

FIBRAS SINTÉTICAS: MATERIA PRIMA PARA LA CONFECCION DE REDES DE PROTECCION

José Ignacio Arias Lázaro

Ingeniero Técnico Industrial. Técnico de Prevención del C.N.M.P.

Juan Gómez Jerez

Maestro Industrial. Laborante del Laboratorio de Ensayos Mecánicos del C.N.M.P.

1. INTRODUCCION

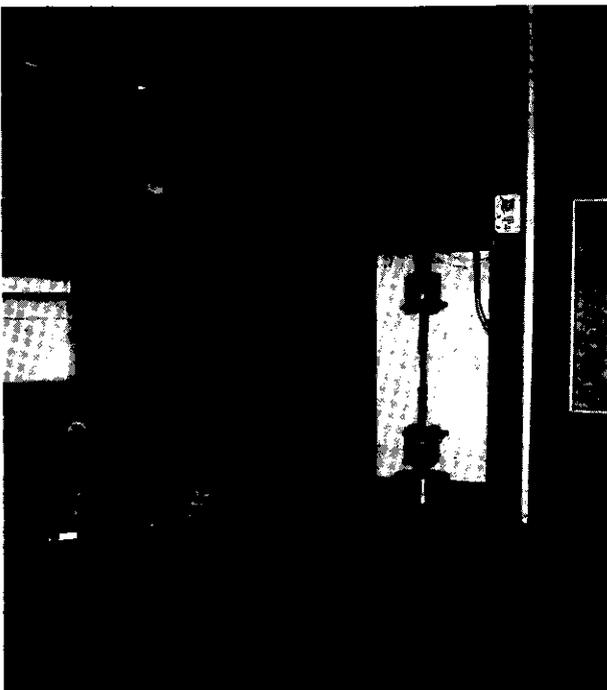
Sabemos que todo material expuesto a diferentes condiciones físicas, tanto artificiales como naturales, experimenta cambios en sus características físicas y mecánicas.

Las redes de protección fabricadas con cuerdas confeccionadas con materias sintéticas se comportan de diferentes formas, según sean las condiciones del ambiente a que estén expuestas.

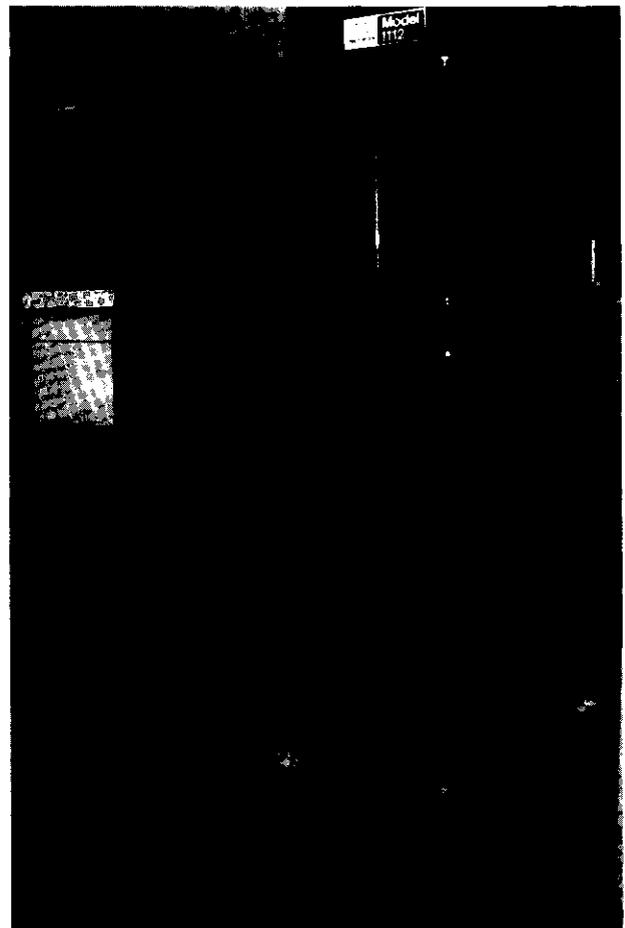
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Con el presente estudio se trata de conocer el comportamiento y variaciones que experimentan las cuerdas sintéticas utilizadas en la fabricación de redes de protección, exponiéndolas a diferentes acondicionamientos y envejecimientos (artificiales y naturales).

