

Estudio comparativo entre los envejecimientos naturales y artificiales acelerados en los equipos de protección personal (II)*

Por José María Cortés Díaz y Jesús Morón Rodríguez,
Técnicos del Centro Nacional de Medios
de Protección del Instituto Nacional de Higiene
y Seguridad en el Trabajo.

4. DURACION DE LOS ENVEJECIMIENTOS

Dado que en anteriores estudios realizados en este Centro, en la misma estación de envejecimiento y utilizando la misma cámara de radiaciones U.V. sobre elementos de amarre para cinturones de seguridad o cuerdas perimetrales de las redes de protección, se obtuvieron unos resultados concluyentes, en la presente ponencia se hace uso de los resultados obtenidos anteriormente.

De acuerdo con esto, se han sometido a envejecimiento sólo aquellos equipos y componentes de los que el Centro Nacional de Homologación no disponía de experiencia sobre este tema (cascos de protección, bandas textiles y elementos metálicos utilizados en los cinturones de seguridad).

4.1. Envejecimiento natural

La duración de estos envejecimientos ha sido variable, dependiendo de la naturaleza de las muestras y de los materiales utilizados en la fabricación del equipo. La realización de observaciones visuales periódicas permitieron retirar de la exposición aquellas muestras o componentes que presentaban, a juicio del experimentador, una degradación apreciable.

4.2. Envejecimiento artificial

A partir de resultados obtenidos en ensayos previos realizados, se pudo apreciar cómo a partir de 700 horas de exposición en cámara ya existían pérdidas considerables en algunas muestras, por lo que se decidió fijar este período de tiempo para aplicar a la totalidad de las muestras de bandas seleccionadas.

En el caso de los hilos de malla de redes de seguridad, dadas sus condiciones de trabajo, este período de tiempo se amplió hasta 900 horas de exposición.

En cuanto a los ensayos realizados sobre cascos de seguridad, se ha considerado un tiempo de exposición en cámara de radiaciones U.V. de 600 horas.

En los ensayos de envejecimiento de los elementos metálicos se ha seguido el mismo criterio que en el de materias plásticas, observando periódicamente la presencia de signos de corrosión y determinando su pérdida de resistencia cuando se apreció una considerable corrosión.

5. CRITERIOS DE EVALUACION

Según los elementos o componentes a ensayar, y a la vista de la bibliografía existente, se decidió determinar la degradación ambiental en cada uno de los elementos estudiados, de acuerdo con los siguientes criterios:

a) Cinturones de seguridad

Para conocer la influencia del envejecimiento sobre este importante medio de protección, se parte en el presente estudio de los datos obtenidos en los ensayos realizados sobre sus elementos componentes.

En este sentido, se ha analizado el comportamiento de las cuerdas de amarre, las bandas o elementos textiles utilizados en la confección del cinturón y los elementos metálicos.

En todos los elementos se determinó su degradación a partir de la pérdida de resistencia a la tracción, de las probetas envejecidas respecto a los valores obtenidos con probetas en condiciones normales, para posteriormente determinar una correlación entre ambos tipos de envejecimientos.

Dado que en la vida media del cinturón incide en gran medida la de sus elementos textiles componentes (bandas y cuerdas), sobre los que inciden otras acciones que aceleran su degradación, como costes, abrasiones, etc., se consideró importante estudiar esta acción, a fin de determinar en lo posible qué porcentaje de influencia ejercían las citadas acciones sobre la vida media del equipo.

b) Redes de protección

Para conocer la influencia del envejecimiento sobre este medio se siguió el mismo criterio expuesto para los cinturones de seguridad, haciendo uso de los resultados obtenidos en anteriores estudios realizados en este Centro.

c) Cascos de seguridad

Para conocer la influencia que ejercen las condiciones atmosféricas ambientales sobre los cascos de seguridad, se ha estudiado principalmente la influencia de esta acción sobre el casquete, por ser este componente el que resulta más afectado.

* Véase «Metalurgia y Electricidad», núm. 452.

