



OBRAS DE PASO – PUESTA EN SERVICIO

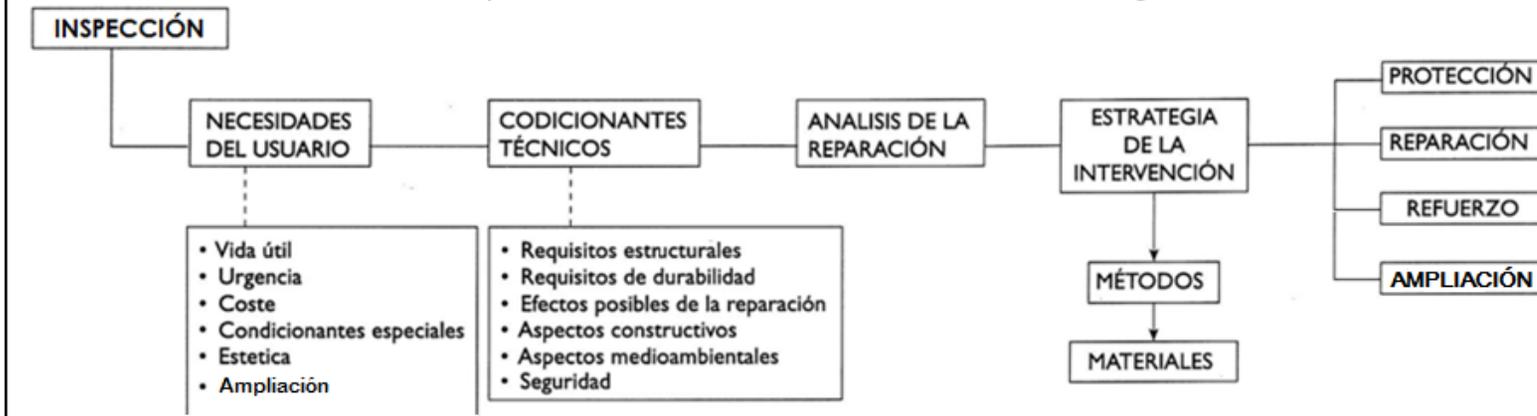
Universidad de la República – Curso: 2024

Obra de paso en funcionamiento

Las estructuras de hormigón son susceptibles a sufrir durante su vida de servicio diversas incidencias que pueden hacer necesaria una intervención, más o menos enérgica, con objeto de:

- Prolongar su vida útil (**conservación y mantenimiento**).
- Reponer su capacidad mecánica original (**reparaciones**).
- Incrementar la capacidad mecánica original (**refuerzo**).
- Aumentar sus prestaciones (**ampliación y refuerzo**).

La definición de qué tarea realizar obedece a lo recogido en un completo **análisis e inspección** del estado del puente. Una vez realizado, la entidad administradora deberá definir qué acciones se efectuarán con el objetivo de extender la durabilidad de la obra y mantener o aumentar el nivel de seguridad de la misma.



Inspecciones

Es el conjunto de acciones de gabinete y campo, desde recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post-construcción, inspecciones previas, etc.) hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado.

La inspección de un puente tiene dos objetivos:

- Seguridad: Asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura.
- Mantenimiento: Detectar las deficiencias existentes, recomendando acciones para corregirlas.

Los tipos de inspección son:

- Inspección básica o rutinaria (c/15 meses).
- Inspección principal (c/5 años).
- Inspección especial.



Inspecciones

Generalmente es ventajoso emplear un procedimiento sistemático, es decir seguir una rutina de inspección en todos los puentes. Los inspectores son la fuente principal para identificar las necesidades de acción por lo que las cuadrillas de personal de mantenimiento y el cuerpo de inspectores de puentes deben trabajar en coordinación.



**¿QUÉ SE INSPECCIONA
Y CÓMO? ¿QUÉ
ELEMENTOS SE
REQUIEREN?**

Inspecciones

El rol del Ingeniero Inspector es el de proveer información amplia y detallada sobre el estado del puente documentando en el **informe de inspección** sus condiciones y deficiencias, alertando sobre los riesgos que sus hallazgos tengan en la seguridad del usuario y la integridad de las estructuras, debiendo estar constantemente alerta para que los pequeños problemas no se conviertan en costosas reparaciones. A su vez, puede sugerir acciones para corregir las deficiencias o impedir el incremento de estos defectos.



Inspecciones

Informe de inspección

En él figurará la descripción de la obra de paso, de los elementos registrados y de los defectos existentes, mediciones destacadas que puedan ser útiles para posteriores análisis, diagramas y/o fotografías de los elementos estructurales y funcionales, croquis o planos con la localización exacta de las fallas encontradas, etc.