Dicho comportamiento se determinará mediante el análisis de los resultados que se obtengan al someter las cuerdas



Máquina de ensayos Universal INSTRON-50 TM.



Máquina de ensayos Universal INSTRON-0,5 TM.

sintéticas, objeto del estudio, a los ensayos de rotura por tracción.

3. IDENTIFICACION DE LAS CUERDAS ENSAYADAS

Para la realización del presente estudio se han utilizado cuerdas de 10 mm. y 4 mm. de diámetro, confeccionadas en tres tipos de fibras sintéticas, POLIAMIDA, POLIETILENO y POLIPROPILENO.

4 REALIZACION DE ENSAYOS

Los ensayos de rotura por tracción se han realizado en una máquina de 50 T., para las cuerdas de 10 mm. de diámetro y en otra de 0,5 T., para las de 4 mm. de diámetro.

Ambas máquinas han sido ajustadas y calibradas para realizar los ensayos a una velocidad de 100 mm. por minuto, tal como se establece en la Norma Afnor NF. G. 36-150.

4.1. Preparación de probetas.

Se tomaron de cada tipo de cuerda de 10 mm. de diámetro tramos de 1 m. de longitud, a los que se les realizó un ingerido en cada extremo, de forma que se pudieran realizar los ensayos de tracción de acuerdo con el tipo de mordazas que dispone la máquina. La longitud útil de ensayo es de 500 mm. aproximadamente.

En la realización de los ensayos de rotura de las cuerdas de 4 mm. el diámetro, no es necesaria la confección de ingeridos, dado el tipo de mordazas utilizado en la máquina de 0,5 T., tomando tramos de 1 m. de longitud y quedando aproximadamente 300 mm. de longitud útil de ensayo.

4.2. Condiciones físicas de exposición de probetas.

A cada tipo de cuerda y diámetro se le somete a las siguientes condiciones físicas experimentales no sometidas a norma.

4.2.1. Envejecimiento natural.

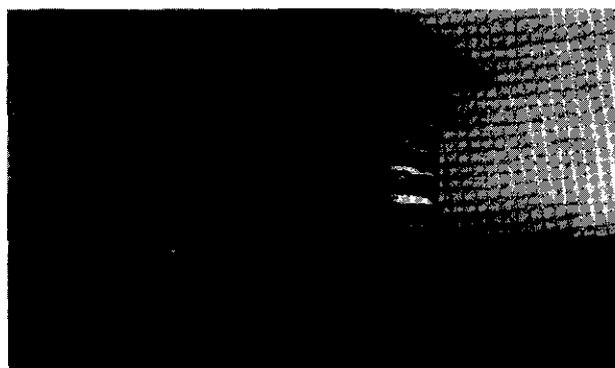
Exposición de 18 probetas, de cada tipo y diámetro de cuerda, a las condiciones climatológicas, durante un tiempo determinado, de forma que cada dos meses, se realicen ensayos de rotura a tres probetas de cada tipo y diámetro, para determinar los valores de la resistencia a la rotura por tracción y su absorción de energía, de manera que permita correlacionarlos con los obtenidos en condiciones normales y artificiales. Estos ensayos se realizaron hasta cumplir el período de un año.



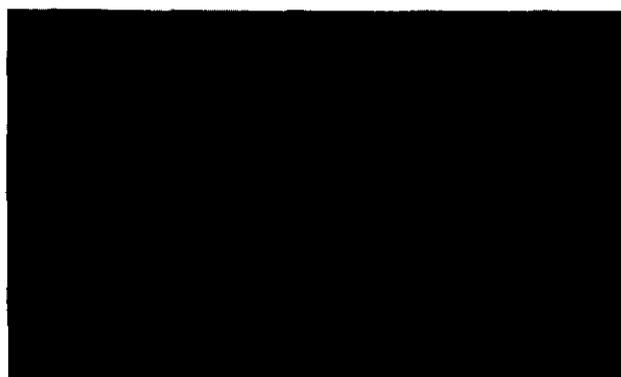
Equipo de mordazas para la realización de ensayos de rotura por tracción de cuerdas de malla.



