

Utilización de los estériles del carbón como material de relleno en estructuras de tierra reforzada II. Pruebas de corrosión de armaduras

GONZÁLEZ CAÑIBANO, J. (*)

PARDO, F. (**)

SOPENA, L. (**)

TORRES, M. (***)

PÉREZ, J. J. (****)

MARTÍNEZ, C. (*)

GONZÁLEZ, M. R. (*)

RESUMEN En el presente artículo se recogen las pruebas realizadas con diferentes tipos de refuerzo y distintos estériles con el fin de determinar la existencia o no de procesos de corrosión en los elementos de refuerzo por parte de los estériles del carbón.

THE UTILIZATION OF COAL MINING WASTES AS FILLING MATERIAL IN REINFORCED EARTH STRUCTURES II. REINFORCEMENT CORROSION TESTS

ABSTRACT In this article are summarized the tests carried out with different types of reinforcing elements and several coal mining wastes in order to determine the occurrence or not of corrosion processes caused by minestones in the reinforcing elements.

Palabras clave: Estériles del carbón; Tierra reforzada; Corrosión armaduras.

1. INTRODUCCIÓN

Al objeto de comprobar si los estériles del carbón producen o no corrosión en las armaduras que se emplean normalmente en las estructuras de tierra reforzada, se realizaron pruebas para tal fin, fundamentalmente en aquellos casos en que se usen flejes metálicos, aunque también se llevaron a cabo con otros tipos de armaduras no metálicas.

Puesto que no existe normativa para este tipo de ensayos, las pruebas consistieron en mantener enterrados durante 3 y 12 meses diferentes tipos de armaduras de refuerzo en estériles del carbón de distintas procedencias, al término de los cuales se examinó la pérdida de calidad del refuerzo, con relación a sus condiciones iniciales.

Asimismo también se efectuaron pruebas empleando arena como material convencional inerte de relleno, que

sirvió como patrón de referencia en las pruebas de corrosión.

2. MATERIALES EMPLEADOS

ESTÉRILES

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio (1) y teniendo en cuenta otros factores (probar estériles diferentes, disponibilidad de material, posibilidades de uso en un futuro cercano por la construcción de carreteras, etc.) para la realización de las pruebas de corrosión se seleccionaron los estériles procedentes de:

- Escombrera San Pedro. Estériles negros. Todo-uno.
- Escombrera Pumardongo. Estériles negros. Todo-uno.
- Escombrera Reicastro. Estériles rojos.
- Escombrera El Toralín. Estériles de relavado. Todo-uno.

ARMADURAS

Se emplearon los tipos de armaduras siguientes:

- Armaduras de acero galvanizado de uso convencional en tierra reforzada, de 40 x 5 mm con galvanizado de 80-120

(*) HUNOSA, Programa Desarrollo Estériles. Avenida de Galicia, 44, Oviedo 33005.

(**) CEDEX, Laboratorio Geotécnica, Alfoaro XI, 3, Madrid.

(***) Escuela Técnica Superior Ingenieros de Minas, Oviedo.

(****) MOPIMA, Demarcación Carreteras del Estado, Oviedo.



FOTO 1. Caja de madera recubierta de plástico.

µm. Se utilizaron segmentos de armadura de 1 m de longitud, con los extremos galvanizados.

- Bandas "Paraweb" del sistema de muro Freyssissol de fibras de poliéster recubiertas de polietileno, de 90 mm de anchura por 3 mm de espesor y 50 kN de resistencia a tracción, en tiras de 1 m de longitud.
- Goma de banda transportadora de 1 m de longitud y 10 cm de anchura, cortadas de la forma más homogénea posible.
- Geomalla de material polimérico, a base de filamentos de poliéster con recubrimiento de polietileno, en malla de 20 x 20 mm, de Arco Systems, S.A., modelo 60-20. Se han utilizado trozos de geomalla de 30 x 30 cm.

CAJAS DE ALMACENAMIENTO

Fueron de dos tipos, ambos de madera, el primero con las dimensiones interiores siguientes: largo de 1.100 mm, ancho de 500 mm, alto de 250 mm; el segundo tipo de 1.100 mm de largo, 750 mm de ancho y 250 mm de alto.

