	13
Fig. 3-4-1	Corte transversal de la medición del hundimiento del suelo	15
Fig. 3-6-1	Unidades de estructura topográfica centroamericana	17
Fig. 3-6-2	Plano geológico de Honduras (y Nicaragua)	18
Fig. 3-6-3	Geología y fosa en el norte de Honduras	18
Fig. 3-8-1	Epicentro y distribución de temblores	21
Fig. 3-8-2	Fuerza de acción sobre el bloque protector contra caída del puente.....	24
Fig. 3-8-3	Fuerza de acción sobre la zapata soporte de las pilas en el momento del sismo	24
Fig. 3-8-4	Clasificación de las áreas para la magnitud sísmica de diseño en Nicaragua.....	27
Fig. 3-8-5	Distribución aproximada de grietas cercas al puente democracia	28
Fig. 3-8-6	Mecanismo del sismo.....	29
Fig. 3-11-1	Organigrama de la Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda.....	33
Fig. 4-1-1	Poblaciones al norte del nuevo puente La Democracia	36
Fig. 4-3-1	Medidas de urgencia para juntas de dilatación	36
Fig. 4-3-2	Ámbito de extracción de hormigón armado en parapeto de estribo	38
Fig. 4-3-3	Ámbito de extracción de hormigón armado en protector anti-caída adosado a pilares	43
Fig. 4-4-1	Flujo de la obra	53
Fig. 4-4-2	Plano diseño sección de ruta alternativa, para obra de restauración de parapeto de estribo	53

Listado de las Siglas

CMT :Centroid Moment Tensor

Gal :Unidad de aceleración. 1 Gal = 1 cm/segundo

JOGMEC :Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

JICA :Agencia de Cooperación Internacional de Japón

M :Magnitud. Grado para expresar la intensidad de la energía en el momento de ocurrir un sismo

SE :Longitud de la viga puesta sobre el ancho de estribo

SOPTRAVI:Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda

USGS :U.S. Geological Survey

Capítulo 1 Términos Generales del Estudio

1-1 Trasfondo del Estudio

El puente La Democracia, conjunto formado por el nuevo puente La Democracia construido en 2003 con cooperación financiera no reembolsable de Japón y el antiguo puente La Democracia construido en la década de los 60 con cooperación francesa, cuenta con cuatro carriles en total. Con este conjunto, llegó a resolverse la congestión crónica en el puente La Democracia, que había sido un cuello de botella con un tráfico de más de 10,000 vehículos que transitaban sobre la ruta CA-13 que une San Pedro Sula con El Progreso, ciudades nucleares de la región norteña.

Sin embargo, a causa del sismo ocurrido en mayo de 2009 en el mar de la región, cayó el antiguo puente y quedó parcialmente dañado el nuevo. La Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI), institución ejecutora hondureña, está controlando el tráfico limitando la velocidad y permitiendo el tránsito sólo en dos carriles. Además, en el puente Humuya, ubicado sobre la carretera troncal que une la capital con la zona costera norteña, que estaba dañado por socavones, al ocurrir otra inundación al mes del desastre del puente La Democracia, se multiplicaron los socavones, y para mayor desgracia aparentemente quedó afectado por dicho sismo y terminó derrumbándose. Esto intensifica aún más la congestión de tráfico en el nuevo puente La Democracia ubicado sobre la ruta de acceso desde la zona costera norteña, Tegucigalpa capital y el puerto de Cortés, el más importante del país. Ante tal situación, en octubre de 2009 personal especializado liderado por JICA hizo un estudio del estado de daños del nuevo puente, y el gobierno hondureño puso en marcha medidas de reparación de emergencia, pero tomando en consideración el volumen del tráfico que pasa sobre el nuevo puente, cabe la posibilidad de incrementarse los daños.

1-2 Objetivos del Estudio

Puesto que el nuevo puente La Democracia construido en 2003 con cooperación financiera no reembolsable de Japón quedó dañado por el sismo ocurrido el 28 de mayo de 2009 en el mar de la región norteña de Honduras, tenemos por objetivo comprobar el estado actual de dicho proyecto construido con cooperación japonesa en el pasado, diagnosticar la solvencia de las estructuras, analizar técnicamente reparaciones necesarias, calcular un costo estimado de la obra de reparaciones y llamar la atención sobre otros puntos de consideración.

1-3 Miembros de la Misión de Estudio

Nombre	Cargo	Institución
Shigeru Suguiyama	Encargado/Jefe	Planificador, 1a división de supervisión de ejecución, departamento de asistencia a cooperación financiera, JICA
Kousuke Odawara	Administración del plan	Investigador, 1a división de supervisión de ejecución, departamento de asistencia a cooperación financiera, JICA
Kazumasa Tada	Encargado de trabajo/diseño de puente	Central Consultant Inc.

Nombre	Cargo	Institución
Hidetomo Mori	Diagnóstico de estructuras	Central Consultant Inc.
Junichi Wada	Plan de ejecución/cálculo	Central Consultant Inc.
Kayoko Watanabe	Intérprete (español)	Techno Staff CO., LTD

1-4 Cronograma del Estudio

Tabla1-4-1 Itinerario del estudio local

No	Mes	Día	Día de la semana	Shigeru Suguiyama	Kousuke Odawara	Alojamiento	Kazumasa Tada	Kayoko Watanabe	Hidetada Mori	Junchi Wada	Alojamiento	
1	Febrero	7	Dom				17:10 Salida de Narita(CO 006)					
2		8	Lun				12:03 Llegada a Tegucigalpa(CO 756) 14:15 Visita de cortesía a JICA 15:00 Visita de cortesía a la Embajada de Japón				Tegucigalpa	
3		9	Mar				9:30Visita de cortesía a SOPTRAVI para explicar el Informe Inicial				Tegucigalpa	
4		10	Mie				10:00 Reunión con SOPTRAVI				Tegucigalpa	
5		11	Jue				Tegucigalpa⇒San Pedro Sula				San Pedro Sula	
6		12	Vie				Estudio local en el nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
7		13	Sab				Inicio del levantamiento topográfico y del estudio de solidez estructural. Se incorpora el personal de SOPTRAVI					San Pedro Sula
8		14	Dom				Estudio del tráfico y el de solidez estructural					San Pedro Sula
9		15	Lun				Estudio del tráfico y el de solidez estructural					San Pedro Sula
10		16	Mar				Fin del estudio del tráfico, Estudio de solidez estructural					San Pedro Sula
11		17	Mie				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
12		18	Jue				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
13		19	Vie				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
14		20	Sab				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
15		21	Dom				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
16		22	Lun				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
17		23	Mar				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
18		24	Mie				Estudio local y el de solidez estructural del nuevo puente La Democracia y sus alrededores					San Pedro Sula
19	25	Jue		17:10 Salida de Narita(CO 006)			AM: Estudio local PM: San Pedro Sula⇒Tegucigalpa		Estudio local (continúa)		San Pedro Sula	
20	26	Vie		12:08:Llegada a Tegucigalpa (CO756) 14:00 Visita de cortesía a JICA 15:15 Visita de cortesía a SOPTRAVI	Tegucigalpa		Ordenamiento de datos		Estudio local (continúa)		San Pedro Sula San Pedro Sula San Pedro Sula	
21	27	Sab		Tegucigalpa⇒Observación del puente Ilima⇒San Pedro Sula	San Pedro Sula		Estudio local (continúa)		Estudio local (continúa)		San Pedro Sula	
22	28	Dom		Observación de los puentes Humuya, La Democracia y Guaymón	San Pedro Sula		Estudio local (continúa)		Estudio local (continúa)		San Pedro Sula	
23	Marzo	1	Lun	San Pedro Sula⇒Visita al puerto Cortés ⇒Tegucigalpa		Tegucigalpa	Estudio local (continúa)		Estudio local (continúa)		San Pedro Sula	
24		2	Mar	9:00Informe a SOPTRAVI sobre el estudio local		Tegucigalpa	Estudio local (continúa)		Estudio local (continúa)		San Pedro Sula	
25		3	Mie	9:00 Informe a JICA 16:00 Informe a la Embajada de Japón		Tegucigalpa	Estudio local (continúa)		Estudio local (continúa)		San Pedro Sula	
26		4	Jue	13:00 Salida de Tegucigalpa (CO755)			Ordenamiento de datos		San Pedro Sula⇒Tegucigalpa		Tegucigalpa	
27		5	Vie	↓			10:00 Informe a JICA 14:00 Informe a SOPTRAVI				Tegucigalpa	
28		6	Sab	15:45 Llegada a Narita (CO007)			13:00 Salida de Tegucigalpa (CO755)					Tegucigalpa
29		7	Dom						↓			
30		8	Lun				15:45 Llegada a Narita (CO007)					

Capítulo 2 Metodología del Estudio

El estudio se ejecutó conforme a Fig. 2-1-1: Diagrama de Flujo del Trabajo.

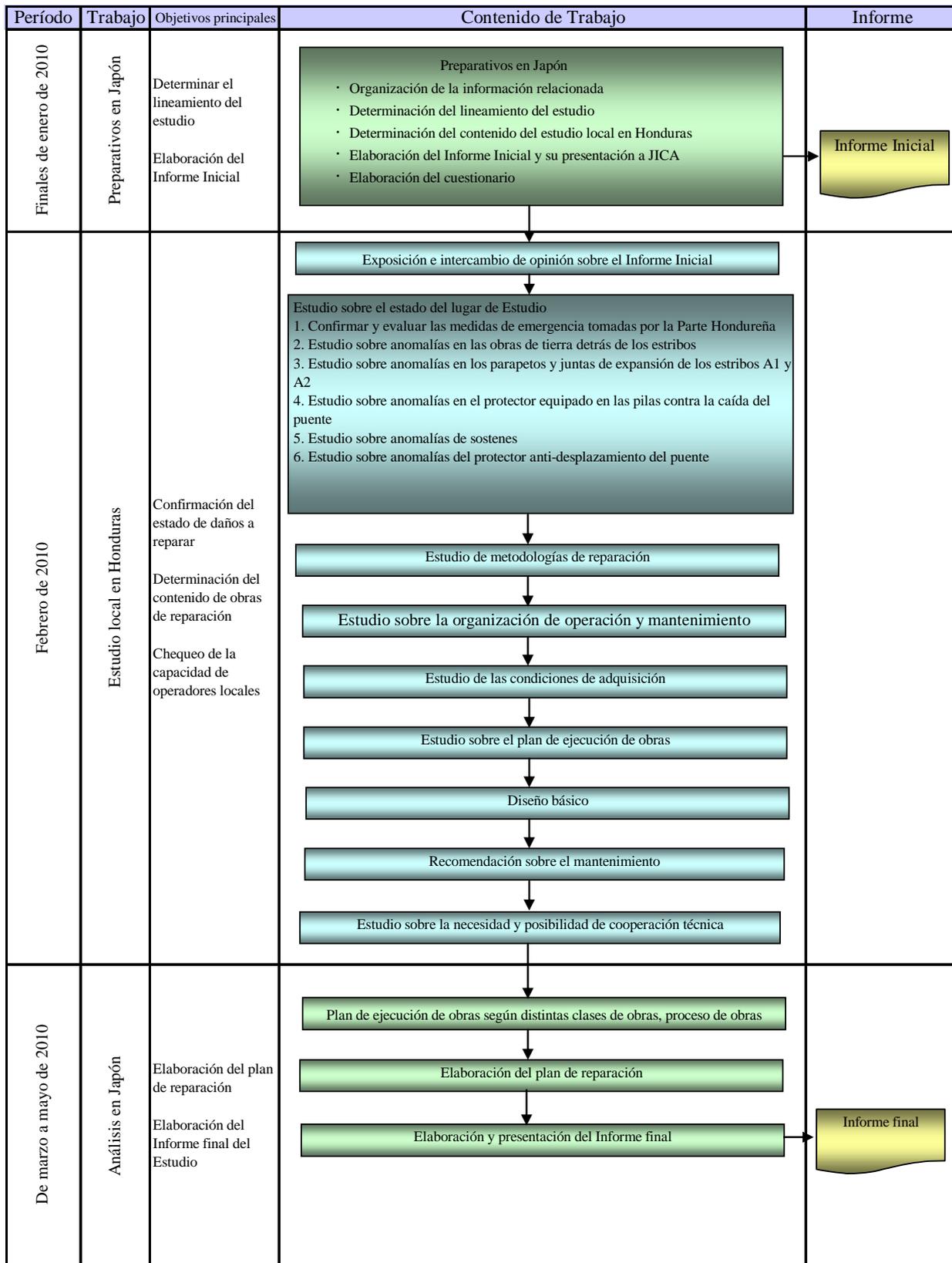


Fig. 2-1-1 Diagrama de Flujo del Trabajo

2-1 Preparativos en Japón

Se ordenó toda la documentación e información recogida los daños sufridos por el nuevo puente La Democracia, para establecer el procedimiento, contenido y trabajos del Estudio a subcontratar localmente, y se preparó el Informe Inicial y un cuestionario.

2-2 Trabajo en Honduras

Se expuso el contenido del Informe Inicial a las partes implicadas de Honduras para explicarles el objetivo y misión del Estudio, su contenido y cronograma. Al mismo tiempo, se comprobaron las medidas de emergencia tomadas por la parte hondureña para el nuevo puente La Democracia. Se solicitó colaboración a las instituciones relacionadas, en torno al trabajo local que se debía realizar en el lugar de estudio, como rasados de hormigón y control de tráfico requerido para llevar a cabo el Estudio.

Se confirmó el estado actual de las medidas de emergencia tomadas por la parte hondureña, métodos de reparación empleados y sus efectos durante el reconocimiento de campo en el lugar de estudio. Se comprobaron con detención los daños sufridos para estudiar el contenido de las obras de reparación a aplicar.

2-3 Análisis en Japón

De acuerdo con los resultados del Estudio en Honduras, durante los diez primeros días tras regreso a Japón se preparó el borrador del informe de resultados del estudio local, para exponerlo en la reunión de presentación del informe. Se elaboró un plan de ejecución de obras según distintas clases de obras para aclarar el cronograma tentativo de obras y la estimación de costos.

Se estudió la envergadura del proyecto, posibles metodologías y cronograma tentativo sobre posibles obras de refuerzo necesario para resistir un terremoto del mismo grado que el ocurrido recientemente. Se ha elaborado el Informe final sobre el Estudio del Estado Posterior a la Implementación que incluye todo lo antedicho.

Capítulo 3 Resultados del estudio local

3-1 Resumen del sismo

En 28 de mayo de 2009 ocurrió un sismo de M7.1 de magnitud, teniendo el epicentro a 125km al nornordeste de la ciudad portuaria La Ceiba, que da al mar Caribe hondureño. Según noticias de prensa, en Honduras fueron registrados 6 muertos a causa del terremoto y daños concentrados en cierta área del norte.

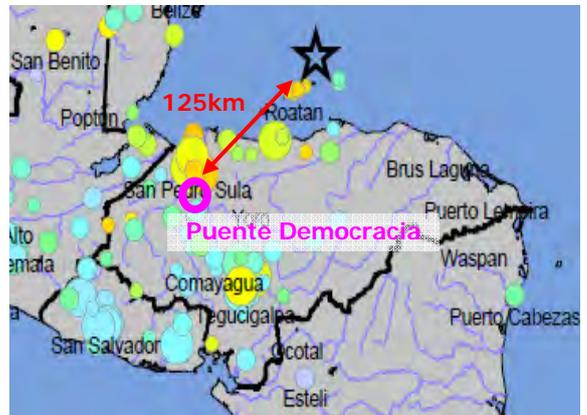


Fig.3-1-1 Ubicación del epicentro y el nuevo puente Democracia

3-2 Estado de daños causados por el sismo en el área norte de Honduras

Sobre los daños causados por el sismo, se hizo un estudio visual de estructuras ubicadas sobre la ruta CA5 en el tramo entre la ciudad de San Pedro Sula y la ciudad de Cortes y sobre la ruta CA13 en el tramo entre la ciudad de Progreso y la ciudad de Tela, que están dentro del área objeto del estudio. Los resultados del estudio se detallan a continuación:

(1) Estado de daños en el área norte de la ruta CA5

En los puentes ubicados en la cercanía de la ciudad de San Pedro Sula no se observaron daños sísmicos. Sobre todo, el puente llamado públicamente Mega Plaza, ubicado en la ciudad de San Pedro Sula, es un puente en ménsula de tablero superior que supuestamente no tiene alta resistencia al sismo, sin embargo, incluyendo los soportes de la viga y el muro de contención de acceso, no se presentan daños sísmicos. Únicamente se ha comprobado una fuga de agua de la junta de dilatación.

En las principales estructuras ubicadas sobre la carretera desde los suburbios de San Pedro Sula hasta el puerto Cortes, no se han observado daños evidentes causados por este terremoto.



Foto 3-2-1 Puente Mega Plaza



Foto 3-2-2 Estado del soporte de la viga en ménsula de celosía



Foto 3-2-3 Estado del estribo

(2) Estado de daños en la ciudad de Cortes

En el puerto Cortes se observaron grandes desniveles en la superficie de la tierra, sobre todo, son notables los daños en el límite entre la cimentación sobre pilotes y el terreno ganado al mar.

Según la encuesta realizada en la oficina portuaria, se ha revelado que en el subsuelo existe un estrato de arena poco consolidada de 25 ó 30m de espesor y la licuación de dicho estrato provocó el hundimiento del terreno.

En la ciudad de Cortes hay un lugar con desnivel sobre la carretera junto a la laguna. Según una encuesta, se ha comprobado un lugar donde se produjo un vacío de 2m en el suelo a causa del hundimiento del terreno.

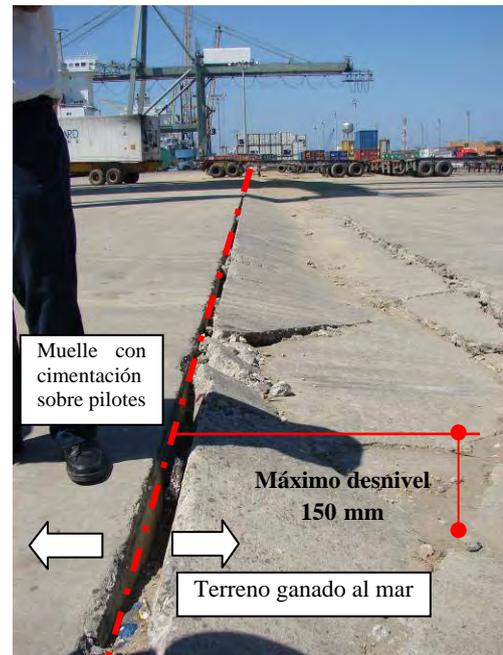


Foto 3-2-4 Estado de daños en el puerto Cortes



Foto 3-2-5 Estado de la carretera cercana al puerto Cortes

En un puente sin nombre cercano a esta carretera se han observado daños en el hormigón protector de la parte frontal de pilotes de cimentación del estribo de pila de pilotes. Se supone que la gran deformación causada por el sismo produjo grietas en el hormigón de la parte frontal.



Foto 3-2-6 Puente cercano al puerto Cortes



Foto 3-2-7 Estado del estribo A1

Según las encuestas realizadas en la ciudad de Cortes se reveló lo siguiente:

- ① A causa del sismo quedaron dañadas 2500 casas, de las cuales 250 destruidas completamente. La mayoría de las casas derruidas se concentraban en sectores de suelo poco firme como la costa o terreno pantanoso.
- ② En el centro ciudad se cayeron muchos postes.
- ③ En 1996 hubo otro sismo de 6.0 grados (M 6.0) de escala *Richter*, pero el temblor fue de tal manera que no cayeron los artículos.
- ④ En los 80 también hubo terremotos, pero todos fueron de pequeña magnitud.
- ⑤ Antes de este sismo, el más grande fue el terremoto de Guatemala ocurrido en 1976.
- ⑥ Aunque no existen normas antisísmicos en Honduras, hay ejemplos con propia estructuras antisísmicas. (Banco Atlántida: Diseñado para el grado 8 de la escala *Richter*)

(3) Estado de daños en la ruta CA13

Se ha observado el estado de principales estructuras ubicadas sobre la ruta CA13 en el tramo entre El Progreso y Tela, pero visualmente no fueron identificados daños a causa del sismo.

A continuación se presenta el estado de los puentes sobre el río Hiland Greek, el río San Alejo y el río Guaymón en las fotos 3-2-7, 8 y 9.



Foto 3-2-7 Puente sobre el río Hiland Greek

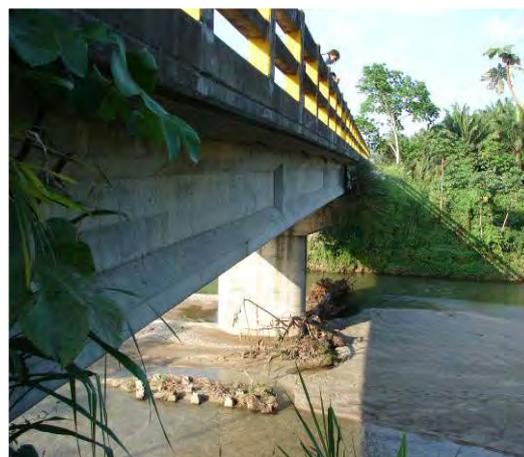


Foto 3-2-8 Puente sobre el río San Alejo



Foto 3-2-9 Puente sobre el río Guaymón

(4) Estado de daños en la cercanía del nuevo puente Democracia

Con el fin de comprobar el estado de daños en la cercanía del nuevo puente Democracia, se hizo un estudio de la situación del centro ciudad de Lima y el área occidental del puente Democracia que comprende las rutas CA51 y 845 que sirven de desvío que une la CA5 y la CA13, tal como se presenta en la Fig.3-2-1: Ubicación del estudio del estado de daños.

