

### **3. El armado de acero inoxidable. Estado del conocimiento.**

#### **3.1. Propiedades de la armadura de acero inoxidable.**

---

La característica que singulariza el corrugado de acero inoxidable frente a al de acero al carbono es su excelente resistencia a la corrosión por cloruros. Además de esta propiedad, comentada en profundidad en el siguiente apartado, el corrugado inoxidable colecciona muchas otras: esperanza de vida útil en hormigón de más de 75 años, mayores niveles de resistencia y ductilidad en comparación con el corrugado de acero al carbono, mejor autocurado frente a los posibles daños causados en el manejo o frente a daños por abrasión en comparación con el acero galvanizado o con los aceros con coberturas epoxi, resistencia al fuego y al calor mayor que la del acero al carbono y posibilidad de ser usado en combinación con el acero al carbono. El acero inoxidable tiene una baja conductividad térmica y presenta, a diferencia del acero convencional, un coeficiente de expansión térmica lineal que permanece estable a pesar de las variaciones de temperatura.

Además, el corrugado de acero inoxidable aporta ventajas sísmicas y magnéticas. El alto contenido de níquel, mineral de elevada tenacidad presente en el corrugado de acero inoxidable, hace de éste la mejor opción para el armado de estructuras situadas en zonas sísmicas. El acero inoxidable es un acero paramagnético debido a su baja permeabilidad magnética. Esto hace muy interesante su uso en estructuras donde los campos magnéticos perturbadores deben ser evitados como en aeropuertos, bases militares, estaciones emisoras, bancos, estaciones meteorológicas o hospitales.

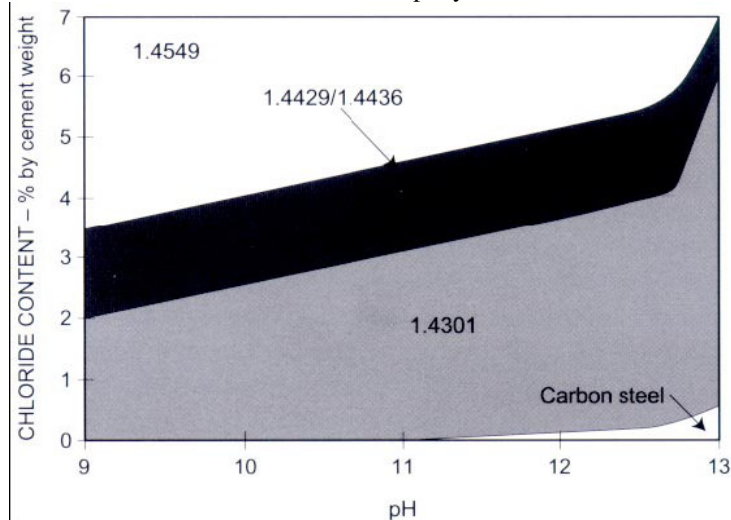
#### **3.2. La resistencia a la corrosión de la armadura de acero inoxidable.**

---

La resistencia a la corrosión del acero inoxidable se debe, tal y como explica el apartado anterior, a la formación de una capa de pasivación en su superficie. Esta capa es estable en un amplio rango de ambientes. El hormigón en el que se embebe la armadura está caracterizado por condiciones altamente alcalinas, generalmente con un pH mayor de 12. Bajo estas condiciones tanto el acero inoxidable como el acero al carbono sufren pasivación. Aún así, ante la presencia de cloruros, la pasivación del acero al carbono se pierde y se puede iniciar la corrosión. Esta corrosión se manifiesta en forma de grietas en la superficie del hormigón y si la corrosión perdura, el recubrimiento de hormigón se puede desprender de la estructura. El nivel de corrosión necesario para alcanzar agrietamiento o desprendimiento es relativamente pequeño, pero la expansividad de los productos de corrosión puede generar un elevado estado tensional en la capa superficial y causar daños.

