

MONOGRAFÍA **26**

M

Sistemas de reparación y protección de estructuras de hormigón con corrosión

Grupo de trabajo 4/1
"Sistemas de Reparación y
Protección para garantizar
la durabilidad de
estructuras existentes"

Esta edición ha sido patrocinada por las Empresas y Entidades siguientes:

ARPHO

BASF

CEDINOX

CIN PROTECTIVE COATINGS

COMPOSAN

FOSROC

FREYSSINET

GRUPOPUMA

HEMPEL

PROPANSA

RTH

SIKA

TECNALIA

WWI PROCAT

Asociación Científico-técnica del Hormigón Estructural

Edita:

ACHE (Asociación Científico-técnica del Hormigón Estructural)

I.S.B.N. 978-84-89670-83-9

D. Legal: M-23817-2015

Imprime: Fiselgraf, S.L.

“Aunque la Asociación Técnica del Hormigón Estructural (ACHE) ha hecho un gran esfuerzo por asegurar que toda la información contenida en este documento es correcta y precisa, ACHE, sus miembros y sus trabajadores no aceptan responsabilidad alguna por daños y/o perjuicios de cualquier clase que pudiera originar el uso y aplicación del contenido de esta publicación. Las publicaciones de Ache están redactadas para ser utilizadas por técnicos con capacidad para evaluar su contenido y por tanto cada lector asume la responsabilidad del uso de la información incluida en el presente documento.”

“Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o distribuirse de ninguna forma, ni por ningún medio sin la previa autorización por escrito de ACHE”

5.9. Armaduras de acero inoxidable

5.9.1. Introducción

El acero inoxidable presenta una excelente resistencia a la corrosión en ambientes de especial agresividad, lo que ha llevado a que en los últimos años se esté fabricando armadura de acero inoxidable deformada en frío y en caliente, siendo su fabricación muy similar a la del acero al carbono. Este material presenta un precio inicial mayor que el de las armaduras de acero convencional que, sin embargo, quedaría compensado por las mayores vidas en servicio y menores costes de mantenimiento y reparación que aporta a las estructuras de hormigón.

Las armaduras de acero inoxidable se plantean y usan tanto para nuevas estructu-

ras como para reparación o modificaciones de estructuras existentes. Este material, disponible en aleaciones de diferente composición, ha tenido un gran desarrollo en los últimos años, buscando adecuar el tipo de acero a las condiciones ambientales de exposición y al tipo de estructura con el fin de ajustar el tipo de acero y coste del mismo a las prestaciones necesarias.

El uso del acero inoxidable puede estar muy justificado como opción de reparación y sustitución de la armadura de elementos dañados que sufran una importante corrosión, sobre todo en ambientes con cloruros. El objetivo es evitar repetir reparaciones similares. Las armaduras de acero inoxidable pueden considerarse a su vez para casos de modificaciones estructurales y trabajos de refuerzo así como para reparación de estructuras con difícil acceso y mantenimiento. Cuando se emplea armadura de acero inoxidable para reparación es muy común sustituir parcialmente el armado de acero dañado como armaduras más exteriores, estribos, uniones entre elementos etc., ya que estas son las zonas más críticas desde el punto de vista de la durabilidad.

5.9.2. Producción de armaduras de acero inoxidable

Para la aplicación en estructuras de hormigón se han desarrollado armaduras corrugadas de acero inoxidable de tipo ferrítico, austenítico y austenoferrítico (aceros duplex) capaces de cumplir los requisitos respecto a resistencias mecánicas y de deformabilidad exigibles en construcción (Nurnberger 2008 [110]).