OBRA DE ARTE		PARTIDO DE		ZONA	
CAMINO		CRUCE / VÍA DE AGUA			
UBICACIÓN	DESDE	FECHA DE INSP.	INSPICIONADO POR		
	Km				
TIPO ESTRUCTURAL	Nº TRAMOS	LUZ TOTAL [m]	LUCES PARCIALES [m]		
SUPERESTRUCTURA					
E: BUENO ESTADO R: REGULAR M: MALO					
CALZADA		VIGAS		APOYOS	
Ancho: ___ m					
TABLERO	ESTADO	CAPA DE DESGASTE	ESTADO	LONGITUDINALES	ESTADO
				CANTIDAD: _____	
				CADA TRAMO	
				ESTADO	
HORMIGON		HORMIGON		Hº ARMADO	
LOSETAS - VIGUETAS		ASFALTO		Hº PRETENSADO	
HIERRO		GRANITULLO		HIERRO PN _____	
MADERA		TIERRA		MADERA	
OTRO:		OTRO:		OTRO:	
JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	ESTADO	BARANDAS VEHICULARES Y PEATONALES	ESTADO	GUARDA RUEDA	ESTADO
				Ancho: ___ m	
LONGITUDINALES		VEHIC. Hº ARMADO		HORMIGON	
TRANSV EN TRAMOS		VEHIC. METÁLICA		HIERRO	
TRANSV EN ACCESOS		PEATONAL Hº Aº		MADERA	
OTRO:		PEATONAL METAL		OTRO:	
VEREDAS	ESTADO	DESAGÜES	ESTADO		
		± _____ cm			
		Sep _____ m			
Hº ARMADO		P.V.C.			
HIERRO		Hº GALVANIZADO			
MADERA		SALENTE INFERIOR SI			
OTRO:		NO			

Inspecciones

Informe de inspección

INFRAESTRUCTURA				ESTADO		ACCESOS			
				B BUENO R REGULAR M MALO					
ESTRIBOS	ESTADO	PILARES	ESTADO	MUROS DE VUELTA O ALA	ESTADO	PROTECCIÓN TALUDES	ESTADO	LOSAS DE APROXIMACIÓN	ESTADO
MAMPOSTERIA		MAMPOSTERIA		MAMPOSTERIA		PIEDRA		LARGO _____ m	
H ^o ARMADO		H ^o ARMADO		H ^o ARMADO		LOSETAS PREFAB		ANCHO _____ m	
HIERRO		HIERRO		HIERRO		H ^o A ^o " IN SITU "			
MADERA		MADERA		MADERA		NINGUNO			
OTRO:		OTRO:		OTRO:		OTRO:			
INFORMACIÓN DE DETALLE				SI	NO	NI	¿DÓNDE?	NI: NO INSPECCIONADO	
ASENTAMIENTOS Y/O DEFORMACIONES EXCESIVAS				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
GRIETAS Y/O FISURAS				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
ARMADURA A LA VISTA				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
TIPO DE FUNDACION DIRECTA (BASES-ZAPATAS)				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
TIPO DE FUNDACION INDIRECTA (PILOTES-POZOS)				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
SOCAVACIÓN EN FUNDACIONES				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
EROSIÓN EN TERRAPLENES DE ACCESO				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
REQUIERE LIMPIEZA DE CAUCE				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
OBSERVACIONES									

Inspecciones



Inspecciones



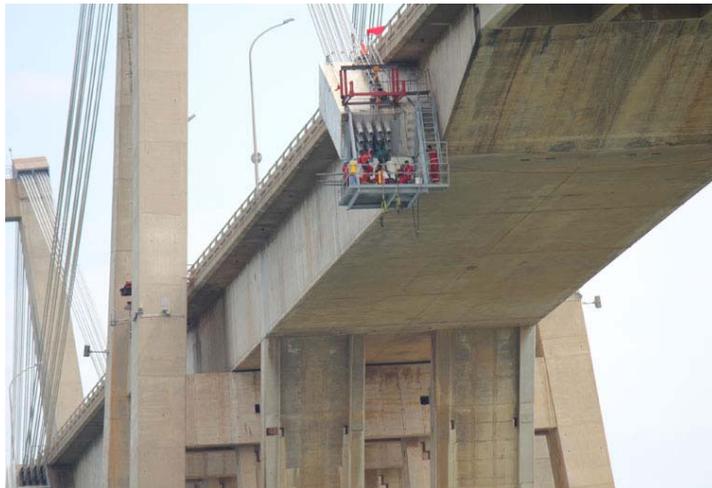
Conservación y mantenimiento

Son aquellas acciones básicas que se realizan cada cierto tiempo que buscan conservar en correcto funcionamiento a los elementos que conforman la obra, en especial los de menor vida útil. Pueden resolverse con planos tipo, bastando una lista de tareas, cálculos métricos y especificaciones. Por ejemplo:

- Barandas: Limpieza, pintura, colocación, reparación o reemplazo.
- Desagües: Colocación, prolongación o desobstrucción.
- Juntas: Colocación o reemplazo.
- Carpeta asfáltica: Fresado, reconstrucción y sellado de fisuras.
- Losa de acceso y revestimientos: Reparación o reemplazo.
- Canalización y limpieza de cauce.
- Taludes erosionados: Relleno y reconfiguración.