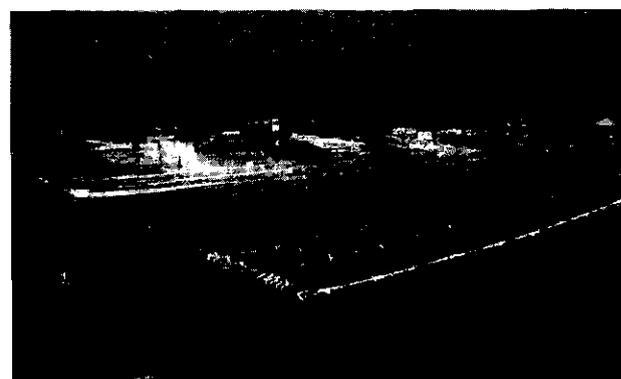
Probetas para ensayos



Caseta normalizada para resguardo de aparatos de mediciones climatológicas.



Termohigrómetro



Vista panorámica de la estación de envejecimiento natural.

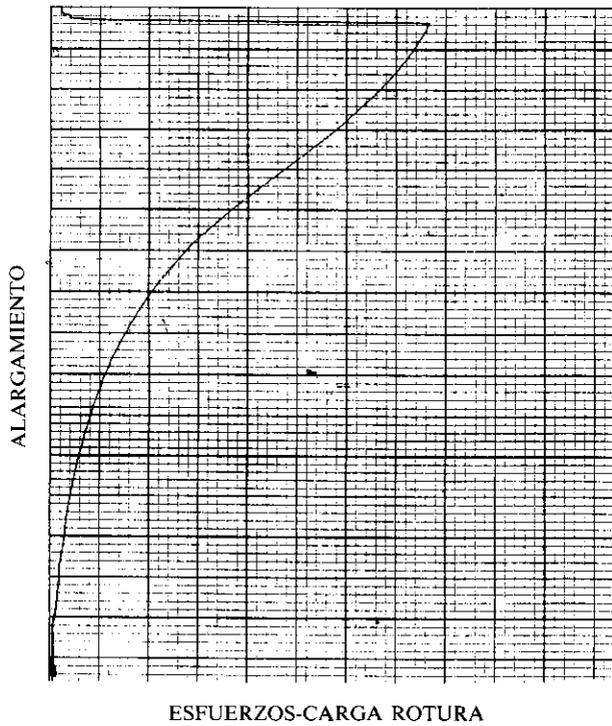


Fig. 1 Curva cuerda Poliamida \varnothing 10 mm. con fondo escala 5.000 kgf.