La composición del acero es importante para lograr las propiedades mecánicas exigibles para el acero de armar. Así, el carbono y el nitrógeno están limitados para evitar endurecimientos desde la fase austenítica después del enfriamiento. Las armaduras se producen finalmente en forma corrugada, con ductilidad y resistencias adecuadas. Las barras son soldables y pueden producirse también en forma de malla soldada. Existen dos métodos de producción en función de las propiedades mecánicas exigibles. La deformación en frío se emplea en los diferentes tipos de aceros inoxidables, ferríticos, austeníticos y dúplex. Con la deformación en frío se consiguen valores más elevados de las características mecánicas y diámetros entre 3 y 14 mm. Mediante deformación en caliente también se fabrican todos los diámetros desde 5 a 50 mm. Se combina la composición química, nitrógeno más alto entre 0.15-0.20 % en el caso de los austeníticos, con un tratamiento termomecánico, consistente en reducir la temperatura y aumentar la reducción de diámetro. Actual-

mente la tendencia es ir hacia diámetros corrugados en caliente ya que presentan una ductilidad superior a los diámetros corrugados en frío. Además, también el coste es inferior en el caso del material corrugado en caliente. Los aceros ferríticos tienen un límite elástico más alto en estado de recocido que los austeníticos, pero por deformación en frío estos últimos aumentan más su límite elástico.

5.9.3. Normativa

En cuanto a normativa ya se ha desarrollado en Inglaterra, BS 6744-01 “Stainless steel bars for reinforcement use in concrete. Requirements and tests methods” [111]. En otros países existen normas de aceptación, como en Alemania, Dinamarca e Italia, aunque estas últimas están basadas en la BS o en los códigos americanos. En España se cuenta únicamente con la norma UNE 36067-94, “Alambres corrugados de acero inoxidable austenítico para armaduras de hormigón armado” [112]. En ella se toma en consideración las características en cuanto al tipo de acero (composición, características mecánicas, etc.), elaboración, fabricación, métodos de ensayo, conformidad etc. En la actualidad se está desarrollando una normativa europea.

5.9.4. Propiedades

Se producen armaduras corrugadas de acero inoxidable con resistencias mecánicas con valores mínimos de 450 N/mm². La norma BS da especificaciones para alcanzar 0,2% límite elástico, Rp0,2 de 500 N/mm² y relación Rm/Rp0,2 de 1,1 en aceros enrollados en caliente y en barras trabajadas en frío. La armadura de acero inoxidable de 500 MPa se puede emplear sustituyendo la armadura de acero al carbono ya que las propiedades del material son equivalentes (BS 6744:2001 + A2:2009 [113], UNE 36067-94, The Highway Agency 2002 [114]).

A pesar de que el coeficiente de dilatación térmica del acero inoxidable puede ser en algún caso superior al del hormigón (en la tabla 5.11 se resumen los coeficientes de dilatación térmica para los distintos tipos de acero inoxidable), no se han manifestado efectos negativos en el comportamiento general del elemento.

Material	Coefc. De dilatación térmica (20-100°C)
Austeníticos	16,0x 10 ⁻⁶
Ferríticos	10,4x 10 ⁻⁶
Dúplex	13,0x 10 ⁻⁶

Tabla 5.11. Coeficiente de dilatación térmica

Los aceros inoxidable corrugados presentan características a fatiga superiores a los aceros corrugados convencionales debido a los altos valores mecánicos obtenidos. En este sentido, el acero corrugado inoxidable debe pasar los ensayos de fatiga exigidos en la norma BS 6744 [111], cuyos valores se reflejan en la tabla 5.12. El ensayo se efectúa con una frecuencia inferior a 120 Hz y en máquina de tracción uniaxial. Las probetas deben superar 5 millones de ciclos.

Díámetro (Φ), mm	Amplitud, Mpa
≤ 16	200
$16 < \Phi \leq 20$	185
$20 < \Phi \leq 25$	170
$25 < \Phi \leq 32$	160
$32 < \Phi \leq 40$	150

Tabla 5.12. Valores de fatiga exigidos en la norma BS 6744 [111].

