



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Barreras Geosintéticas Poliméricas “Geomembranas PEAD aplicadas en la Impermeabilización de Obras Hidráulicas”

Presentado por: José Miguel Muñoz Gómez
Product Manager – División Geosintéticos





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

CONTENIDO:

- Breve introducción a los distintos tipos de láminas impermeabilizantes.
- Lectura y comprensión de una ficha técnica de geomembrana PEAD
- Paquete de aditivos para optimizar la vida útil de la geomembrana PEAD.
- Geomembranas PEAD ESTRUCTURADAS para taludes.
- Análisis de la normativa vigente en la impermeabilización de embalses con geomembrana PEAD

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

Introducción a los distintos tipos de láminas impermeabilizantes:

POLÍMEROS UTILIZADOS PARA FABRICAR GEOMEMBRANAS	NOMENCLATURA	TERMOPLÁSTICO o TERMOESTABLE
Caucho Butilo	IIR	Termoestable
Cloruro de Polivinilo Plastificado	PVC-P Homogéneo PVC-P Reforzado	
Polietileno Clorosulfonado (Hypalon)	CSM	Caucho termoplástico
Caucho terpolímero de etileno/propileno/monómero diénico	EPDM	Termoplástico
Termo Poliolefina	TPO	
Polietileno Alta Densidad	HDPE	
Polietileno Baja Densidad Lineal	LLDPE	

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

Introducción a los distintos tipos de láminas impermeabilizantes

COMPARACIÓN PROPIEDADE MECÁNICAS DE CADA POLÍMERO

Ensayos e Información procedente del CEDEX	PEAD	PELBD	PVC-P h	PVC-P fv	TPO	IIR	EPDM
Resistencia a la tracción, MPa, mín.	25	25	15	10	20	8	9
Esfuerzo en el punto de fluencia, MPa, mín.	17	–	–	–	–	–	–
Esfuerzo al 300% de alargamiento, MPa, mín.	–	–	–	–	–	4,1	6
Alargamiento en rotura, %, mín.	700	750	250	200	500	300	400
Alargamiento en el punto de fluencia, %, máx.	17	–	–	–	–	–	–
Doblado de bajas temperaturas (°C)	-75	-75	-20	-20	-75	-40	-55
Resistencia al desgarró, N/mm	140	100	50	50	60	35	35
Resistencia al impacto dinámico							
– Altura del percutor, mm, mín	500	500	500	500	500	300	300
Resistencia al punzonamiento:							
– Recorrido del percutor, mm, mín	8	–	20	20	25	30	30

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

Introducción a los distintos tipos de láminas impermeabilizantes:

Evolución del alargamiento en rotura (%)

En función del tiempo de exposición en geomembranas homogéneas de distinta naturaleza.
Información procedente del CEDEX en su trabajo de investigación

Material	Tiempo de instalación, años									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
PVC (h)	347	324	311	269	274	256	242	244	248	236
PVC (fv)	248	227	209	207	183	172	172	173	158	188
EPDM	527	436	396	350	336	314	326	266	225	193
TPO	517	448	480	462	–	–	–	–	–	–
PEAD	898	808	793	773	765	781	753	664	774	797

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

Introducción a los distintos tipos de láminas impermeabilizantes:

Material	Años de instalación	<u>Resistencia al Punzonamiento Estático, N/mm</u>		<u>Recorrido, mm</u>	
		Cara externa	Cara interna	Cara externa	Cara interna
PVC-P (hs)	22	493	434	11	10
IIR	33	304	297	27	27
EPDM	18	354	351	25	27
TPO	6	208	192	33	29
PEAD	19	695	540	15	13

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

Introducción a los distintos tipos de láminas impermeabilizantes:

Resistencia de la soldadura, N/50 mm.