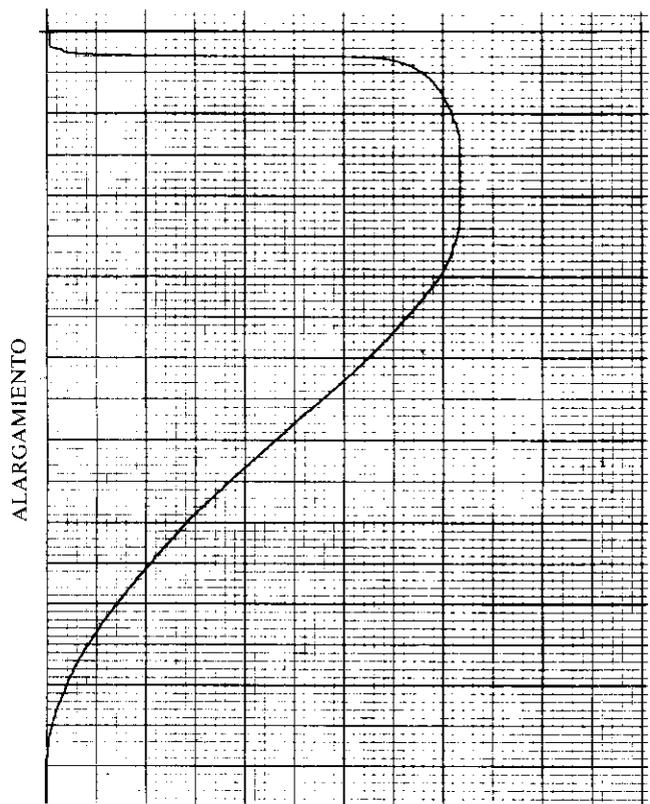


Fig. 2 Curva cuerda Polietileno \varnothing 10 mm. con fondo escala 2.000 kgf.

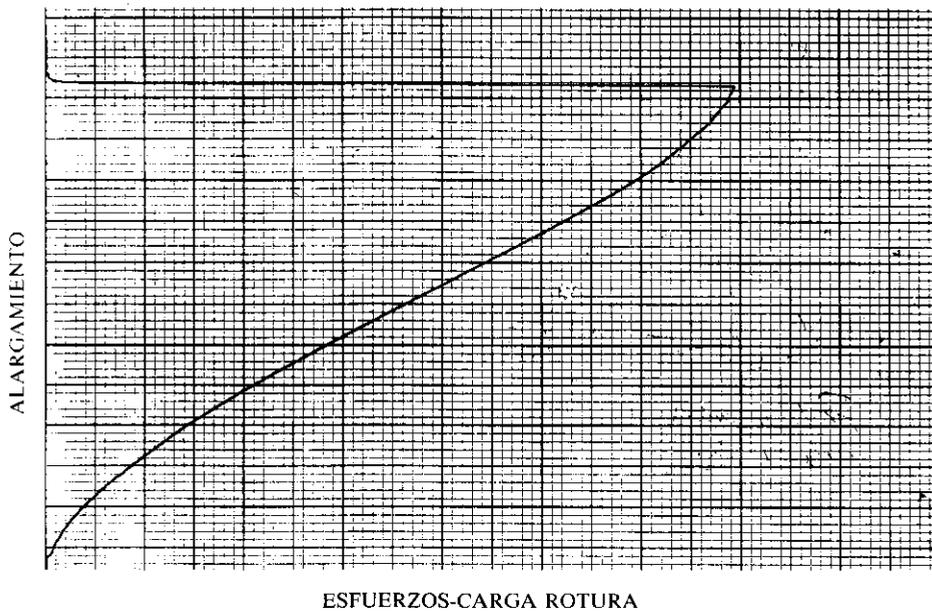


Fig. 3 Curva cuerda Polipropileno \varnothing 10 mm. con fondo escala 2.000 kgf.

4.2.2. Acondicionamiento normal.

Se someten tres probetas, de cada tipo y diámetro de cuerda, a las condiciones normales de temperatura y humedad (entre 15 y 30 °C, 40 y 70%) durante un tiempo de 24 horas.

4.2.3. Acondicionamiento a alta temperatura.

Se someten tres probetas, de cada tipo y diámetro de cuerda, a las condiciones de una cámara climática durante 4 horas, a la temperatura de 70° y humedad del 65%.

4.2.4. Acondicionamiento a baja temperatura.

Se someten tres probetas, de cada tipo y diámetro de cuerda, a las condiciones de una cámara climática, durante 6 horas, a la temperatura de 15°C.

4.2.5. Acondicionamiento a lluvia artificial.

Se someten tres probetas, de cada tipo y diámetro de cuerda, a los condiciones de lluvia artificial en una cámara, durante 6 horas, de forma que el agua caiga sobre las probetas lo más uniformemente posible, con un flujo del 1 litro por minuto, a una temperatura de 20 °C.

4.2.6. Acondicionamiento consecutivo.

Se someten tres probetas, de cada tipo y diámetro de cuerda, a los siguientes acondicionamientos consecutivos:

- 48 horas en cámara climática a 60 °C y 65% de humedad relativa.
- 48 horas en cámara de lluvia artificial a temperatura de 20°C.
- 48 horas en cámara climática a temperatura de -15 °C.