Para conocer la degradación experimentada por las muestras seleccionadas, envejecidas natural o artificialmente en cámara de radiaciones U.V., se han realizado los ensayos de choques y perforación contemplados en la Norma MT-1 «Cascos de seguridad no metálicos», que son equivalentes a los realizados en toda la normativa existente, así como el ensayo de compresión lateral. Este último ensayo se ha seleccionado por considerarlo una prueba en la que exclusivamente se evalúa el comportamiento del casquete, sin que interviengan las restantes partes del casco que, en condiciones normales, resultan muy poco afectadas por los agentes atmosféricos ambientales.

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos indicados, sobre muestras previamente envejecidas, comparados con los obtenidos en condiciones normales, se pudo determinar el valor de la degradación en cada muestra.

6. REALIZACION DEL ESTUDIO

6.1. Cinturones de seguridad

6.1.1. Elemento de amarre

De acuerdo con lo expuesto en otro apartado de este trabajo, en el presente se exponen los resultados de anteriores estudios sobre este tema realizados en este Centro.

En este estudio se determinó no sólo la pérdida de resistencia mecánica de las cuerdas, sino la posible variación de su alargamiento, ya que este valor se consideró interesante para determinar su capacidad amortiguadora.

a) Selección de las muestras

Para su estudio se seleccionaron aquellos tipos de materiales que con más frecuencia se utilizan en la fabricación de los elementos de amarre de los cinturones.

Así pues, fueron objeto de nuestro estudio cuerdas de poliéster alta tenacidad (trevira), nailon polietileno, polipropileno y rilon, de las que, si exceptuamos este último, los restantes materiales son los que actualmente se siguen utilizando con mayor frecuencia en los cinturones de seguridad.

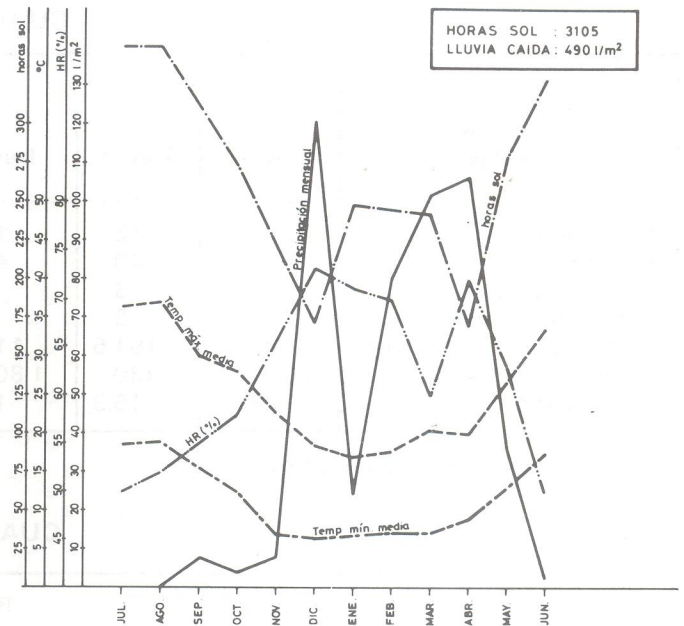
b) Envejecimiento natural

Dos probetas de cada muestra permanecieron durante un año en la estación de envejecimiento del Centro Nacional de Homologación, totalizándose sobre ellas 3.105 horas de sol y 490,5 litros/m² de agua de lluvia.

En el gráfico de la figura 2 puede apreciarse claramente las variables de ensayo: HR (%), temperaturas máxima y mínima medias, precipitación mensual y horas de sol, en el período de tiempo que se indica.

c) Envejecimiento artificial

Dos probetas de cada muestra se dispusieron en el interior de la cámara de radiaciones ya descrita anteriormente, hasta totalizar 900 horas.



Ensayos realizados en estación de envejecimientos
Gráfico de variables

Figura 2

d) Realización del ensayo

El ensayo consistió en determinar la variación de resistencia a la tracción y alargamiento en cada tipo de cuerda, previamente envejecidas, respecto a los valores obtenidos en condiciones normales.

Los valores obtenidos fueron:

- Carga de rotura (kgf).
- Alargamiento a 800 kgf (A %).