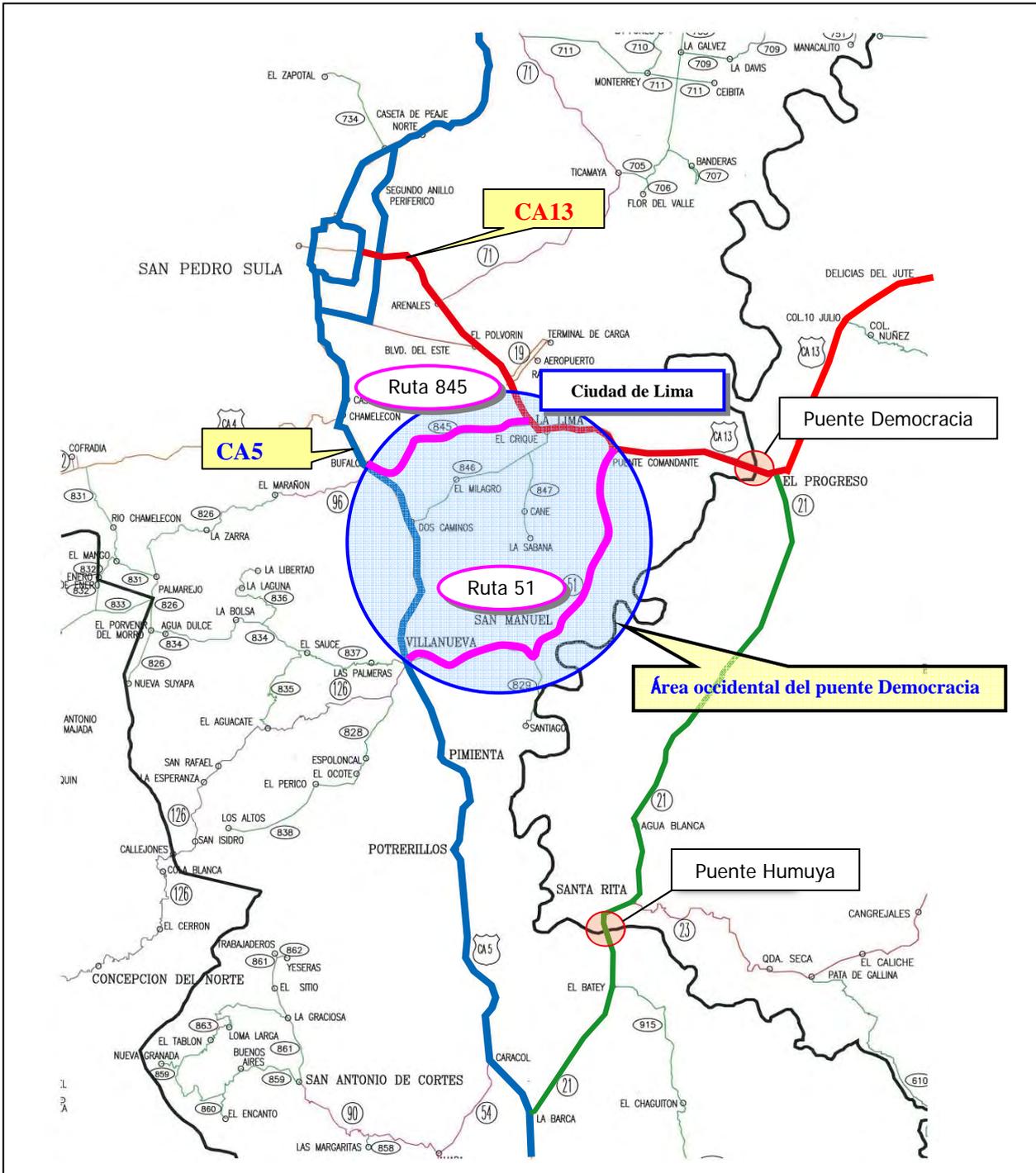


Fig.3-2-1 Ubicación del estudio del estado de daños

A continuación se derriben los resultados del estudio.

Hemos estudiado visualmente puentes, casas y cercos, pero no encontramos daños evidentes por el sismo.

La ruta 51 es una carretera pavimentada de dos carriles en buen estado relativamente, mientras que la ruta 845 es una carretera no pavimentada, que contiene un tramo privado, y tiene varios puentes sencillos en el camino. Todos están en uso sin que se caiga ni uno.

En el curso alto del puente sobre la carretera, existe un puente con viga de acero que fue utilizado para el ferrocarril en el pasado y actualmente sirve como puente peatonal. En las estructuras como los dos puentes y los muros de contención de empalme no se observan daños evidentes por el sismo.



Foto 3-2-10 Puente cercano al centro ciudad de Lima (1)



Foto 3-2-11 Puente cercano al centro ciudad de Lima (2)



Foto 3-2-12 Puente cercano al centro ciudad de Lima (3)



Foto 3-2-13 Puente sobre CA13

3-3 Estado de daños del nuevo puente Democracia

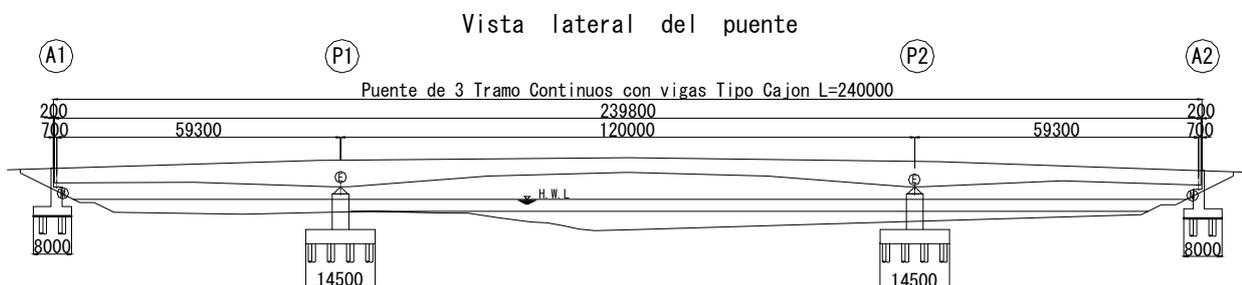
3-3-1 Resultados del estudio de nivel saludable

Los resultados del estudio detallado local sobre el nivel de daños del nuevo puente Democracia han sido resumidos según la "guía de inspección de puentes" (publicada por la municipalidad de Tokio, 1997). En la Tabla 3-3-1 cada parte está clasificada según los rangos de *a* a *e*, de acuerdo con las normas de evaluación para las inspecciones periódicas de los componentes.

Tabla 3-3-1 Normas de evaluación para las inspecciones periódicas de los componentes

Evaluación	Estado de daños	Medidas a tomar
a Saludable	No se observan daños específicos.	—
b Casi saludable	Daño menores	Registro
c Necesita algo de cuidado	Existen daños.	Registro y observación dinámica
d Cuidado	Daños grandes	Registro y verificación
e Peligroso	Daños considerables, o pueden afectar a los terceros.	Registro y reparación urgente

Se describe el resumen del estado de daños del nuevo puente Democracia por cada estructura del puente. Para más detalle, véase el anexo 2: fotos de la inspección del puente.



(1) Estado de la superestructura y las losas (superficie vial)

Al inspeccionar el interior de la viga principal, se observaron grietas de 0.2mm en parte de viga horizontal del extremo.

El cuerpo de caucho de la Junta de dilatación está deformado y fracturado dejando un espacio abierto, el hormigón instalado posteriormente está dañado parcialmente y fueron identificadas varillas de acero descubiertas del anclaje armado. Según los documentos de la obra terminada, el espacio abierto de la junta de dilatación fue de 150mm, pero se ha comprobado que dicho espacio se extendió a 160mm – 210 mm a causa del sismo. También fue comprobado el sonido impulsivo producido por el paso de vehículos grandes. Se había informado de que el espacio abierto estaba creciendo por la influencia del espacio y desnivel ensanchados y se hizo una medición en la estadía local de Equipo, pero no se pudo identificar tal crecimiento.

Aunque no se trata de daños directamente causados del sismo, en la pavimentación se observan parcialmente grietas, desnivel y baches. Un bache en la superficie vial tiene una profundidad de 40 mm (rango d).



Foto 3-3-1 Junta de dilatación
Varillas de acero descubiertas del anclaje

En el lado del estribo A2 en el tramo de P2 y A2, hay roturas en rejillas de barandas y deformaciones en varas de albardilla.

(2) Estado de daños del estribo A1

Fueron identificadas fisuras en la base de parapeto y grietas en dirección diagonal en la parte frontal del parapeto donde está instalada el ala del lado de curso bajo. Las fisuras de la base de parapeto cubren de 1/3 a 1/2 parte del ancho del estribo en el lado de curso alto.

Al comprobar el interior tras raspar partes agrietadas, principales varillas de acero del parapeto están deformadas a altura de asiento de zapata, hay muchas grietas en el alrededor de varillas y estas se encuentran despegadas del hormigón.



Foto 3-3-2 Grietas en el estribo A1

La zapata soporte, como se muestra en la Fig.3-3-1, está deformada en dirección perpendicular al eje del puente y respecto a la zapata soporte del lado de curso alto, parte del cuerpo de la zapata soporte de caucho está saliendo de la plancha de acero superior.

También fue comprobado que está roto el Mecanismo de control de movimiento y el hormigón premezclado está quebrado.

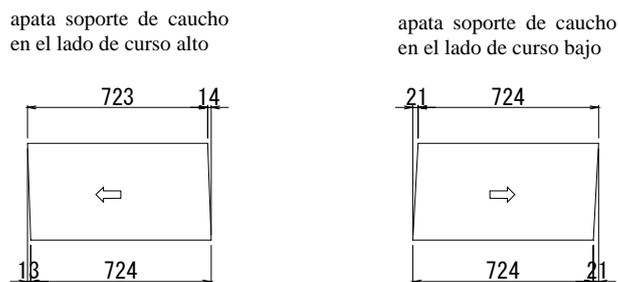


Fig. 3-3-1 Deformación de la zapata soporte del estribo A1

(3) Estado de daños de la pila P1

La viga chocó contra el bloque protector contra caída del puente y se produjeron fisuras en la base de dicho protector desprendiéndose parcialmente el hormigón.

La fisura tiene una anchura de 20 a 30mm y al comprobar el interior raspando partes agrietadas, se ha comprobado que principales varillas de acero del bloque protector contra caída del puente está deformada a la altura de asiento de zapata. Además, se han observado muchas grietas en el alrededor de varillas de acero, dejándolas despegadas del hormigón.



Foto 3-3-3 Grietas de la pila P1

En la zapata soporte han observado deformaciones remanentes en la dirección al eje del puente y la perpendicular al mismo y en la zapata soporte en el lado de curso bajo un perno de la parte inferior está caído.

El Mecanismo de control de movimiento está roto y el hormigón premezclado está quebrado.

(4) Estado de daños de la pila P2

En el presente estudio, debido a que el nivel de agua del río estaba alto, el estudio de la pila P2 fue realizado visualmente a distancia desde el lado de la pila P1 y el estribo A2 y también desde el antiguo puente Democracia que se encuentra al lado.

Al igual que la pila P1, se observaron grietas en la base del bloque protector contra caída del puente. También fue comprobado que en la zapata soporte un perno está caído.



Foto 3-3-4 Grietas de la pila P2

De lo arriba mencionado, juzgamos que está sufriendo un mismo nivel de daños que la pila P1. No se observó ninguna huella del choque de la superestructura con el bloque protector contra caída del puente.

(5) Estado de daños del estribo A2

Tiene un mismo nivel de daños que el estribo A1.

La zapata soporte, al igual que la del estribo A1, está deformada hacia fuera y en la zapata soporte en el lado de curso alto, parte del cuerpo de la zapata soporte de caucho está saliendo de la plancha de acero superior.



Foto 3-3-3 Grietas del estribo A2

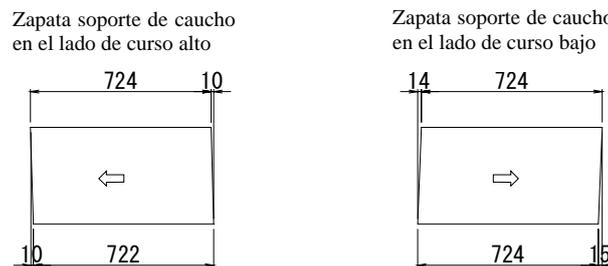


Fig. 3-3-2 Deformación de la zapata soporte del estribo A2

(6) Estado de otros daños

En el alrededor del estribo A2 se ha producido la grieta del suelo en un lugar y en el alrededor del estribo A1 hay numerosas grietas. No solamente en el contorno del estribo A1, sino también a lo largo del dique de la orilla izquierda alrededor del estribo A1 se observan daños en casas.

3-3-2 Evaluación técnica sobre daños

(1) Superestructura

Se supone que la junta de dilatación instalada en ambos lados de los estribos A1 y A2 se ha quebrado a causa del choque de la viga contra el parapeto de estribo, provocado por un excesivo movimiento de la viga en el momento del sismo.

Las fisuras menos de 0.2mm identificadas en la viga horizontal del extremo dentro de la viga principal está dentro de un margen que no requiere reparaciones para las estructuras armadas en general. De ahora en adelante es necesario comprobar en el mantenimiento y administración si son fisuras progresivas o no.

Los baches, desgastes y desniveles encontrados en la pavimentación de la superficie del puente, teniendo en cuenta el periodo del uso hasta la hecha y las condiciones del tráfico (peso de vehículos y cantidad de tránsito), pueden ser daños causados por el deterioro con el transcurso del tiempo. Considerando el gran impacto que puede dar a la losa de la superestructura, es recomendable tomar urgentemente medidas de reparación de la pavimentación.

(2) Subestructura

1) Estribos

Los daños de los parapetos de los estribos serán producidos por el choque de la viga contra los parapetos, por haber movido considerablemente la viga en dirección al eje del puente por el sismo, como consecuencia de la rotura del Mecanismo de control de movimiento. Como consecuencia del estudio, se han identificado la rotura del hormigón por la cizalla, la deformación de varillas de acero y el despegamiento del hormigón armado, por lo que consideramos que ya no presenta una estructura de hormigón armado.

En la zapata soporte de caucho también fue comprobada una deformación remanente, pero siendo dentro del margen permisible el volumen deformado, nos será necesario reemplazar la zapata soporte de caucho. En cuanto al desplazamiento parcial del cuerpo principal de caucho, se hizo una verificación del esfuerzo de empuje teniendo en cuenta la reducción de la superficie de la carga admisible, y se confirmó que es suficientemente seguro.

Según el estado de daños en el Mecanismo de control de movimiento, juzgamos que fueron causados por una carga de acción superior a la dispuesta en el momento del diseño y por la gravedad de los daños es difícil reparar y reutilizarlos.

2) Pilas

Los daños en el bloque protector contra caída del puente fueron causados por el choque de la viga principal movida en dirección perpendicular al eje del puente contra el mismo protector en el momento del sismo, accionando un esfuerzo seccional superior a la carga diseñada. De las fisuras en el hormigón y la gravedad de daños en varillas de acero se puede deducir lo siguiente:

- ① El hormigón está roto por la cizalla.
- ② Es posible que varillas hayan llegado al margen de cedimiento.

De lo arriba mencionado, ya no presenta la estructura de hormigón armado.

La deformación remanente de la zapata soporte de caucho está dentro del margen permisible, por lo que no será necesario reemplazarla. El perno de fijación caído habrá sido arrancado por un momento de torsión que tuvo el punto de apoyo en la zapata soporte del lado de curso alto. En el futuro será necesario tomar medidas para fijar la zapata inferior y la placa de la base.

Las grietas producidas desde el asiento de zapata hacia la parte frontal de la columna, corresponden al rango *c* o *d* en cuanto al nivel de daños, pero con el fin de prevenir el deterioro (oxidación) de las varillas de acero interiores por el agua de lluvias, es recomendable tomar medidas como el relleno de grietas.

Los daños en el Mecanismo de control de movimiento fueron provocados por prevenir la caída del puente, lo que significa que desplegó sus propias funciones.

(3) Otros

La diferencia entre las roturas del suelo del estribo A1 y del estribo A2 se debe a la diferencia de condiciones del suelo.

3-4 Daños en la vía de acceso al puente y evaluación técnica

En la vía de acceso al puente se observa un hundimiento del suelo provocado por el sismo, como se muestra en la Fig.3-4-1. El hundimiento es mayor en el estribo A1 que en el estribo A2, siendo 75 cm al máximo. Las grietas producidas en la carretera alrededor del puente no ha causado el corte de paso de vehículos, pero al llegar la próxima época de lluvias, si el agua de lluvias penetra en las grietas y avanza el hundimiento del suelo, se pueden producir dificultades en la circulación de vehículos, por lo que es necesario tomar medidas con antelación.



Foto 3-4-1 Hundimiento en la vía de acceso

Además, fue identificado otro hundimiento, indicado en la foto 3-4-1, aunque no se puede concluir que fuera un daño sísmico.

Honduras tiene una capacidad técnica para llevar a cabo estas obras de reparación y se juzga que es posible realizar un diseño y ejecución por consultores y contratistas nacionales.

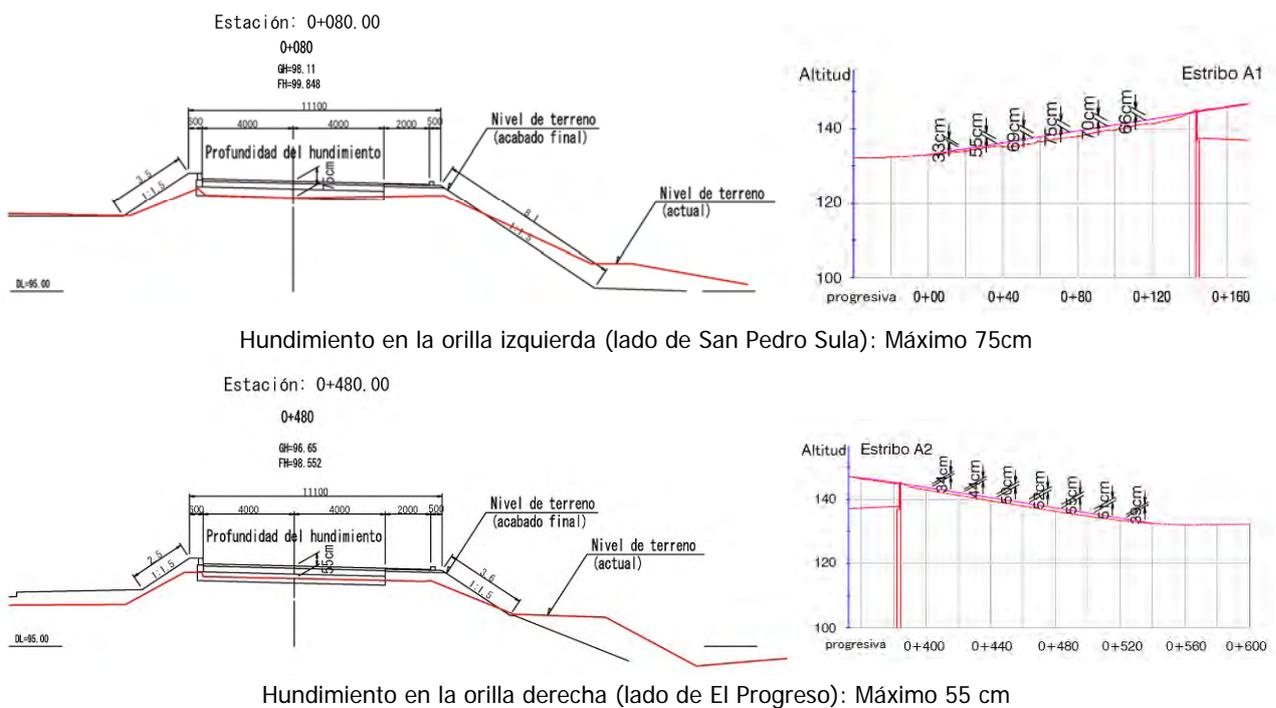


Fig. 3-4-1 Corte transversal de la medición del hundimiento del suelo

3-5 Medidas emergentes locales contra daños

(1) Contenido de las medidas emergentes locales

Para los daños causados por el sismo, el municipio de El Progreso tomó medidas emergentes correspondientes. Las medidas ya tomadas en el nuevo puente Democracia y sus alrededores son las siguientes:

- ① A las grietas producidas en el parapeto y la base del bloque protector contra caída del puente, se les ha hecho un pintado de alquitrán como una medida de impermeabilización.
- ② Inmediatamente después del sismo, se colocó una plancha de acero encima de la junta de dilatación dañada, pero más tarde la plancha fue robada y ya no queda nada actualmente. El impacto producido por el paso de vehículos está afectando la junta de dilatación dañada, por tanto pobladores locales llenan el espacio abierto de la junta con la tierra y arena para mitigar el impacto.
- ③ Para las grietas del suelo producidas en el dique y plantaciones de banano alrededor del nuevo puente Democracia, las del dique han sido reparadas por el municipio de El Progreso y las de plantaciones, por sus propietarios.



Foto 3-5-1 Medida de impermeabilización de grietas en el bloque protector de caída del puente



Foto 3-5-2 Medida contra el desnivel de la junta de dilatación dañada



Foto 3-5-3 Reparación del dique cerca del nuevo puente Democracia

(2) Calidad y efectos de medidas emergentes

1) Medida de impermeabilización de partes agrietadas

Es un pintado de alquitrán sencillo y superficial sin inyectar en el interior de grietas, por lo que es insuficiente como medida de impermeabilización.

2) Medida emergente para la junta de dilatación

De la plancha de acero colocada inmediatamente después del sismo se podía esperar el efecto de mitigar el impacto del paso de vehículos, pero debido a su forma de colocación no apropiada, fue robada la plancha de acero y el efecto duró poco tiempo. Luego, no se ha tomado ninguna medida eficiente.

3-7 Estudio de tráfico

(1) Objetivo del estudio

El nuevo puente Democracia, construido por la cooperación financiera no reembolsable de Japón, fue dañado por el sismo pero no llegó a caerse. Sin embargo, el antiguo puente contiguo fue caído y la consecuente reducción del tráfico dio supuestamente un gran impacto a la ruta de transporte en el norte de Honduras. Para tener conocimiento de tal situación, se hizo un estudio de tráfico en CA-13 y la ruta principal CA-5 y se comprobó la variación del tráfico.

(2) Método del estudio

Hacer el estudio en los mismos lugares donde realizó SOPTRAVI los estudios de tráfico en el pasado y comparar con sus resultados.