Información del CEDEX procedente de sus investigaciones

Material	Años de instalación	Por tracción	A pelado
PVC-P (h)	21	760	142
PVC-P (hs)	22	1.387	353
IIR	33	220	—
EPDM	11	381	68
TPO	6	325	520
PEAD	19	1.565	1.290

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

LECTURA Y COMPRENSIÓN DE UNA FICHA TÉCNICA DE GEOMEMBRANA PEAD:

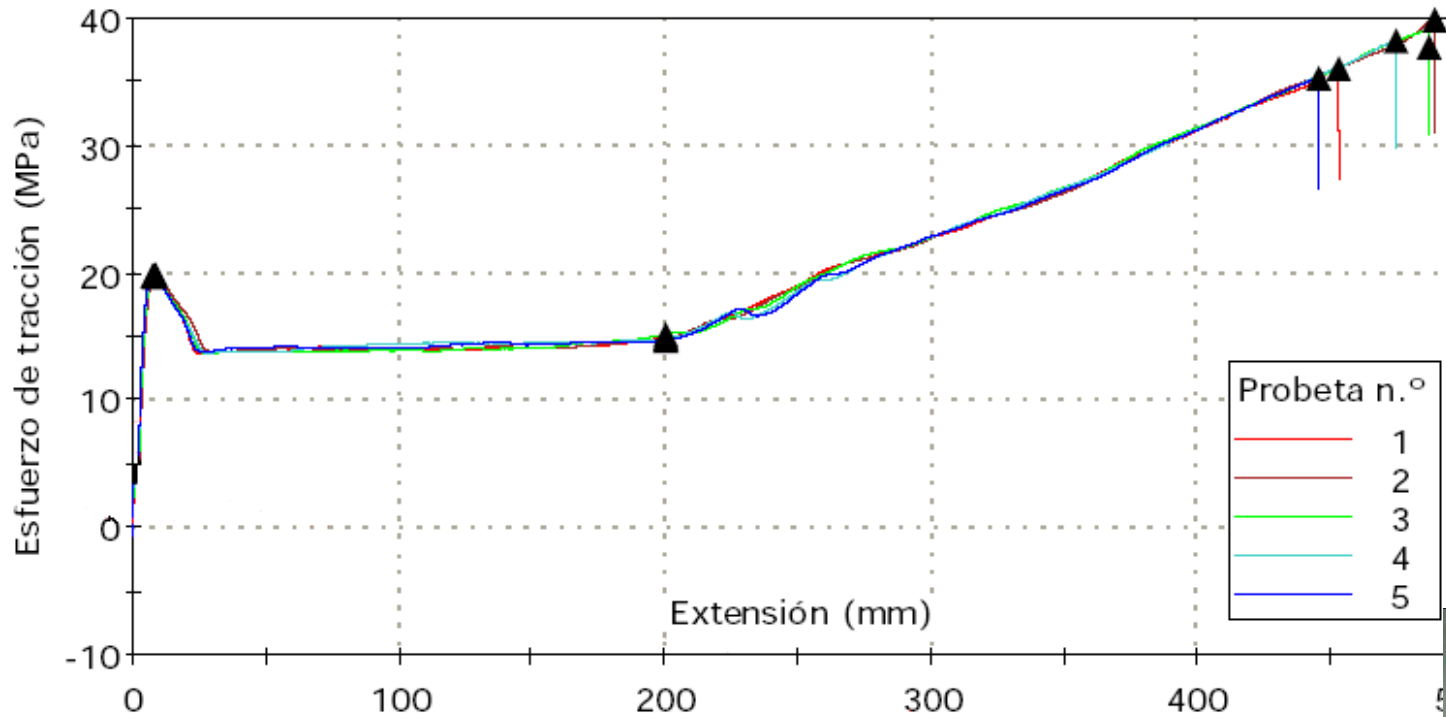
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	GEOMEMBRANA PEAD				Métodos de ensayo
		Geo. PEAD 1.0	Geo. PEAD 1.5	Geo. PEAD 2.0	Geo. PEAD 2.5	
Densidad con negro carbono	g/cm ³	> 0.940	> 0.940	> 0.940	> 0.940	UNE-EN ISO 1183
Indice de fluidez (190°C, 2.16 kg) (190°C, 5 kg)	g/10 min	≤ 1.0 ≤ 3.0	≤ 1.0 ≤ 3.0	≤ 1.0 ≤ 3.0	≤ 1.0 ≤ 3.0	UNE-EN ISO 1133
Espesor nominal mínimo	mm	1.00 ± 5 %	1.50 ± 5 %	2.00 ± 5 %	2.50 ± 5 %	UNE -EN 1849-2
Resistencia a la tracción a la rotura (1) Alargamiento a la rotura (1) Esfuerzo de tracción en el límite elástico (1) Alargamiento en el límite elástico (1)	MPa % MPa %	34 (≥ 26) 800 (≥ 700) 19 (≥ 16) 10 (≥ 9)	34 (≥ 26) 800 (≥ 700) 19 (≥ 16) 10 (≥ 9)	34 (≥ 26) 800 (≥ 700) 19 (≥ 16) 10 (≥ 9)	34 (≥ 26) 800 (≥ 700) 19 (≥ 16) 10 (≥ 9)	UNE-EN ISO 527-3, Probetas tipo 5
Resistencia al punzonado estático	KN	3,3	4,5	6,0	7,0	EN-ISO 12236
Resistencia al rasgado(1)	N	150 (≥ 135)	225 (≥ 200)	300 (≥ 270)	375 (≥ 335)	ISO 34-1/B (a)
Doblado a bajas temperaturas (-77°C) (1)	-	SIN GRIETAS				UNE EN 495-5
Coefficiente de dilatación lineal	° C ⁻¹	2·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁴	ASTM D 696
Comportamiento al calor Variación de las medidas (100° C +/- 2°C) (1)	%	≤ 1,0 (≤1,5)	≤ 1,0 (≤1,5)	≤ 1,0 (≤1,5)	≤ 1,0 (≤1,5)	UNE EN 14632