Se ha demostrado que la estabilidad de la capa de pasivación en ambientes con pHs altos es mucho mayor en el acero inoxidable que en el acero al carbono [Gedge, G.; 2000]. (Ver figura 3.1)

Figura 3.1. Resistencia a la corrosión medida en función del pH y el contenido de cloruros.[Gedge,G.; 2003]



Los puntos importantes a resaltar sobre la figura 3.1 son:

- La concentración de cloruros necesaria para iniciar la corrosión aumenta al aumentar el pH.
- En comparación con el acero al carbono y para un mismo rango de pH en el hormigón, la concentración de cloruros necesaria para iniciar la picadura en el acero inoxidable es como mínimo un orden de magnitud mayor.
- La presencia de una solución con pH elevado es esencial para mantener la resistencia a la corrosión en el acero inoxidable.
- La concentración de cloruros requerida para iniciar la picadura es mucho mayor que la concentración que se espera encontrar en una estructura expuesta a cloruros o ambientes marinos.

El uso del acero inoxidable como material para armado es un hecho reciente por lo que la información de la que se dispone sobre su comportamiento tan sólo abarca 15 años, aproximadamente.

### 3.3. Antecedentes de la armadura de acero inoxidable

El primer uso de armado de acero inoxidable fue en 1941 en el embarcadero “Progreso” en el Golfo de Méjico. En la estructura se usó acero equivalente al grado 1.4301 para armar los arcos del embarcadero que se extiende 2 km dentro del Golfo de Méjico. Construido usando barras de armado hechas de acero inoxidable con el 8% de níquel, está aún hoy como nuevo. De forma interesante, los restos de otro embarcadero son visibles a su lado. Este segundo embarcadero fue construido en 1969 con armado de acero al carbono (figura 3.2).

Figura 3.2. El embarcadero “Progreso” [Gedge,G.; 2003]



No hay otros usos significativos de armadura de acero inoxidable documentados durante los siguientes 40 años.

Aun así, al principio de la década de los 70, cuando llegó a ser evidente que los cloruros podían causar serios problemas de corrosión a las armaduras, el Building Research Establishment (BRE) inició un programa para investigar la resistencia a la corrosión de diferentes materiales para el armado. Estas investigaciones duraron veintidós años y medio y representan gran parte de la información de la que disponemos actualmente.

Los materiales investigados incluyen aceros inoxidables de grados 1.4319, 1.4301 y 1.4401 (AISI 302, 304, 315 y 316). Las muestras utilizadas eran prismas o vigas tensadas, algunas muestras contenían cloruros en la mezcla original y otros no. Las muestras fueron expuestas a diversos ambientes, entre ellos situaciones industriales y marinas (zona de salpicaduras, de mareas). La capa de hormigón que cubría el acero era del orden de 15 a 30mm, algo por debajo de las magnitudes de recubrimiento que serían aceptables para estas clases de exposición. A pesar de las onerosas condiciones de exposición, no se hallaron indicios de corrosión en ningún acero inoxidable durante el período de prueba durante inspecciones rutinarias a lo largo del periodo de veintidós años y medio.

Las investigaciones del BRE representan un trabajo importante que nos aporta seguridad respecto al comportamiento a largo plazo del acero inoxidable como armadura. El diseño de las muestras utilizadas no es comparable con los diseños actuales, mucho más conservadores. Estos últimos no permiten la adición de cloruros a la mezcla y requieren recubrimientos mayores.

A pesar del excelente comportamiento como armadura del acero inoxidable que reflejaban estos estudios y que fue divulgado en artículos varios, no fue adoptado por códigos de diseño ni estándares de ninguna manera significativa.

Esto no fomentó pero tampoco evitó el uso ocasional de armaduras de acero inoxidable en estructuras consideradas bajo riesgo de corrosión o en aquellas que requerían larga vida útil.