- ① Estudio de tráfico en el nuevo puente Democracia (horario de observación: 6:00am - 6:00pm, 12horas)
- ② Estudio de tráfico en un lugar sobre CA-5, cercano a la ciudad de San Pedro Sula. (El horario de observación es el mismo que arriba.)
- ③ Las fechas de observación son el 14 (domingo), 15 (lunes) y 16 (martes) de febrero, que son tres días.

(3) Resultados del estudio : Comparación con los resultados de la observación del 15 (lunes) de febrero

Se ha hecho una comparación de los resultados de este estudio y los de SOPTRAVI con el supuesto volumen de tráfico para 2010, utilizando una tasa de crecimiento de tráfico establecida en Honduras.

- ① En el nuevo puente Democracia, el presente estudio dio 12,305 unidades/12 horas, el estudio de SOPTRAVI en 2001 dio 9,207unidades/12 horas y el volumen estimado para 2010 son 14,283unidades/ 12 horas, siendo inferior el volumen estimado que el medido.
- ② En un lugar de observación a 2km de la ciudad de Choloma hacia el puerto Cortes, ubicado sobre CA-5, se registraron 21,982 unidades/12 horas. Mientras que el estudio realizado por SOPTRAVI en 2001 dio 10,875 unidades/12 horas y el volumen estimado para 2010 son 16,870 unidades/12 horas, por tanto el volumen medido superó bastante el volumen estimado.

Los resultados del estudio de tráfico y los datos proporcionados de SOPTRAVI se presentan en la página siguiente.

Tabla 3-7-1 Resultados del estudio de tráfico

Punto de observación No.1: A 2km de Choloma hacia Cortes							
Tipo de vehículo		Turismo	Pick-up	Bus	Camión de dos y tres ejes	Trailer	Total
Ítem del estudio							
Fecha y hora de observación	14 (domingo) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Puerto Cortes→San Pedro Sula	2,381	2,774	831	127	542	6,655
	San Pedro Sula → Puerto Cortes	2,480	2,955	1,021	275	342	7,073
	Total de vehículos	4,861	5,729	1,852	402	884	13,728
Fecha y hora de observación	15 (lunes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Puerto Cortes→San Pedro Sula	3,365	4,220	861	702	1,017	10,165
	San Pedro Sula → Puerto Cortes	3,887	4,666	1,482	864	918	11,817
	Total de vehículos	7,252	8,886	2,343	1,566	1,935	21,982
Fecha y hora de observación	16 (martes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Puerto Cortes→San Pedro Sula	3,356	4,045	822	864	1,047	10,134
	San Pedro Sula → Puerto Cortes	3,480	4,115	1,128	890	1,181	10,794
	Total de vehículos	6,836	8,160	1,950	1,754	2,228	20,928
Datos proporcionados de SOPTRAVI							
Tipo de vehículo		Turismo	Pick-up	Bus	Camión de dos y tres ejes	Trailer	Total
Ítem del estudio							
Fecha y hora de observación	2001: 6:00am - 6:00pm (de día)						
		1,701	4,953	1,775	1,629	817	10,875
	2001: 6:00pm - 6:00am (de noche)	528	1,357	564	503	495	3,447
Volumen de tráfico estimado	Tráfico diario (unidades/día)	2,229	6,310	2,339	2,132	1,312	14,322
Valor estimado	Volumen de tráfico estimado de 12h para 2010	2,639	7,684	2,753	2,527	1,267	16,870
	Volumen de tráfico estimado diario para 2010	3,458	9,789	3,628	3,308	2,035	22,218
Nota: Relación día - noche: (10,875 unidades + 3,447 unidades) · 10,875 unidades =1.317							
Punto de observación No.2: Nuevo puente Democracia							
Tipo de vehículo		Turismo	Pick-up	Bus	Camión de dos y tres ejes	Trailer	Total
Ítem del estudio							
Fecha y hora de observación	14 (domingo) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Progreso→San Pedro Sula	2,364	1,748	460	178	59	4,809
	San Pedro→Progreso	2,191	1,727	468	159	49	4,594
	Total de vehículos	4,555	3,475	928	337	108	9,403
Fecha y hora de observación	15 (lunes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Progreso→San Pedro Sula	2,427	2,600	529	590	207	6,353
	San Pedro→Progreso	2,085	2,420	513	698	236	5,952
	Total de vehículos	4,512	5,020	1,042	1,288	443	12,305
Fecha y hora de observación	16 (martes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Progreso→San Pedro Sula	2,499	2,531	564	596	252	6,442
	San Pedro→Progreso	2,211	2,387	539	647	244	6,028
	Total de vehículos	4,710	4,918	1,103	1,243	496	12,470
Datos proporcionados de SOPTRAVI							
Tipo de vehículo		Turismo	Pick-up	Bus	Camión de dos y tres ejes	Trailer	Total
Ítem del estudio							
Fecha y hora de observación	2001: 6:00am - 6:00pm (de día)						
		2,631	4,343	502	1,195	536	9,207
	2001: 6:00pm - 6:00am (de noche)	1,760	1,921	251	346	164	4,442
Volumen de tráfico estimado	Tráfico diario (unidades/día)	4,391	6,264	753	1,541	700	13,649
Valor estimado	Volumen de tráfico estimado de 12h para 2010	4,081	6,738	778	1,854	832	14,283
	Volumen de tráfico estimado diario para 2010	6,812	9,718	1,167	2,390	1,087	21,174
Nota: Relación día - noche: (9,207 unidades + 4,442 unidades) · 9,207 unidades =1.428							

3-8 Estudio sobre diseño antisísmico

Según los resultados de las encuestas locales, se ha comprobado que al igual que en el momento del diseño básico, ahora tampoco están establecidas normas de diseño antisísmico.

3-8-1 Estimación de la intensidad de temblor sísmico

A partir de los resultados del estudio local y del análisis hecho en Japón, se estima la intensidad de temblor sísmico en el sitio del nuevo puente Democracia. Como indicador de la intensidad de temblor se utilizará la aceleración del temblor de una estructura al actuar el movimiento sísmico sobre dicha estructura, es decir, el espectro de respuesta de aceleración.

(1) Publicación de US. Geological Survey (USGS)

Fue publicado que el terremoto se produjo en el punto indicado con la marca (☆) en la figura, con una magnitud de 7.1 grados.

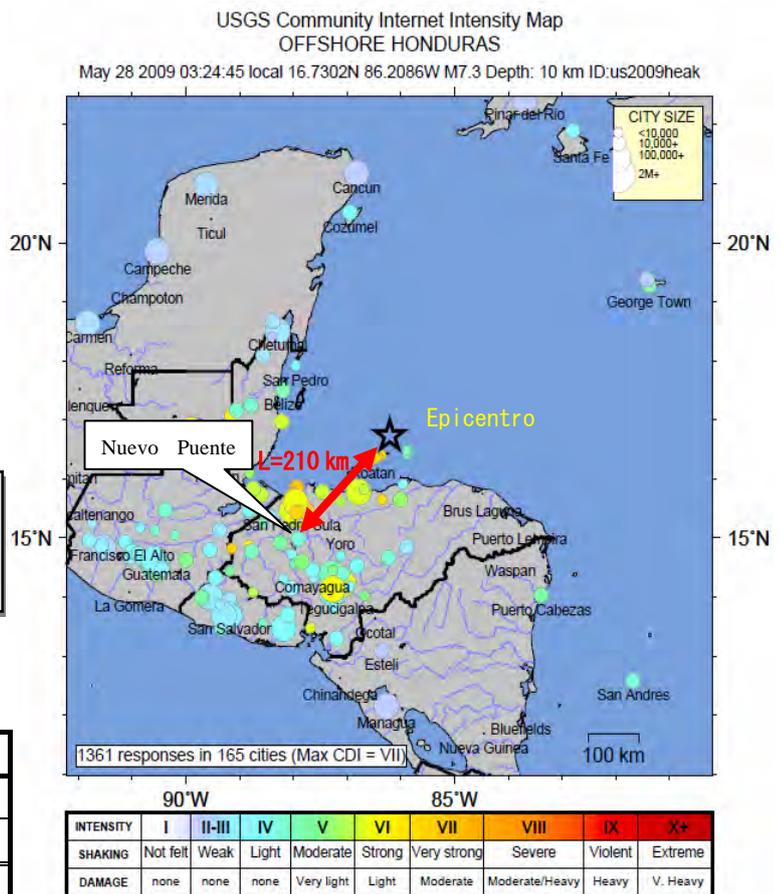
Las intensidades del temblor sísmico están distribuidos según indica la Fig. 3-8-1, en la ciudad de El Progreso, donde está ubicado el nuevo puente Democracia, la intensidad de temblor fue VII grados en la escala *Mercalli* revisada, adoptada en EE.UU. y Corea, según la publicación.

Esto traducido a la aceleración será de 44~94gal^{*1}aprox.

*1: al representa la intensidad del movimiento sísmico en una aceleración. 1gal significa 1cm/s². Según HP de la Asociación de Consultores Estructurales de Japón.

Tabla3-8-1 Relación entre la escala Mercalli revisada y aceleración

Magnitud	Escala Mercalli revisada Establecida en1931	
	Aceleración (gal)	
	Mínima	Máxima
VI	2 1 ≦	< 4 4
VII	4 4 ≦	< 9 4
VIII	9 4 ≦	< 2 0 2
IX	2 0 2 ≦	< 4 3 2



Nota): Extracto de HP de US. Geological Survey (USGS)
Fig. 3-8-1 Epicentro y distribución de temblores

(2) Estimación de la energía sísmica en el epicentro teniendo en consideración la atenuación por distancia

La distancia del epicentro del sismo al nuevo puente Democracia es de 210km aprox. (distancia epicentral). Al calcular la máxima aceleración según las condiciones de cada estrato en el sitio de nuevo puente Democracia, utilizando la "fórmula para la atenuación por distancia del temblor sísmico con el movimiento horizontal máximo", indicada en las "Especificaciones para los puentes sobre carreteras" de Japón, se dieron los resultados presentes en la tabla 3-8-2: Aceleración máxima calculada de la fórmula de atenuación por distancia.

Tabla 3-8-2 Aceleración máxima calculada de la fórmula de atenuación por distancia (gal)

Tipo de suelo	Resultado calculado	Considerando la rectificación de datos diseminados
Clase I	43	72
Clase II	49	83
Clase III	39	66

Nota): Tipo de suelo I, II y III se refiere a la clasificación establecida para un diseño antisísmico en las Especificaciones para los puentes sobre carreteras.

Como consecuencia, la aceleración máxima del sismo será de 39~83gal.

(3) Estimación a partir del estado de daños sísmicos

(a) Estimación según la escala sísmica de la Agencia Meteorológica de Japón

El sismo ocasionó grandes daños en el nuevo puente Democracia y sus alrededores. Además de los daños causados en el parapeto de estribos, los bloques protectores contra caída del puente y el Mecanismo de control de movimiento, se produjeron grandes grietas en el suelo alrededor del estribo A1, la superficie vial y talud del terraplén, dique y plantaciones de banano cercanos.

Según el funcionario encargado del municipio de El Progreso, hubo muchos lugares donde salió el agua subterránea conteniendo tierra y arena y fue comprobada la licuación del suelo.



Foto 3-8-1 Grieta en frente del estribo A1



Foto 3-8-2 Grietas sobre el dique



Foto 3-8-4 Grieta en la plantación de banano



Foto 3-8-3 Grietas en la superficie vial del terraplén de empalme



Foto 3-8-5 Derrumbe en la carretera

Al cotejar estos daños con la tabla 3-8-3: relación entre la escala sísmica de la Agencia Meteorológica de Japón y las aceleraciones de referencia, podemos considerar que la magnitud de este sismo equivale a poco más de 5 grados, con una aceleración de 150 ~ 270gal.

Tabla 3-8-3 Relación entre la escala sísmica de la Agencia Meteorológica de Japón y las aceleraciones de referencia

Grado de magnitud	Aceleración de referencia	Estado del suelo	Estado de terrenos pendientes
Poco menos de 5	80~150 gal	Pueden producirse fisuras ^{*1} y licuación ^{*2} del suelo.	Pueden producirse desprendimientos de rocas y derrumbes.
Poco más de 5	150~270 gal		
Poco menos de 6	270~480 gal	Puede producirse grietas en el suelo.	Pueden producirse derrumbes y deslizamiento.
Poco más de 6	480~850 gal	Puede producirse grandes grietas en el suelo.	Pueden producirse numerosos derrumbes, grandes deslizamientos y desplome de montes ^{*3} .
7	Más de 850 gal		

*1: Una fisura es el mismo fenómeno que una grietas del suelo, pero aquí las grietas del suelo de pequeña magnitud se expresan como fisuras.

*2: En los suelos con alto nivel freático o de arena poco consolidada, puede ocurrir una licuación. Cuando una licuación avance, puede provocar danos como el brote de agua lodosa del suelo, hundimiento del suelo, el desplome de diques y muelles, el levantamiento de tubería de alcantarillado y tapas de registro y la inclinación o destrucción del cimiento de edificios.

*3: La aceleración de referencia es según el subcomité de seguridad antisísmica integral del Instituto de Arquitectura de Japón.

Fuente: Descripción sobre la escala sísmica de la Agencia Meteorológica de Japón (Libro sobre el estado de suelo y terrenos pendientes)

(b) Estimación a partir del estado de daños causados en los componentes del puente Democracia

- 1) Magnitud sísmica horizontal estimada a partir del estado de daños causados en el bloque protector contra caída del puente

Comprobamos que la base del bloque protector contra caída del puente instalado en las pilas ha cedido a causa del sismo. Tal como se muestra en la Fig.3-8-2, suponemos que esto ocurrió al actuar sobre la base del bloque una fuerza superior a la resistencia a la flexión y a la resistencia a la cizalla, a causa del choque de la viga de la superestructura contra el bloque en el momento del sismo.

Por consiguiente, teniéndolo en cuenta calculamos hemos calculado la fuerza de inercia en el momento del sismo, tal como indicado en la tabla 3-8-4.

Tabla 3-8-4 Cálculo estimado de aceleraciones a partir de la composición seccional del bloque protector contra caída del puente

	Pila P1	Pila P2	Observaciones
Aceleración calculada de la resistencia a la flexión M	443gal	Id.	Calculado a partir de la diferencia (relación) entre la intensidad de esfuerzo efectiva y la resistencia a la flexibilidad en el diseño inicial.
Aceleración calculada de la resistencia a la cizalla S	398gal		
Aceleración sísmica estimada	Más de 398gal		

Nota: $A_s = D25 - 89$ unidades (@125,3 estratos)
 $B = 2000$ mm

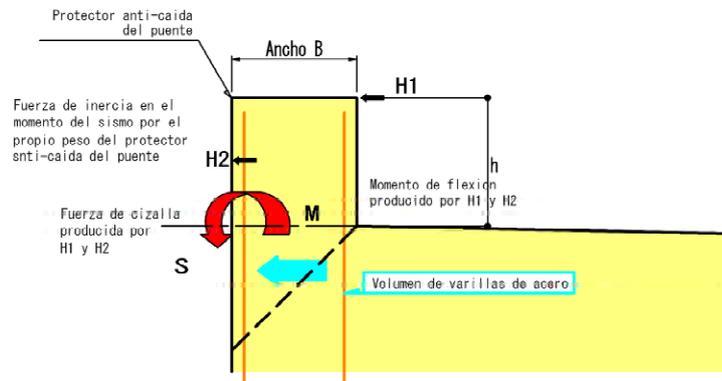
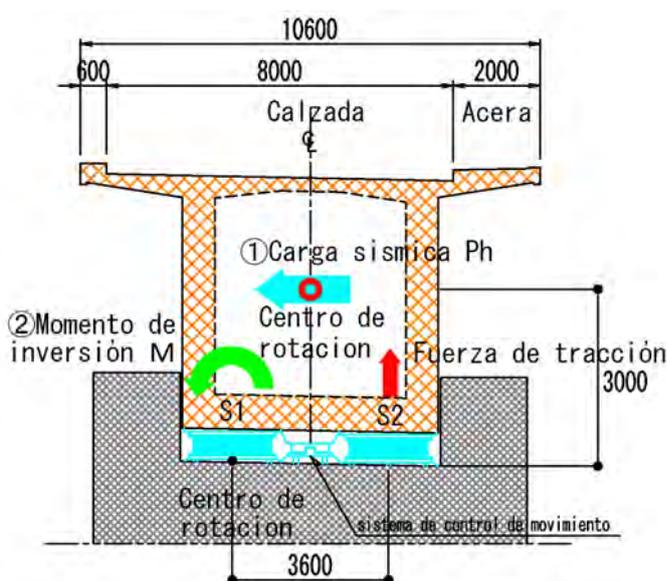


Fig.3-8-2 Fuerza de acción sobre el bloque protector contra caída del puente

De los resultados de arriba, se estima que fueron más de 398 gal la aceleración sísmica juzgando del estado de daños en el bloque protector contra caída del puente.

- 2) Magnitud sísmica horizontal de diseño estimada a partir de la rotura del perno de fijación de la zapara soporte de pilas



【Explicación】

- ① Por el sismo ocurrido, acciona la fuerza de inercia sísmica P_h sobre el centro de gravedad de la superestructura.
- ② La fuerza de inercia de la superestructura produce el momento rotatorio M en torno de la zapata soporte S_1 .
- ③ El momento rotatorio en torno de la zapata soporte S_1 produce una fuerza de extracción P en la zapata soporte S_2 .
- ④ Por esta fuerza de extracción fueron arrancados los pernos de fijación de la zapata soporte S_2 .

Fig.3-8-3 Fuerza de acción sobre la zapata soporte de las pilas en el momento del sismo

Los pernos de fijación de parte baja de la zapata inferior del lado de S2 están arrancados totalmente, mientras que los pernos de fijación de la zapata inferior del lado S1 no están arrancados. De esta situación, deducimos que se produjo un momento de torsión teniendo su punto de apoyo en la zapata soporte del lado S1 y accionó una fuerza de extracción sobre la zapata soporte del lado S2.



Foto 3-5-3 Estado de daños de pernos de fijación (La marca redonda representa la parte atornillada en la placa de base.)

Si ha ocurrido tal fenómeno en las pilas, es porque se habrá producido un momento para invertir la viga al accionar la carga sísmica en dirección perpendicular al eje del puente.

Respecto a los pernos de fijación de la zapata inferior de la zapata soporte del lado S2, considerando que en los pernos está pegado el material de acero de la tuerca hembra, habrá ocurrido una fractura por cizalla en la rosca de tuercas y se habrá producido una fuerza de tracción superior a la fractura por cizalla. Tabla 3-8-5 presenta los resultados del cálculo.

Tabla 3-8-5 Fuerza de inercia sísmica estimada a partir de daños producidos en los pernos de fijación

	Valor calculado	Observaciones
Fuerza de tracción P, accionada sobre la zapata soporte S2	6,619 kN	A partir de la resistencia a la cizalla por rosca de un perno de fijación (275.8kN) calcular la fuerza de tracción que accionó sobre la totalidad de la zapata soporte S2 (con 24 pernos de fijación).
Momento de inversión M en torno a la zapata soporte S1	23,828kN·m	Calcular multiplicando la fuerza de tracción por la distancia entre las zapatas soporte S1 y S2. $6,619\text{kN} \times 3.6\text{m}$
Fuerza horizontal Ph que acciona sobre la superestructura	7,943kN	Calcular dividiendo el momento de torsión en torno a la zapata soporte S1 por la altura hasta el centro de gravedad de la superestructura. $23,828\text{KNm} \div 3.0\text{m}$
Fuerza reactiva de la carga muerta de la superestructura	39,416kN	Fuerza reactiva de la carga muerta por zapata soporte $(19,708\text{kN}) \times 2$
Magnitud sísmica horizontal estimada	0.202 (202gal)	Calcular dividiendo la fuerza horizontal que acciona sobre la superestructura por la fuerza reactiva de la carga muerta de la superestructura. $7,943\text{KN} \div 39,416\text{kN}$

De los cálculos de arriba, según la rotura de los pernos se estima que la aceleración sísmica fue más de 200gal.

3) Magnitud sísmica horizontal estimada según el estado de daños en el cuerpo de la infraestructura

Observamos grandes daños producidos por el sismo en los parapetos de estribos y bloques protectores contra caída del puente y mecanismos de control de movimiento instalados en las pilas, pero no se ha producido el hundimiento ni inclinación del cuerpo de pilas, por lo que juzgamos que no tiene daños fatales el cuerpo principal de pilas.

Por esta razón, considerando que fue un sismo cuya magnitud no hizo ceder el perfil de la

columna de pilas, hicimos el cálculo en sentido inverso a partir del momento de resistencia de la base de la columna de pilas y obtuvimos las aceleraciones sísmicas indicadas en la tabla 3-8-6.

Como consecuencia, estimamos que fue menos de 507gal la aceleración sísmica.

Tabla 3-8-6 Estimación de aceleraciones a partir de la composición seccional de la base de la columna de las pilas

	Pila P1	Pila P2	Observaciones
Estimación a partir de la resistencia a la flexión de varillas de acero	557gal	Id.	Estimado a partir de la diferencia (relación) entre la intensidad de esfuerzo efectiva y la resistencia a la flexibilidad en el diseño inicial.
Estimación a partir de la resistencia a la compresión de hormigón	507gal		
Aceleración sísmica estimada	Menos de 507gal		

(4) Resumen de los resultados estimados

Los resultados estimados del espectro de respuesta de aceleraciones en el sismo, arriba mencionados, están ordenados en la tabla 3-8-7.