4.2.7. Envejecimiento artificial por radiaciones U.V..

Se introducen 18 probetas, de cada tipo y diámetro de cuerda, en el interior de una cámara de radiaciones U.V., de forma que cada 100 horas de exposición se extraigan tres probetas de cada tipo y diámetro, y se realicen los correspondientes ensayos de rotura. Los ensayos se realizarán hasta las 600 horas de exposición.

4.2.8. Resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la rotura por tracción.

Ver Apéndice.

4.2.9. Determinación de la absorción de energía en la rotura por tracción. (Ver Apéndice)

La determinación de la absorción de la energía producida en el instante de la rotura por tracción, se realiza mediante el cálculo integral de la curva de rotura, que viene determinado por el producto del esfuerzo o carga de rotura y el alargamiento obtenido en el instante de la misma. (Ver figuras 1, 2 y 3)



Envejecimiento natural de muestras de cuerdas sintéticas.

5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la rotura por tracción y su correspondiente absorción de energías de las cuerdas perimetral y de malla (10 mm. de diámetro y 4 mm. de diámetro, respectivamente), en los tres tipos utilizados (Poliamida, Polietileno y Polipropileno), expuestas a los acondicionamientos anteriores descritos, nos permiten realizar el siguiente análisis para cada tipo y diámetro.

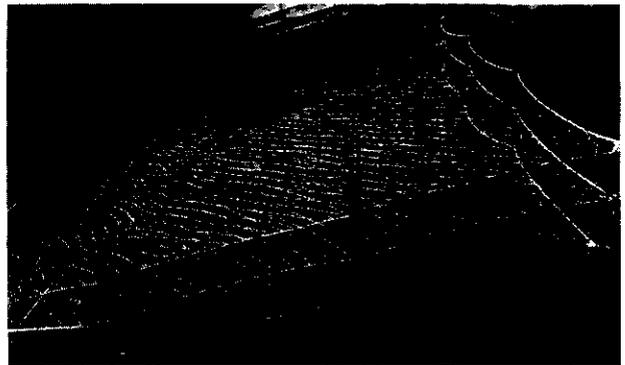
5.1. Cuerda de Poliamida

10 mm. DIAMETRO (CUERDA PERIMETRAL)

Los acondicionamientos a alta temperatura, baja temperatura, consecutivo y radiaciones U.V. —100 h., producen un aumento en la resistencia a la rotura, así como de la absorción de energía.

Los acondicionamientos a lluvia artificial ocasionan una pérdida del 12% en su resistencia a la rotura, mientras que la absorción de energía pierde un 8%.

Las cuerdas de poliamida expuestas a las radiaciones U.V. durante 200 horas, 300, 400, 500 y 600 horas, tienen una pérdida de resistencia a la rotura del 5%, 14%, 28%, 30% y 39% respectivamente, mientras que las pérdidas de absorción de energía son el 4%, 11%, 35%, 31% y 41% respectivamente.



Envejecimiento natural de redes de protección.

Respecto al envejecimiento natural, se observa que las pérdidas de resistencia a la rotura por tracción y la absorción de energía, son del 53% y 64% respectivamente, lo que equivale a las pérdidas producidas en el envejecimiento por radiaciones U.V. expuestas a más de 600 horas.

4 mm. DIAMETRO (CUERDA DE MALLA)

Expuestas las probetas a los acondicionamientos y envejecimientos descritos, se observa que en todos se producen pérdidas en la resistencia por tracción, que oscilan entre un 10% y un 20%, mientras que la pérdida de absorción de energía, oscila entre el 5% y el 34%, excepto en el acondicionamiento consecutivo que aumenta un 8%.

5.2. Cuerda de Polietileno

10 mm. DIAMETRO (CUERDA PERIMETRAL)

El comportamiento de esta fibra se muestra irregular al exponerla a los acondicionamientos y envejecimientos descritos, dado que mientras se producen pérdidas apreciables en la resistencia a la rotura por tracción en el acondicionamiento a alta temperatura (36%), en el de baja temperatura y lluvia artificial no se aprecian pérdidas, en los mismos términos ocurre respecto a la absorción de energía.