Conservación y mantenimiento



Conservación y mantenimiento



**¿QUÉ ELEMENTOS
SE UTILIZAN PARA
REALIZAR ESTAS
TAREAS?**

Conservación y mantenimiento

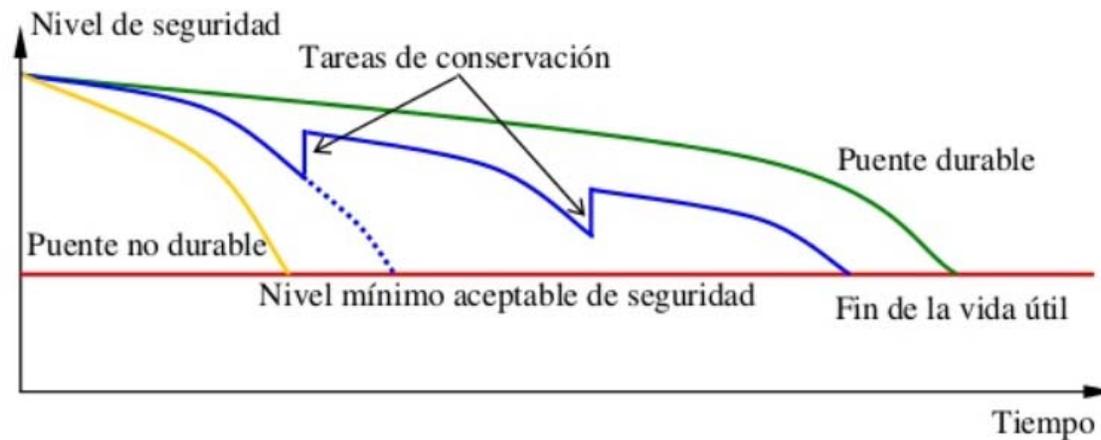
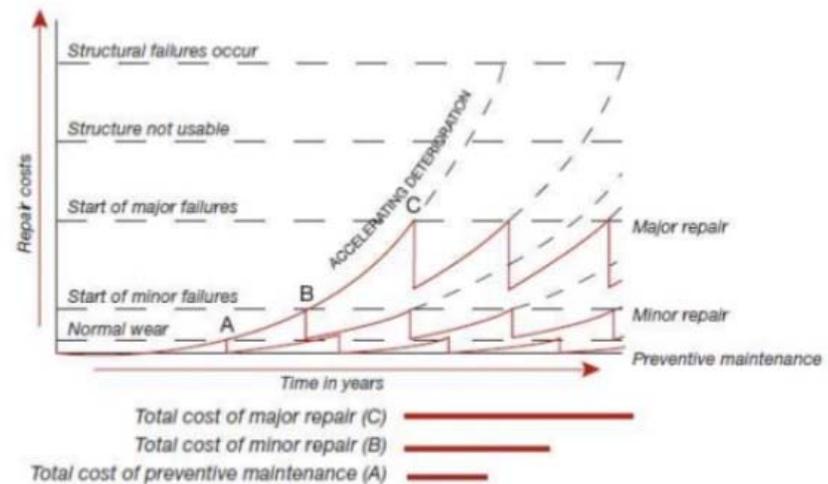
El personal de mantenimiento por sus labores permanentes en el campo, puede observar defectos o exponer problemas que no observó el Ingeniero Inspector de puentes, que pueden convertirse en una situación de riesgo o ser causa de un problema futuro, debiendo informar a fin de que se disponga de una Inspección Específica de dicho puente.

Nuevamente, mejores resultados se obtienen cuando el personal de mantenimiento y el Inspector trabajan en forma conjunta y coordinada.



Conservación y mantenimiento

Respecto al costo de las intervenciones es muy importante saber actuar en el momento adecuado. Los costos aumentan demasiado con el tiempo, pasando de un mantenimiento meramente preventivo a un mantenimiento correctivo.



Reparaciones y refuerzos

La tarea de **reparación** de obras de paso se ve motivada por los siguientes temas:

- Patologías: Afectan las condiciones de durabilidad.
- Accidentes: Impactos vehiculares, de embarcaciones o ferroviarios.

La tarea de **refuerzo** se debe a cuestiones:

- Funcionales: Se modifica el tipo de uso del puente.
- De cargas: Se deben considerar nuevos trenes de carga debido a que se modifica el tipo de vehículos que circulan por encima y las cargas que transportan.
- De materiales: Características poco adecuadas respecto al proyecto, por utilización de dosificaciones incorrectas, problemas de ejecución, falta de mantenimiento, etc.

Reparaciones y refuerzos

A la hora de realizar una reparación o refuerzo es esencial contar con:

- La existencia de un proyecto que obedezca a una metodología correcta.
- Una intervención que detenga y/o elimine las causas del problema, no los síntomas. No realizar simples operaciones de cosmética, sino detectar la causa que originó el problema en cuestión.
- El estudio adecuado de los materiales a añadir y de su compatibilidad con los de la obra existente. Estudiar coeficientes de dilatación térmica, módulos de elasticidad, adherencia, propiedades reológicas, comportamiento frente al tipo de exposición ambiental, etc.
- El estudio del comportamiento tensional en servicio de las zonas a reparar así como el procedimiento y esquema estructural a seguir durante la ejecución.

Reparaciones

Patologías

Según J. Calavera, “las situaciones que se presentan en los procesos patológicos son muy variadas y también lo son las ciencias y técnicas disponibles para estudiar las causas, medir la gravedad de los daños, establecer el diagnóstico, fijar la posible necesidad de rehabilitación y refuerzo y proyectar y realizar estas operaciones. Especialmente a la hora de definir las operaciones necesarias para devolver a la estructura su estado inicial para que fue proyectada, es muy importante tener ciertas nociones del origen de los daños”.



Reparaciones

Fisuración

La aparición de **fisuras** en las estructuras de hormigón constituye una de las patologías más frecuente. Puede tratarse únicamente de un problema de índole estético o ser síntoma de una grave situación estructural:

TRACCIONES EN EL
H° QUE SUPERAN
VALORES
RESISTENTES



¿CAUSAS?