Tabla 3-8-7 Resultados del cálculo estimado de espectro de respuesta de aceleraciones

	Método de estimación	Resultados estimados	Observaciones
Valores publicados o calculados	① Publicación por US. Geological Survey	44~94gal	
	② Estimación según una fórmula de atenuación por distancia del epicentro (Especificaciones para los puentes sobre carreteras)	39~83gal	
Valores estimados a partir del nivel de daños	③ Estimación según la escala sísmica de la Agencia Meteorológica de Japón	150~270gal	Equivalente a poco más de la intensidad 5 según la escala sísmica japonesa
	④ Estimación a partir de daños en la pared protectora de caída del puente	Más de 398gal	Determinar según la resistencia a la cizalla
	⑤ Estimación a partir de la rotura de los pernos de fijación de las zapatas soporte de pilas	Más de 200gal	Determinar según la fuerza de cizalla en la rosca de los pernos de fijación
	⑥ Estimación a partir del nivel saludable de las pilas	Menos de 507gal	Determinar según la resistencia a compresión de hormigón

Como consecuencia, se ha revelado que existen diferencias entre los valores publicados, los calculados o los estimados a partir del nivel de daños.

En ① y②, la aceleración es de 39gal~94gal que está por debajo del espectro de respuesta de aceleración 115 gal, considerada en el momento de diseño del nuevo puente Democracia.

Por otra parte, según los valores estimados a partir del nivel de daños, se supone que accionó una aceleración de 150gal~507gal. Un espectro de respuesta de aceleración de 507gal, en comparación con el espectro de respuesta de aceleración sísmico en Japón, representa una 1/2 del espectro de respuesta de aceleración del terremoto ocurrido en el sur del Departamento de Hyogo, supuestamente equivale a un terremoto de mediana magnitud.

3-8-2 Establecimiento de magnitud sísmica horizontal en el momento del diseño básico

En el momento del diseño básico, fue comprobado que no existían normas de diseño antisísmico en Honduras y se estableció una magnitud sísmica horizontal de diseño tomando como referencia Las normas de diseño antisísmico de Nicaragua, país vecino con frecuentes sismos.

En Nicaragua, se establece una magnitud sísmica de diseño para considerar una carga sísmica obtenida de la escala sísmica en el momento del diseño de estructura. La magnitud sísmica horizontal de diseño se determina según los 4 ítems siguientes:

① Áreas clasificadas de 1 a 6

Según presenta la Fig.3-8-4: Clasificación de las áreas para la magnitud sísmica de diseño en Nicaragua

② Tipo de estructuras

Las normas son para estructuras y tienen una división de tipo 1 a tipo 7. Los puentes corresponden al tipo 3.

③ Nivel de ejecución

Las estructuras ejecutadas en forma confiable bajo una supervisión suficiente son clasificadas como "Nivel A", seguido por "B" y "C", en total 3 niveles.

④ Importancia de estructuras

Las estructuras de alta importancia como los hospitales e instituciones públicas son clasificadas en "grupo 1", en 3 grupos hasta "grupo 3".

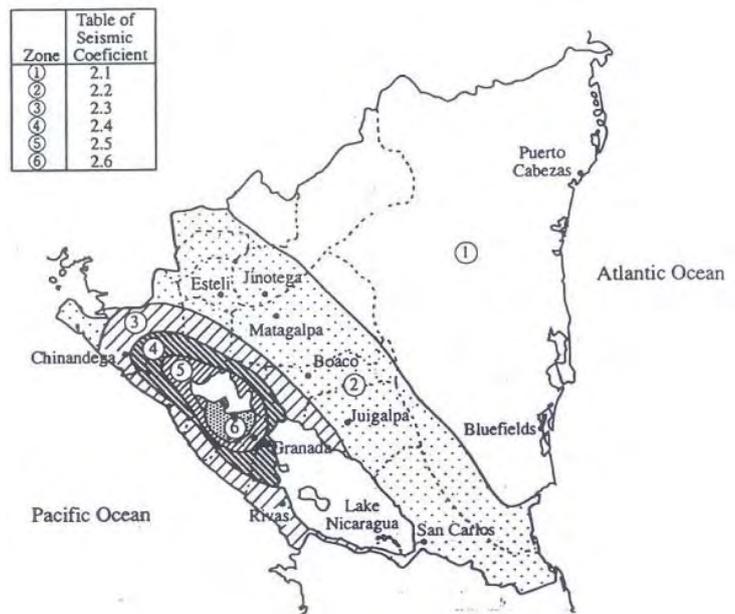


Fig.3-8-4 Clasificación de las áreas para la magnitud sísmica de diseño en Nicaragua

En el diseño básico del nuevo puente Democracia, al igual que el del nuevo puente Choluteca, realizada una estimación prolongando al norte el límite de la división de áreas en Nicaragua, fueron adoptados la magnitud sísmica de diseño para "el área 2", "tipo 3" para la estructura, "A" para el nivel de ejecución, "grupo 1" para la importancia de la estructura y una magnitud sísmica horizontal de diseño de $kh = 0.115$. En la cláusula 3-8-1, la aceleración es de $39gal \sim 94gal$ según los valores publicados o calculados y está por debajo del espectro de respuesta de aceleración de $115gal$, considerada en el momento del diseño del nuevo puente Democracia.

Tabla 3-8-8 Reglamento de la magnitud sísmica para "al área 2"

Tipo	Nivel	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
1	A	0.064	0.050	0.042
	B	0.077	0.066	0.050
	C	0.090	0.070	0.059
2	A	0.092	0.072	0.061
	B	0.108	0.084	0.071
	C	0.123	0.096	0.081
3	A	0.115	0.090	0.076
	B	0.135	0.105	0.088
	C	0.154	0.120	0.101
4	A	0.134	0.105	0.088
	B	0.157	0.122	0.103
	C	0.179	0.140	0.117
5	A	0.154	0.120	0.101
	B	0.180	0.140	0.118
	C	0.205	0.150	0.134
6	A	0.185	0.144	0.121
	B	0.216	0.169	0.141
	C	0.246	0.185	0.161
7	C	0.180	0.140	0.118

3-8-3 Condiciones especiales en la ubicación del nuevo puente Democracia

En el momento del presente estudio, ya se habían recubierto las grietas y no fue posible identificar su ubicación exacta. Pero pudimos recolectar información local sobre "grietas perpendiculares al puente Democracia" y "grietas a lo largo del dique del río". La distribución de principales grietas producidas por este sismo se presenta en la Fig.3-8-5 "Distribución de grietas alrededor del puente Democracia". Como consecuencia, sobre la continuidad de grietas inmediatamente después del sismo, se puede suponer lo siguiente:

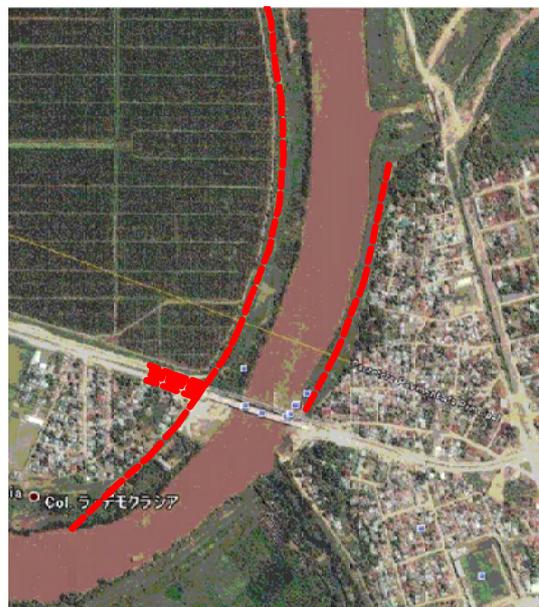


Fig.3-8-5 Distribución aproximada de grietas cercas al puente democracia

- Existen fallas en el subsuelo (a profundidad) de estas grietas expuestas en la superficie de la tierra.
- El temblor sísmico provocó grietas sólo en la parte frágil de la capa superficial del suelo.
- El temblor y esfuerzo sísmico produjo nuevas fallas (grietas continuadas).
- Se produjeron grietas como fallas derivadas de otras fallas cercanas.

Como consecuencia, se ha determinado que existen fallas.

Cuando se hizo el presente estudio, ya se habían rellenado las grietas y no fue posible identificar directamente su ubicación exacta.

Según el método analítico CMT (*) de la Agencia Meteorológica de Japón, el mecanismo de producción de este sismo, tal como se presenta en la Fig. 3-8-6, es un tipo desplazamiento horizontal de fallas con el eje de fuerza de tensión en dirección oesnoroeste - estesudeste y tiene epicentro en el límite entre la placa de América del Norte y la placa de Caribe (Falla Motagua Plochic). El puente democracia está en la zona de fosa de Honduras ubicada sobre la placa de Caribe, por tanto puede haber recibido también un esfuerzo dirigido a la dirección estesudeste, al igual que la placa de Caribe.

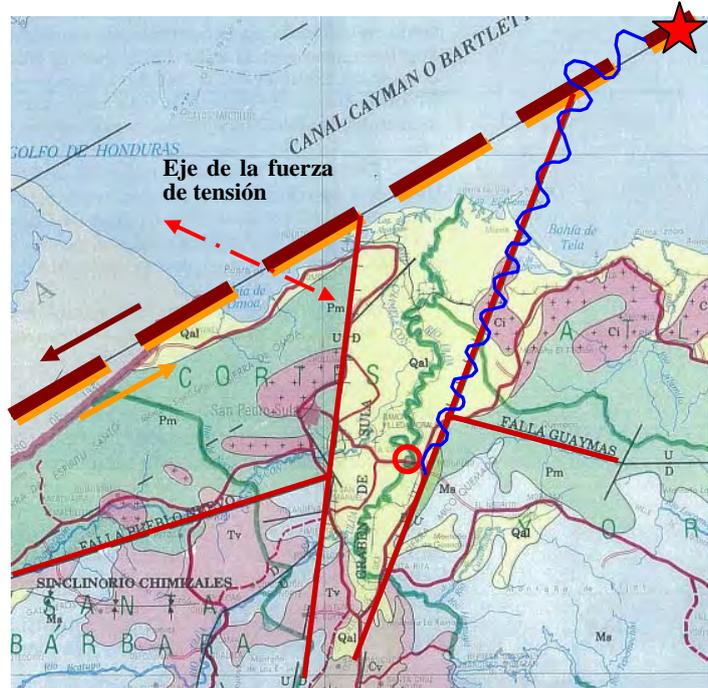


Fig. 3-8-6 Mecanismo del sismo

De lo anterior, se supone que los daños en el puente Democracia fueron causados por una gran influencia de estratos blandos y fallas del área norte de la zona de fosa de Honduras, conectada con el límite de las placas del epicentro (Falla Motagua Plochic).

Nota*: CMT es la sigla del método *Centroid Moment Tensor* y es un método de análisis para obtener simultáneamente la ubicación del sismo (centroide), magnitud (momento de magnitud) y mecanismo del sismo, que expliquen de mejor manera las formas de honda sísmica observadas.

Conforme a los resultados del estudio arriba mencionados y la cláusula 3-6: Condiciones topográficas y geológicas, se considera que la influencia del suelo especial fue el importante factor de grandes temblores sísmicos producidos en el área del nuevo puente Democracia.

En las normas de diseño antisísmico en Japón, para establecer una magnitud sísmica horizontal de diseño para una estructura objeto, está determinado establecer una magnitud sísmica horizontal de diseño considerando los siguientes factores sobre un valor estándar de magnitud sísmica de diseño.

- ① Coeficiente de corrección por área
- ② Condiciones del suelo (según el tipo de suelo)
- ③ Características de vibraciones (propio periodo natural)
- ④ Importancia de estructura

El Coeficiente de corrección por área, respecto a los resultados de investigaciones sobre el nivel de peligrosidad sísmica publicados hasta la fecha, determina características por área del nivel de peligrosidad sísmica que tengan utilidad tecnológica, mediante análisis desde el punto de vista de ; ① la precisión de los factores sísmicos como la magnitud y la ubicación de epicentro que constan en

documentos, ② la homogeneidad de información obtenida de cada región, ③ la cantidad de documentos (años de las estadísticas tomadas), ④ la justificación de fórmulas para calcular el máximo movimiento sísmico a partir de la magnitud y la distancia epicentral, ⑤ la justificación del método para pronosticar el máximo movimiento sísmico para un periodo de reproducción dado a partir de la distribución de los valores del máximo movimiento sísmico obtenidos, y ⑥ la justificación de la forma de expresión de los resultados. Estas investigaciones se basan en innumerables registros y documentos que contienen terremotos ocurridos en mil y varios cientos de años en el pasado.

Honduras cuenta con pocos registros de sismos en el pasado y pocos resultados de investigaciones sísmicas, por tanto, no está en condición de considerar una corrección por área como lo que se hace en Japón.

Por otra parte, en cuanto a las condiciones del suelo, en el momento del diseño inicial no fue posible tenerlas en cuenta por la escasez de información, pero al recolectar nuevos documentos en el presente estudio, se ha determinado la peculiaridad del suelo de esta área.

En caso de realizar un diseño de puente en esta área en el futuro, habrá que considerar una corrección del suelo.

3-9 Justificación del diseño y la ejecución

3-9-1 Justificación del diseño antisísmico en el diseño básico

En el pasado el viejo puente Democracia fue dañado por un sismo ocurrido en el país vecino y el gobierno de Honduras hizo una reparación adicional del soporte de hormigón de los estribos, pero no fue basado en un diseño antisísmico.

En el momento del diseño del nuevo puente Democracia, debido a la falta de normas de diseño antisísmico en Honduras, se hizo el diseño aplicando las normas de Nicaragua, que adopta el de diseño antisísmico.

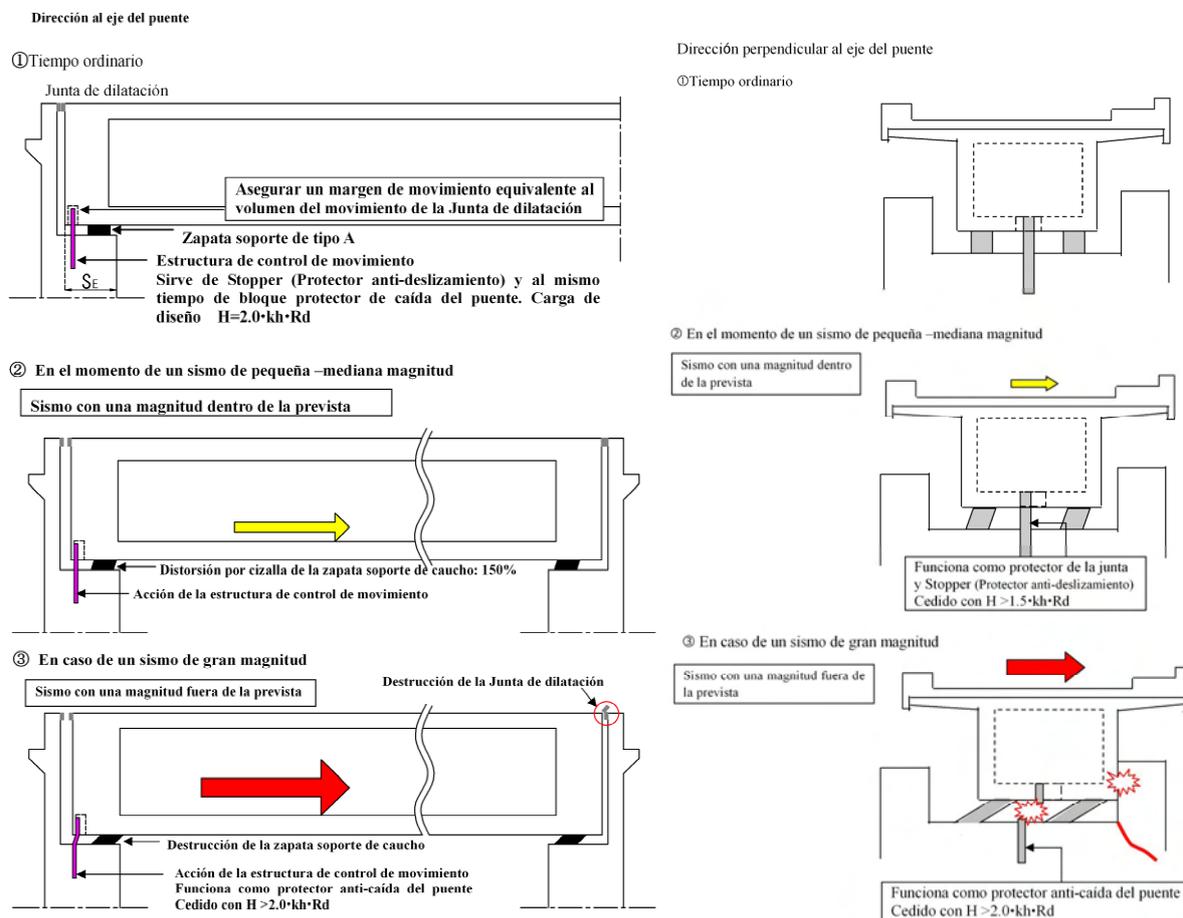
Para establecer una magnitud sísmica horizontal de diseño, dentro de la información obtenida en aquel entonces fueron seleccionados entre los ítems de ① a ④, descritos en la cláusula 3-8-1, "área 2", "nivel A", "tipo 3" y "grupo 1" y fue establecida una magnitud sísmica horizontal de diseño.

En el momento del diseño básico, había idea de aplicar especificaciones de la restauración posterior al terremoto ocurrido en el sur del Departamento de Hyogo, pero aprovechando la experiencia de haber mitigado daños de la caída de puentes con un diseño conforme al libro V, Diseño antisísmico (versión 1990), de Especificaciones para puentes sobre charreteras, se hizo un diseño antisísmico.

Siguiendo estas normas de diseño antisísmico, se aseguró un suficiente ancho del asiento de la zapata SE, se planearon y diseñaron un Mecanismo de control de movimiento y un bloque protector de caída del puente. La idea del diseño antisísmico se resumen en la página siguiente.

A causa de este sismo se cayó el viejo puente Democracia colindante, pero el nuevo puente Democracia se ha librado de daños críticos en los principales componentes y la caída del puente. Ante tal situación, podemos evaluar que el sistema de diseño antisísmico adoptado en Japón funcionó efectivamente.

De lo anterior juzgamos que fue apropiado el diseño antisísmico en el diseño básico.



Nota: Como que el puente Democracia tiene gran carga muerta en la superestructura y las zapatas soporte fueron determinadas según la carga vertical, resulta tener bastante margen contra movimientos horizontales, lo que protege el puente de la destrucción en caso de grandes sismos.

- ① En el tiempo ordinario, la carga horizontal no acciona sobre el mecanismo de control de movimiento, las zapatas soporte y el bloque protector contra caída del puente.
La carga de diseño del mecanismo de control de movimiento es de $H=1.5 \cdot kh \cdot Rd$, garantizando una superficie seccional necesaria para la fuerza de inercia de la carga muerta de la superestructura correspondiente a la magnitud sísmica horizontal de diseño.
Está asegurado un ancho de la zapata suficiente para prevenir la caída del puente: Aseguramiento de SE
Estableciendo una carga de diseño de $H=2.0 \cdot kh \cdot Rd$ del mecanismo de control de movimiento en dirección al eje del puente, se da una resistencia necesaria en dirección al eje del puente como bloque protector contra caída del puente.
- ② En caso de ocurrir un sismo dentro de lo previsto (inferior a la magnitud sísmica horizontal de diseño), funciona el mecanismo de control de movimiento y protege la junta de extensión y las zapatas soporte de caucho.
- ③ En caso de ocurrir un sismo fuera de lo previsto (menos de 1.5 veces de la magnitud sísmica horizontal de diseño), funciona el mecanismo de control de movimiento y protege la junta de extensión y las zapatas soporte de caucho.
- ④ En caso de ocurrir un sismo fuera de lo previsto sobrepasando 1.5 veces de la magnitud sísmica horizontal de diseño, el mecanismo de control de movimiento cede y queda deformado considerablemente, por tanto se estropea la junta de extensión.
Con el bloque protector contra caída del puente y el aseguramiento de un suficiente ancho del asiento de la zapata, se prevendrá la caída de la viga del puente.

3-9-2 Relevancia de la ejecución

Respecto al hormigón y las varillas de acero dañados, se hizo esmeradamente una administración de la ejecución con los siguientes detalles y una supervisión por el consultor, conforme a las normas de la gestión de obras establecidas por el Ministerio de Territorio, Infraestructura y Transporte del Japón.

- 1) Hormigón : Con el fin de lograr una resistencia establecida, el consultor estuvo presente en los puntos importantes como la planta, llegada al sitio de la obra, instalación, compactación y curado para supervisar la calidad.
- 2) Varillas de acero : Fueron traídas de Japón las varillas de acero con la calidad comprobada y se hizo una supervisión que consistió en confirmar la hoja historial de laminación, cotejarlo con el plano de diseño y pasar al siguiente proceso.
- 3) Plan de ejecución : En el sitio de la obra se comprobó que era correcto el procedimiento de la ejecución siguiendo el plan de ejecución, teniendo cuidado con posibles descuidos y métodos equivocados.

De lo antes mencionado, juzgamos que no hay defecto en la ejecución por el contratista.

3-10 Estudio de condiciones de adquisición

(1) Principales equipos y materiales

Se hizo estudio de condiciones de la adquisición de equipos y materiales en Honduras. A continuación se presentan el precio unitario de principales materiales, costo de alquiler de equipos, consultores y contratistas locales.

Tabla 3-10-1 Precio unitario de principales materiales en el mercado local

Ítem	Especificaciones	Unidad	Precio unitario (Lempira)
Cemento	Cemento Portland	ton	2,718.00
Varilla de acero	3/8 pulgadas L=9m	ton	15,352.00
	1/2 pulgadas L=9m	ton	14,872.00
Hormigón premezclado	24 kg/mm ²	m3	2,100.00
	30kg/mm ²	m3	2,250.00
	35 kg/mm ²	m3	2,450.00

1US\$=19.00 Lempiras

Tabla 3-10-2 Costo de alquiler de equipos

Ítem	Especificaciones	Unidad	Precio unitario (dólar)
Compresor	185DPQ	día	89.25
Tractor	D6G	día	723.00
Nivelador	135H	día	543.03
Rollo vibrador	CS - 533E	día	519.10
Generador	GEP50SP	día	85.00
Bomba sumergible	PTS4V	día	69.30

El hormigón premezclado, ya que es poca la cantidad total de hormigón a utilizar en la supuesta obra de reparación, se comprará de una planta de la ciudad de san Pedro Sula.