En 1998, la Concrete Society publicó un informe técnico sobre estos usos puntuales de armadura de acero inoxidable [Concrete Society; 1998]. Este informe fue una importante

manera de proporcionar una casuística para el uso de acero inoxidable y también una buena lista de aplicaciones en el Reino Unido. Sin embargo, el documento no proporcionó una guía definitiva en las cuestiones claves relacionadas con el uso del acero inoxidable, en particular en referencia a cuándo y qué grados de acero inoxidable usar.

A partir de los usos estudiados en el informe de la Concrete Society quedó muy claro que, aparentemente no había base racional para el uso de acero inoxidable en lo que respecta a dónde usar un grado concreto o sencillamente a cuando usar acero inoxidable. En términos de seleccionar el grado de material adecuado la única explicación que podía ser ofrecida era que en la mayoría de casos esto se basaba en el grado de exposición, sin tener en cuenta ningún efecto beneficioso del hormigón que envuelve la armadura. En el informe era también evidente que allí donde se había usado acero inoxidable no se había aprovechado la oportunidad para relajar normas de diseño por durabilidad, relevantes para el acero al carbono pero no para el inoxidable, y que en determinadas estructuras el acero inoxidable había sido utilizado más extensamente de lo necesario.

La UK Highways Agency (HA), responsable del diseño, mantenimiento y restauración del sistema de autopistas y carreteras principales del Reino Unido, inició su propio programa de investigación en los posibles usos del acero inoxidable en estructuras de carretera. Este trabajo se llevó a cabo entre 1998 y 2000 por Arup Research & Development y tomó como punto de partida el informe de la Concrete Society.

La Highways Agency es un órgano ejecutivo del Departamento de Transporte del Gobierno del Reino Unido establecido en 1994. En nombre de la secretaria de estado para el transporte, son los responsables de manejar, mantener y mejorar los caminos y las autopistas vertebradoras de Inglaterra. El lema de la agencia es: caminos seguros, viajes fiables, viajeros informados, mientras se respeta el medio ambiente.

La meta de la investigación de la HA era establecer un posible marco de trabajo que tratara estos puntos y lograr la publicación de una guía definitiva para el uso de la armadura de acero inoxidable. El resultado de este trabajo fue la publicación en el 2002 de una nota de aviso departamental, la BA84/02 [Highways Agency; 2002] para el uso de armadura de acero inoxidable en las estructuras de carreteras.

### **3.4. Seleccionar el grado de acero adecuado**

---

Sólo los aceros inoxidables austeníticos y dúplex son recomendados para su utilización en el hormigón debido a su alta resistencia a la corrosión. Los aceros inoxidables de tipos martensítico y ferrítico ofrecen menor protección. Por otro lado, la diferencia de precio entre estos y los aceros inoxidables de tipo austenítico y dúplex no es significativa.

El acero inoxidable austenítico es el más utilizado y es conocida su resistencia a la corrosión en hormigones con gran contenido de cloruros; su tolerancia a los cloruros es de cinco a diez veces superior a la del acero al carbono [Knudsen, A.; et al; 1998] [Whiteway, P.; 1998].

La superioridad del acero inoxidable ante el acero al carbono en cuanto a resistencia a la corrosión por cloruros en el hormigón ha sido demostrada por numerosos estudios. Sin embargo, el grado o tipo de acero inoxidable recomendado depende del ambiente, ya sea

exclusivamente [Knudsen, A.; et al; 1998] [Highways Agency; 2002] o en combinación con otros parámetros [Gedge, G.; 2000]

Hay poca o ninguna guía en la selección del grado de acero inoxidable para su uso como armadura y esto se refleja en los ejemplos de estructuras que han sido armadas con este tipo de acero. Los usos de los grados 1.44xx y 1.43xx se reparten 50:50, aunque el primero se prefiere para situaciones marinas o costeras [Concrete Society; 1998]. A continuación, la tabla 3.1 recoge las recomendaciones para la elección del grado de acero inoxidable para el armado del hormigón que establece la guía CARES.