Sobre cada probeta se marcó una longitud inicial de ensayo (l_0) de 300 mm y se midió nuevamente esta distancia entre marcas, con una carga de medida de 20 kgf (l_1).

El alargamiento se determinó a partir de los valores obtenidos entre marcas cuando se alcanzó la carga de 800 kgf en la probeta (l_2), salvo en los ensayos con cuerdas de polietileno, que se calculó a la rotura, ya que la carga de rotura fue inferior a este valor en los ensayos realizados.

A partir de estos valores y mediante la aplicación de la expresión:

$$A \% = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \times 100$$

se determinó el valor del alargamiento, siendo,

$$L_1 = \frac{l_1 \cdot l_0}{l_0}$$

Para la realización de los ensayos se utilizó una máquina de tracción universal, con selectores de velocidad y fondo escala, con una precisión de $\pm 0,5$ %.

En el cuadro III se indican las características de las cuerdas utilizadas, así como los valores obtenidos con cada tipo de muestra.

CUADRO III

Características de las cuerdas	Material						
	Trevira	Trevira	Trevira	Nailon (braldline)	Polietileno	Polipropileno	Rilon
Diámetro (mm)	10	12	12	12	12	12	10
Paso (mm)	33	40	40	—	40	40	35
N.º de cordones	4	3	4	—	4	4	4
Diámetro cordón (mm)	4	6	5	—	5	5	4
Masa neta por metro (g/m)	80,9	101,5	114,2	75,4	73,6	69,7	65,7
Resistenc. trac. (kgf)	1.300	1.830	1.805	2.275	660	1.440	1.577
Alargamiento (5)	23,8	15,3	18,6	11,1	89,8	25,0	25,3

Resultados de los ensayos realizados:

CUADRO IV

Material	Resistencia a las radiaciones U.V.			
	Resistenc. tracción (Kgf)	Variación de resistencia (%)	Alargamiento (%)	Variación de alargamiento (%)
Trevira	1.290	-0,7	28,5	+19,7
Trevira	1.600	-12,5	26,1	+70,5
Trevira	1.810	+0,2	20,6	+10,7
Nailon (braldline)	2.275	0	17,4	+56,7
Polietileno	525	-20,4	76,5	-14,8
Polipropileno	16	-98,8	—	—
Rilon	1.820	+15,4	26,9	+6,3

CUADRO V

Material	Resistencia a la intemperie			
	Resistenc. tracción (kgf)	Variación de resistencia (%)	Alargamiento (%)	Variación de alargamiento (%)
Trevira	1.035	-20,3	26,9	+13,0
Trevira	1.510	-17,4	23,8	+55,5
Trevira	1.760	-2,4	20,6	+10,7
Nailon (braldline)	1.200	-12,0	21,4	+92,7
Polietileno	260	-60,6	15,6	-82,6
Polipropileno	14	-99,0	—	—
Rilon	1.845	+16,9	26,9	+6,3

e) Conclusiones

Si analizamos los resultados obtenidos sobre las muestras envejecidas artificialmente, podemos apreciar cómo el comportamiento experimentado por cada tipo de fibra fue muy desigual, ya que así como las cuerdas de poliéster alta tenacidad, nailon y rilon, apenas experimentaron una pérdida de su resistencia, en las de polipropileno éstas llegaron a alcanzar el 98 %.

Semejantes resultados, aunque más acentuados se aprecian en las muestras envejecidas a la intemperie, donde junto con las radiaciones solares hay que considerar la acción de las inclemencias del tiempo (frío, calor, humedad relativa, cambios bruscos de temperatura, temperaturas máximas y mínimas, etc.). Como dato a destacar se observa cómo las cuerdas de rilon, al igual que ocurriese con las muestras envejecidas artificialmente, no experimentaron ninguna pérdida de resistencia.