(2) Consultores y contratistas locales

Obtenida de SOPTRAVI la información de consultores y contratistas locales, se hizo una encuesta sobre esta obra de reparación.

(3) Consultores locales

Fueron identificados 6 consultores capaces de hacer diseño de puentes en Honduras. Como consecuencia de la encuesta, no tienen experiencia en el diseño antisísmico en el país ni en el diseño de refuerzo o reparación como consecuencia de daños sísmicos.

(4) Contratistas locales

Las dos empresas ETERNA y CONTEC, aunque no tiene experiencia en la reparación de puentes dañados por sismos, mantienen una cooperación técnica con empresas constructoras norteamericanas, por tanto han afirmado que no es imposible la ejecución siempre y cuando reciban el envío de técnicos, documento de diseño detallado y especificaciones precisas.

3-11 Estudio sobre el sistema de operación, mantenimiento y administración

La Fig. 3-11-1 presenta el organigrama de SOPTRAVI.

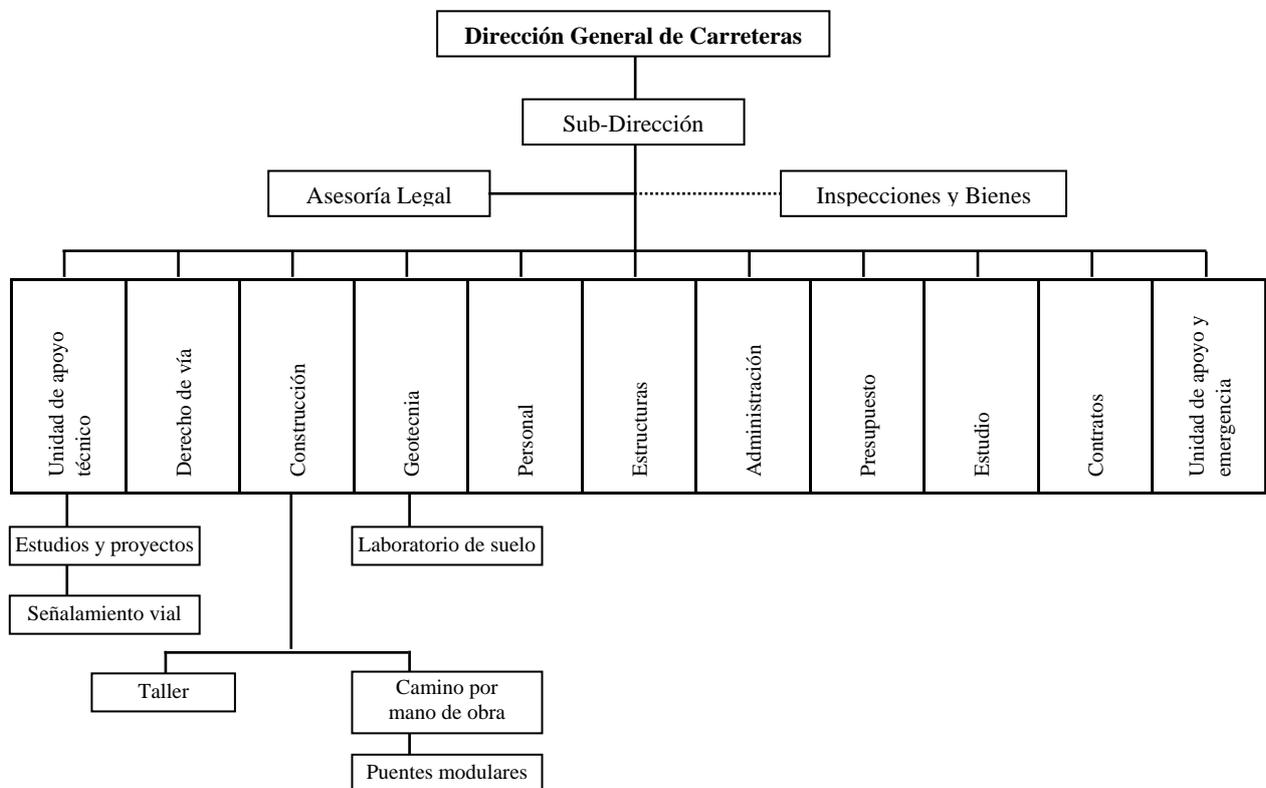


Fig. 3-11-1 Organigrama de la Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda

SOPTRAVI cuenta actualmente con unos 600 funcionarios, de los cuales los que tienen el título de "ingeniero" son 15 y el especializado en puente es uno. A diferencia de los resultados del estudio en el momento del diseño básico, el número de funcionarios ha bajado a menos de 1/3.

Según el organigrama mostrado en la tabla 3-11-1, SOPTRAVI no tiene departamento de mantenimiento y administración de carreteras y puentes y tampoco dispone de un registro periódico del estado de la infraestructura de transporte. En el pasado fue introducido un sistema de mantenimiento y administración por una cooperación técnica de un tercer país, pero por el problema de recursos humanos y presupuesto, actualmente no está funcionando.

En las deliberaciones con técnicos de SOPTRAVI, pidieron que la parte japonesa presente una propuesta sobre el establecimiento de un sistema de inspección de puentes.

Para las reparaciones sencillas como los baches sobre las carreteras troncales, cuando se reúna una cantidad considerable de obras, SOPTRAVI hace encargo de las obras y contratistas nacionales las ejecutan.

El presupuesto nacional de Honduras para 2009 se presenta en la tabla 3-11-1.

Tabla 3-11-1 Presupuesto nacional (2009)

Institución pública	Aprobado		Ejecutado	
	Lempira		Lempira	
Presupuesto general del Estado	Lempira	64,029,546,141.00		
SOPTRAVI	Lempira	4,041,349,367.90	Lempira	3,184,325,839.33
Proyectos de construcción	Lempira	306,183,441.50	Lempira	381,465,142.70
Rehabilitación, construcción y puentes	Lempira	980,149,206.10	Lempira	505,202,660.97
Estudios	Lempira	85,024,842.63	Lempira	72,401,420.72

*1: 1 Lempira = 4.5 yenes aprox. (marzo de 2010)

*2: SOPTRAVI representa el 6% aprox. del presupuesto general del Estado de Honduras.

*3: Unos 15% del presupuesto de SOPTRAVI para 2009 está destinado a la rehabilitación, construcción y puentes. Pero, la asignación como partida de mantenimiento y administración no se puede determinar en este documento.

3-12 Sistema relacionado con el aspecto social y medioambiental

Honduras cuenta con la Ley General de Medio Ambiente. Los trámites según dicha ley se están simplificando y sobre todo, está impulsando la cesión de facultades a instituciones de administración regional.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) está dividida en 4 categorías, tal como se resumen a continuación.

Categoría 1: Son proyectos cuyos impactos medioambientales son mínimos y normalmente pueden ejecutarse sin tomar medidas medioambientales particulares. Corresponden a programas de desarrollo rural del Estado y proyectos para mejorar el nivel socioeconómico regional. Básicamente están considerados dentro del reglamento general existente y tienen que cumplir las reglas municipales y reglamentos de las autoridades competentes en el sector

correspondiente. Con el fin de cumplir las leyes y reglamentos medioambientales, dichos proyectos tienen que informar sus actividades para ser inscritos en el registro medioambiental.

Categoría 2: Son proyectos cuyos impactos medioambientales son previsibles, pero de nivel mediano, o son proyectos acompañados de algunos impactos mayores, y para las determinadas áreas pueden ser aliviados o compensados los impactos mediante medios escandalizados, de acuerdo con las características de proyecto.

Para estos proyectos, ante la solicitud de la autorización, se requiere presentar un documento sobre impactos medioambientales. Para obtener permiso para iniciar un proyecto, puede que al ejecutor del proyecto se le exija realizar la evaluación posterior de los impactos de dicho proyecto. Para lograr la autorización de la ejecución de un proyecto, conforme a los criterios de las autoridades competentes, se necesita tomar medidas de mitigación de impactos medioambientales.

Categoría 3: Son proyectos cuyos impactos medioambientales son los mayores y objeto de la Evaluación de Impacto Ambiental.

De acuerdo con los métodos vigentes, surgen las dos siguientes categorías:

Subcategoría 3-I: No requiere estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

Subcategoría 3-II: Tiene que presentar un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

Categoría 4: Son proyectos que no se pueden desarrollar en Honduras y básicamente tienen que corresponder a políticas de desarrollo del Estado, orden jurídica y planes territoriales existentes.

Capítulo 4 Plan de reparación y refuerzo

4-1 Posición del Puente La Democracia

La ruta CA-13 de Honduras es la vía troncal que une la ciudad de San Pedro Sula, segunda del país, con la ciudad de El Progreso, la más importante de la zona norte. Al haberse diseñado desde el principio el antiguo Puente La Democracia, sobre esta vía troncal, como el único tramo con circulación restringida a dos carriles, y tener que absorber un volumen de tráfico superior a su capacidad, pronto empezó a preocupar la resultante inevitable y endémica situación de cuello de botella, razón por la cual, al emprenderse un acondicionamiento general de la vía troncal, se aprovechó para construir también el nuevo Puente la Democracia, con lo que se implementaron cuatro carriles.

Como resultado de nuestro estudio de volúmenes de tráfico (véase 3-7), se confirma que el volumen de tráfico en la ruta CA-13 supera en 6,000 vehículos/día la estimación que el diseño básico inicial preveía para el año 2000. La cifra de un tráfico promedio diario de 18,000 vehículos, obtenida extrapolando el resultado de nuestras mediciones, prácticamente dobla el volumen de 9,600 vehículos/día (12,000 vehículos/día x 0.8) permitido por los estándares de diseño para 2 carriles, dato que, además de confirmar la justificación de la ampliación de 2 a 4 carriles, pone de relieve en forma dramática la enorme importancia de este puente.

Se comprueba que, como resultado de la caída del antiguo Puente La Democracia, consecuencia del sismo, en horas punta se forman retenciones en una extensión que abarca unos 500 metros a cada lado del puente, y que superar dicho tramo puede implicar más de 30 minutos. Además, como consecuencia de la caída del Puente Humuya en junio 2009, vehículos procedentes de las poblaciones costeñas del Caribe, a fin de evitar un desvío que les haría pasar por la endeble estructura de un puente provisional, prefieren circular por la ruta CA-13.

Por toda la situación descrita, no es difícil comprender la magnitud de la pérdida económica y social que actualmente se sufre, y la importancia vital del Puente La Democracia, lo que provoca un profundo anhelo de que el puente sea reparado con toda urgencia.

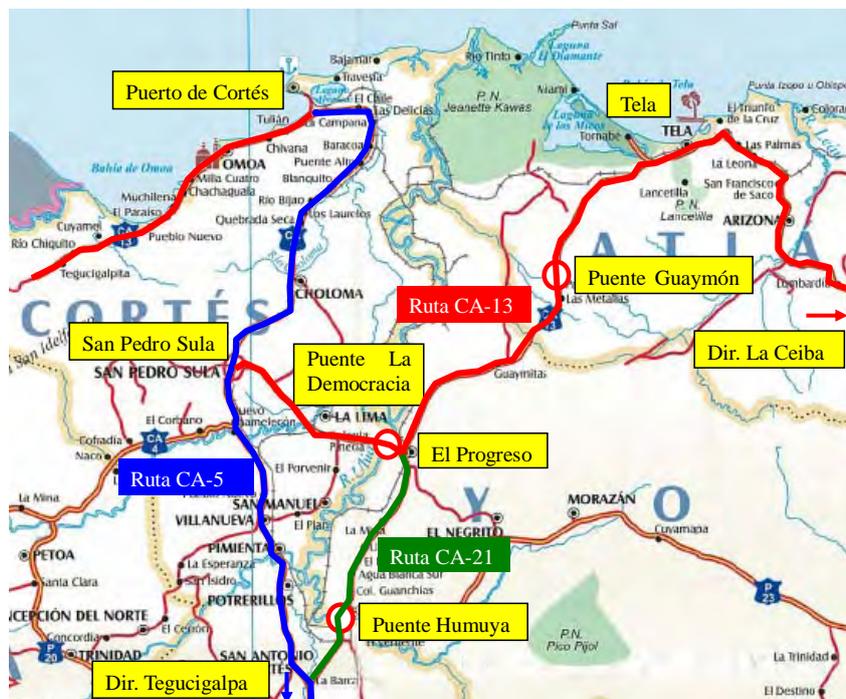


Fig. 4-1-1 Poblaciones al norte del nuevo puente la Democracia

4-2 Consecuencias previsibles de la no reparación

Como resultado de nuestro estudio sobre el terreno, puede resumirse la importancia del nuevo Puente La Democracia en la ruta CA-13 de la siguiente forma:

- ① Es la ruta de transporte que, procedente de las poblaciones costeras del Caribe, las conecta con el principal puerto marítimo de Honduras en Cortés y con el principal núcleo comercial de Honduras en San Pedro Sula y toda la zona norte del país.
- ② Normalmente, para el transporte entre las poblaciones costeras del Caribe y la capital Tegucigalpa, se utilizan las rutas CA-13 y CA-21. Sin embargo, al haberse caído el Puente Humuya sobre la ruta CA-21 en junio 2009, aunque se improvisó una ruta alternativa provisional, ésta no es una solución satisfactoria especialmente para el caso de vehículos pesados, y es preferible desviar el tráfico por la ruta CA-13, con lo que la importancia de esta ruta no hace más que aumentar.

Además, al haberse hundido por el desastre el antiguo Puente La Democracia, todo el tráfico se concentra en el nuevo Puente La Democracia, con lo que se contabiliza un volumen de tránsito en 12 horas (desde las 6:00 a las 18:00 h. en días entresemana) de 12,000 vehículos, cifra que sobrepasa claramente las capacidades de una vía de dos carriles.

Por ello, en la hora punta vespertina se pueden comprobar retenciones a lo largo de todo el tramo de 500 metros a cada lado del puente, y a través de entrevistas practicadas en nuestro estudio se ha constatado que, cuando la retención es mayor, atravesar esa distancia puede llegar a precisar más de 30 minutos.

Por otra parte, según el diagnóstico de nuestro estudio, tal como figura en apartado 3-3, entre los daños sufridos por el nuevo Puente La Democracia, hay varios calificados como generadores de situación de “Peligro” (véase ítem “e”).

El contenido principal de los daños se resume en los 5 ítems siguientes:

- ① Roturas/aberturas en juntas de dilatación
- ② Grietas en base de parapeto de estribos
- ③ Grietas en base de bloque de protector equipado en pilas contra caída del puente
- ④ Aflojamiento/pérdida de tornillos de sujeción de zapata soporte de pilares
- ⑤ Rotura de Mecanismo de control de movimiento

De entre los daños aquí listados, la situación actual de los comprendidos en ① y ② es que cada vez que un vehículo pasa por encima de una junta conectada a una de las estructuras dañadas transmite una fuerte sacudida, y ello hace que el daño de la junta de dilatación sea cada vez mayor. Si el daño no se repara, es de temer que las sacudidas transmitidas por los vehículos circulantes terminen destruyendo el parapeto de estribo o incluso lleguen a provocar derrumbe de viga principal. En cuanto a daños comprendidos en ③, ④ y ⑤, hacen temer que, de producirse un sismo de proporciones parecidas al último conocido, el puente se venga abajo.

Por todo lo expresado hasta aquí, puede deducirse que las consecuencias de no acometer la reparación y refuerzo del nuevo Puente La Democracia, aunque durante algún tiempo el puente pueda soportar un cierto nivel de tránsito, irremediablemente se iría acelerando su deterioro y su destrucción, además de que con cada día que pasa aumenta el coste de reparación y refuerzo, y se acorta la vida útil de esta infraestructura. Sin puente en servicio, automáticamente se priva a las poblaciones costeras del Caribe de su ruta de transporte de mercancías, y se causa un grave perjuicio a su actividad económica y su desarrollo social.

4-3 Plan de reparación/refuerzo – Plan básico

4-3-1 Plan de reparación/refuerzo

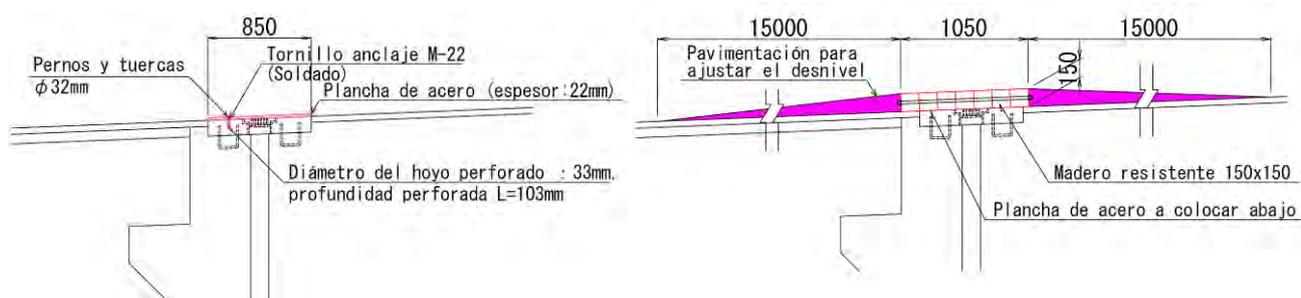
Para la parte de los daños que se han podido analizar en nuestro estudio, son deseables actuaciones de reparación y refuerzo. Hay métodos de reparación/refuerzo no utilizados anteriormente en Honduras, por lo que este plan incluye capítulos cuya ejecución conlleva dificultad. Por ello, en Tabla 4-3-1 se distinguen actuaciones ejecutables por hondureños en Honduras y actuaciones que precisarán intervención adicional del tercer país.

4-3-2 Actuaciones realizables con técnicas disponibles en Honduras

Entre las diversas obras de reparación y refuerzo listadas en Tabla 4-3-1, es preciso prestar atención a los siguientes puntos sobre actuaciones realizables dentro de las capacidades técnicas disponibles en Honduras.

Medida de urgencia para juntas de dilatación

Como resultado de comprobación de medida implementada después del sismo en Honduras, vemos que con la colocación de planchas de acero realizada inmediatamente después de ocurrir el sismo, se esperaba una amortiguación de las sacudidas que los vehículos transitantes transmiten a la estructura. Pero al haber sido robadas las planchas de acero, la situación es que cada vez que transita un vehículo pesado la sacudida que se produce es enorme, y una medida de urgencia es a todas luces necesaria. En concreto, se recomienda implementar en las juntas de dilatación cualquiera de las dos sugerencias expresadas en Fig. 4-3-1.



Propuesta de medida de urgencia con Plancha de acero

Propuesta de medida de urgencia con maderos cuadrados

Fig. 4-3-1 Medidas de urgencia para juntas de dilatación

Tabla 4-3-1 Actuaciones de reparación/refuerzo

Nuevo puente La Democracia			
Tipo de obra	Factible por parte de Honduras	Factible con intervención del tercer país	Idea general de la obra
1) Medida de urgencia para juntas de dilatación	<input type="radio"/>		1) Fijación de plancha de acero por anclaje en orificio (Véase Fig. 4-3-1) al estructura superior 2) Cubrir con maderos cuadrados y nivelar pendiente con recubrimiento de asfalto.
2) Restauración de hundimiento de piso de la carretera en tramo de acceso al puente	<input type="radio"/>		Recubrir la zona hundida con material de firme vial, nivelar superficie y asfaltar de nuevo.
3) Reparar baches en el pavimento del puente y restaurar deterioro de asfaltado	<input type="radio"/>		Reparaciones puntuales del pavimento.
4) Registro sistemático y sostenido de observaciones y mediciones en grietas causadas por sismo en hormigón y en juntas de dilatación	<input type="radio"/>		Confección y mantenimiento de libro mayor de incidencias en el que se registren fotos de daños localizados, junto con observaciones y mediciones, tomadas con frecuencia trimestral.
5) Obra de restauración de bloques protector contra caída del puente equipados en pilares Puntos de actuación: Pilares A1, A2, P1, P2		<input type="radio"/>	En bloques protector contra caída del puente equipados en bases y pilares, hay que exponer y extraer con cuidado los elementos de armazón principal dañados, sustituir y volver a encofrar con hormigón. Al practicar dicha operación, se precisa cuidado para no dañar otros elementos de armazón tanto de la estructura principal como del parapeto. A tal fin, y para exponer y extraer las varillas a reparar, se alternará, según los casos, y siempre con cautela, el chorro de agua a presión y la fuerza humana natural (Véase Figs. 4-3-2 y 4-3-3)
6) Restauración de parapetos de estribo y losas de transición (A1, A2)		<input type="radio"/>	Una vez establecida la estructura provisional de desvío a ruta alternativa, y tras extraer la mitad del parapeto de estribo y reconstruirlo, se reinstala el puente Bailey y se practica la misma operación en la otra mitad. Se rellena cada carril hasta el pavimento, y se reacondicionan losas de transición primero en un carril y después en el otro.
7) Restauración de juntas en juntas de dilatación		<input type="radio"/>	Una vez reparados el parapeto de estribo y el piso de los carriles, se restauran las juntas tal como estuvieron en la construcción original
8) Mecanismo de control de movimiento de estribos		<input type="radio"/>	Método de enlace con la viga (o bien, método de ménsula de acero): se sugiere un método alternativo, ya que reconstruir Mecanismo de control de movimiento en su forma original conlleva un altísimo coste de construcción (Véase Fig. 4-3-5).
9) Mecanismo de control de movimiento de pilares		<input type="radio"/>	Método de ménsula de acero: se sugiere este método alternativo, ya que reconstruir Mecanismo de control de movimiento en su forma original conlleva un altísimo coste de construcción. (Véase Fig. 4-3-6)
10) Soportes de caucho		<input type="radio"/>	La tornillería de fijación en pilares se aflojó y se soltó, y es preciso restablecer la fijación con soldadura de relleno de esquina (Véase Fig. 4-3-4)
Puente Ilima (Ver capítulo 6)			
11) Reparar baches en pavimento del puente y recuperar buen estado del asfaltado	<input type="radio"/>		Reparaciones puntuales del pavimento

Restauración de la parte hundida del firme del camino de acceso al puente

Como resultado de nuestro estudio sobre el terreno, se recomienda que, por razones de economía de costes, en vez de rellenar todo el volumen actualmente deficitario con compuesto asfáltico, primero se nivele el hueco con material de relleno para el firme, mucho más barato, y se cubra al final con una capa de asfalto.