Se recubrieron interiormente con lona o plástico impermeable, y se parafinaron las juntas, para evitar pérdidas de humedad o de material en el transcurso del periodo de almacenamiento.

Se utilizaron dos cajas por cada combinación de estéril y armadura. Las cajas más anchas correspondieron a la geomalla.

3. MODO OPERATIVO

En cada caja, Foto 1, se introdujo un plástico o lona. Se determinó la humedad de cada uno de los diferentes estériles y a continuación se añadió el agua necesaria hasta llegar a la humedad de:

• Escombrera Pumardongo	11%
• Escombrera San Pedro	14%
• Escombrera Reicastro	17%
• Escombrera El Toralín	11%

que corresponden a un grado de saturación entre el 30-50% para una densidad seca del 85% del Proctor Normal.

El estéril se colocó en las cajas, sin compactar más que lo necesario para obtener una superficie aproximadamente horizontal, a la altura en la cual se colocaron las armaduras, y para conseguir un buen envasado para cerrar la caja una vez llena.

De los tres refuerzos de tipo lineal (flejes metálicos, bandas Paraweb y gomas de banda transportadora), Fotos 2, 3 y 4, se colocaron 3 elementos por caja a la mitad de la altura.

En las cajas grandes, se colocaron seis trozos de geomalla también a media altura.

Una vez colocadas las armaduras, se volvió a echar estéril o arena hasta llenar la caja. Posteriormente, se colocó el plástico en la parte superior y las cajas, una vez cerradas, se mantuvieron en un ambiente adecuado para evitar variaciones de temperatura y humedad.

4. APERTURA DE CAJAS

Como quiera que cada caso (un tipo de refuerzo y un tipo de estéril o arena) se había hecho por duplicado, una de las dos cajas se abrió a los tres meses para proceder a su examen y se tomaron muestras de los estériles y de las armaduras para efectuar ensayos con los mismos.

La otra caja se abrió al cabo de un año y también se tomaron muestras de los estériles y las armaduras para realizar los mismos ensayos con el fin de que se pudiesen efectuar comparaciones.

5. RESULTADOS

La referencia de cada refuerzo está constituida por 4 caracteres: tres letras correspondientes al refuerzo, estéril y tiempo y una cifra perteneciente al número de la armadura. Las referencias son las que se indican a continuación.

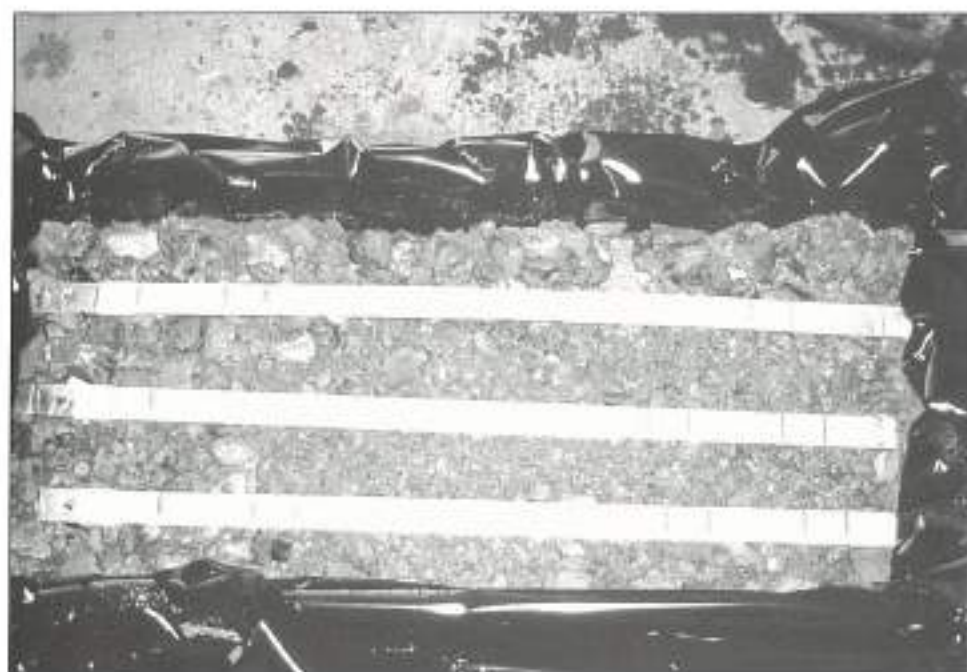


FOTO 2. Estéril rojo. Armaduras flejes metálicos.