La exposición de las cuerdas a radiaciones U.V., se observa una creciente pérdida, tanto en la resistencia a la rotura como en la absorción de energía.

Con relación al acondicionamiento consecutivo, se observa que mientras su resistencia a la rotura aumenta el 19%, la absorción de energía experimenta una pérdida del 5%.

Respecto al envejecimiento natural, expuestas las cuerdas durante un periodo de 12 meses, la resistencia a la rotura pierde el 39%, mientras que la absorción de energía pierde un 54%.

4 mm. DIAMETRO (CUERDA DE MALLA)

Los ensayos realizados a la cuerda de polietileno de 4 mm. de diámetro, ofrecen unos resultados que demuestran que la resistencia a la rotura disminuye en todos los acondicionamientos realizados, excepto en el consecutivo, que tiene un aumento de 8%. Se observan unas pérdidas apreciables, entre el 18% al 34%, cuando son expuestas a las radiaciones U.V. durante el periodo que va entre las 100 horas y las 600 horas.

La absorción de energía aumenta considerablemente frente al acondicionamiento a alta temperatura (29%) y el acondicionamiento consecutivo (38%), mientras que disminuye apreciablemente al acondicionamiento a baja temperatura (53%), lluvia artificial (20%) y radiaciones U.V. (52% a 200 horas de exposición hasta 85% a 600 horas de exposición).

En cuanto al envejecimiento natural, expuestas las probetas durante 12 meses, se observa una disminución en su resistencia a la rotura por tracción de un 51%, mientras que la absorción de energía presenta una considerable disminución (91%).

5.3. Cuerda de Polipropileno

10 mm. DIAMETRO (CUERDA PERIMETRAL)

Este tipo de cuerda expuesto a los acondicionamientos de alta temperatura, baja temperatura y lluvia artificial, no presenta variaciones apreciables en la resistencia a la rotura por tracción; en cambio, referente a la absorción de energía se produce una disminución del 16% y del 10% cuando se ex-



Cámaras climáticas de acondicionamientos artificiales

pone al acondicionamiento de baja temperatura y lluvia artificial, respectivamente.

Las cuerdas expuestas al acondicionamiento consecutivo experimentan, tanto en su resistencia a la rotura como en la absorción de energía, un aumento del 14% y el 11% respectivamente.

Respecto a los resultados obtenidos en los ensayos de probetas expuestas a radiaciones U.V. y al envejecimiento natural, se aprecia una considerable disminución, tanto en su resistencia a la rotura como en su absorción de energía, llegando al 85% de pérdida.

4 mm. DIAMETRO (CUERDA DE MALLA)

En este tipo de cuerda y diámetro no son apreciables las variaciones de resistencia a la rotura por tracción y absorción de energía, cuando son expuestas a los acondicionamientos de alta y baja temperatura, sin embargo se observa un ligero aumento en los acondicionamientos de lluvia artificial y consecutivo.

La exposición a las radiaciones U.V. (durante 100 a 600 horas) experimenta una notable pérdida, tanto en su resistencia a la rotura (desde el 57% al 99%), como en la absorción de energía (desde el 86% al 100%).

Las probetas expuestas a las condiciones climatológicas durante 12 meses han experimentado una disminución en su resistencia a la rotura y absorción de energía del 100% de pérdida.

6. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados a los tres tipos de cuerdas, se deducen las siguientes conclusiones:

— Las cuerdas confeccionadas con fibra de poliamida presentan menor degradación cuando son expuestas a radiaciones U.V. y al acondicionamiento natural que las de polietileno y propileno. No obstante, tiene una pérdida de resistencia a la rotura por tracción de un 40% y un 50% cuando el tiempo de exposición es de 600 horas y 12 meses respectivamente.

— Las cuerdas confeccionadas con fibras de polietileno y de polipropileno se degradan rápidamente cuando son sometidas a radiaciones U.V. (400 horas de exposición), pierden el 60% y el 50%, respectivamente, su resistencia a la rotura por tracción.