APARICIÓN
DE FISURAS



INGRESO DE
SUSTANCIAS
AGRESIVAS HACIA EL
INTERIOR DEL H°

(Humedad, CO₂, Mat.
disueltos contenidos en
suelos, Cloruros)



PROBLEMAS
DE
DURABILIDAD



REPARACIONES PARA
REHABILITACIÓN

Estudiar:

- Causa del problema
- Estabilidad de la reparación en el tiempo



Reparaciones

Fisuración

Los factores básicos que condicionan la selección del tratamiento de las fisuras pueden resumirse en:

- Naturaleza de las fisuras: Activas o inactivas (cuando su ancho permanece constante a lo largo del tiempo).
- Geometría de las fisuras: Ancho y profundidad.
- Condición de humedad en la fisura.
- Estado de solicitaciones a las que va a estar sometida la estructura en el futuro.



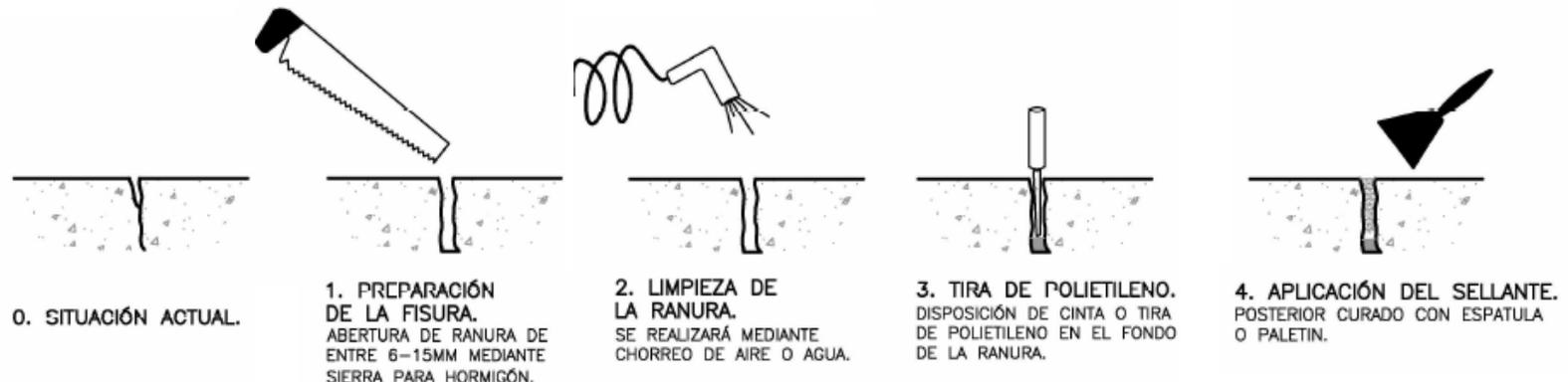
Reparaciones

Fisuración

Como regla general, se **inyectarán** aquellas fisuras que no sea previsible que sufran movimientos en el futuro, mientras que para el resto de los casos se optará por una estrategia de **sellado**.

Sellado de fisuras

El sellado puede consistir en la aplicación de una banda elástica que puentee la fisura, o bien puede contemplar la penetración de una masilla elástica capaz de absorber los movimientos que sean previsible en la fisura. Previamente, debe garantizarse una buena calidad del hormigón en las inmediaciones de la fisura a tratar, así como una buena adherencia del producto aplicado. Para ello, se procurará que esté sano, limpio y seco.



Reparaciones

Fisuración

Inyección de fisuras

Tras la limpieza previa de la fisura, se procederá a la colocación de los inyectores, al sellado de la fisura y, finalmente, a la inyección propiamente dicha.

La inyección puede ser parcial o completa.

Para fisuras menores a 6 mm de ancho, los productos de inyección son resinas epoxi que presentan las siguientes propiedades: baja viscosidad, mínima retracción, excelente adherencia y rápido endurecimiento.

Para fisuras de mayor ancho empiezan a ser importantes los materiales cementosos tipo grout.



Reparaciones

Fisuración

Inyección de fisuras



VER VIDEO

Reparaciones

Impactos, corrosión y otras patologías

Cuando hay fallos de durabilidad por corrosión u otras patologías o existió el impacto de un vehículo en una obra de paso, es necesario la reposición o el recrecido de secciones de hormigón, mediante el aporte de un nuevo material que sea capaz de proporcionar las características físico-mecánicas adecuadas para solventar el problema planteado.



Reparaciones

Impactos, corrosión y otras patologías

El método de reparación a seguir es:

- **Saneado del hormigón dañado:** Eliminación del hormigón no sano con medios mecánicos (picado, cepillado, etc.) y chorro de arena.
- **Limpieza y pasivación de las armaduras:** Para eliminar los restos de óxido en las armaduras se aplicará chorro de arena o medios mecánicos (cepillos o lijas). Para proteger la armadura se usan revestimientos protectores. En otros casos, se sustituyen las armaduras corroídas por otras nuevas.
- **Recuperación de la sección de hormigón:** Intervienen los morteros y hormigones de reparación u hormigón proyectado.
- **Protección de las superficies reparadas.**



Reparaciones

Impactos, corrosión y otras patologías

Los morteros de reparación pueden clasificarse en:

- Morteros y hormigones hidráulicos: Son los convencionales. El hormigón se emplea siempre que las dimensiones lo permitan.
- Morteros hidráulicos poliméricos: Morteros hidráulicos con la adición de polímeros. Presentan mejor adherencia al soporte, mayor compacidad y resistencia a flexotracción.
- Morteros poliméricos termoestables: Con epoxi o resinas de poliéster. Confieren muy buenas propiedades mecánicas. Tienen mayor precio y se usan para reparaciones de menor volumen.