6.1.2. Bandas textiles

a) Selección de las muestras

Para el estudio de este componente del cinturón se eligieron veintinueve muestras de bandas, confeccionadas con fibras de polipropileno, poliéster alta tenacidad, algodón y mixtas (polipropileno-algodón y polipropileno-poliéster alta tenacidad), por ser estos materiales los que con más frecuencia se han presentado en los cinturones de seguridad hasta ahora homologados, de acuerdo con la Norma MT-13 «Cinturones de seguridad: Definiciones y Clasificación. Cinturones de sujeción».

b) Envejecimiento natural

Las probetas de cada muestra permanecieron durante 7 meses, comprendidos entre julio de 1981 y enero de 1982, en la estación de envejecimiento descrita, to-

talizándose sobre ellas 1.636 horas de sol y 273 litros/m² de agua de lluvia.

Transcurridos los cuatro primeros meses de exposición, se dio por finalizado el envejecimiento en las muestras de polipropileno, ya que presentaban evidentes signos de degradación, llegando en algunos casos a desaparecer los hilos de polipropileno, como puede apreciarse en la fotografía 6.

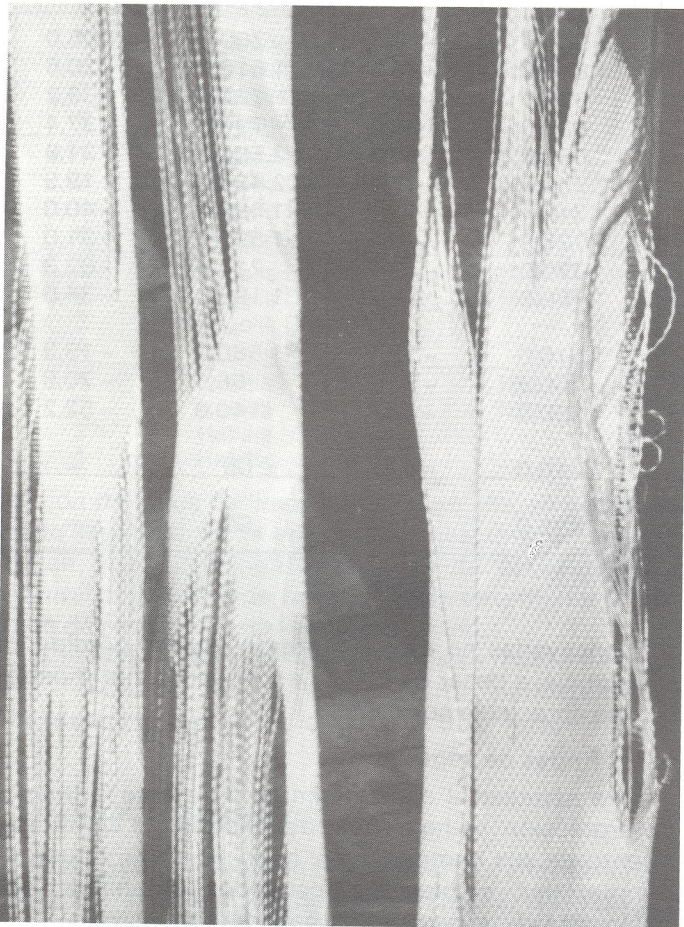
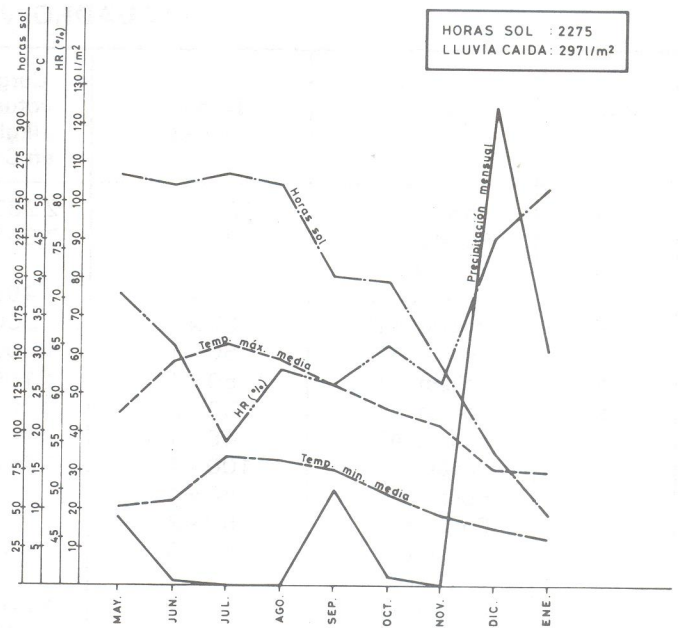


Foto 6

En el gráfico de la figura 3 puede apreciarse claramente las variables de ensayo: HR (%), temperaturas máximas y mínimas medias, precipitación mensual y horas de sol, en el citado período de tiempo.