La respuesta al doblado es posible siguiendo las instrucciones de los criterios especificados en las normas en cuanto a radio de doblado y tipo de armado y solape. Para el fijado se considera similar a la armadura de acero al carbono, igualmente para los requisitos de anclaje y solapado. Respecto a la soldadura en obra se debe tener cuidado con las ZAT o zonas afectadas térmicamente. En ambos lados del cordón de soldadura, la estructura cristalina del material ha quedado alterada y podrían crearse carburos de cromo y concentrarse en los límites de grano. La concentración de cromo (en forma de carburos) en una zona, supone una debilitación del cromo presente en otra zona que quedará más expuesta al ataque de agentes corrosivos. Para disminuir dichos efectos, habrían de emplear aceros inoxidables tipo “L” (aceros inoxidables con un menor contenido en carbono, como AISI 304L y AISI 316L).

5.9.5. Comportamiento frente a corrosión

Sus propiedades frente a la corrosión se caracterizan porque con un porcentaje de un 12% de cromo el acero se autopasiva. Un aumento del contenido en cromo del acero aumenta su resistencia frente a la corrosión, que puede mejorarse también mediante adiciones de níquel, molibdeno y nitrógeno. Estos elementos son importantes en la respuesta frente a la corrosión por picaduras de los aceros inoxidables (Cochrane 1996 [115], Nurnberger 1993, 1996 y 2008 [116] [117] [110]).

Hay cuatro formas de corrosión del acero inoxidable: 1) corrosión generalizada, 2) corrosión intergranular, 3) corrosión por picaduras y 4) corrosión bajo tensión. El comportamiento del acero inoxidable se contempla desde la perspectiva de estos

cuatro tipos de corrosión. La corrosión generalizada ocurre únicamente si el medio es lo suficientemente ácido, por lo tanto, un acero inoxidable no se puede corroer de forma generalizada en un medio como el hormigón. La capa pasiva es también estable en hormigón carbonatado (Bertolini 1993 [118] y 1996 [119] , Hewitt 1999 [120], Treadaway 1989, Sánchez 2011 [78], Sørensen 1990 [121]).

La corrosión intergranular solamente puede ocurrir como resultado de algún cambio estructural que puede producirse como consecuencia de un proceso de soldeo. La corrosión bajo tensión puede ocurrir cuando se combinan factores como el material, el ambiente y la presencia de un nivel de tensión. Este tipo de corrosión es más probable que ocurra en estructuras de aceros austeníticos soldados cuando están presentes en hormigón carbonatado y elevado contenido de cloruros a elevada temperatura (Hewitt 1999, Nurnbeger 1993) o en aceros inoxidables de alta resistencia mecánica (Recio 2011, Wu 2009 [122]).

La corrosión por picaduras es la forma más común de la corrosión del acero inoxidable en hormigón cuando la concentración de cloruros es elevada. La concentración crítica de cloruros necesaria para iniciar una corrosión por picaduras en acero inoxidable es claramente más elevada que en acero al carbono (Bertolini 1996 [119], Mietz 1997 [70] y 2001, Treadaway 1989 [123]).

En la figura 5.59, se recoge el efecto de la concentración de cloruros para despasiación en la aparición de picadura en función del tipo de acero inoxidable empleado como armadura. En dicha figura 43 se han incluido datos de potencial de picadura en armaduras de acero inoxidable en presencia de cloruros, y además se tiene también en cuenta el efecto del contenido en, Cr, Mo y Ni en el material (Nurnberger 1996 [117]). Se detecta que el potencial de picadura se hace más negativo al aumentar el contenido en elementos aleantes. Para estimar de forma teórica la resistencia frente a la corrosión por picadura de los aceros inoxidables, se utiliza el parámetro “Pitting Resistance Equivalent Number” (PREN), que relaciona el tanto por ciento en masa de los elementos químicos influyentes en la resistencia del acero inoxidable con la susceptibilidad a sufrir corrosión por picadura. Una de las fórmulas más extendidas para calcular el valor PREN es la siguiente:

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3.3 (\% \text{Mo}) + 30 (\% \text{N})$$

A partir de esta fórmula se deduce que cuanto mayor es el valor de PREN mayor es la resistencia a la corrosión por picaduras.