Reparaciones

Impactos, corrosión y otras patologías

En los morteros de reparación u hormigón empleado la relación agua/cemento debe ser muy baja. Suele ser recomendable el uso de aditivos plastificantes que permitan una puesta en obra adecuada. Asimismo, requieren una película de imprimación que garantice la adhesión con el hormigón viejo, salvo los poliméricos termoestables con resinas de poliéster.

En aquellas ocasiones en las que, tras las operaciones de saneado, limpieza y pasivación de las armaduras, el volumen de hormigón a reponer sea importante, puede ser interesante recurrir al empleo de hormigón vertido o proyectado.



Refuerzos

A veces, se presenta la necesidad de incrementar la capacidad portante de un elemento, porque sus características mecánicas son inadecuadas o porque un cambio de uso condiciona las cargas superiores. En estos casos, es necesario proceder al refuerzo del elemento estructural y para ello pueden plantearse diferentes alternativas:

- Sustitución de un hormigón de mala calidad por uno de mejores características resistentes, manteniendo las secciones existentes.
- Recrecido de secciones para mejorar la capacidad portante del elemento.
- Aporte de nuevas armaduras embebidas dentro de la sección existente de hormigón que permita soportar los esfuerzos.
- Aporte de nuevos elementos resistentes como armaduras en forma de chapas de acero o fibras de carbono vinculadas a la superficie del hormigón existente.
- Otras técnicas: Pretensados exteriores, etc.

Refuerzos

Sustitución de un hormigón por otro de mejor calidad

Procedimiento no muy habitual, con semejantes consideraciones que reparación de estructuras dañadas por impactos, corrosión o distintas patologías.

Recrecido de secciones

Consiste en lograr el incremento de la capacidad mecánica del elemento, mediante el aumento de sus dimensiones con un hormigón de buena calidad. Generalmente, este sistema conlleva también el aporte de nueva armadura que se integra en la nueva sección. Es conveniente ejecutar un escarificado entre el hormigón nuevo y el antiguo, de manera que mejore la transmisión de esfuerzos.

El espesor mínimo a recrecer mediante este procedimiento será:

- 5 cm en el caso de hormigón proyectado.
- 10 cm en el caso de hormigón con encofrado convencional.

Refuerzos

Refuerzo con chapas

Permite reforzar algunos elementos, tanto en su capacidad a flexión como al cortante. En este tipo de técnica, es básica la calidad que se logre en la unión entre las chapas y el hormigón.

Proceso a seguir:

- Preparación de la superficie: Debe estar plana, limpia, sin defectos y con unas características mecánicas adecuadas.
- Preparación de las chapas: Deben estar limpias y tratadas frente a la corrosión.
- Aplicación del adhesivo (resina epoxi) entre la chapa y el hormigón y/o conectores.
- Colocación de la chapa y aplicación de presión sobre las mismas.



Refuerzos

Refuerzo con chapas

Ventajas	Desventajas
Rapidez y sencillez.	Superficie de encolado plana.
Pequeños cambios en dimensiones del elemento.	Temperaturas de trabajo limitadas a 70°C.
Versatilidad frente al tipo de esfuerzos.	Posibilidad de corrosión de las chapas.
	Mano de obra muy especializada.
	Estructuras pesadas en algunas situaciones que exigen longitudes máximas (6 a 8 m) y espesores máximos (5 mm) para no dificultar transporte, manejo y colocación.

Refuerzos

Refuerzo con fibras de carbono

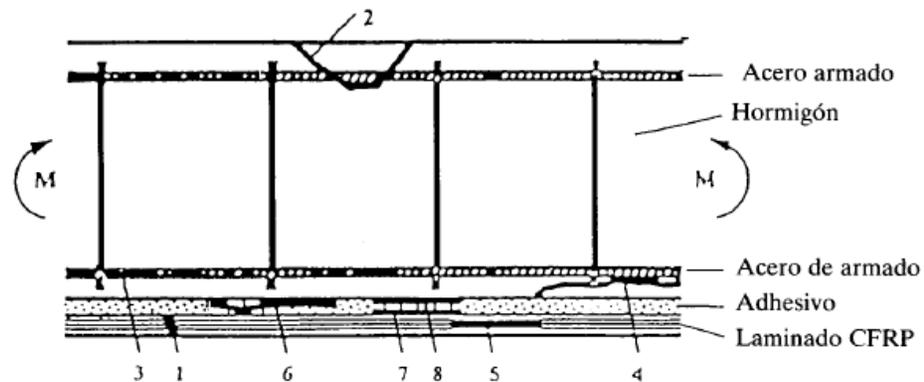
Buscando evitar las desventajas de la utilización de chapas de acero, recientemente han aparecido nuevos materiales basados en el fibra de carbono aplicables al refuerzo de estructuras.