REFUERZO	ESTÉRIL	TIEMPO
Flejes: F	El Toralín: T	
Geomalla: G	Reicastro: R	3 meses: i
Cinta transportadora: C	San Pedro: S	1 año: f
Banda Paraweb: B	Pumardongo: P	
	Arena: A	

Número de flejes, bandas, cinta transportadora y bandas Freyssisol por caja: 3. NOTACIÓN: 1, 2, 3.

Número de geomallas por caja: 6. NOTACIÓN: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

5.1. CONTROL DEL PESO DE LAS MUESTRAS DE LAS ARMADURAS INTRODUCIDAS EN LAS CAJAS

Muestras de estériles

En la Tabla I se recogen las humedades de los estériles del carbón inicial y después de 3 y 12 meses, de donde se deduce que las variaciones de la humedad con respecto a las iniciales han sido mínimas.

Flejes metálicos

En la Tabla II se recogen las variaciones de los pesos de los flejes metálicos empleados en las pruebas de corrosión, donde se puede observar un ligero aumento de peso en los flejes enterrados en estéril rojo de Reicastro (1,41 g al cabo del año, equivalente aproximadamente a un 0,76 por mil). También se observa un muy ligero aumento de peso, del mismo orden, con el estéril de San Pedro, y una variación prácticamente nula con el de Toralín. Con el estéril de Pumardongo hay, sin embargo, una pérdida de peso en torno a los 4 gramos a los tres meses, y del mismo orden al cabo del año (un 2,5 por mil, aproximadamente). Los flejes enterrados en la arena dieron una pérdida de peso anormalmente excesiva a los tres meses (de unos cinco gramos, equivalente

Referencia	Humedad %		
	Inicial	3 meses	1 año
FSi	14,00	14,9	14,7
FFi	11,00	9,9	10,6
FTi	11,00	10,9	10,9
FRi	17,00	17,3	17,0
CSi	14,00	8,0	13,9
CRi	11,00	10,8	10,7
CTi	11,00	10,2	10,9
CRI	17,00	15,6	16,9
GSi	14,00	13,1	13,8
GFi	11,00	10,6	10,8
GTi	11,00	10,1	10,9
GRI	17,00	16,3	16,8

TABLA I. Humedad de las muestras.

a un 0,9 por mil) comparada con la que dieron al cabo de 6 meses (1,8 gramos).

Los flejes enterrados en los cuatro tipos de estériles, examinados superficialmente, presentaban, en general, tras la prueba, presencia de manchas superficiales blanquecinas y grisáceas. No obstante, en el caso de la arena también se apreciaron manchas blanquecinas y un cierto deterioro superficial en los flejes.

Geomallas

En la Tabla II se recopilan los resultados relativos a las geomallas. En los estériles negros, a los tres meses, se observa



FOTO 3. Estéril negro. Armadura banda "paraweb".

MATERIAL	REFUERZO	%
Estéril rojo de Reicastro	FRI	0,009
	FRI	0,076
	GRI	-3,726
	GRI	-4,469
	CRI	3,332
	CRF	7,111
	BRF	0,380
	BRF	4,406
Estéril negro de Pumadongo	FPI	-0,237
	FPI	-0,239
	GPI	-0,912
	GPI	-2,488
	CPI	3,879
	CPF	7,417
	BPI	0,383
	BPI	1,370
Estéril negro de San Pedro	FSI	0,017
	FSI	0,088
	GSI	-0,191
	GSI	-1,877
	CSI	4,113
	CSF	7,227
	BSI	0,566
	BSF	3,094
Estéril negro de El Toralín	FTI	-0,007
	FTI	-0,004
	GTI	-0,649
	GTF	1,802
	CTI	4,083
	CTF	4,913
	BTI	2,693
	BTI	2,033
Arena	FAI	-0,090
	FAI	-0,033
	GAI	-0,855
	GAI	-0,701
	CAI	0,617
	CAI	2,230
	BAI	0,350
	BAI	1,628

TABLA II. Variaciones medias de los pesos de los elementos de refuerzo empleados en las pruebas de corrosión.

una disminución del peso entre el 0,2 y el 0,95% y al cabo de los 12 meses la disminución del peso está entre el 1,9 y el 2,6%. Para el estéril rojo de Reicastro se ha medido una disminución de peso de 1,2 g (3,7%) a los tres meses y de 1,43 g (4,5%) al año. En las cajas con arena, la pérdida de peso ha sido de 0,27 g (0,9%) a los tres meses y de 0,2 g (0,7%) a los seis meses.