Reparación de baches en el pavimento del puente y restauración de asfalto deteriorado

Para la reparación de baches en el pavimento y restauración de asfalto deteriorado, se recomienda marcar los lugares a reparar, incluyendo una parte del espacio circundante, y cubrirlo todo con compuesto asfáltico. Al practicar la reparación debe prestarse atención a la impermeabilización de la capa superior del pavimento.

Registro sistemático y sostenido de observaciones y mediciones de grietas causadas por sismo en hormigón y en juntas de dilatación.

Como información básica para las actuaciones de reparación y refuerzo que es preciso llevar a cabo, se recomienda actualizar con regularidad la información y registros relativos a grietas en hormigón y en juntas de dilatación.

Ahora bien, durante nuestra visita de estudio pudimos comprobar que SOPTRAVI había ya encargado a empresas locales algunas obras como medida de urgencia.

- ① Reemplazo de juntas de dilatación
- ② Rellenado de grietas y aberturas en estribos y pilares

Al haber podido comprobar en nuestra visita, al exponer y aislar los daños sufridos en parapetos de estribos, que las varillas de acero principales de la estructura habían cedido al impacto sísmico, llegamos a la conclusión de que había que reemplazar las juntas de dilatación después de hormigonar de nuevo el parapeto. Con la obra tal como está siendo ejecutada por SOPTRAVI, la superficie del parapeto aparece como restaurada, pero la reparación no es suficiente ni efectiva al cambiar las juntas de dilatación tras ese taponamiento de grietas. Y se necesita una nueva obra de construcción de las juntas de dilatación.

Además, la reparación por taponamiento de grietas en puntos de la estructura inferior puede conseguir algún efecto como medida de urgencia anti-humedad y anti-corrosión, pero el método de reparación empleado localmente es insuficiente, y para el relleno de grietas en el hormigón que hay que practicar a partir de ahora, se necesita prestar atención tanto al material empleado para relleno como al método de inyectarlo.

4-3-3 Magnitud sísmica horizontal de diseño en planes de reparación y refuerzo

Considerando que “reparación” es el restablecimiento de la funcionalidad para la que el puente

fue diseñado en un principio, y “refuerzo” es mejora de la funcionalidad del puente de forma que pueda resistir embestidas como la del último sismo, veamos con más detalle cómo debe ser el plan de reparación y refuerzo.

De acuerdo con el concepto de la parte japonesa, el diseño reforzador para mejorar las funciones se limitará al bloque protector contra caída del puente y al mecanismo de control de movimiento y no se les aplicará el refuerzo a la superestructura, el cuerpo de la infraestructura (estribos y pilas) y el cimiento. Las razones son las siguientes:

- ① En diseños anteriores al terremoto que en 1995 sacudió el sur de la Prefectura de Hyogo (en adelante “Terremoto de Hyogo-Sur”), se incluían en los diseños antisísmicos para las llamadas zonas “elásticas” los criterios antisísmicos de “Nivel 1”^{*1}, que afectaban directamente a bloques protector contra caída del puente y Mecanismo de control de movimiento. No se hizo refuerzo ni examen de la fuerza de carga en la infraestructura existente bajo una misma magnitud sísmica horizontal de diseño que la utilizada en el diseño del bloque protector contra caída del puente y el mecanismo de control de movimiento, instalados en el puente existente. La razón principal de dicho proceder es que la estructura inferior del cuerpo de puente, en comparación con el bloque protector contra caída y el mecanismo de control de movimiento, lleva ya incorporada una capacidad de resistencia muy superior, y si se quiere ampliar hasta esa estructura inferior las actuaciones de acondicionamiento, los costes se disparan y el calendario se ralentiza, todo lo cual es un obstáculo para implementar medidas de urgencia. Ahora bien, en cuanto a la estructura de pilares del nuevo Puente La Democracia, se ha podido comprobar que posee una fuerza de resistencia muy superior a la fuerza de inercia que según cálculos pudo actuar sobre los bloques protector contra caída en el reciente sismo, la cual a su vez superó los parámetros enunciados anteriormente en Tabla 3-8-7.
- ② Después del Terremoto de Hyogo-Sur, en los diseños anti-sísmicos aplicables también a las zonas llamadas “plásticas”, se ha venido aplicando comúnmente el “Nivel 2”^{*2}, según el cual las actuaciones de acondicionamiento deben considerar estructuras de pilares del puente y bloques protector contra caída como formando parte de un mismo sistema o conjunto. No obstante, el nivel sísmico considerado para el nuevo puente Democracia es equivalente al nivel 1.
- ③ Al ser los estribos elementos estructurales de material terroso o rocoso que oponen su principal resistencia de carga sobre un entorno de material también terroso o rocoso y que poseen una rigidez relativa normalmente alta, están dotados de un amplio grado de holgura frente a temblores sísmicos. Por esta razón, en refuerzos anti-sísmicos dentro de Japón, normalmente se excluye a los estribos de las actuaciones de refuerzo.
- ④ En cuanto a la principal estructura superior, fuera de casos de estructuras especiales o de armazón rígido, normalmente en un sismo no se producen cortes laterales de la estructura. Igualmente, el nuevo puente La Democracia en el último sismo no presentó cortes en las vigas como resultado de algún impacto o sacudida.

- ⑤ En cuanto a las estructuras de base, sabemos que en sismos como el Terremoto de Hyogo-Sur no ha habido informes relativos a daños de importancia sufridos en esa parte de la estructura, por lo cual lo normal en actuaciones de refuerzo de puentes dentro de Japón es excluir las bases del objeto de actuación, para evitar la enorme inversión en dinero y en tiempo que se necesitaría, sin olvidar el perjuicio social inherente a todo ello.

*1: Sismos de Nivel 1: Para la versión vigente del "Especificaciones para los puentes sobre carreteras" de Japón, Sismo de Nivel 1 se da en zonas proclives a una relativa frecuencia de movimientos sísmicos, que sin embargo se mantienen dentro de un nivel mediano de magnitudes (aprox. 300gal). Antes del Terremoto de Hyogo-Sur, medidas ahora apropiadas para nivel 1 se vinieron aplicando a todos los sismos por igual, las cuales continúan vigentes para las zonas llamadas "elásticas", y los diseños deben prevenir o impedir la caída, rotura o desprendimiento de materiales y elementos de construcción.

*2: Sismos de Nivel 2: Después del Terremoto de Hyogo-Sur, se añadió este parámetro en los nuevos Especificaciones para los puentes sobre carreteras., publicado en 1996. Se considera como un sismo que raramente ocurre, pero cuando ocurre sus magnitudes son extraordinariamente grandes (aprox. 1000gal). Los diseños, cuyo objetivo incluye también las zonas llamadas "plásticas", deben posicionarse ante destrozos violentos (destrucción de todo lo quebradizo).

1) Fijación de la magnitud sísmica horizontal de diseño para reparaciones

Para restituir al puente la funcionalidad para la que fue proyectado en un principio, se aplicará el misma magnitud sísmica horizontal de diseño empleado en su diseño, $k_h=0.115$, criterio que vigira para la reparación de cada uno de sus componentes.

2) Fijación de la magnitud sísmica horizontal de diseño para refuerzos

La magnitud sísmica horizontal de diseño para refuerzos, teniendo en cuenta que en el último sismo se produjeron sacudidas de entre 398 y 507gal, y redondeando el valor a unidades de cien, se fijará de modo que incluso ante una aceleración máxima de respuesta de 500gal, ningún elemento del puente termine cediendo.

La relación entre intensidad de esfuerzo permisible e intensidad de tensión deformadora de refuerzos de acero en el diseño se muestra en Tabla 4-3-2, en donde la intensidad de esfuerzo permisible frente a la intensidad de tensión deformadora de refuerzos de acero se establece en 0.87 como unidad de tensión de flexión, y en 0.60 como unidad de tensión por la cizalla.

Además, los bloques protector contra caída seriamente dañados en el último sismo, quedarán a salvo de destrucción de sus componentes, ya que se considerará una fuerza lateral doble de la magnitud sísmica horizontal de diseño, con lo que la fijación de la magnitud sísmica horizontal de diseño quedará por encima de la mitad de la aceleración sísmica que realmente se produce.

En consecuencia, dada la relación entre intensidad de esfuerzo permisible y resistencia a la flexibilidad, al considerar el método de fijación de la fuerza lateral de diseño del bloque protector contra caída, para que con una aceleración sísmica de 500gal no cedan los refuerzos de acero, habrá que diseñarlo con referencia al valor siguiente:

$$500\text{gal} \times 0.87 \times 1/2 = 218 \Rightarrow 220\text{gal}$$

Por todo ello, la magnitud sísmica horizontal de diseño para refuerzos en vista a un sismo de las características del anterior, quedará fijado como:

$$\text{Magnitud sísmica horizontal de diseño: } kh = 0.22$$

Tabla 4-3-2 Intensidad de esfuerzo permisible e resistencia a la flexibilidad de refuerzos de acero

	Intensidad de esfuerzo permisible σ_{ca} (kg/cm ²)	Resistencia a la flexibilidad (kg/cm ²)	Ratio σ_{ca}/σ_t
Tensión de flexión	3,000	3,450	0.87
Tensión de corte	1,200	1,990	0.60

Nota: La intensidad de esfuerzo permisible en el diseño muestra la intensidad de esfuerzo permisible en un sismo.

El valor de la intensidad de esfuerzo permisible refleja el valor del estándar SD345 para refuerzos de acero que se utilizó en el diseño original

Para factor de tensión productora de cortes y/o deformaciones en elementos de acero se ha utilizado la norma del Manual de Estándares de Hormigón, según la cual se calcula como $1/\sqrt{3}$ de la fuerza de tensión torcedora o deformadora.

4-3-4 Diseño de reparaciones y refuerzos

La base de los diseños es el restablecimiento de los elementos dañados por el último sismo a la funcionalidad para la que originalmente fueron diseñados.

(1) Reparación de estribos y pilares

Para reparar daños en parapetos de estribos y en bloques protector contra caída del puente en los pilares, es preciso dejar al descubierto el armazón de acero principal, y tras reemplazarlo con elementos de las mismas características, repetir el encofrado con hormigón.

El ámbito de exposición y extracción del armazón se determinará considerando el grado de adhesión/desprendimiento respecto al cemento, e incluirá zonas con grietas o aberturas, siempre que se confirme que el armazón interior se ha desprendido del hormigón. Al proceder a la reparación, se requiere cuidado para no dañar partes del armazón tanto del cuerpo del puente como del parapeto que no necesiten ser reemplazadas. La exposición/extracción es una operación que se realiza básicamente a mano, pero en la que pueden ser útiles también, según los casos, otras ayudas como el uso de chorro de agua a presión.

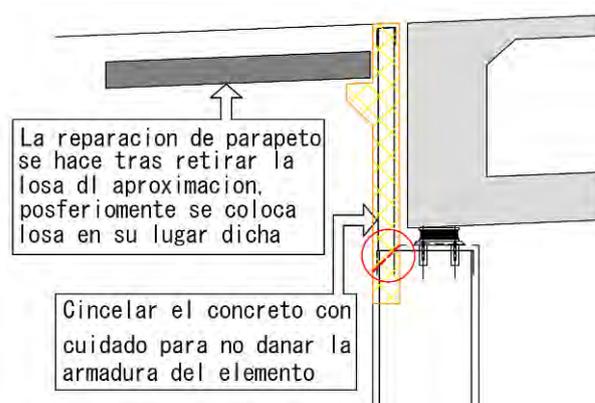


Fig. 4-3-2 Ámbito de extracción de hormigón armado en parapeto de estribo

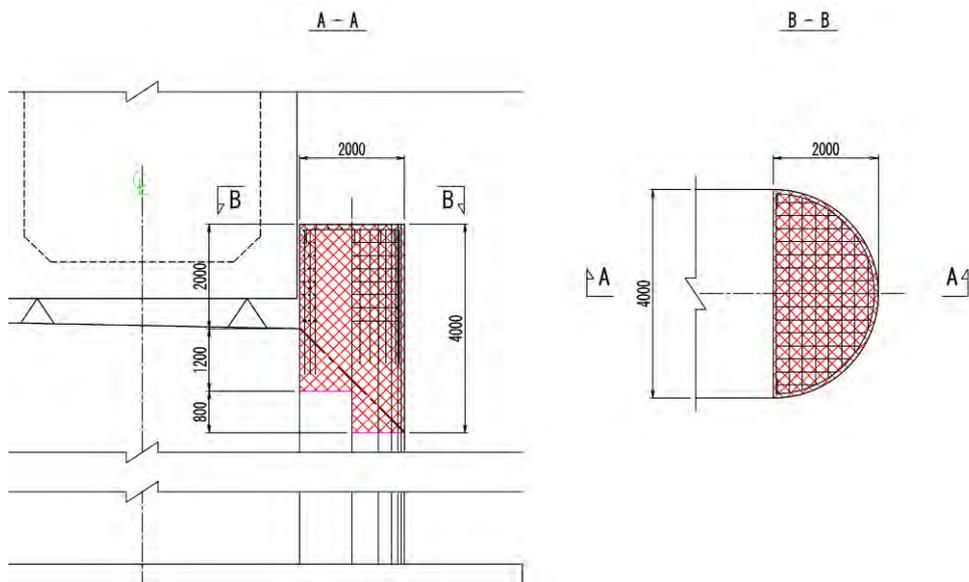


Fig. 4-3-3 Ámbito de extracción de hormigón armado en bloque protector contra caída adosado a pilares

Al reforzar los pilares para que puedan resistir sismos como el último conocido, se tiene presente que una causa importante del daño fue que en los bloques protector contra caída del puente adosados a pilares fue insuficiente la resistencia a la cizalla, por tanto esta vez se implementará una medida de refuerzo anti-corte en la parte superior de la columna del pilar.

En Japón el método más empleado comúnmente en estos casos es, como se muestra en Fig. 4-3-3, rodear esa parte de la estructura con plancha de acero o con fibra de carbono.

Como comentario a ambos métodos, puede decirse que rodear esa parte de la columna con fibra de carbono es una solución técnicamente superior y recomendable, sin embargo desde el punto de vista de la economicidad es claramente más ventajoso el recurrir para este menester a plancha de acero. Recomendamos método de plancha de acero

Tabla 4-3-3 Comparación de formatos en métodos de refuerzo de zapata soporte de pilares

Ítem	① Método de envoltura con plancha de acero	② Método de recubrimiento con fibra de carbono
Croquis		
Resumen	Rodear todo el perímetro de la parte basal del bloque protector contra caída del puente con plancha de acero para dotar a esa parte del bloque protector contra caída de mayor resistencia frente a cizalla.	Rodear todo el perímetro de la parte basal del bloque protector contra caída del puente con fibra de carbono para dotar a esa parte del bloque protector contra caída de mayor resistencia frente a cizalla.
Ventajas	Solución notablemente más económica que el método de fibra de carbono. Solución más comúnmente utilizada.	Por su peso liviano, mucho más manejable en la ejecución de la obra.
Inconvenientes	Elemento muy pesado, operatividad más problemática.	Método relativamente novedoso, y aunque últimamente hay algunas referencias de su utilización, todavía son pocas comparado con el método de plancha de acero.
Economicidad	○	△
Valoración	○	△

(2) Reparación/refuerzo de zapatas soportes

En zapatas soportes de estribo se han podido constatar desplazamientos residuales y deslizamientos de elementos de caucho, pero al confirmarse también que, dada la elasticidad del caucho y su resistencia a presión, la seguridad no se ha visto comprometida, se concluye ausencia de problemas estructurales.

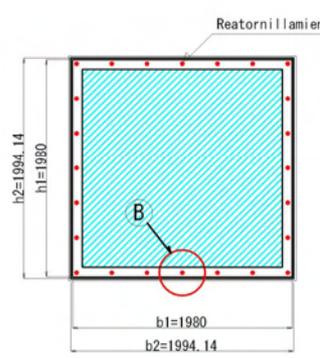
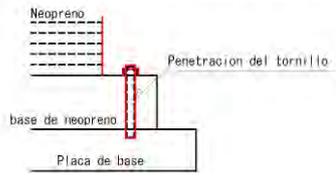
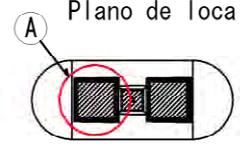
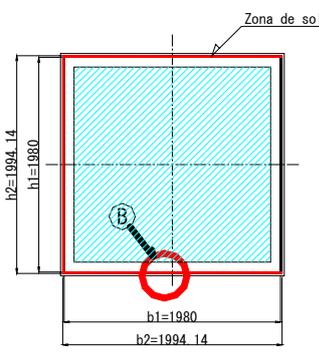
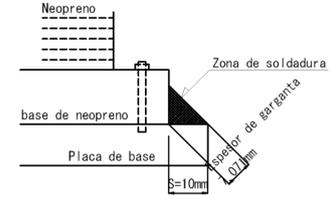
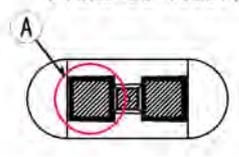
En zapatas soportes de pilares se han podido constatar aflojamiento y desprendimiento de tornillos/tuercas de fijación de zapata soporte de caucho y zapata inferior, que es preciso reparar.

Para la reparación puede echarse mano de dos métodos distintos: reatornillamiento y soldadura.

En caso de reatornillamiento, es preciso practicar un orificio mayor que el actual y utilizar tornillería de mayor diámetro, sustituyendo las actuales unidades M24 por las de diámetro mayor M27.

En Tabla 4-3-4 se comparan los dos métodos, pero dada la estrechez de espacio para operar bajo vigas, el método soldadura parece ser más práctico.

Tabla 4-3-4 Comparación de métodos de reparación de zapatas soportes de pilares

Ítem	① Opción reatornillamiento	② Opción soldadura
Croquis	<p>Ⓐ Esquema de estructura de soportes</p>  <p>Reatornillamiento</p> <p>Ⓑ Plano de colocación de tornillo</p>  <p>Neopreno</p> <p>Penetración del tornillo</p> <p>base de neopreno</p> <p>Placa de base</p> <p>Ⓐ Plano de localización</p> 	<p>Ⓐ Esquema de estructura de soportes</p>  <p>Zona de soldadura</p> <p>Ⓑ Plano de colocación de tornillo</p>  <p>Neopreno</p> <p>base de neopreno</p> <p>Placa de base</p> <p>Zona de soldadura</p> <p>espesor de base ganta</p> <p>S=10mm</p> <p>Ⓐ Plano de localización</p> 
Método	Fijación con tornillos M27.	Soldadura en ángulo de esquina entre zapata inferior y placa de base.
Medidas	24-M27, longitud de penetración tornillo 30mm	Soldadura con tres lados en esquina, longitud de lado 10mm
Ventajas	Facilita empleo de método igual al original.	El espacio para moverse es exiguo, pero la operación resulta relativamente fácil.
Inconvenientes	Por estrechez de espacio para moverse, la operación resulta complicada.	Debe cuidarse que zapatas soportes de caucho cercanos no se vean perjudicados por lo que la soldadura suelta en su entorno.
Valoración	△	○

(3) Reparación/refuerzo de mecanismo de control de movimiento

Al no poder seguirse utilizando los mecanismos de control de movimiento tanto de estribos como de pilares actualmente existentes, es necesario practicar una nueva instalación.

Sobre el reemplazo de dichos mecanismos de control de movimiento, pueden considerarse varios métodos, como: ① método que adhiere una protuberancia (ménsula de acero) a la viga principal, ② método que enlaza viga con estribo, ③ sustitución del actual mecanismo de control de movimiento por otro de iguales características, etc., sin embargo, dada la estrechez de espacio disponible para operar bajo la viga, la sustitución de los mecanismos actuales por otros iguales se presenta, de hecho, como sumamente problemática.

Por tanto, hay que pensar que soluciones ① y/o ② son más practicables y realistas.

En Tablas 4-3-5 y 4-3-6 a continuación se muestran croquis esquemáticos de mecanismo de control de movimiento para estribos y pilares respectivamente, con comparación de métodos de reparación.

Tabla 4-3-5 Comparación de formatos para mecanismo de control de movimiento de estribos

Ítem	① Método de ménsula de acero	② Método de enlace
Croquis		
Resumen	<ul style="list-style-type: none"> Se instalan ménsula de acero en la parte frontal del parapeto de estribo y en la losa inferior del piso de la viga principal, que se unen con cables de acero PC, con lo que se limita desplazamiento de la viga. 	<ul style="list-style-type: none"> Se enlazan parapeto de estribo y viga horizontal de extremo en estructura superior con barras de acero PC, con lo que se limita desplazamiento de la viga.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> La obra no requiere interrupción de tráfico, y se puede ejecutar en cualquier momento. Amplio espacio para operar, ejecución cómoda y agradecida. 	<ul style="list-style-type: none"> Material relativamente rígido con reducido número de elementos de acero, solamente es preciso practicar orificios en viga horizontal de extremo, con mínima repercusión en estructura existente. Aspecto vistoso
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> Necesario practicar orificios de anclaje en losa inferior del piso de la viga, adherir láminas relativamente delgadas, con proliferación de elementos y piezas de acero. El aspecto resultante es algo farragoso y el conjunto pierde vistosidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Necesidad de reemplazar parapeto de estribo, lo cual conlleva suspensión de tráfico. Intervenciones en lado posterior de parapeto e interior de la viga principal, hacen que la obra no se distinga por su practicabilidad.
Economicidad	○	△
Valoración	◎	○

Tabla 4-3-6 Comparación de formatos para mecanismo de control de movimiento de pilares

Ítem	① Método ménsula de acero 1	② Método ménsula de acero 2
Croquis		
Idea general	<p>En la superficie inferior de la viga principal se instala ménsula de acero, que junto con pilar del puente limita desplazamientos de la viga.</p>	<p>En el punto de encuentro entre viga principal y cabezal de columna se instala ménsula de acero, y junto con el bloque protector contra caída del puente instalado en el lateral del pilar limitan el desplazamiento de la viga.</p>
Ventajas	<p>La obra no precisa interrupciones de tráfico, y se puede realizar en cualquier momento. Amplio espacio para moverse, ejecución altamente practicable.</p>	<p>La obra no precisa interrupciones de tráfico, y se puede realizar en cualquier momento. Al instalarse el ménsula de acero en zona rígida de cabezal de columna donde se compactó el hormigón, la presión de carga estructural sobre la viga principal es escasa. Amplio espacio para operar, ejecución altamente practicable.</p>
Inconvenientes	<p>El lugar de instalación de ménsula de acero es la superficie inferior de la viga principal, con lo que la carga estructural que eso supone para esa viga es considerable. La vistosidad sale malparada.</p>	<p>Al ser la pared de protección anti-caída del puente de escaso grosor, es preciso incrementar considerablemente su armazón de acero. Se pierde vistosidad</p>
Economicidad	△	○
Valoración	△	○

4-4 Plan de construcción / Plan de adquisiciones

4-4-1 Plan de construcción

Está previsto que esta obra se ejecute con la colaboración e intervención de algún país extranjero, y en su ejecución deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos.