Ensayos realizados en estación de envejecimientos
Gráfico de variables

Figura 3

c) Envejecimiento artificial

Dos probetas de cada muestra se dispusieron en el interior de la cámara de radiaciones descrita, hasta totalizar 700 horas.

d) Realización del ensayo

El ensayo consistió en determinar la variación de resistencia a la tracción en cada tipo de banda, previamente envejecidas, respecto a los valores obtenidos en condiciones normales.

Para la realización de estos ensayos se utilizó la máquina de tracción universal ya descrita, dotada de unas mordazas especiales para ensayos de bandas, con una longitud mínima entre mordazas de 300 milímetros.

En el siguiente cuadro se indican las características de las bandas utilizadas, así como los valores obtenidos en cada tipo de muestra.

CUADRO VI. Ensayo de tracción de bandas textiles

Muestra n.º	Material	Dimensiones	Carga rotura (kgf) en C.N.	Carga rotura (kgf) en U.V.	% Variación	Carga rotura (kgf) env. natural	% Variación
1	Polipropil.	100 x 2,5	2.267,0	1.160,0	-49	235,0	-89,6
2	Poliést. AT	100 x 1	2.150,0	2.000,0	-7	1.280,0	-40,5
3	Poliést. AT	50 x 1,2	1.600,0	2.000,0	+25,0	1.830,0	+14,4
4	Algodón	90 x 1,5	550,0	350,0	-36,4	135,0	-61,4
5	Poliést. AT	80 x 2	7.075,0	6.500,0	-8,1	5.100,0	-28,0
6	Poliést. AT	95 x 1,5	5.683,0	(1)	—	4.750,0	-16,4
7	Poliést. AT	100 x 1	2.116,0	(1)	—	1.450,0	-31,5
8	Poliést. AT	120 x 2	7.500,0	(1)	—	5.900,0	-21,3
9	Polipropil.	102 x 3	2.500,0	(1)	—	96,6	-96,0
10	Poliést. AT	100 x 1	2.216,0	2.075,0	-7,8	1.200,0	-46,0
11	Polipropil.	103 x 2,7	3.250,0	1.860,0	-43,0	1.560,0	-54,0
12	Poliést. AT	100 x 2	5.966,0	(1)	—	3.950,0	-34,0

CUADRO VI (Continuación)

Muestra n.º	Material	Dimensiones	Carga rotura (kgf) en C.N.	Carga rotura (kgf) en U.V.	% Variación	Carga rotura (kgf) env. natural	% Variación
13	Poliéster	100 x 1	2.283,0	(1)	—	1.570,0	-31,0
14	Poliést. AT	94 x 1	2.266,0	(1)	—	1.590,0	-29,8
15	Tr: Prolipr. Ur: Algodón	110 x 1,5	453,3	360,0	-20,6	200,0	-56,0
16	Poliést. AT	50 x 1,3	1.900,0	1.840,0	-3,1	1.510,0	-20,6
17	Poliést. AT	50 x 1,2	1.200,0	930,0	-22,5	730,0	-39,2
18	Poliést. AT	50 x 1	1.166,6	830,0	-29,0	730,0	-37,4
19	Poliést. AT	52 x 2	3.200,0	2.550,0	-20,3	2.500,0	-21,8
20	Poliést. AT	46 x 1,5	3.083,0	2.700,0	-12,4	2.480,0	-19,5
21	Poliést. AT	100 x 1	2.746,0	(1)	—	1.630,0	-40,0
22	Poliést. AT	50 x 1	2.200,0	2.125,0	-3,4	1.520,0	-31,0
23	Polipropil.	50 x 3	1.200,0	320,0	-73,0	211,6	-82,3
24	Polipropil.	50 x 3	1.800,0	1.760,0	-2,2	1.193,0	-34,0
25	Tr: Polipr. Ur: Pol. AT	25 x 2	1.800,0	1.510,0	-16,1	1.560,0	-13,3
26	Polipropil.	16 x 1,5	228,0	60,0	-73,7	66,6	-70,8
27	Polipropil.	15 x 1	293,3	150,0	-48,8	140,0	-52,2
28	Tr: Polipr. Ur: Pol. AT	95 x 0,7	1.946,6	1.710,0	-12,5	(2)	—
29	Tr: Polipr. Ur: Pol. AT	50 x 1,4	1.466,0	1.395,0	-4,8	(2)	—