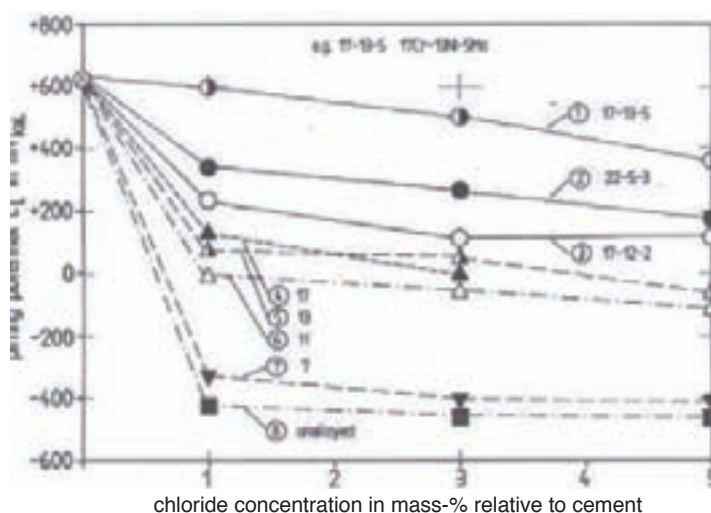


Figura. 5.59 Potencial de picadura en armaduras de acero inoxidable. Influencia de la composición (Nurnberger 2008 [110])

En la figura 5.60 se han resumido los resultados de la literatura respecto al grado de corrosión del acero inoxidable basado en la profundidad de picadura y en la pérdida de peso (Bertolini 1993 [118] y 1996 [119], Nurnberger 1993 [116] y 2008 [110], Sørensen 1990).

steel	concrete Cr M. - % ¹⁾	alkaline				carbonated	
		0	1	2	>2-5	0	2
un alloyed	unwelded						
	welded						
ferritic 12 Cr	unwelded						
	welded						
austenitic 17 Cr - 12 Ni - 2 Mo	unwelded						
	welded						
ferrit. - austen. 22 Cr - 5 Ni - 3 Mo	unwelded						
	welded						

¹⁾ Chloride content in concrete related to cement

none
 moderate
 severe
 very severe corrosion

Figura 5.60. Riesgo de corrosión y profundidad de ataque respecto a las características del acero inoxidable embebido en hormigón (Nurnberger 2008 [110]).

Las armaduras de acero inoxidable pueden emplearse para sustituir total o parcialmente la armadura de acero como armadura más exterior expuesta al ambiente más agresivo o en reparación.

En cuanto al riesgo de formación de par galvánico, en caso de que se establezca algún contacto entre armaduras de acero y acero inoxidable, si ambos están pasivos

el riesgo es muy bajo (Bertolini 1999 [124]). Asumiendo que el uso del acero inoxidable es correcto, por ejemplo el acero inoxidable es recomendable en aquellas zonas donde la penetración del cloruro es esperable, entonces la unión de ambos metales es posible sin problemas y no es necesario aislar ambos tipos de acero del contacto eléctrico cuando se trata de nueva estructura. El hecho de que el acero inoxidable sea un cátodo menos efectivo en hormigón que el acero al carbono hace que las armaduras de acero inoxidable sean muy útiles para aplicar en proyectos de reparación. Cuando parte de la armadura corroída tiene que ser sustituida puede ser una ventaja usar armadura de acero inoxidable ya que es un cátodo con poca actividad. De este modo, el acero inoxidable debe minimizar cualquier posible problema que ocurra entre zonas de interfase corroyéndose y zonas pasivas, según se aprecia en la figura 5.61.

No obstante, a pesar de que el par galvánico es de poca intensidad es recomendable no solapar ambos tipos de metales, en particular si la causa de reparación por corrosión es debida a la presencia de cloruros, dado que zonas con bajo contenido en cloruros en contacto con la armadura de acero que no han manifestado agresividad e inicio de corrosión, al ponerse en contacto eléctrico con la armadura de acero inoxidable podrían activar la corrosión en la armadura de acero al carbono si no se elimina el hormigón contaminado.

Las zonas más críticas con respecto a la corrosión del acero inoxidable son las de soldadura, ya que en ellas el par galvánico puede ser muy activo (Bertolini 1999 [124]).