(1) Principios orientativos de la obra

- ① A fin de contribuir en lo posible a la reactivación económica de la zona, a la creación de oportunidades de empleo y a un fomento de la transferencia de tecnología, para la ejecución de la obra se utilizarán al máximo, dentro de lo posible, recursos locales como personal técnico y laboral, además de materiales y equipos disponibles localmente.
- ② Los terrenos necesarios para llevar a cabo la obra deberán estar disponibles para el inicio de obra previsto por el plan
- ③ Se planteará un sistema de supervisión y control de tráfico que permita a los vehículos implicados en la obra su tránsito por la carretera actual, de forma que queden aseguradas la puntualidad y la seguridad.
- ④ Al tratarse de una obra de reparación de un puente abierto al uso público, se instrumentarán medidas estrictas de seguridad para que ni vehículos ni peatones encuentren peligro alguno para su integridad o seguridad.
- ⑤ En todo momento se prestará atención a la información de precipitaciones y cambios en nivel del caudal, y se practicarán métodos de construcción razonables y apropiados, que no impliquen actuaciones fuera de lo normal, que sean realistas, practicables, eficientes y seguras.

(2) Puntos a tener en cuenta para la ejecución de la obra

- ① Garantías de seguridad durante la ejecución de la obra

Al tratarse de una obra de reparación de un puente de uso público, muy transitado, el plan debe incluir como máxima prioridad garantías de seguridad para vehículos y peatones que lo atraviesan.

Especialmente, en cabeza y cola de ruta provisional de desvío deberá haber personal de seguridad destacado, y habría que estudiar la conveniencia de disponer también de presencia de policías. Además, las entradas y salidas de materiales y equipos para la construcción, teniendo en cuenta la proximidad de viviendas y comercios en la zona, deberán realizarse con personal de seguridad controlando el tráfico, y habría que estudiar también la presencia de policías en la operación. Normalmente no se trabajará en la obra por las noches, pero para desvíos por ruta provisional habrá que asegurarse de iluminación nocturna apropiada y prestar atención a que los vehículos normales que transitan no encuentren problemas de seguridad.

② Salvaguarda del medio ambiente durante el periodo de la obra

Los cascotes de hormigón y demás residuos de asfalto y hormigón, etc., que se vayan produciendo durante las obras de reparación, se transportarán hasta planta de tratamiento o reciclaje sancionada por la normativa vigente, para dar a los residuos tratamiento correcto y adecuado. A fin de minimizar las molestias de ruido y vibraciones que inevitablemente producen muchos equipos de construcción, se intentará evitar a toda costa su operación en hora temprana o tardía. Para contrarrestar el polvo que se levanta con el transporte de entrada y salida de materiales y equipos o con la operación de maquinaria de construcción, se esparcirá agua a fin de minimizar la expansión de polvareda.

③ Observancia estricta de la legislación laboral de Honduras

De acuerdo con la legislación laboral de Honduras, el número básico de horas de trabajo semanales es 44, y la semana laboral tiene 6 días, de lunes a sábado.

④ Aprovechamiento máximo de la estación seca para realizar la obra

Ésta es una obra de reparación de un puente, y para ejecutarla será necesario desviar el tráfico por ruta alternativa, implementando estructuras provisionales sobre cauce y orillas para atravesar el río y volver a la carretera. Al levantar la estructura provisional se empleará maquinaria pesada de martilleo para clavar pilotes en el cauce y proximidades, que trabajará en todo momento contra el impacto de la corriente. Por ello, y en base a análisis de información hidrológica y meteorológica de la zona, se decide el plan de calendario de la obra centrándolo en la temporada que ofrece más garantías de seguridad y menor nivel de interferencias.

(3) Método de construcción

Este plan, al proponerse llevar a cabo una obra de construcción sobre el nuevo Puente La Democracia, abierto al uso público, sin interrumpir el tráfico, se plantea proceder siguiendo los pasos enunciados a continuación. Ahora bien, para a pilares P1 y P2, mientras la obra se lleve a cabo y concluya mientras se están haciendo obras también en los estribos de dichos pilares, no tiene por qué producirse una situación crítica.

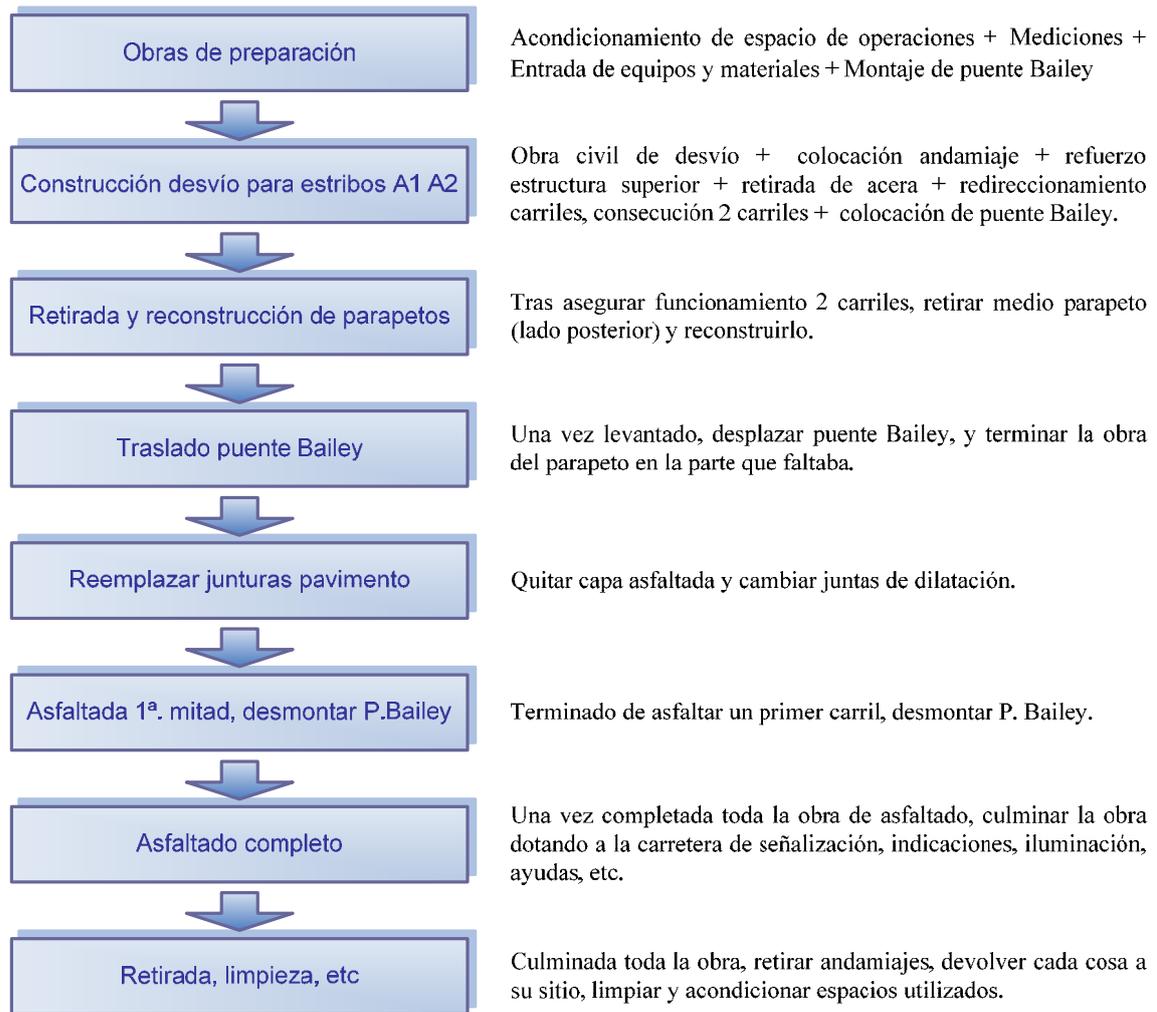


Fig. 4-4-1 Flujo de la obra

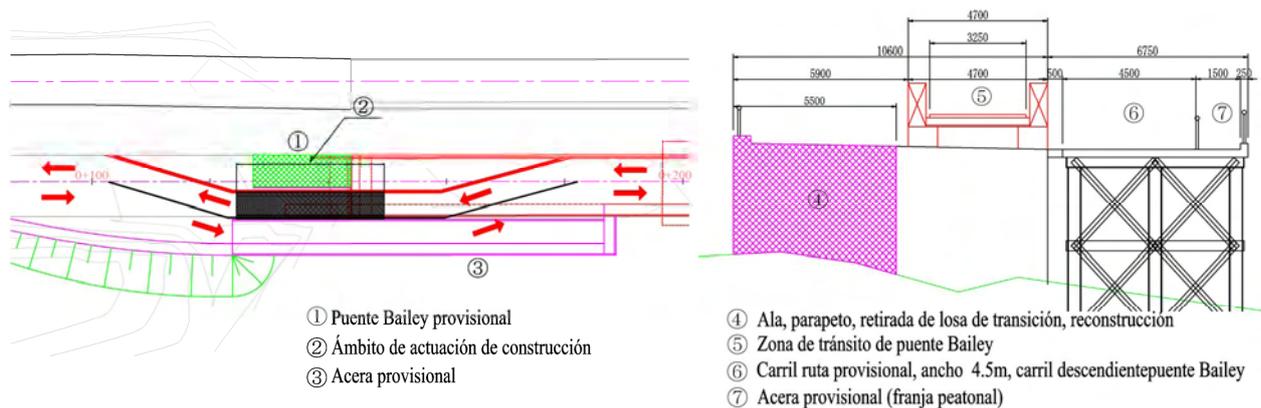


Fig. 4-4-2 Plano diseño sección de ruta alternativa, para obra de restauración de parapeto de estribo

4-4-2 Plan de adquisiciones

Materiales de producción local o que pueden conseguirse en la zona son: arena, agregados, material de pavimentación, hormigón premezclado, asfalto, armazón de acero, maderas, andamiaje provisional, mientras que es necesario importar: material de acero para montajes provisionales (aceros de formato H de gran tamaño), juntas de expansión, equipos especiales, etc. El plan de adquisición de equipos y materiales es como sigue.

- ① Cuando productos de importación estén regularmente presentes en el mercado, y les acompañe un buen nivel de calidad, se adquirirán en Honduras.
- ② Productos que no puedan adquirirse en Honduras, se adquirirán en terceros países, incluido Japón. La selección se hará por comparación de precios y calidades que ofrezcan los ofertantes.

Véase en Tabla 4-4-1 el lugar de adquisición de los principales materiales de construcción.

Tabla 4-4-1 Opciones posibles para adquisición de los principales materiales de construcción

Ítem	Lugar de adquisición		Razón por la se acude a adquisición en el exterior, incluido Japón
	Honduras	Exterior, incluyendo Japón	
Materiales de acero para usos provisionales		○	Productos de gran tamaño no se encuentran en el mercado, y es necesario importarlos desde terceros países.
Juntas de dilatación		○	No circulan en mercado de Honduras. Se encuentran en terceros países de la zona, con altibajos en calidad. De no satisfacer las especificaciones de este proyecto, se adquirirían en Japón.
Material de impermeabilización superficie puente		○	Hay muchos materiales para impermeabilización usados en construcción en Honduras y alrededores, pero es muy probable que no satisfagan las especificaciones de este proyecto.
Material de acero PC		○	No se comercializa en Honduras. Posible importación desde terceros países de la zona, pero las calidades varían mucho, y es muy probable que no se satisfagan las especificaciones para este proyecto.
Fibra de carbono para refuerzo		○	No se comercializa en Honduras. Deseable adquisición en Japón, por la cantidad y variedad de instalaciones que lo han empleado en su construcción.
Asfalto, bitumen	○		
Agregados	○		
Cemento Portland normal	○		
Cemento hidráulico de fraguado rápido		○	No se comercializa en Honduras
Armazón de acero	○		
Madera para encofrar	○		
Pintura para señalización en pavimento	○		
Aceite ligero	○		
Gasolina	○		

4-5 Aspectos a tener en cuenta en las obras de reparación/refuerzo

4-5-1 Reparación y refuerzo del nuevo puente La Democracia en su actual situación

En febrero de 2010 se calcula que el tránsito diario por el nuevo puente La Democracia es de unos 18,000 vehículos/día. Al superar esta cifra la capacidad normal de una vía de dos carriles, parece claro que se impone la necesidad de reparar y reforzar el puente a fin de minimizar el entorpecimiento del tránsito y dotarle de una cierta garantía de seguridad vial, y ésta es precisamente la característica de este proyecto.

Con esta perspectiva en mente, puede pensarse incluso en la posibilidad de llevar a cabo la obra a buen ritmo durante la noche cuando el volumen de tránsito es más reducido, a fin de interferir lo menos posible con el flujo del tráfico. De hecho esto debería estudiarse al formular el plan de obra, junto con una consideración hacia la necesidad de garantizar también la seguridad personal de quienes intervienen. Además, habría que estudiar también si con la utilización de cemento hidráulico de fraguado rápido, acelerando en lo posible las obras de refuerzo estrictamente necesarias, se pueden adelantar las previsiones para una normalización del tráfico rodado.

4-5-2 Reparación/refuerzo del nuevo puente La Democracia, con la perspectiva de la recuperación del antiguo puente La Democracia.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la caída del antiguo puente La Democracia provoca que todo el exceso de tráfico se concentre ahora en el nuevo puente La Democracia. Al no poder cerrar el nuevo puente durante las obras, y al ser necesario ejecutarlas dentro de un alto estándar de seguridad y calidad, surge la necesidad de implementar durante la obra una ruta y puente provisionales, lo cual es una de las causas del elevado coste de esta obra de reparación y refuerzo.

Como forma de ahorrar este coste de estructuras provisionales, puede pensarse en implementar primero las medidas de urgencia más apremiantes en el nuevo puente La Democracia, recuperar el paso de vehículos por el antiguo puente La Democracia, y después centrarse en la reparación y refuerzo definitivos del nuevo puente La Democracia. Este proceder tendría el inconveniente de que al tener que esperar a la recuperación del antiguo puente La Democracia, la reparación/refuerzo del nuevo puente La Democracia se demoraría en el tiempo, pero tiene la ventaja de que al poder prescindir de estructuras provisionales de tránsito durante la obra, todo ese coste se podría ahorrar.

Capítulo 5 Mantenimiento de los puentes La Democracia e Ilima

5-1 Puente La Democracia

Por tratarse de una vía donde incide un alto índice de vehículos pesados, es importante revisar periódicamente las juntas elásticas del puente.

En este sentido, se recomienda introducir un sistema de chequeo periódico del puente fotografiando y anotando detalles de su estado. En el sistema de chequeo del puente, además de la revisión de las juntas arriba mencionada, será efectiva la observación visual y fotografías de las zonas en que estén ubicados los dispositivos antisísmicos, desde un punto fijo (siempre en una misma dirección y con el mismo objetivo), para registrar los efectos de cualquier terremoto.



Foto6-1-1: Bache sobre la superficie del puente (Puente La Democracia)

5-2 Puente Ilima

El puente Ilima se ubica sobre la carretera nacional No.20 y cruza el río Ulúa, igual que los puentes Humuya y La Democracia. Sin embargo, por encontrarse aguas arriba del río, muy lejos de los puentes Humuya y La Democracia, no se le han observado daños notables originados por el terremoto en cuestión.

No obstante, se han observado deterioros como baches sobre la superficie del pavimento por el paso de vehículos y por el correr del tiempo.

Por tanto, se requiere reparación temprana de pavimentación en estas áreas, ya que puede repercutir a la larga en las mismas vigas del puente por las sacudidas ocasionadas por los vehículos que pasan.



Foto6-2-1: Bache sobre la superficie de puente (Puente Ilima)



Foto6-2-2: Desgaste del pavimento en la superficie del puente (Puente Ilima, cerca del estibo de la margen izda.)

ANEXOS

Anexo-1 Estado de daños del viejo puente Democracia

La luz central del viejo puente Democracia cayó por el sismo y también quedaron considerablemente dañadas otras partes. A continuación se describen los daños del viejo puente Democracia.

① Estado de daños en el lado del estribo A1

El terraplén detrás del estribo A1 está muy hundido. (Hundimiento: 38 cm aprox.)

Además, la parte atrás del estribo queda vacía y de los daños en el dique contiguo se supone la posibilidad de haberse derramado la tierra y arena de la parte atrás en el momento del hundimiento del terraplén del dique causado por la licuación.



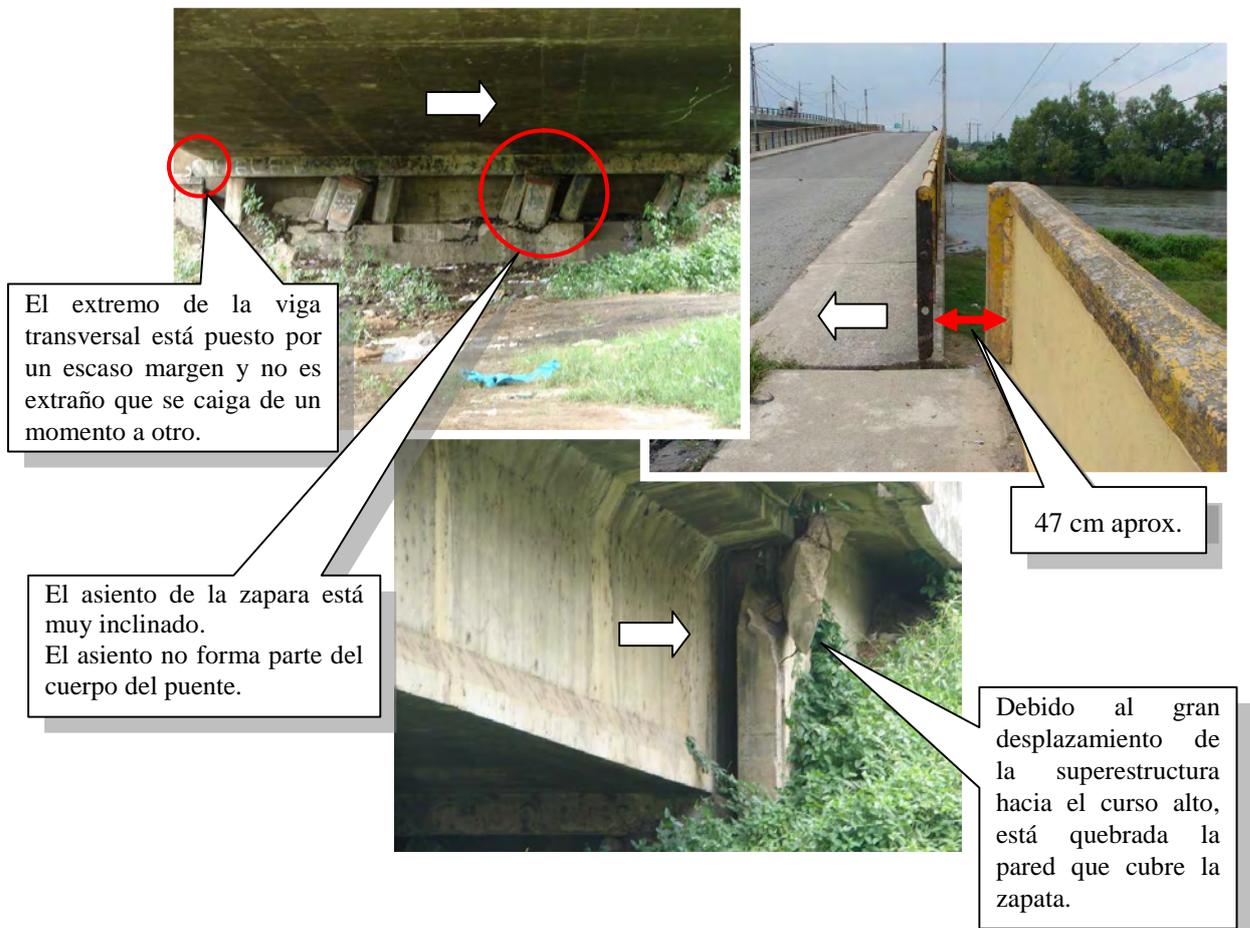
Reparación del dique en la orilla izquierda de curso bajo
La parte del dique fracturada por el hundimiento a causa de la licuación en el momento del sismo, ha sido reparada con gaviones por el propietario de la plantación de banano local.

En comparación con el lado del estribo A2, es menor el movimiento horizontal y casi no hay inclinación en el asiento de la zapata.



② Estado de daños en el lado del estribo A2

* En la zapata soporte del estribo A2, el asiento de la zapata está muy inclinado hacia el lado de curso alto y la superestructura está desplazada hacia el curso alto.



③ Estado de daños de la viga principal

Está caído el tramo de la viga en ménsula de celosía de la luz central.

Entre la pila P2 y el estribo A2, la viga queda discontinuada por las grandes grietas producidas.



④ Conclusiones

El nivel de daños del viejo puente Democracia es muy grande y además de la luz central caída, se observan grandes y numerosos daños.

Sobre todo, la 3ª luz entre la pila P2 y el estribo A2 presenta una seguridad estructural fatal debido a grandes daños en la viga principal y un considerable desplazamiento del estribo A2.