En el examen visual de estas muestras de geomalla no se han apreciado síntomas de alteración, y las disminuciones en el peso observadas, que se han dado también en las cajas con arena, pueden haber sido debidas a diferencias en el contenido de humedad de las muestras en una y en otra pesadas.

Banda de cinta transportadora

Los resultados relativos a las bandas de cinta transportadora se recogen en la Tabla II. Al igual que sucede con las geomallas, si bien, aparentemente, no existe ninguna señal de degradación del material con independencia del tipo de estéril con el que fue ensayada la banda, hay variaciones en los pesos. A los tres meses, el aumento de peso oscila entre el 2,8 y el 4,1%, mientras que al año, la variación del peso oscila entre el 4,9 y el 7,4%.

Los aumentos de peso parecen estar relacionados con diferencias en el contenido de humedad, y quizá con cierta infiltración de partículas finas, dada su naturaleza, al poseer un alma relativamente porosa.

Banda Paraweb (Freyssisa)

En la Tabla II se recogen los resultados obtenidos en el caso de las bandas Paraweb (Freyssisa). Los refuerzos analizados en este apartado sufren un incremento de peso al ser enterrados en los estériles de carbón, independientemente del origen y tipo (quemados o no quemados) de estéril. En general, las variaciones en el peso son bajas, no superando el 4%.

Al igual que en las bandas de las cintas transportadoras, las variaciones de peso parecen estar más relacionadas con las diferencias de humedad, que por acción de los estériles



FOTO 4. Estéril rojo. Amadora de cinta transportadora.

ya que no se observaron signos de alteración en ninguna de las muestras del refuerzo.

Arena

Con arena se han ensayado los mismos tipos de refuerzos que los empleados con los estériles de carbón. La razón radica en el empleo de la arena al considerarla como material inerte, con lo que se podrá utilizar como criterio comparativo para establecer la agresividad del resto de los materiales empleados. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla II.

Los diferentes tipos de refuerzos, tras un período de tres meses enterrados en arena, presentan resultados diferentes. En los flejes metálicos existe una pérdida en peso que se cifra en un 0,06% como media. Con las geomallas sucede algo parecido, esto es, hay una disminución de peso media de un 0,80%. Por el contrario, en las bandas de cinta transportadora y los refuerzos tipo Paraweb (Freyssisol) se observa un incremento de peso en los mismos tras 12 meses de ensayo, cifrándose los incrementos medios de peso en 2,26 y 1,6%, respectivamente.

Si se comparan los resultados obtenidos con los estériles de carbón y los obtenidos con arenas, en líneas generales se puede decir que el comportamiento de los diferentes refuerzos es similar en ambos casos. Los refuerzos tipo Paraweb (Freyssisol) y los de banda de cinta transportadora, tras 3 meses de estar en contacto con los materiales de relleno (tanto si son arena como si son estériles de carbón) presentan un incremento en sus pesos finales. Las geomallas disminuyen su peso, estén enterradas en arenas o en cualquier tipo de estéril. Un comportamiento peculiar lo presentan los flejes metálicos, ya que mientras enterrados en arena y en estériles de Toralín y Pumardongo tienen disminución de peso, enterrados en estériles de Reicastro y San Pedro presentan aumento de peso. No obstante, en un análisis cuantitativo, los resultados son semejantes.

Por ello, puede afirmarse que los estériles de carbón no son más agresivos que la arena, material tradicionalmente empleado en la construcción de tierra reforzada.

5.2. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ALARGAMIENTO EN EL PUNTO DE CARGA MÁXIMA

En los flejes metálicos se ha determinado exclusivamente la resistencia a la tracción, tanto antes como después de que los mismos hubieran sido ensayados en las cajas. Sin embargo, en las geomallas se han determinado la resistencia a la tracción y el alargamiento en el punto de máxima carga.