(1) No se realizaron ensayos de envejecimiento en cámaras de radiaciones U.V.

(2) No pudieron ensayarse al desaparecer los hilos de la trama.

El período de exposición de las muestras números 1, 9, 11, 23, 24, 26, 27, 28 y 29 fue de 4 meses.

e) Conclusiones

Del análisis de los resultados obtenidos, se desprende cómo, al igual que ocurriese con los ensayos realizados sobre cuerdas, las fibras sintéticas presentan un desigual comportamiento al envejecimiento, incluso para materiales de igual naturaleza, apreciándose en las bandas de polipropileno, a los cuatro meses de exposición, pérdidas de resistencia comprendidas entre el 34 % y el 89 % y en las bandas de poliéster, a los 7 meses, pérdidas de resistencia que van desde valores inapreciables hasta alcanzar el 48 % respecto a sus valores iniciales.

6.1.3. Elementos metálicos

Este estudio se ha realizado sobre varios tipos de los más frecuentemente utilizados en los modelos de cinturones hasta ahora homologados en este Centro, fabricados por fundición o por troquelado.

Dos unidades de cada muestra han permanecido a la intemperie durante 4 meses, en la estación de envejecimiento natural ya descrita, y otros dos de cada muestra han permanecido en el interior de la cámara de niebla salina, durante un tiempo de 30 días, en las condiciones indicadas.

El resultado de los ensayos de tracción realizados sobre las unidades envejecidas natural o artificialmente, así como los porcentajes de pérdidas de resistencia para cada una de las muestras, se indican en el cuadro VII.

Del análisis de este cuadro se desprende cómo durante los tiempos de exposición indicados, las mues-

tras ensayadas no experimentaron apenas pérdida de resistencia, a pesar de que su aspecto exterior mostraba una apreciable corrosión.

6.2. Redes de seguridad

Para estudiar el comportamiento de este elemento de protección, se ha partido del análisis del comportamiento de sus componentes: hilos de malla y cuerdas perimetrales, si bien los resultados obtenidos para cualquiera de ellos pueden hacerse extensivo al otro, toda vez que en ambos se emplean los mismos tipos de fibras.

Considerando que las dimensiones y características, tanto constructivas como resistentes, y materiales utilizados de las cuerdas perimetrales utilizadas en las redes de seguridad, son las mismas que las utilizadas como elemento de amarre en los cinturones de seguridad, los resultados obtenidos para estos elementos, ya analizados, se consideran igualmente válidos en las redes de seguridad.

En este apartado sólo analizaremos los resultados obtenidos sobre hilos de malla, realizados en los laboratorios de este Centro, a petición del Grupo de Trabajo GT 7 del Comité Internacional de la A.I.S.S., para la Construcción y Obras Públicas.

a) Selección de las muestras

Las 18 muestras de hilos seleccionadas, de procedencia nacional y extranjera, estaban fabricadas con fibras de poliamida, poliamida «Enkalon», nailon alta tenacidad y poliéster, según los datos por los fabricantes.

b) Envejecimiento artificial

Dado que en la degradación de este elemento de protección incide además de las radiaciones U.V., la