Anexo-2 Puente Humuya

1) Estado del puente Humuya

Este puente está ubicado sobre la carretera No.21 que une CA5 con CA13. Es un puente de 216m de longitud, con 8 luces y viga en T de concreto postensado simple.

Ya había afectado por los socavones causados por el huracán Mich y como consecuencia de este sismo, la pila P5 quedó inclinado considerablemente y por inundaciones posteriores se cayeron las luces 4^a y 5^a el 28 de junio de 2009.

En las pilas y los estribos no caídos no se observan huellas de daños del sismo en sus columnas y paredes.

Por consiguiente, la caída del puente se debe a una consecuencia compuesta de los socavones de inundaciones y la fuerza de inercia del sismo y no es la única causa de la caída del puente este sismo.

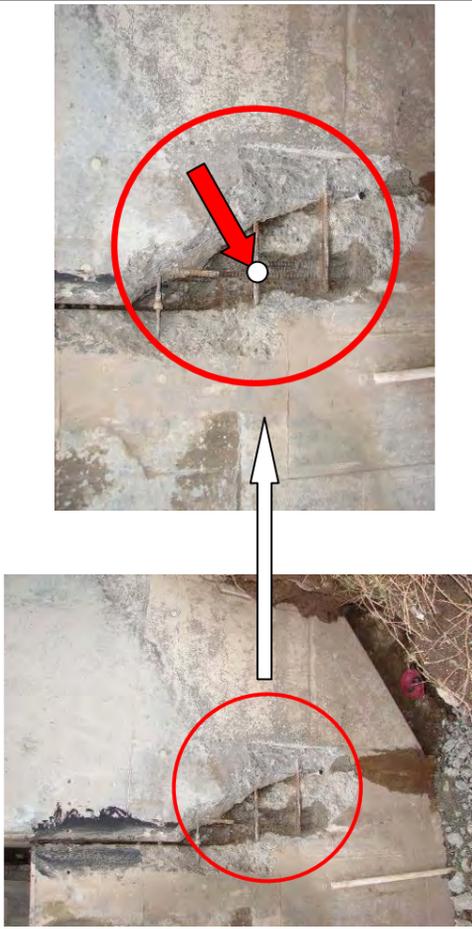


Estado del caída del puente
La pila P5 está derrumbada y las
luces 4^a y 5^a están caídas.

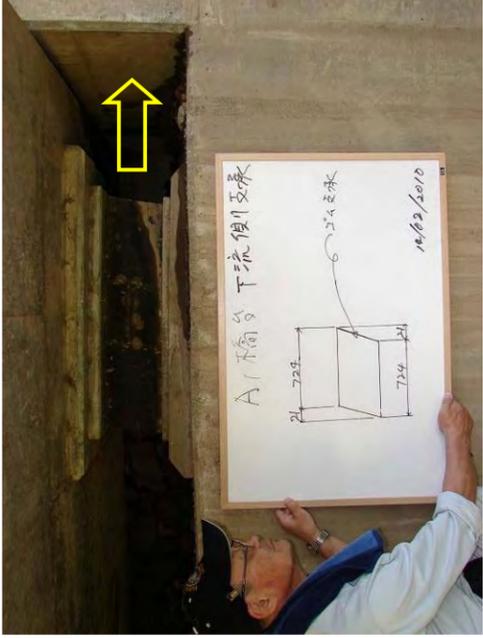
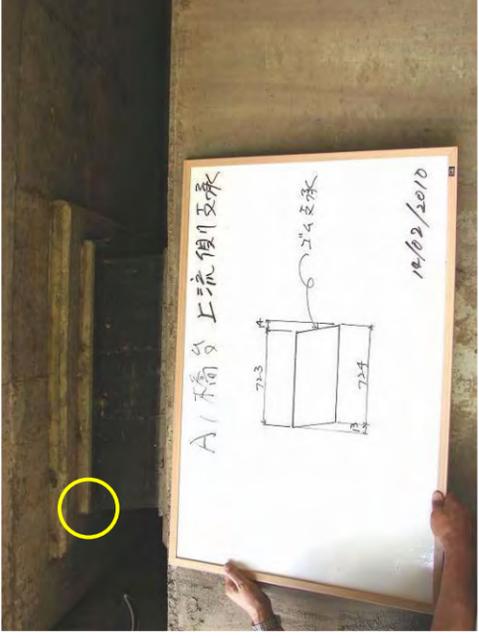


Parte frontal del estribo A1

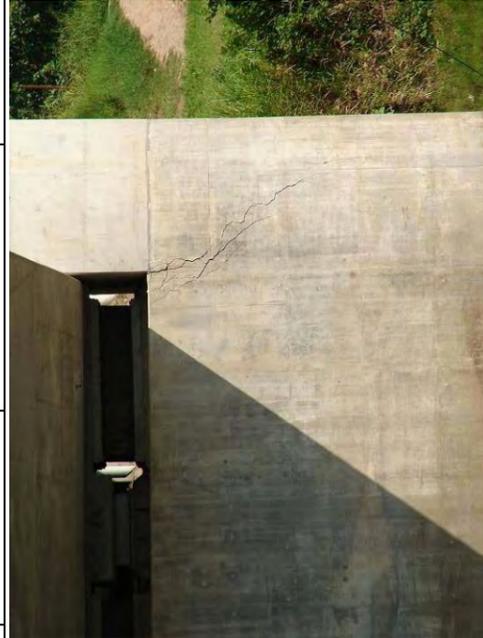
Anexo-3 Resultados del estudio de daños en el nuevo puente La Democracia

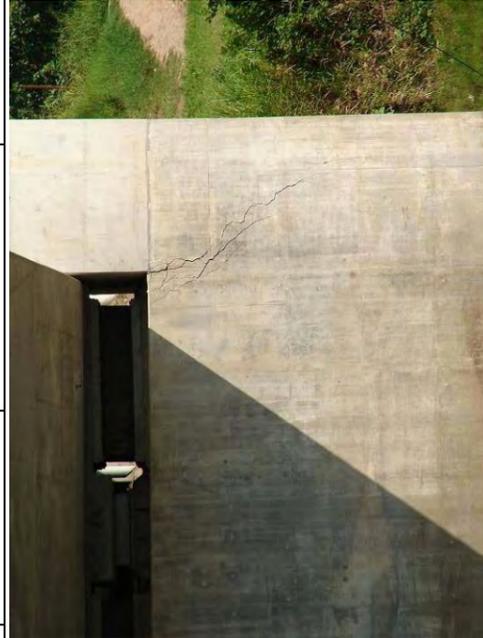
No. de foto	A1-1	Grietas	Profundidad del daño: Extremadamente grande
Nombre de componente	Parapeto de estribo A1	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:			
Nota:	<p>Pared lateral de estribo A1 lado de aguas abajo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandes grietas producidas desde la base de la parte frontal del parapeto en dirección diagonal (de 20 a 30 mm) - Se ha aplicado una capa impermeabilizadora con cubrimiento de alquitrán. 		
No. de foto	A1-2	Grietas	Profundidad del daño: Extremadamente grande
Nombre de componente	Parapeto de estribo A1	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:			
Nota:	<p>Pared lateral de estribo A1, lado de aguas abajo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandes y profundas grietas producidas desde la base de la parte frontal del parapeto en dirección diagonal - Principales varillas de acero del parapeto torcidas a la altura indicada por la flecha 		
No. de foto	A1-3	Fisuras en el suelo	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Talud del terraplén de estribo A1		Extensión del daño:
Relación con otros daños:			
Nota:	<p>Lateral de estribo A1, lado de aguas abajo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandes fisuras producidas en el límite entre el estribo y el talud del terraplén (lateral, lado de aguas arriba, W= 12 cm) 		

No. de foto	A1-4	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Parapeto de estribo A1	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:			
Nota:	<p>Lateral de estribo A1, lado de aguas abajo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grietas producidas en el parapeto de la base del ala, lado de aguas abajo, desde la corona del ala en dirección diagonal. 		
No. de foto	A1-5	Grietas	Profundidad del daño: Extremadamente grande
Nombre de componente	Parapeto de estribo A1	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:			
Nota:	<p>Lado lateral de estribo A1, lado aguas arriba</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se ha comprobado que grandes grietas producidas desde la base de la parte frontal del parapeto en dirección diagonal (de 20 a 30 mm) han avanzado más allá de la posición del apoyo hasta cerca del mecanismo de control de movimiento pasando cerca de la zapata soporte por el lado de aguas arriba. (Véase foto a la derecha.) 		
No. de foto	A1-6	Grietas	Profundidad del daño: Extremadamente grande
Nombre de componente	Parapeto de estribo A1	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:			
Nota:	<p>Lateral de estribo A1, lado aguas abajo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Principales varillas de acero del parapeto, deformadas a la altura indicada por la flecha. - Numerosas grietas alrededor de varillas de acero, con el hormigón desprendido de las varillas de acero. 		

No. de foto	A1-7	Tipo de daño	Deformación	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Zapata soporte de caucho de estribo AI (lado de aguas abajo)	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: Gran deformación hacia el lado aguas abajo.				
				
No. de foto	A1-8	Tipo de daño	Deformación y desplazamiento	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Zapata soporte de caucho de estribo AI (lado de aguas arriba)	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: - Gran deformación hacia el lado de aguas arriba y el caucho desplazado hacia ese mismo lado (parte marcada con un círculo O)				
				
No. de foto	A1-9	Tipo de daño	Hundimiento del suelo de la base e	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Base de la señal contigua a estribo AI	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: - Resquebrajado el talud de la parte inferior de la base de la señal en el lado de aguas abajo, contigua al ala, la base ha quedado desplazada hacia arriba.				
				

No. de foto	A1-10	Tipo de daño	Deformación y pérdidas por rotura e	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Mecanismo de control de movimiento de estribo AI	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: -Deformación notoria, rotura de la parte posterior de la junta con la estructura superior y grietas en el hormigón de ajuste.				
				
No. de foto	A1-11	Tipo de daño	Deformación, resquebrajamiento y pérdidas por rotura e	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Junta de dilatación de estribo A1	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: - Caucho muy deformado y parcialmente fracturado. - Hormigón secundario con gran desgaste, con roturas, y en parte con las varillas de acero expuestas a la intemperie.				
				
No. de foto	A1-12	Tipo de daño	Deformación y pérdidas por rotura e	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Espacio libre de estribo AI	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: - El espacio libre de la Junta de dilatación se ha rellenado de tierra y arena para mitigar las sacudidas.				
				

No. de foto	A1-13	Tipo de daño	Deformación (inclinación)	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Parapeto de estribo A1	Nivel de daño	e	Extremadamente grande
Relación con otros daños: Nota: - El choque de la superestructura ha provocado daños en el Parapeto dejándolo inclinado hacia atrás. Angulo de inclinación $\theta = 2.08$ grados				
				
No. de foto	A2-J	Tipo de daño	—	Profundidad del daño:—
Nombre de componente	Junta de dilatación	Nivel de daño	—	Extensión del daño:—
Relación con otros daños: Nota: - Pobladores locales rellenan la junta de dilatación con tierra y arena. - Cobran una cuota a los vehículos que transitan.				
				
No. de foto	P2-1	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Protector anti-caída del puente	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: - Foto del bloque protector contra caída del puente P2 del lado de aguas abajo, tomada desde el lateral de estribo A2. Se observan grandes grietas producidas en la base del bloque protector contra caída del puente.				
				

No. de foto	G-1	Tipo de daño	Profundidad del daño:—
Nombre de componente	Viga principal	Nivel de daño	a
Relación con otros daños: Nota: - Vista interior de viga tubular (A1 - P1) - En el extremo de la viga transversal (A1 y A2) se observan grietas (0.2 mm máx.) supuestamente producidas en el momento del choque contra el parapeto del estribo.			
			
No. de foto	G-2	Tipo de daño	Profundidad del daño:—
Nombre de componente	Viga principal	Nivel de daño	a
Relación con otros daños: Nota: - Vista interior de viga tubular (P1 - P2) - No se observan daños ni anomalías como grietas. - Alrededor de baches en el pavimento en la losa superficial tampoco se observan grietas u otras anomalías.			
			
No. de foto		Tipo de daño	Profundidad del daño:
Nombre de componente		Nivel de daño	Extensión del daño:
Relación con otros daños: Nota: - Foto del bloque protector contra caída del puente P2 del lado de aguas abajo, tomada desde el lateral de estribo A2. Se observan grandes grietas producidas en la base del bloque protector contra caída del puente.			
			

No. de foto	P1-1	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Columna de pila P1	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandes grietas producidas en la base del bloque protector contra caída del puente en dirección diagonal. (lateral, lado de aguas arriba) - Ancho de grietas, 15 mm como máximo. 				
No. de foto	P1-2	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Columna de pila P1	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se raspó la parte agrietada del hormigón para verificar el estado de armazón de acero. 				
No. de foto	P1-3	Tipo de daño	Deformación de Acero	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Columna de pila P1	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Principales varillas de acero del bloque protector contra caída del puente están deformadas (torcidas) cerca del asiento de zapata. 				

No. de foto	P1-4	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Columna de pila P1 (lado de aguas arriba)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandes grietas producidas desde la base del bloque protector contra caída del puente en dirección diagonal. (lado de aguas abajo) - Ancho de grietas, 20 mm como máximo. 				
No. de foto	P1-5	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Columna de pila P1 (lado de aguas abajo)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las grietas son anchas y de profundidad pronunciada. 				
No. de foto	P1-6	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Asiento de zapata P1 (lado de aguas arriba)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se observan grietas producidas en el asiento de zapata cerca de la base del bloque protector contra caída del puente en pila P1 y extendidas hasta la parte frontal de la columna. 				

No. de foto	P1-7	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Asiento de zapata P1 (lado de aguas abajo)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
<p>Relación con otros daños:</p> <p>Nota: - Se observan grietas producidas en el asiento de zapata cerca de la base del bloque protector contra caída del puente en pila P1 y extendidas hasta la parte frontal de la columna.</p>				
No. de foto	P1-8	Tipo de daño	Grietas y roturas	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Mecanismo de control de movimiento en P1	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
<p>Relación con otros daños:</p> <p>Nota: - Se observan grietas en el mortero y roturas en el hormigón de la franja de superestructura.</p>				
No. de foto	P1-9	Tipo de daño	Deformación	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Zapata soporte P1 (lado de aguas arriba)	Nivel de daño	c	Extensión del daño:
<p>Relación con otros daños:</p> <p>Nota: - Aunque se observa una distorsión residual, no se percibe anomalía en el cuerpo de caucho.</p>				

No. de foto	P1-10	Tipo de daño	Deformación, grietas, desprendimiento de pernos de fijación	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Zapata soporte P1 (lado de aguas abajo)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
<p>Relación con otros daños:</p> <p>Nota: - Se observan grietas en el mortero y desprendimiento de pernos de fijación, pero no se perciben anomalías en el cuerpo de caucho.</p>				
No. de foto	P1-11	Tipo de daño	Grietas	Profundidad de daño: pequeña
Nombre de componente	Columna de pila P1	Nivel de daño		Extensión del daño:
<p>Relación con otros daños:</p> <p>Nota: - Grietas muy seguidas avanzan desde la parte frontal del mecanismo de control de movimiento.</p>				
No. de foto	P1-12	Tipo de daño	Grietas	Profundidad de daño: pequeña
Nombre de componente	Asiento de zapata de pila P1	Nivel de daño		Extensión del daño:
<p>Relación con otros daños:</p> <p>Nota: - Grietas producidas en la parte frontal del mecanismo de control de movimiento (ancho máx.: 0.2 mm)</p>				

No. de foto	P2-1	Tipo de daño	Roturas seccionales	Profundidad del daño:—
Nombre de componente	Bloque protector contra caída del puente (lado de aguas abajo)	Nivel de daño	a	Extensión del daño:—
Relación con otros daños:				
Nota:	- No se han encontrado roturas transversales por choque con la viga.			
No. de foto	P2-2	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Bloque protector contra caída del puente (lado de aguas arriba)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Grandes grietas producidas en la base del bloque protector anti-caída del puente.			
No. de foto	P2-3	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Bloque protector contra caída del puente (lado de aguas abajo)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Grandes grietas producidas en la base del bloque protector contra caída del puente.			

No. de foto	P2-4	Tipo de daño	Desprendimiento de pernos de fijación	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Soporte P2 (lado de aguas abajo)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Pernos de fijación del soporte desprendidos y dispersos.			
No. de foto	P2-5	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Mecanismo de control de movimiento	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Grandes grietas producidas en el mortero de ajuste del mecanismo de control de movimiento.			
No. de foto		Tipo de daño		Profundidad del daño:
Nombre de componente		Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños:				

No. de foto	A2-1	Tipo de daño	Grietas	Profundidad del daño: Extremadamente grande
Nombre de componente	Parapeto de estribo A2 (lado de aguas arriba)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandes grietas producidas desde la base de la parte frontal del parapeto en dirección diagonal. (lateral del estribo A2, lado de aguas arriba) - Ancho máx. de grietas, de 20 a 30 mm. 				
No. de foto	A2-2	Tipo de daño	Deformación de varillas de acero	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Parapeto de estribo A2 (lado de aguas arriba)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Principales varillas de acero del parapeto torcidas en la parte marcada con un círculo O 				
No. de foto	A2-3	Tipo de daño	Deformación	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Zapata soporte de estribo A2	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las zapatas soporte de ambos lados, aguas arriba y abajo, deformadas hacia fuera. - El desplazamiento residual es de 10mm en el lado de aguas arriba, y 14-15mm, en el lado de aguas abajo. 				

No. de foto	A2-4	Tipo de daño	Desplazamiento y roturas	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Mecanismo de control de movimiento de A2	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo principal del mecanismo de control de movimiento quedó inclinado y parte del hormigón de la franja superior se ha desprendido. 				
No. de foto	A2-5	Tipo de daño	Deformación y desplazamiento	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Zapata soporte A2 (lado de aguas arriba)	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La fuerza de inercia del sismo desplazó el cuerpo de caucho de la zapata, desalojándolo de la plancha de acero superior. 				
No. de foto	A2-6	Tipo de daño	Deformación	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Zapata soporte A2 (lado de aguas abajo)	Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gran deformación hacia fuera (dirección aguas abajo) 				

No. de foto	A2-7	Tipo de daño	Deformación (inclinación)	Profundidad del daño: Extremadamente grande
Nombre de componente	Parapeto de estribo A2	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- El choque de la superestructura provocó daños en el parapeto, dejándolo inclinado hacia atrás. Ángulo de inclinación $\theta = 1.28$ grados			
No. de foto	A2-8	Tipo de daño	Deformación, fractura y pérdidas por rotura	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Junta de dilatación A2	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Caucho de la junta muy deformado y parcialmente fracturado. - El hormigón instalado posteriormente también está intensamente desgastado y quebrado y algunas varillas de acero expuestas a la intemperie.			
No. de foto		Tipo de daño		Profundidad del daño:
Nombre de componente		Nivel de daño		Extensión del daño:
Relación con otros daños:				

No. de foto	R-1	Tipo de daño	Ruptura	Profundidad del daño: grande
Nombre de componente	Baranda	Nivel de daño	e	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Algunas rejas verticales de la baranda están fracturadas por choque de vehículo.			
No. de foto	R-2	Tipo de daño	Bache	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Pavimentación	Nivel de daño	d	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Se observa un bache en el carril próximo a la acera entre P1 y P2. - El bache tiene 40 mm de Profundidad dejando descubierta la losa de la superestructura.			
No. de foto	R-3	Tipo de daño	Rodada profunda	Profundidad del daño:
Nombre de componente	Pavimentación	Nivel de daño	b	Extensión del daño:
Relación con otros daños:				
Nota:	- Cerca de pila P2 se observan profundas rodadas producidas por deterioro debido a transcurso del tiempo y al tráfico pesado.			

Anexo-4 Datos del estudio de tráfico

Punto de observación No.1: A 2km de Choloma hacia Cortes							
Ítem del estudio	Tipo de vehículo	Turismo	Pick-up	Bus	Camión de dos y tres ejes	Trailer	Total
	Fecha y hora de observación	14 (domingo) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm					
Dirección observada	Puerto Cortes⇒San Pedro Sula	2,381	2,774	831	127	542	6,655
	San Pedro Sula⇒ Puerto Cortes	2,480	2,955	1,021	275	342	7,073
Total de vehículos		4,861	5,729	1,852	402	884	13,728
Fecha y hora de observación	15 (lunes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Puerto Cortes⇒San Pedro Sula	3,365	4,220	861	702	1,017	10,165
	San Pedro Sula⇒Puerto Cortes	3,887	4,666	1,482	864	918	11,817
Total de vehículos		7,252	8,886	2,343	1,566	1,935	21,982
Fecha y hora de observación	16 (martes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Puerto Cortes⇒San Pedro Sula	3,356	4,045	822	864	1,047	10,134
	San Pedro Sula⇒Puerto Cortes	3,480	4,115	1,128	890	1,181	10,794
Total de vehículos		6,836	8,160	1,950	1,754	2,228	20,928

Punto de observación No.2: Nuevo puente Democracia							
Ítem del estudio	Tipo de vehículo	Turismo	Pick-up	Bus	Camión de dos y tres ejes	Trailer	Total
	Fecha y hora de observación	14 (domingo) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm					
Dirección observada	Progreso⇒San Pedro Sula	2,364	1,748	460	178	59	4,809
	San Pedro⇒Progreso	2,191	1,727	468	159	49	4,594
Total de vehículos		4,555	3,475	928	337	108	9,403
Fecha y hora de observación	15 (lunes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Progreso⇒San Pedro Sula	2,427	2,600	529	590	207	6,353
	San Pedro⇒Progreso	2,085	2,420	513	698	236	5,952
Total de vehículos		4,512	5,020	1,042	1,288	443	12,305
Fecha y hora de observación	16 (martes) de febrero de 2010, 6:00am - 6:00pm						
Dirección observada	Progreso⇒San Pedro Sula	2,499	2,531	564	596	252	6,442
	San Pedro⇒Progreso	2,211	2,387	539	647	244	6,028
Total de vehículos		4,710	4,918	1,103	1,243	496	12,470