Tabla 3.1. Guía para el uso de armado de acero inoxidable para diferentes condiciones de servicio [CARES Guide]

Grados en BS EN 10088-1	Condiciones de servicio			
	Para estructuras o componentes con larga vida de diseño o inaccesibles para futuro mantenimiento	Para estructuras o componentes expuestos a contaminación clorhídrica sin relajación en el diseño de durabilidad (p.e. recubrimiento de hormigón, tratamientos de calidad o resistencia al agua)	Armado de juntas de puentes o penetrando en la superficie del hormigón sometido a contaminación clorhídrica (p.e. pasadores o pernos conectadores)	Estructuras sometidas a contaminación clorhídrica dónde se planean reducciones en las exigencias por durabilidad.
1.4301	1	1	5	3
1.4436	2	2	1	1
1.4429	2	2	1	1
1.4462	2	2	1	1
1.4529	4	4	4	4
1.4501	4	4	4	4

**Clave:**

1. Elección apropiada por resistencia a la corrosión y coste.
2. Sobre-especificación de resistencia a la corrosión para dicha aplicación.
3. Puede resultar adecuado para algunas circunstancias, debe obtenerse recomendación de un especialista.
4. Grado adecuado para aplicaciones especiales, sólo especificado tras consultar con especialistas en corrosión.
5. Inadecuado para dicha aplicación.

Podría realizarse la elección del grado de acero de la armadura en base a la clase de exposición sin tener en cuenta el beneficio que le supone el estar rodeado de hormigón con un alto pH. Esto nos puede llevar en algunos casos a sobrevalorar el grado de acero necesario. Es por ello que se recomienda que en la elección del grado de acero se tenga en cuenta el pH del hormigón que lo rodea y la concentración que probablemente se llegará a acumular a la profundidad de la barra durante la vida útil de la estructura. Por ejemplo, la figura 3.1 indicaba que para un pH igual a 12,5 la concentración de cloruros necesaria para iniciar la corrosión es del 4% del peso de cemento mientras que para un pH de 11 la corrosión se inicia con una concentración de cloruros del 2% del peso de cemento, es decir, la mitad.

El acero austenítico 1.4301 (AISI 304) sería el adecuado para ambientes con bajo contenido de cloruros o alejados de la costa, siempre que se cumplan unos requisitos mínimos por lo que hace al diseño asociado a la durabilidad [Highways Agency; 2002]. El acero austenítico AISI 316 (1.4436, 1.4429) por su lado, es el recomendado allí donde no se cumplen esos requisitos mínimos, en barras que cruzan juntas por donde puede circular agua cargada de cloruros, en barras que sobresalen del hormigón y, en general, en elementos expuestos directamente a los cloruros o al agua del mar, como los ambientes marinos o costeros [Gedge, G.; 2000]. Finalmente, el acero dúplex se recomienda para aceros en ambientes con alto contenido de cloruros a los que simultáneamente, se exige alta capacidad resistente.

El “Design Manual for Roads and Bridges” [Highways Agency; 2002] señala el acero inoxidable de armadura de tipo 1.4301 con un límite elástico mínimo garantizado de 500 N/mm<sup>2</sup>, como el adecuado en la mayoría de casos. Sin embargo, establece una relación de ambientes de exposición y tipos recomendados. Como hemos visto, es posible fundamentar la selección del acero inoxidable únicamente en el tipo de exposición, sin tener en cuenta el beneficio del alto pH del hormigón que envuelve la armadura. Sin embargo, la notable diferencia de precio entre los diferentes grados o tipos de acero inoxidable aconseja ajustar mejor esta relación. En este sentido, es necesario considerar, por un lado, los beneficios que podemos obtener del pH y, por la otra, la concentración de cloruros máxima previsible en el ámbito de la armadura dentro de la vida útil de diseño de la estructura [Gedge, G.; 2000]. Estos dos parámetros tendrían que permitir ajustar mejor las tablas de recomendaciones indicadas anteriormente.