Ventajas	Desventajas
Resistentes a la corrosión.	Alto precio del material.
Reducida densidad frente al acero.	Modos de rotura frágiles de no proyectarse adecuadamente.
Fácil transporte (en rollos de hasta 300 m), maniobralidad y facilidad en ejecución.	
Se evitan juntas.	

Refuerzos

Refuerzo con fibras de carbono



- | | |
|--|---|
| 1: Rotura a tracción del laminado. | 5: Rotura interlaminar del laminado. |
| 2: Rotura por compresión en el hormigón. | 6: Rotura de la película adhesiva. |
| 3: Plastificación del acero de armado. | 7: Rotura adherencia (superficie CFRP). |
| 4: Rotura a tracción del hormigón. | 8: Rotura adherencia (superficie hormigón). |

Refuerzos

Refuerzo con fibras de carbono



VER VIDEO



Ampliación y refuerzo

La ampliación de los puentes es un procedimiento de adaptación geométrica de la estructura y elementos funcionales de la obra de paso. Puede implicar el aumento del ancho de calzada o banquetas, el agregado de barreras de contención, la incorporación de aceras, entre otros.

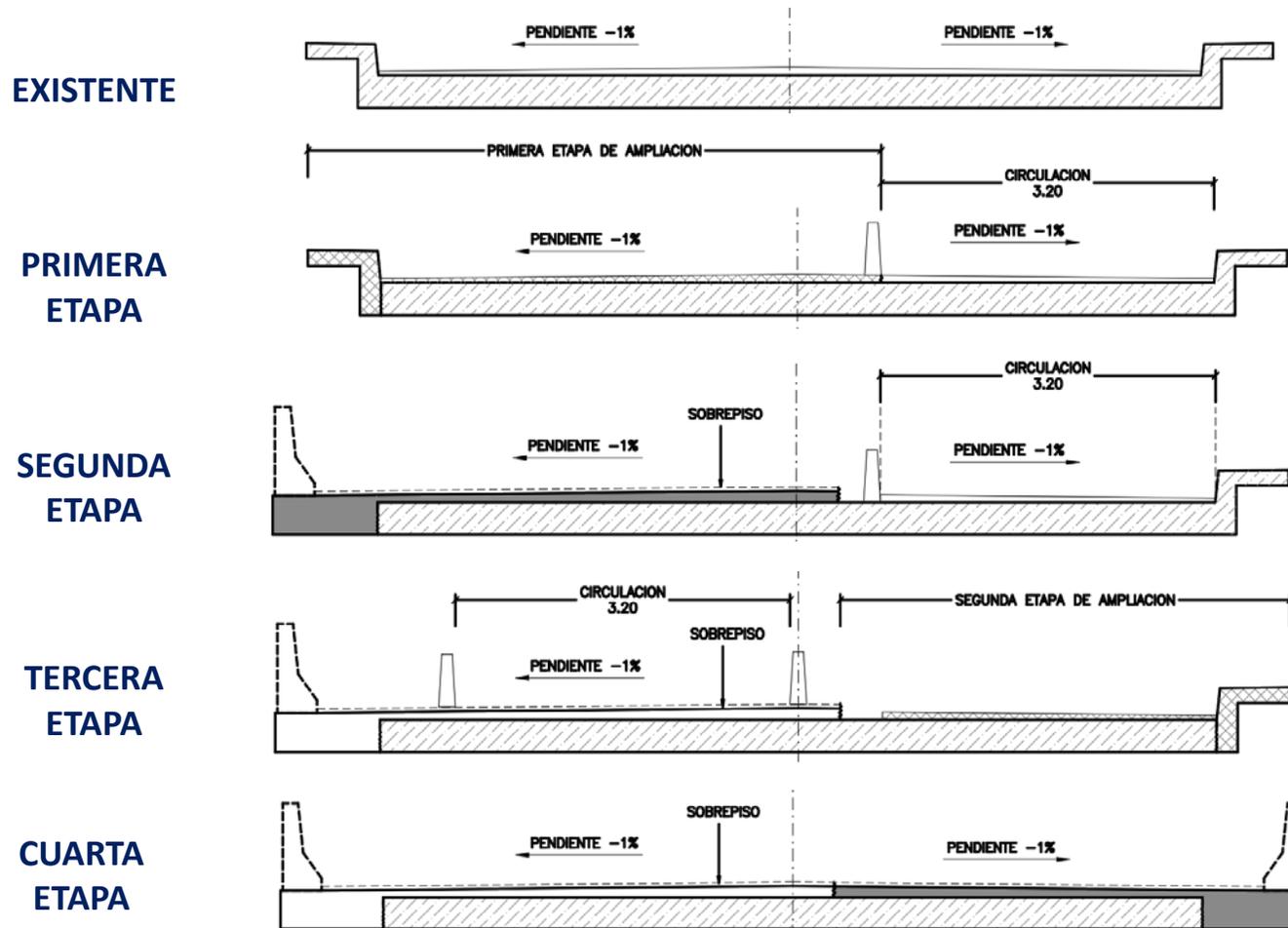
Esto se puede deber a:

- Aumento en el tráfico sobre el puente.
- Adaptación de la geometría vial transversal del puente a la global de la carretera.
- Necesidad de añadir espacios para circulación peatonal y/o ciclista al estar próximo a centros urbanos.