Figura 5.61. Solape de armaduras de acero al carbono con armaduras de acero inoxidable en el refuerzo del puente Highnam en el Reino Unido

5.9.6. Selección del tipo de material

La adecuada selección del tipo de acero inoxidable es fundamental para lograr las prestaciones óptimas y una adecuada relación prestación/coste.

Dependiendo del tipo de ambiente en el que se encuentre la estructura, podrá seleccionarse el material respecto a las exigencias y especificaciones de la normativa que se detalla a continuación.

CLASE DE EXPOSICIÓN (tablas 8.2.2 y 8.2.3.a de EHE-08)				
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	Acero Resistente a la corrosión recomendado
No agresiva		I	Ninguno	NINGUNO
Normal	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente de los cloruros	EN 1.4003
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	EN 1.4003 EN 1.4301 EN 1.4482
Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	EN 1.4401 EN 1.4362 EN 1.4462
	Sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros	
	En zona de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	IIIc	Corrosión por cloruros	
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros	EN 1.4462
Química Agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	EN 1.4003 EN 1.4301 EN 1.4482
	Media	Qb	Ataque químico	EN 1.4401 EN 1.4362
	Fuerte	Qc	Ataque químico	EN 1.4482 EN 1.4301
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	EN 1.4401 EN 1.4362
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	
Erosión		E	Abrasión cavitación	EN 1.4362 EN 1.4462

Tabla 5.13. Tabla basada en las tablas 8.2.2 y 8.2.3.a -Clases generales y clases específicas de exposición relativas a la corrosión de armaduras de la EHE-08 [2].

El uso de armadura de acero inoxidable puede en determinadas circunstancias relajar las exigencias de durabilidad, como los que se reflejan en la tabla 5.14 (The Highway Agency 2002 [114]).

Condición de diseño	Mejora de exigencias
Recubrimiento	El recubrimiento puede fijarse a 30 mm independientemente de la calidad del hormigón o condición de exposición
Anchura de fisura	Se admiten fisuras de hasta 0,3 mm
hidrofugantes	de la superficie del hormigón

Tabla 5. 14. Posibles aplicaciones de armadura de acero inoxidable (The Highway Agency 2002 [114])

5.9.7. Costes y mantenimiento

Respecto a los costes, deben obtenerse a través de los suministradores ya que el acero inoxidable fluctúa más que el acero al carbono y varían en función de la longitud de la barra y del diámetro. Además puede haber importantes fluctuaciones dependiendo del tipo de material ya que el coste es fuertemente dependiente del tipo de acero inoxidable seleccionado. Los tipos más expuestos a estas variaciones son los que tienen un alto contenido en níquel o molibdeno. En algunos proyectos de obras ejecutadas en Estados Unidos en Puentes se ha estimado que el uso de armadura de acero inoxidable tipo 316LN supone un incremento de 10 al 15 % si se usa en la losa del puente y en la superestructura y otro 5% si se emplea en los cimientos, pero se estiman poder alcanzar vidas útiles de 120 años. Comparado con el coste del acero convencional, el total del coste de la construcción puede estimarse entre el 6 y 16% (McDonald 1995 [125], Yunovich 2002 [126]).

Es posible sustituir toda la armadura de acero al carbono en una estructura por acero inoxidable pero esto es lo más caro, como se deduce de la tabla 5.15, en la que se incluyen estimaciones de coste considerando distintos niveles de sustitución de armadura de acero al carbono por armadura de acero inoxidable AISI 304 en la construcción de un puente (Bertolini 1999 [124]). Una opción muy aconsejable es utilizarlo en las zonas donde se identifique el mayor riesgo de corrosión de la estructura, entonces el coste adicional dependerá del nivel de sustitución una sustitución parcial puede suponer un incremento como máximo del 3% (CIMBETON 2004 [127], McDonald 1995 [125], Yunovich 2002 [126]).