### **3.5. Diseño y durabilidad**

---

En general, los criterios de diseño y construcción de estructuras de hormigón armado con acero inoxidable no difieren de los usados con el acero al carbono, excepto en lo referente a las medidas orientadas a la durabilidad [Highways Agency; 2002]. El acero inoxidable ofrece la oportunidad de relajar unas medidas pensadas, en su origen, para proteger el acero al carbono [Highways Agency; 2002] [Gedge, G.; 2000]. Se debe observar que la simple sustitución de un tipo de acero por otro, sin variar el resto de factores implicados en el diseño, resulta conservadora y cara pero ignora los beneficios inherentes a la mayor estabilidad de la capa pasiva que proporciona el acero inoxidable. La relajación de los requisitos de durabilidad puede afectar a cuatro condiciones de diseño: la calidad del hormigón, el recubrimiento, la máxima abertura de fisura permitida y los tratamientos de impermeabilización. El aspecto más interesante de esta relajación es la obtención de un ahorro que haga más soportable el inevitable sobrecoste asociado al uso del acero inoxidable. Así pues, la relajación es consecuencia, y no causa, del uso del acero inoxidable.

En relación a la calidad del hormigón, no se recomienda la relajación significativa de las mezclas habituales pero tampoco la adopción de mezclas mejoradas [Gedge, G.; 2000] –las mezclas se determinan, generalmente, en función del ambiente de exposición.

Respecto al recubrimiento, se considera que una reducción de entre 10 y 15 mm respecto el recubrimiento nominal podría ser adecuado en la mayoría de casos [Gedge, G.; 2000] o, en términos absolutos, un recubrimiento de 30 mm o menos [Highways Agency; 2002].

La abertura de fisura puede alcanzar los 0,30 mm [Highways Agency; 2002] ó 0,35 mm [Gedge, G.; 2000]. Lo que correspondería, según la EHE, a una clase de exposición IIa, IIb o

H. No obstante, los efectos de esta medida –una reducción en la cantidad del acero necesario– tan sólo serían perceptibles allí donde este factor resultara determinante en su diseño.

En relación a los tratamientos de impermeabilización, es posible su eliminación en todos aquellos puntos donde su uso únicamente pretendía proteger las armaduras de la entrada de agua cargada de cloruros [Highways Agency; 2002].

En cualquier caso, los límites de la relajación han de estar definidos por el mantenimiento de un nivel de pH entorno a las armaduras de acuerdo con la penetración de cloruros prevista [Gedge, G.; 2000].

Finalmente, otro aspecto a estudiar es el posible ahorro asociado al uso de aceros inoxidables de mayores prestaciones y a sus efectos en el dimensionamiento [Gedge, G.; 2000]. A causa del elevado precio del acero inoxidable, la disminución en la cuantía de acero necesaria resulta en este caso mucho más interesante que en el caso del acero al carbono.

### **3.6. Cambios a introducir sobre los diseños habituales**

---

En varios ejemplos del uso de acero inoxidable en armaduras, el acero inoxidable se ha utilizado simplemente como sustituto del acero al carbono sin cambiar cualquier otro factor de diseño como la calidad del hormigón, el recubrimiento de hormigón o la aplicación de tratamientos de impermeabilidad. Esto es una aproximación comprensible pero intrínsecamente conservadora. El uso de acero inoxidable permite relajar algunas de las exigencias de diseño. Esto nos lleva a una disminución del coste inicial de forma que el sobrecoste introducido por el uso de acero inoxidable se verá contrarrestado por una reducción de costes en todos los otros campos.

Hay que tener cuidado al cambiar los diseños aceptados para responder a los requerimientos de durabilidad ya que es importante mantener un pH elevado alrededor del acero y una profundidad de recubrimiento razonable para evitar una excesiva penetración de cloruros. En referencia al recubrimiento de hormigón, una reducción de 10 ó 15 mm en el recubrimiento nominal establecido en las normas sería adecuado en la mayor parte de las aplicaciones.