Los ensayos se han realizado de acuerdo con lo especificado en las normas B.S. 6906 (PART I) y DIN 53857/1, con lo cual siempre existirá un par de resultados para cada muestra. Independientemente de la norma empleada, se ha utilizado en todos los casos un dinamómetro universal marca INSTRON modelo 1195.

Las muestras de geomalla han sido ensayadas en dos direcciones: urdimbre (U) y trama (T). Para las muestras que no han estado en contacto con estériles, empleando la norma B.S. 6906 y ensayadas en la dirección de urdimbre, las probetas han sido de 18 cm, comprendiendo cada probeta 9 "hilos"; para las muestras ensayadas en el sentido de trama se han empleado probetas con un ancho real de 21 cm, comprendiendo cada probeta 10 "hilos". Cuando la norma empleada ha sido la DIN 53857/1, las muestras se han ensayado únicamente en la dirección de urdimbre con probetas de 4,5 cm de ancho real, comprendiendo cada una 3 "hilos".

Para muestras de geomallas que han estado en contacto durante 3 meses con estériles de carbón, la dirección ensayada ha sido la de urdimbre. Cuando la norma empleada es la B.S. 2906, las probetas poseen un ancho real de 18,2 cm, comprendiendo cada una de ellas 9 "hilos". En los ensayos realizados de acuerdo con la norma DIN 53857/1, las probetas se cortaron con un ancho de 5 cm, comprendiendo 3 hilos.

Flejes metálicos

Los resultados de los ensayos de rotura a tracción llevados a cabo sobre los flejes metálicos de tierra reforzada se resu-

SUELO	EDAD (meses)	PROBETA	ESPESOR MEDIO (mm)	SECCIÓN MEDIA (mm ²)	CARGA MÁXIMA A TRACCIÓN (kp)	
					PROBETA	MEDIA
REICASTRO	INICIAL	A-01	—	209	11.960	12.230
		A-02	—	222	12.440	
		A-03	—	213	12.300	
	3	FR1 1	5,23	209	11.840	12.140
		FR1 2	5,21	210	12.810	
		FR1 3	4,99	201	11.780	
	12	FR2 1	5,28	214	12.080	12.303
		FR2 2	5,79	233	12.680	
		FR2 3	5,51	224	12.150	
PRIMARDONGO	3	FR1 1	5,65	229	13.160	12.790
		FR1 2	5,24	211	12.740	
		FR1 3	5,24	205	12.480	
	12	FR2 1	5,29	216	12.680	12.570
		FR2 2	5,46	219	12.830	
		FR2 3	5,13	205	12.200	
SAN PEDRO	3	FS1 1	5,08	204	11.190	12.210
		FS1 2	5,26	215	12.450	
		FS1 3	5,74	232	13.010	
	12	FS2 1	5,14	208	11.540	11.900
		FS2 2	5,27	216	11.930	
		FS2 3	5,39	223	12.230	
TORALIN	3	FT1 1	5,32	214	11.960	11.640
		FT1 2	5,53	223	12.400	
		FT1 3	5,02	183	10.560	
	12	FT2 1	5,43	228	12.670	12.237
		FT2 2	5,36	217	11.990	
		FT2 3	5,39	218	12.050	
ARENA	3	FA1 1	5,31	215	11.690	11.730
		FA1 2	5,27	214	11.940	
		FA1 3	5,22	212	11.550	
	6	FA2 1	5,15	204	12.090	11.820
		FA2 2	5,47	220	12.130	
		FA2 3	5,25	212	11.240	

TABLA III. Carga máxima a tracción de los flejes metálicos utilizados en las pruebas en cajas.

men en la Tabla III, en la que se incluyen, además los resultados de los ensayos sobre otras tres muestras no sometidas al enterramiento en las cajas; estas tres muestras dieron un valor medio de resistencia a la tracción en el punto de carga máxima de 12.230 kp. Como se ve en dicha Tabla, no se aprecia pérdida de resistencia ni a los tres meses ni al cabo del año en ninguno de los casos, tanto en los flejes que estuvieron enterrados en los diferentes tipos de estériles, como en los que estuvieron en arena. Las variaciones de resistencia entre unos casos y otros entran dentro de la dispersión estadística esperable. Las posibles pérdidas del galvanizado superficial no han afectado al valor de la resistencia.