Dado que las estructuras originales fueron proyectadas para otras cargas permanentes y de uso, la tarea de ensanche de puentes suele ir acompañada del refuerzo de los elementos estructurales existentes.

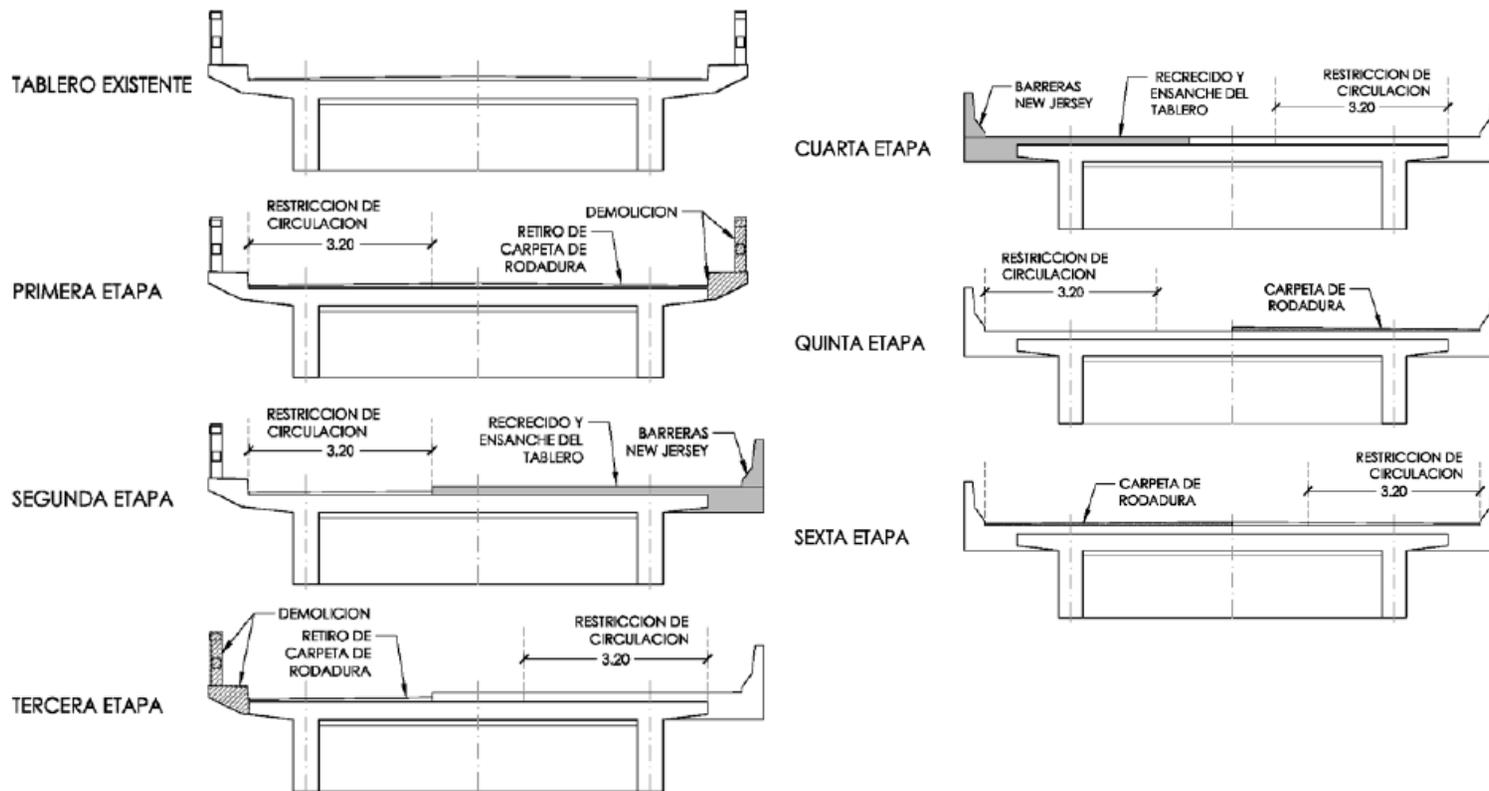
Ampliación y refuerzo

Ampliación de tableros de puente losa



Ampliación y refuerzo

Ampliación de tableros de puente viga



Ampliación y refuerzo

Refuerzo de infraestructura

Al realizar la ampliación y refuerzo, es muy probable que los elementos estructurales de la infraestructura no verifiquen las nuevas solicitaciones. Se puede, y en ocasiones se debe, modificar el funcionamiento general de la estructura. Para ello, se puede optar por:

- Generar monolitismo en el tablero, eliminando juntas existentes.
- Generar monolitismo con la infraestructura.
- Vincular el tablero a los estribos y/o a las losas de acceso (puentes integrales).
- Agregar nuevas cimentaciones o reforzar las existentes.

Tener presente que estas soluciones pueden ajustar el comportamiento estructural antes ciertas acciones (reología, temperatura u otras).