### **3.7. Manipulación y puesta en obra**

---

Un aspecto que hace disminuir la resistencia a la corrosión del acero inoxidable es la contaminación con depósitos de hierro motivada por el contacto con aceros al carbono o, en general, con aceros de aleaciones más pobres [Knudsen, A.; et al; 1998] [SSINA, NiDI; 2000]. Esta contaminación provoca la oxidación de la superficie de las barras y proviene, generalmente, de los diferentes elementos de aceros al carbono que han intervenido en su transporte (cadenas, cables, cuñas,...), de los materiales con los que ha compartido acopio (habitualmente, armaduras de acero al carbono) o, en último término, de las herramientas usadas en su colocación.

No existe una medida única que resuelva este problema; sólo lo conseguiría una política de sustitución general de los equipos en todas las fases del proceso (transporte, acopio, manipulación y colocación) incorporando materiales alternativos al acero al carbono, sumada

a un alejamiento efectivo de ambos materiales durante el transporte y el acopio [SSINA, NiDI; 2000].

En relación con la ligadura entre barras la normativa del Reino Unido recomienda el alambre de acero inoxidable 1.4301 y 1,2 mm de diámetro [Highways Agency; 2002]. El “Níquel Development Institute” (NiDI) pide expresamente el uso de alambre de acero inoxidable con un grado de resistencia a la corrosión equivalente al de las barras que une, para prevenir posibles problemas de corrosión galvánica. Este instituto recomienda, además, el uso de separadores de plástico [SSINA, NiDI; 2000].

Algunas aleaciones pueden sufrir oxidaciones superficiales o corrosión localizada en ciertos ambientes con presencia de cloruros; por este motivo es necesario protegerlas del contacto directo con los cloruros (sales del deshielo, cloruro de calcio, agua de mar...) antes de ser embebido en el hormigón [SSINA, NiDI; 2000]

### **3.8. El peligro de corrosión galvánica**

---

Tal y como comenta el apartado anterior, en el contacto entre el acero al carbono y el acero inoxidable existe un riesgo teórico de corrosión bimetálica del primero. No obstante, algunas investigaciones han revelado que, en la práctica, esta corrosión no se produce y que, por este motivo, no es necesario aislar eléctricamente los dos aceros cuando ambos se encuentran embebidos en hormigón nuevo [Highways Agency; 2002].

El Institute for Research in Construction (IRC) del National Research Council de Canadá publicó en el 2005 el resultado de una investigación sobre el comportamiento de la corrosión galvánica entre diferentes tipos de aceros inoxidables y aceros al carbono. Los resultados muestran que el uso de barras de acero inoxidable y acero al carbono en la armadura de una misma estructura de hormigón no aumenta el riesgo de corrosión de dicha armadura en comparación con una armadura únicamente de acero al carbono, incluso cuando dichas barras están en contacto (eléctrico) directo. De hecho, el aumento del grado de corrosión debido a la corrosión galvánica del acero inoxidable con acero al carbono oxidado fue inferior que el causado por la combinación de acero al carbono con acero al carbono oxidado. Por todo ello, el estudio concluye que un uso juicioso del acero inoxidable en las zonas de alto riesgo de corrosión de una estructura de hormigón en combinación con acero al carbono puede resultar una opción rentable para reducir la corrosión y aumentar considerablemente la vida útil de las estructuras de hormigón [Qian, S.; et al; 2005].

Existen, no obstante, opiniones conservadoras en este sentido, así, por ejemplo, el Nickel Development Institute (NiDI) recomienda el aislamiento a pesar de reconocer [SSINA, NiDI; 2000] que es improbable una corrosión galvánica a los niveles de pH del hormigón nuevo. A su parecer, tan sólo sería aceptable que se produjese contacto del acero inoxidable con acero al carbono en aquellos puntos en los cuales no fuera posible, o extremadamente difícil, la entrada de humedad, oxígeno y cloruros.