En la Tabla IV se recogen los pesos de las muestras sometidas a la prueba durante un año, antes y después de la limpieza de los óxidos (mediante inmersión en solución de acetato amónico saturada durante seis horas), así como el espesor medio del fleje después de la limpieza de los óxidos, y los espesores medios de galvanizado, medidos en las dos caras de cada fleje (cinco determinaciones por cara). En alguna muestra de fleje, por ejemplo la FT2, enterrada en estéril de Toralin, pero también en otras enterradas en los otros estériles, se aprecian espesores de galvanizado comparativamente bajos.

Tales variaciones en la resistencia no parecen ser debidas a la permanencia de los flejes en contacto con los estériles, sino que más bien han de interpretarse como variaciones debidas al propio ensayo de tracción puesto que, además, tampoco existe una clara correlación entre tales resultados y los obtenidos al analizar las variaciones de peso de los flejes a los 3 meses de estar enterrados. En los estériles del Toralin se observa disminución del peso de los refuerzos y disminución de la resistencia media a la tracción, simultáneamente. En el resto de los casos dichas correlaciones son arbitrarias, con lo que se refuerza lo anteriormente expuesto.

Geomallas

Al igual que con los flejes, con la geomalla se han realizado los ensayos tanto sobre muestras que no han estado en contacto con los estériles como sobre muestras que han estado enterradas en estériles de carbón.

Los resultados de los ensayos sobre muestras que no han estado en contacto con estériles del carbón y los obtenidos de muestras que han estado en contacto con diversos estériles de carbón se recogen en la Tabla V.

A la vista de la mencionada Tabla cabe destacar que las geomallas que han estado enterradas durante tres meses

FLEJES	PESO ANTERIOR A LA LIMPIEZA (g)	PESO POSTERIOR A LA LIMPIEZA (g)	DIFERENCIA (g)	ESPESOR MEDIO DEL FLEJE (mm)	ESPESOR MEDIO DEL GALVANIZADO	
					CARA	ESPESOR (μm)
FRF 1	1.781,86	1.778,60	3,26	5,30	A B	124 129
FRF 2	1.976,27	1.957,95	18,32	5,70	A B	103 97
FRF 3	1.792,36	1.789,19	3,17	5,37	A B	116 119
FPI 1	1.562,61	1.552,18	10,43	5,25	A B	107 113
FPI 2	1.630,53	1.606,66	23,87	5,33	A B	88 105
FPI 3	1.623,16	1.595,55	27,61	5,17	A B	89 114
FSF 1	1.594,70	1.583,39	11,31	5,13	A B	108 120
FSF 2	1.766,46	1.748,27	18,19	5,30	A B	109 90
FSF 3	1.841,26	1.836,53	4,73	5,30	A B	118 121
FTI 1	1.797,06	1.787,16	9,90	5,26	A B	125 121
FTI 2	1.869,03	1.833,14	35,89	5,35	A B	70 107
FTI 3	1.881,27	1.873,27	8,00	5,33	A B	112 118
FAI 1	1.733,20	1.715,33	17,87	5,20	A B	— 112
FAI 2	1.919,36	1.912,99	6,37	5,47	A B	116 115
FAI 3	1.859,18	1.833,16	27,02	5,20	A B	127 107

TABLA IV. Peso de los flejes metálicos antes y después de la limpieza de óxidos; espesor residual y espesor medio de galvanizado.

Muestra	Norma	Resistencia a tracción	C.V. %	Alargamiento medio, %	C.V. %
U	B.S. 6906	40,3	2,2	28,5	8,5
T	B.S. 6906	28,5	15,9	27,3	12,1
U	DIN 5385/1	45,8	5,3	13,1	11,2
U	DIN 5385/1	48,9	5,1	12,5	10,2
U	DIN 5385/1	51,9	3,7	12,5	5,6
Gti	B.S. 6906	37,0	5,7	22,3	8,5
Gti	DIN 5385/1	49,0	18,1	12,3	5,2
Gpi	B.S. 6906	39,8	3,2	25,0	3,7
Gpi	DIN 5385/1	53,6	2,3	12,8	2,3
Gri	B.S. 6906	43,8	5,4	29,3	3,4
Gri	DIN 5385/1	54,9	2,9	13,1	2,5
Gsi	B.S. 6906	44,1	4,9	27,2	13,7
Gsi	DIN 5385/1	55,8	5,3	13,3	4,6

TABLA V. Resistencias a la tracción y alargamientos medios de los geomallas en los distintos estériles empleados en las pruebas de corrosión en cajas.

no experimentan cambios apreciables en cuanto a la resistencia a la tracción, independientemente de la norma considerada.