— Todas las cuerdas confeccionadas con fibras de poliamida, polietileno y polipropileno, de \varnothing 4 y \varnothing 10, expuestas a las condiciones de alta temperatura y lluvia artificial, no presentan pérdidas apreciables en su resistencia a la rotura por tracción.

— Las cuerdas de \varnothing 10 mm., confeccionadas con fibra de polietileno, de color oscuro, presentan mayor resistencia a la degradación por exposición a condiciones climatológicas (envejecimiento natural), siendo el 39% la pérdida de su resistencia a la rotura por tracción en un tiempo de exposición de 12 meses.

ANEXO I a

RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS REALIZADOS A CUERDAS DE 10 mm \varnothing

ACONDICIONAMIENTO	POLIAMIDA		POLIETILENO		POLIPROPILENO	
	CR (kN)	AE (kJ)	CR (kN)	AE (kJ)	CR (kN)	AE (kJ)
NORMAL	16.32	1.23	13.11	1.73	13.01	1.36
ALTA TEMPERATURA	18.07	1.74	8.34	1.60	12.53	1.43
Δ (%)	11	41	-36	-8	-4	6
BAJA TEMPERATURA	19.05	1.62	13.42	1.30	13.50	1.33
Δ (%)	17	32	2	-25	4	-16
LLUVIA ARTIFICIAL	14.39	1.13	13.28	1.53	13.02	1.23
Δ (%)	-12	-8	1	-12	0	-10
CONSECUTIVO	17.85	1.71	15.60	1.65	14.78	1.51
Δ (%)	9	39	19	-5	14	11
RADIACIONES UV.-100 h.	16.68	1.52	8.11	1.09	8.89	0.624
Δ (%)	2	24	-38	-37	-32	-54
RADIACIONES UV.-200 h	15.54	1.27	7.82	0.717	8.31	0.544
Δ (%)	-5	4	-40	-59	-36	-60
RADIACIONES UV.-300 h	13.96	1.09	5.37	0.441	8.04	0.512
Δ (%)	-14	-11	-59	-74	-38	-62
RADIACIONES UV.-400 h	11.74	0.800	5.49	0.426	7.49	0.511
Δ (%)	-28	-35	-58	-75	-42	-62
RADIACIONES UV.-500 h	11.35	0.840	5.20	0.421	7.18	0.551
Δ (%)	-30	-31	-60	-76	-44	-59
RADIACIONES UV.-600 h	9.97	0.720	4.48	0.415	7.26	0.501
Δ (%)	-39	-41	-63	-76	-44	-63
ENVEJ. NATURAL - 2 meses	13.99	1.13	10.99	1.88	10.53	0.772
Δ (%)	-14	-8	-16	8	-19	-43
ENVEJ. NATURAL - 4 meses	11.57	0.657	11.77	1.25	9.29	0.502
Δ (%)	-29	-47	-10	-28	-29	-63
ENVEJ. NATURAL - 6 meses	11.44	0.638	11.38	1.17	7.42	0.354
Δ (%)	-30	-48	-13	-32	-43	-74
ENVEJ. NATURAL - 8 meses	10.39	0.584	10.89	1.07	7.31	0.333
Δ (%)	-36	-53	-17	-38	-44	-76
ENVEJ. NATURAL - 10 meses	7.95	0.504	9.45	0.969	5.34	0.272
Δ (%)	-45	-59	-28	-44	-59	-80
ENVEJ. NATURAL - 12 meses	6.02	0.443	7.97	0.796	2.10	0.204
Δ (%)	-53	-64	-39	-54	-84	-85

CR = CARGA DE ROTURA; AE = ABSORCION DE ENERGIA

CONDICIONES DE TRABAJO Y SALUD

ANEXO I b

RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS REALIZADOS A CUERDAS DE 4 mm \varnothing