Por otro lado, el Ministerio de transporte de Ontario (Canadá) dejó de prescribir el aislamiento a partir de los resultados de un estudio encargado a la Queen’s University, que demostraba que los niveles de corrosión eran suficientemente bajos como para considerar improbable el fallo de la estructura dentro de una vida útil de 75 años [SSINA, NiDI; 2000].



Las reparaciones o refuerzos sobre un hormigón ya existente presentan unos condicionantes específicos que motivan su estudio particular y, en algunos casos, la obtención de conclusiones contrarias a las obtenidas por el hormigón nuevo.

Sin embargo, este campo tampoco escapa de la divergencia de opiniones; así, en función del autor, se considera perceptivo su aislamiento [Highways Agency; 2002] o lo contrario. Hay quien considera necesario evitar el contacto entre los dos aceros en aquellos puntos donde el hormigón presenta un alto nivel de cloruros o baja alcalinidad, ya que en estos puntos el acero al carbono puede encontrarse todavía activo y ser vulnerable a la corrosión bimetalica con el acero inoxidable.

En cambio, otras opiniones, aún reconociendo esta circunstancia, consideran limitado el alcance de este tipo de corrosión y consideran que no se justifica el aislamiento de los dos aceros, ya que, en cualquier caso, su uso en la reparación resulta beneficioso respecto al uso de acero al carbono.

Esta última afirmación se fundamenta en los resultados de un estudio [Knudsen, A.; et al; 1998] que demuestra que -en una reparación- la corriente por pila galvánica que genera el contacto entre el acero inoxidable nuevo y el acero al carbono en corrosión es notablemente menor al que genera el contacto entre el acero al carbono nuevo y el acero al carbono en corrosión.

### **3.9. Normativa existente**

---

Tras los estudios llevados a cabo por la Concrete Society en 1998 y la UK Highways Agency entre 1998 y el 2000, era necesario establecer normas de diseño y estándares que sistematizaran el uso de acero inoxidable.

En Mayo del 2001 la Highways Agency publica una enmienda de la especificación para carreteras (“Design Manual for Roads and Bridges”) donde se requiere que el acero inoxidable para armadura se compre a empresas con un certificado de aprobación CARES (o equivalente).

CARES (UK Certification Authority for Reinforcing Steel) es una institución certificadora independiente, sin ánimo de lucro, fundada en 1983 que mediante un método de regulación, ensayo e inspección, otorga una garantía a usuarios, compradores y especialistas en acero estructural. Trabaja para el beneficio de la industria constructora ofreciendo esquemas de certificación para las compañías que producen materiales, componentes o que ofrecen servicios, principalmente para la industria del hormigón armado. Los productos aprobados por CARES dan la seguridad al cliente de que cumplirán con los estándares sin la necesidad de ensayos para verificar-lo a través del comprador o del contratista.

Entre los miembros de CARES se incluyen instituciones profesionales, asociaciones comerciales representando a los usuarios, especialistas, contratistas y fabricantes, e incluye propietarios de estructuras de hormigón como la Highways Agency, British Airports Authority y Southern Water. Su autoridad está acreditada por el Servicio de Acreditación del Reino Unido (UKAS). UKAS aprueba y supervisa los institutos certificadores en nombre del gobierno del Reino Unido. Así pues, CARES es un Instituto de Certificación reconocido y una Institución Técnica Europea en: aceros para armado y pretensado, sistemas de

postensado, aceros estructurales y productos de hormigón prefabricados. CARES es un operador internacional, que provee certificaciones en más de 35 países alrededor del mundo.