CUADRO VII. Ensayos de tracción de elementos metálicos

Muestra n.º	Elemento	Acondicionamiento normal	Envejec. cámara niebla salina	% Variación	Envejecimiento natural	% Variación
1	Mosquetón 1	1.500				
2	Mosquetón 1	1.300				
3	Mosquetón 1		1.500	+ 4,2	1.400	- 4,2
4	Mosquetón 1		1.420		1.280	
5	Mosquetón 2	4.500				
6	Mosquetón 2	4.450				
7	Mosquetón 2		4.400	- 1,1	4.500	+ 0,5
8	Mosquetón 2		4.450		4.500	
1	Argolla D	1.125				
2	Argolla D	1.200				
3	Argolla D		1.120	- 4,0	1.180	+ 2,4
4	Argolla D		1.110		1.200	
1	Argolla D	1.260				
2	Argolla D	1.180				
3	Argolla D		1.230	+ 5,3	1.200	- 1,6
4	Argolla D		1.200		1.200	
1	Hebilla	1.180				
2	Hebilla	1.180				
3	Hebilla		1.200	+ 2,5	1.180	0
4	Hebilla		1.220		1.180	

acción del agua de lluvia caída sobre ella, se han analizado separadamente ambas acciones, teniendo previsto en un futuro realizar ensayos de envejecimiento natural sobre hilos de redes, a fin de determinar la pérdida de resistencia de los nudos de red.

El envejecimiento de las muestras se realizó en la cámara de radiaciones U.V. ya descrita, permaneciendo las muestras en su interior durante 900 horas.

c) Realización del ensayo

El ensayo consistió en determinar la variación de resistencia a la tracción de cada muestra, previamente envejecidas en cámara de radiaciones y acondicionadas previamente mediante inmersión en agua.

Los valores medios de los ensayos realizados se indican en el presente cuadro VIII.

d) Conclusiones

Del análisis de estos resultados, se deduce que la acción exclusiva del agua sobre las muestras produce en general una escasa pérdida de resistencia, si exceptuamos un par de muestras donde las pérdidas fueron algo significativas. En cuanto a los resultados obtenidos sobre las muestras envejecidas en cámara de radiaciones U.V., se aprecia, cómo mientras las muestras de poliéster no experimentan ninguna pérdida, en las de poliamida se apreciaron porcentajes de pérdida comprendidos entre el 9 % y el 43 %, dependiendo de la calidad de ésta, y en otras muestras el porcentaje de pérdida llegó a alcanzar incluso el 63 %

(continuará)

CUADRO VIII. Ensayos de tracción de hilos de malla

Muestra n.º	Material	Carga de rotura (kgf)				
		Condic. normal	Inmersión en agua	% Variación	900 h. U.V.	% Variación
1	Poliamida	236,0	190,0	- 19,7	176,6	- 25,3
2	Poliamida	230,0	200,0	- 13,4	130,0	- 43,4
3	Poliamida enkalon	170,0	163,3	- 3,9	143,3	- 15,7
4	Poliamida enkalon	265,0	253,3	- 4,6	238,3	- 10,3
5	Poliamida enkalon	121,6	120,0	- 1,3	100,0	- 17,3
6	Nailon alta ten.	173,3	188,3	8,6	128,3	- 25,9
7	Naiylon alta ten.	258,3	250,0	- 3,2	150,0	- 41,9
8	Poliéster	125,0	128,3	2,64	128,3	2,64
9	Poliéster	160,0	155,0	- 3,1	155,0	- 3,1
10	Poliéster	121,6	120,0	- 1,3	118,3	- 2,7
11	Nailon	170,0	176,6	3,8	176,6	3,8
12	Nailon	253,3	246,6	- 2,6	230,0	- 9,2
13	Nailon	430,0	413,3	- 3,8	381,6	- 11,4
14	Nailon	413,3	421,6	2,0	333,3	- 19,3
15	Nailon	413,3	433,3	4,8	430,0	4,0
16	Nailon	526,6	550,0	4,4	406,6	- 22,7
17	Sin especific.	503,3	503,3	0	183,3	- 63,5
18	Sin especific.	293,3	300,0	2,3	280,0	- 4,5