ACONDICIONAMIENTO	POLIAMIDA		POLIETILENO		POLIPROPILENO	
	CR (kN)	AE (kJ)	CR (kN)	AE (kJ)	CR (kN)	AE (kJ)
NORMAL	2.49	0.209	1.71	0.290	1.91	0.378
ALTA TEMPERATURA	2.24	0.193	1.58	0.374	1.93	0.416
Δ (%)	-10	-7	-8	29	1	10
BAJA TEMPERATURA	2.35	0.174	1.53	0.135	1.96	0.407
Δ (%)	-6	-17	-11	-53	3	8
LLUVIA ARTIFICIAL	2.23	0.199	1.65	0.231	2.18	0.438
Δ (%)	-10	-5	-4	-20	14	16
CONSECUTIVO	2.23	0.226	1.98	0.400	2.21	0.429
Δ (%)	-10	8	16	38	16	13
RADIACIONES UV.-100 h.	2.24	0.170	1.65	0.307	0.830	0.053
Δ (%)	-10	-18	-4	6	-57	-86
RADIACIONES UV.-200 h	2.24	0.152	1.05	0.139	0.380	0.014
Δ (%)	-10	-27	-39	-52	-80	-96
RADIACIONES UV.-300 h	2.06	0.148	1.00	0.118	0.140	0.003
Δ (%)	-17	-29	-42	-59	-93	-99
RADIACIONES UV.-400 h	2.06	0.143	0.690	0.071	0.050	0.001
Δ (%)	-17	-31	-60	-76	-97	-99
RADIACIONES UV.-500 h	1.99	0.137	0.750	0.064	0.570	0.000
Δ (%)	-20	-34	-56	-78	-67	-100
RADIACIONES UV.-600 h	2.03	0.43	0.570	0.043	0.010	0.000
Δ (%)	-18	-32	-67	-85	-99	-100
ENVEJ. NATURAL - 2 meses	2.04	0.142	1.61	0.385	0.870	0.034
Δ (%)	-18	-32	-6	33	-54	-91
ENVEJ. NATURAL - 4 meses	1.99	0.124	1.49	0.173	0.44	0.007
Δ (%)	-20	-41	-13	-40	-77	-98
ENVEJ. NATURAL - 6 meses	1.93	0.112	1.35	0.129	0.26	0.003
Δ (%)	-23	-47	-21	-55	-86	-99
ENVEJ. NATURAL - 8 meses	1.75	0.008	1.15	0.092	0.13	0.001
Δ (%)	-30	-58	-33	-68	-93	-100
ENVEJ. NATURAL - 10 meses	1.54	0.006	1.02	0.060	0.06	0
Δ (%)	-44	-68	-40	-79	-97	-100
ENVEJ. NATURAL - 12 meses	1.38	0.050	0.83	0.026	0.0005	0
Δ (%)	-49	-76	-51	-91	99.7	-100

CR = CARGA DE ROTURA; AE = ABSORCION DE ENERGIA

ANEXO II**DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE SEVILLA**

Latitud: 37°25' N
Longitud: 5°54' W
Altitud: 34 mts. nivel del mar

AÑO 1989

MES	TEMP. MEDIA		HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	PLUVIOMETRIA (mm)	INSOLACION TOTAL (Horas de sol)	RADIACION SOLAR (Kj/m ²)
	MAX (°C)	MIN (°C)				
ENERO	16,4	4,4	66	36,6	217,7	11.178
FEBRERO	18,5	7,4	62	78,3	175,0	8.330
MARZO	22,6	8,7	59	13,1	228,5	15.446
ABRIL	20,9	9,4	61	82,0	235,8	17.544
MAYO	28,3	13,7	51	1,9	295,2	22.400
JUNIO	33,1	17,2	38	—	343,3	23.782
JULIO	38,3	21,2	40	—	318,0	23.490
AGOSTO	35,8	21,2	46	1,5	236,6	21.648
SEPTIEMBRE	31,2	17,8	54	30,6	253,4	19.720
OCTUBRE	27,6	15,4	59	144,2	213,8	12.060
NOVIEMBRE	20,1	11,8	75	293,8	122,0	7.160
DICIEMBRE	17,6	11,2	83	258,1	104,5	6.784
TOTAL ANUAL				940,1	2.738,8	