En Septiembre de 2001 la British Standards Institution (BSI) publica en el Reino Unido la primera y única normativa nacional para el armado de acero inoxidable en Europa, la British Standard BS:6744:2001 “Specification for austenitic stainless steel bars for the reinforcement of concrete”. Esta normativa cubre un amplio rango de materiales y productos que bajo los parámetros especificados en ella ofrecen como mínimo las mismas propiedades mecánicas que el armado con acero al carbono. La revisión de dicho documento aumenta el número de grados austeníticos permitidos hasta seis, denominados (en designación UNS): S30400, S31600, S31653, S31803, S32760 y N08926 (EN1.4301, 1.4401, 1.4406, 1.4462, -, -). También ofrece una guía para la adecuación del tipo de acero inoxidable a las condiciones de servicio. Este nuevo documento reconoce las altas resistencias alcanzables con armaduras de acero inoxidable. Incluye 2 niveles: 500 N/mm<sup>2</sup> y 650 N/mm<sup>2</sup>. El armado con acero al carbono actualmente tiene un máximo nivel de resistencia de 500 N/mm<sup>2</sup>.

BSI British Standards es el cuerpo nacional de estandarización del Reino Unido y desarrolla estándares y soluciones estandarizadas para colmar las necesidades de la empresa privada y la sociedad. Trabaja con el gobierno, empresas privadas y consumidores para representar los intereses del Reino Unido y facilitar la producción de estándares ingleses, europeos e internacionales.

Las publicaciones por parte de la H.A.(Highways Agency) del BD57/01 (“Design for durability”, Design Manual for Roads and Bridges, Vol.1 Sect.3 Highways Agency 2001) y del BA84/02 (“Use of stainless steel reinforcement in highway structures” Design Manual for Roads and Bridges, Vol.1 Sect.3 Highways Agency 2002) son, de alguna forma, únicas por los requisitos que introducen y, en el caso del último, también por la guía que proporcionan.

El BA84/02, publicado por la H.A., está basado en la última versión del BS6744 en términos de recomendación de grado de resistencia, tipo de material (graduación) y dimensiones de barra más adecuadas. Este manual establece que “El armado de acero inoxidable correctamente especificado debería prevenir del ataque por cloruros durante toda la vida útil de cualquier estructura”. Este manual examina tanto la opción de la sustitución total del acero al carbono como la parcial dependiendo de la categoría de puente y su ubicación.

### **3.10. Usos actuales del armado de acero inoxidable**

---

Uno de los usos del corrugado de acero inoxidable cada vez más habitual en el mundo de la construcción se halla en el proyecto de puentes. El uso de acero inoxidable confiere al puente una mayor protección frente a la corrosión de las armaduras que permite una disminución de las inspecciones y de las operaciones de mantenimiento, se elimina la necesidad de cortar el tráfico para reparar el puente. Esto convierte el uso del acero inoxidable en una alternativa altamente ventajosa a largo plazo pese a requerir una mayor inversión inicial.

Es tal el interés en el uso de armado de acero inoxidable en puentes de Estados Unidos y Reino Unido que son ellos y por este motivo los que empiezan a redactar normativas al respecto. En concreto, el BA84/02 publicado por la Highways Agency (Reino Unido) recomienda acero inoxidable en los siguientes elementos de puente:

- vigas de borde del parapeto;
- subestructuras en zonas de salpicadura adyacentes a la calzada;
- subestructuras en ambientes marinos;
- áreas debajo de juntas de movimiento y en zona de apoyo (cargadero).

Otro de los usos altamente interesante del armado de acero inoxidable se encuentra en los elementos de obra civil situados en la costa. Esta alternativa aporta una mayor durabilidad, tanto en vida útil como en estética y un ahorro total de los gastos de inspección y mantenimiento.

El corrugado de acero inoxidable también se utiliza para restauración y para obras situadas a gran altura, como por ejemplo cúpulas de edificios singulares, dónde evitar gastos de inspección y mantenimiento supone un gran ahorro. Un ejemplo de este caso podrían ser las cúpulas de la Sagrada Familia de Barcelona.