Con el alargamiento ocurre algo parecido. Las variaciones de alargamiento observadas en los ensayos sobre materiales que han estado en contacto con los estériles de carbón no son indicativas de que los estériles de carbón afecten a las geomallas en ningún sentido, y han de interpretarse más bien como variaciones propias del ensayo.

Ambas características implican que en períodos de tiempo pequeños, los estériles de carbón no afectan a las características mecánicas de las geomallas.

Por lo que respecta a las geobandas Paraweb, al estar constituidas por los mismos compuestos poliméricos que las geomallas, aunque no se han realizado ensayos de rotura con las muestras enterradas en las cajas, puede considerarse que tampoco en este caso se hubiera producido pérdida de resistencia en los plazos de tiempo considerados.

Con las bandas de cinta transportadora, por otro lado, dado la heterogeneidad de las muestras utilizadas, no se han llevado a cabo ensayos de rotura, pero como ya se ha comentado, no se apreció en ninguna de las muestras signos de alteración superficial.

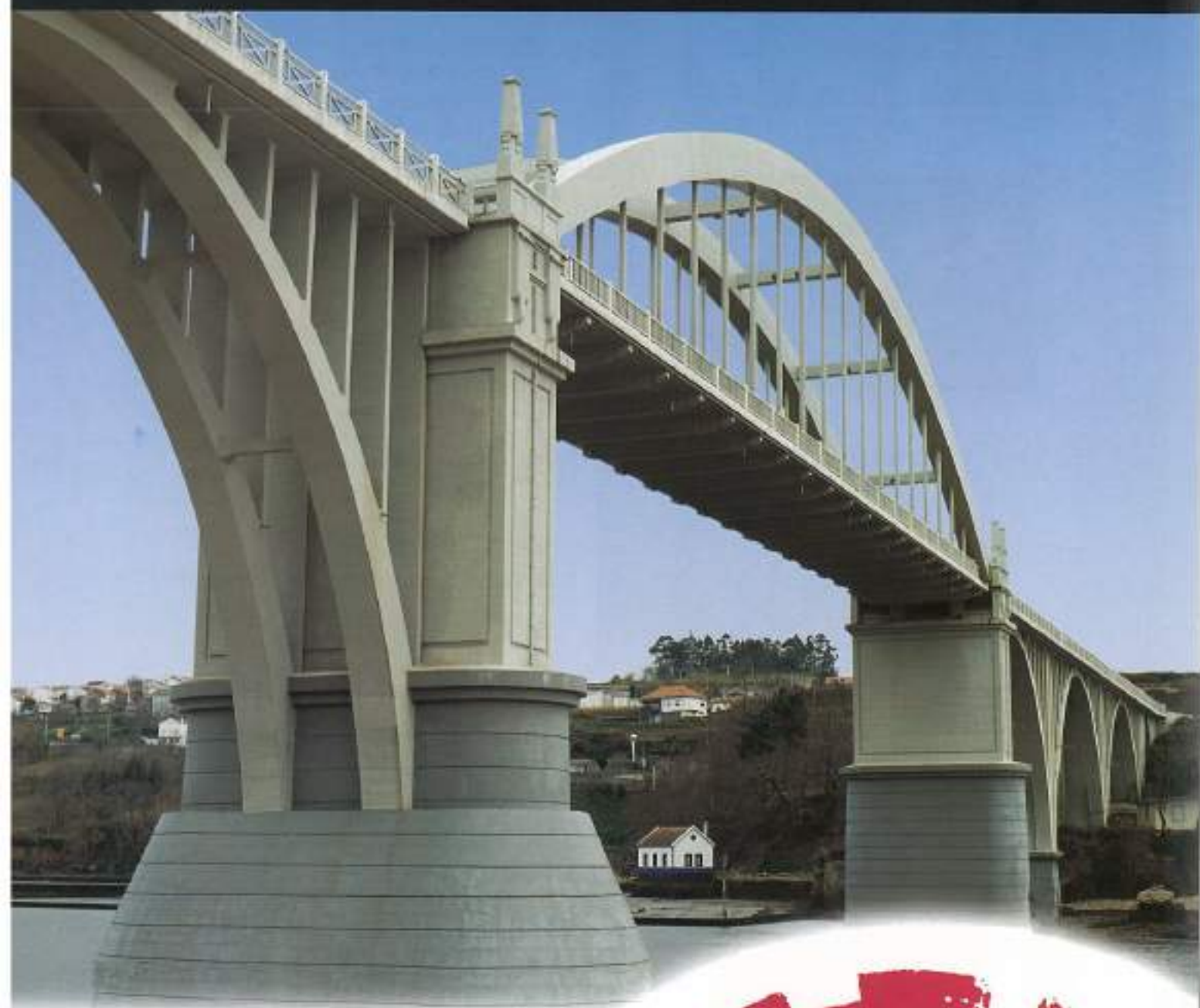
6. CONCLUSIONES

De los datos anteriores se deduce que las pruebas de durabilidad ponen de manifiesto que, en general, los elementos metálicos presentan síntomas de inicio de alteración superficial y posible pérdida de galvanizado, tanto cuando se emplean estériles como cuando se usan arenas. Por el contrario, los elementos de refuerzo de poliéster recubiertos de polietileno, geomalla y los de caucho sintético no han presentado signos de alteración superficial. Tampoco se han dado pérdidas de resistencia o apreciado cambios de comportamiento mecánico en rotura (por ejemplo, un proceso de rigidización con el envejecimiento) en los ensayos realizados sobre las muestras de armadura enterradas distintos períodos de tiempo en los estériles.