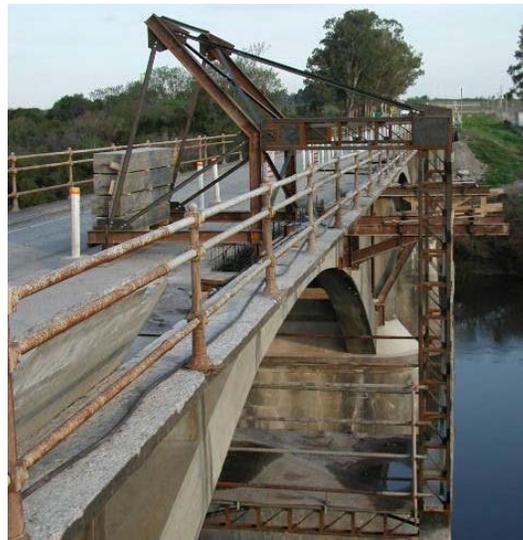
Ampliación y refuerzo



Ampliación y refuerzo



**¿QUÉ TIPO DE
TAREA SE HIZO
Y POR QUÉ?**



*Puente sobre río
Queguay en ruta 3*

Reconstrucción

El reemplazo o reconstrucción se indicará en los siguientes casos:

- Colapso parcial o total.
- Falencias de emplazamiento que afecten seriamente la estabilidad hidráulica o la seguridad vial (puente ubicado próximo a curvas y contracurvas).
- Cuando la suma de acciones de rehabilitación, actualización y mantenimiento no prolongue suficientemente la vida útil del puente, o resulte más onerosa que su reemplazo por una obra nueva.



Reconstrucción



Reconstrucción



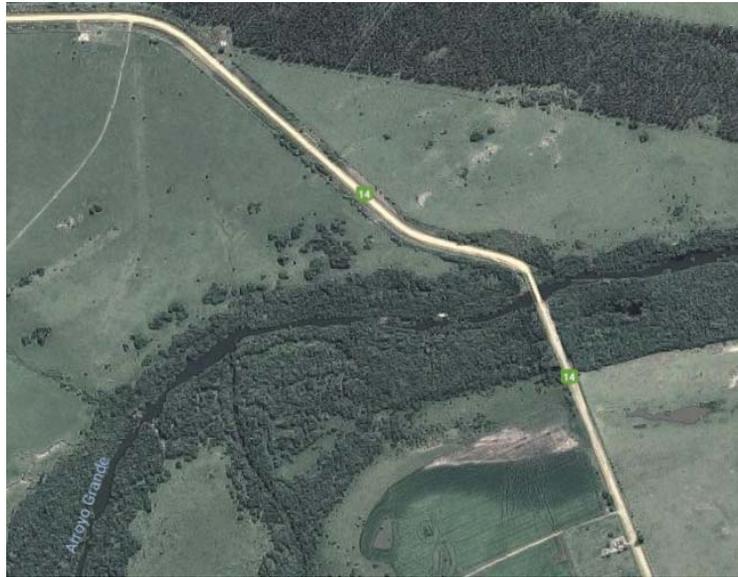
Puente sobre Canal Andreoni



¿QUÉ SE HIZO EN ESTE CASO?



Reconstrucción



¿QUÉ OCURRE EN ESTE CASO?

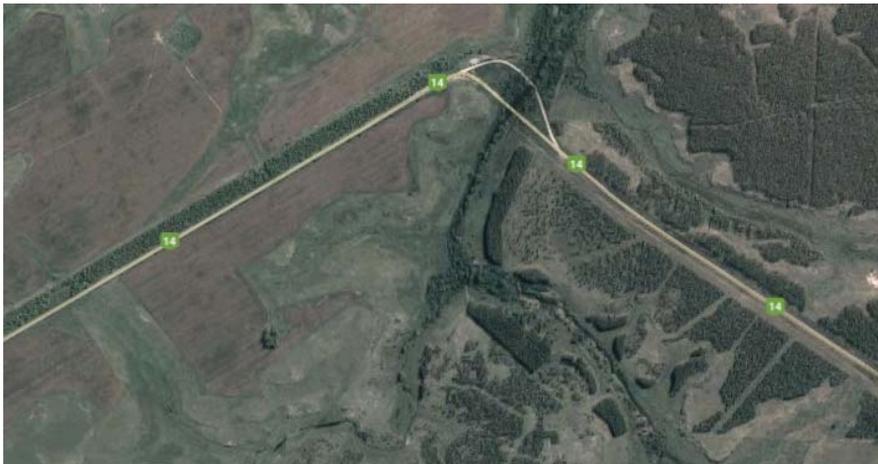
Puente sobre Arroyo Grande en Ruta 14

Reconstrucción

Puente sobre Arroyo Vera en Ruta 14



**BUSCAR OTROS EJEMPLOS
DE PUENTES EN URUGUAY
CON LA MISMA SITUACIÓN
QUE LOS PUENTES
MENCIONADOS EN RUTA 14**



Bibliografía

- Manual para inspecciones rutinarias de puentes y alcantarillas en servicio. Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires.
- Guía para Inspección de Puentes. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transporte y Comunicaciones de la República del Perú.
- Rehabilitación de estructuras de hormigón: técnicas y sistemas. Fernando Rodríguez García.
- Refuerzo de estructuras de hormigón con materiales compuestos con fibra de carbono. Aplicación al puente de Dragó, Barcelona. MSc. Ing. María Dolores Gómez Pulido y Dr. Ing. Juan A. Sobrino Almunia.
- Concrete Repair Guide. American Concrete Institute ACI Report 546R-96.
- Rehabilitación: Fisuras en el Concreto Reforzado. Sika.
- Material de Fernando Sima de la materia Puentes de la Universidad de la República Oriental del Uruguay. Año 2014.