Solución	Coste total del puente
100% armadura acero inoxidable	130

Tabla 5.15. Coste de puente en función del % de sustitución de armado de acero al carbono por acero inoxidable (The Highway Agency 2002 [114])

Por tanto, el empleo de armadura de acero inoxidable presenta un mayor precio inicial que las armaduras de acero al carbono, aunque se busca compensar la mayor inversión inicial con las mayores vidas en servicio y menores costes de mantenimiento y reparación que aporta a las estructuras de hormigón, como se desprende

de la figura 5.62 en la que se compara el acero al carbono y su mantenimiento continuado frente al acero inoxidable.

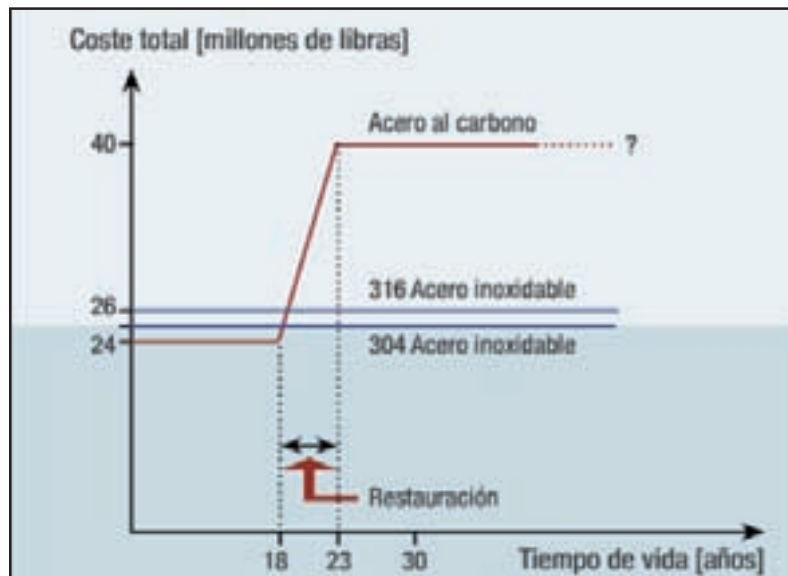


Figura 5.62. Comparación del acero al carbono y su mantenimiento continuado con el empleo de armadura de acero inoxidable.

Respecto al mantenimiento, si se considera el escenario para una vida útil de una losa de un puente estimada en 120 años para la que se ha empleado armadura de acero inoxidable, se asume que la losa no va a manifestar ningún daño por corrosión. Es probable que el hormigón falle por abrasión debido al tráfico, lo que requerirá algún tipo de tratamiento de la superficie a los 50 años. Si se aplica este tratamiento a los 50 y 85 años y asumiendo tener 35 años más sin riesgo de corrosión se alcanzaría la vida útil requerida de 120 años. Pero si se hace un análisis de costes del ciclo de vida, favorece la resistencia a la corrosión de la armadura en relación a la reparación por deterioro y mantenimiento. Por ejemplo el empleo de armadura de acero inoxidable considerando el coste por año es menor que si se emplea armadura con recubrimiento epoxi. Por lo tanto aunque la opción de considerar los costes directos sería favorable al recubrimiento epoxi para un interés superior al 3-4%, para menor interés las armaduras de acero inoxidable serían más rentables.

5.9.8 Aplicaciones prácticas

Las armaduras de acero inoxidable del tipo austenítico y austeno-ferrítico han sido las más empleadas. Aunque la experiencia con este método de protección es aún escasa, se han empleado armaduras de acero inoxidable en nuevas estructuras en Reino Unido, Italia, Alemania, Dinamarca, Sudáfrica y Japón y cada vez es más frecuente su empleo en reparación. Aplicaciones típicas del acero inoxidable son

aquellas circunstancias de ambientes especialmente agresivos, ya que su mayor coste dificulta una aplicación más extensiva (Arminox 1999 [128], Bauer 1999 [129], The Highway Agency 2002 [114]), o bien situaciones en las que se busquen vidas en servicio para la estructura de hormigón muy largas.