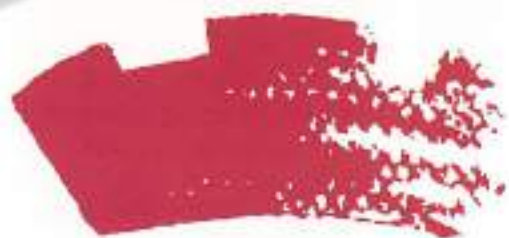
BIBLIOGRAFÍA

- (1) GONZÁLEZ CAÑIBANO, J.; PARDO, F.; SOPEÑA, L.; TORRES, M.; PÉREZ, J. J.; MARTÍNEZ, C.; GONZÁLEZ M. R. "Utilización de los estériles del carbón como materiales de relleno en estructuras de tierra armada" I. Características geotécnicas y electroquímicas. *Ingeniería Civil*, n° 101, 1.º Trimestre de 1996.

REHABILITACION Y CONSERVACION DE PUENTES Y ESTRUCTURAS



- **Inventario** de estructuras existentes en un itinerario o red de itinerarios.
- **Auscultación.**
- **Diagnóstico.**
- **Reparación** y todo tipo de trabajos especiales relacionados con la piedra, el hormigón y el metal, con aplicación de las tecnologías más avanzadas.
- **Perforaciones y corte con diamante.**



MIRO

Alberto Alcocer, 8 entreplanta 8 • 28036 Madrid
Tel.: 457 44 00 - Fax: 457 47 54

INGENIERIA CIVIL



- Agronomía
- Obras Hidráulicas
- Ingeniería Sanitaria
- Estudios y Proyectos Medioambientales
- Ingeniería de Costas
- Ordenación del Territorio y Desarrollo Regional
- Geología y Minería
- Ingeniería del Transporte



INFORMES Y PROYECTOS, S.A.,
es una empresa de Ingeniería y Consultoría
con más de 25 años de experiencia en los campos
de la Ingeniería Civil, Industrial, de Recursos
Naturales y de Tratamiento de Residuos.

General Díaz Portier, 49 - 28001 **MADRID** Tel. (91) 402 55 04 • 402 50 12 Fax (91) 402 13 91
Plaza Fernando Lesseps, 33 - 08023 **BARCELONA** Tel. (93) 415 00 17 Fax (93) 218 65 36
DELEGACIONES EN: SEVILLA, ZARAGOZA, GIJÓN, GALICIA, MURCIA Y VALENCIA