Las aplicaciones más típicas han sido puentes, aparcamientos, túneles, pasos subterráneos, muros de contención, estructuras marinas como puertos o estructuras en la costa. Muchos de estos aceros se han utilizado en zonas de unión, espacios entre columnas o losas. Los aceros ferríticos se han empleado en elementos prefabricados de hormigón normal y hormigones ligeros. Otra aplicación típica es en elementos de muros prefabricados para conectar zonas con diferentes aislamientos, armaduras de conexión en muros de hormigón exterior-interior.

Las experiencias en general son positivas, en inspecciones realizadas en algunos casos en estructuras en servicio mostraron que no se había iniciado la corrosión tras alcanzar el agresivo el nivel de las armaduras, aunque no existe aún una experiencia dilatada del empleo de armadura inoxidable en estructuras de hormigón. La primera referencia es la catedral de San Paul en Londres, en la restauración realizada en 1925-30 se emplearon armaduras de acero inoxidable en los pilares que sostienen la cúpula. Una de las experiencias en ambientes de especial agresividad es la de los cajones de hormigón armado del puerto del Progreso en el Golfo de México, figura 5.63, construido en 1972 con armadura de acero inoxidable en zonas concretas, que después de 60 años no presentaba signos graves de corrosión en concentraciones de cloruros del 2%, mientras que la armadura de acero presentaba serios deterioros (Arminox 1999 [128]).



Figura 5.63. Puerto Progreso (México) casos: a) vista general mostrando el Puente completamente destruido usando armadura de acero construido en 1972 (1) y (2) Puente construido en 1960 usando armadura de acero inoxidable; b) Vista de cerca de restos del Puente (1); c) Vista de cerca del puente (2) (Arminox 1999 [128]).

Respecto al empleo en reparación de puentes, el primero en el que se empleó armadura de acero inoxidable fue en las obras de mejora del puente Highnam, (UK) donde se empleó acero inoxidable del tipo 14436 junto con acero al carbono. En ocasiones se han realizado trabajos sustituyendo elemento como pilares en los que se ha incorporado armadura de acero inoxidable del tipo 14301 de diámetro 16-40 mm, como el puente de la figura 5.64-izda, en una autopista del Reino Unido. También se ha empleado como armadura en la reparación de pretilas y aceras, como se aprecia en la figura 5.64-dcha en varios puentes del Reino Unido con armadura del tipo 14301.



Figura 5.64. Empleo de armadura de acero inoxidable en reparación de puentes. Izda) sustitución de pilares, dcha) reparación de aceras.

En España su empleo ha aumentado en los últimos años y aunque aún es escaso entre las aplicaciones más representativas destaca el uso de armadura de acero inoxidable en las cúpulas de la Sagrada Familia en Barcelona.

Nota de Cedinox:

Como información adicional sobre el texto publicado, nos gustaría añadir una aclaración a la tabla 5.15 que señala sobrecoste inicial de construcción, estimado del 30% por utilización de un 100% de armadura inoxidable en una estructura de hormigón armado, respecto al coste que supondría su construcción con armadura convencional.

La utilización de corrugado inoxidable, incluso en caso de construcción de nuevas infraestructuras, no es habitual que se haga para el total de la armadura, sino sustituyéndolo solamente en las partes críticas susceptibles de sufrir corrosión, lo que dependerá en cada caso del tipo de infraestructura y condiciones ambientales agresivas a que se encuentre expuesta.

En la mayor parte de los casos sustituciones del orden del 10-15% de la armadura total por la de acero inoxidable, supondrá únicamente un incremento del 3-5% del coste inicial de la construcción, y podrá garantizar una muy larga durabilidad de esa infraestructura libre de costosos mantenimientos por daños posteriores de corrosión y de los graves perjuicios que se producen por la interrupción de uso durante esos mantenimientos, especialmente en puentes, carreteras con tráfico de vehículos o personas, lo que permite la pronta amortización de ese sobrecoste inicial, ya en el momento de evitarse el primer mantenimiento que se haría necesario para una armadura totalmente convencional.

Este capítulo dedicado a las armaduras inoxidables, está extraído de la Monografía 26 "Sistemas de reparación y protección de estructuras de hormigón con corrosión" editado por:

ACHE (Asociación del Hormigón Estructural)