Normativas vigentes aplicables:

UNE-EN 13361:2005 (embalses) // UNE-EN 13362:2006 (canales) // UNE EN 104427 (embalses)

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

COMPORTAMIENTO A TRACCIÓN DE LA GEOMEMBRANA PEAD:



	Espe- sor (mm)	Esfuerzo de Tracción en Fluencia (MPa)	Deformació- n en Fluencia (%)	Esfuerzo de Tracción en Rotura (MPa)	Deformación Real en Rotura (%)
1	1,54 9	19,72	10,63	36,00	920
2	1,53 9	19,88	11,04	39,80	976
3	1,53 9	19,78	10,21	37,67	972
4	1,52 7	19,82	10,00	38,18	936
5	1,54 6	19,81	9,79	35,26	904
Media	1,54 0	19,80	10,33	37,38	942
Desvi- ación está- ndar	0,00 8	0,060	0,502	1,804	31,699
Mini- mo	1,52 7	19,72	9,79	35,26	904
Máxi- mo	1,54 9	19,88	11,04	39,80	976



CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	GEOMEMBRANA PEAD				
		Geo. PEAD 1.0	Geo. PEAD 1.5	Geo. PEAD 2.0	Geo. PEAD 2.5	
Negro de Carbono						
Contenido en negro de carbono	%	2.50 (2.25± 0.25)	2.50 (2.25± 0.25)	2.50 (2.25± 0.25)	2.50 (2.25± 0.25)	ISO 6964
Tamaño de las partículas	nm	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	
Contenido en cenizas	%	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	ISO 18553
Dispersión del negro de carbono	-	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	
Tiempo de inducción a la oxidación (T.I.O.) (200°C, O ₂ , 1 atm)	min	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	
T.I.O. 200°C, tras envejecimiento a 85°C, % retenido después de 90 días	% retenido	≥ 55	≥ 55	≥ 55	≥ 55	UNE-EN 728
T.I.O. 200°C, tras envejecimiento UV, % retenido después de 1600 h.	% retenido	≥ 55	≥ 55	≥ 55	≥ 55	
Resistencia a la fisuración bajo tensión en un medio tensoactivo (SP-NCTL) (2)	h	≥ 400	≥ 400	≥ 400	≥ 400	UNE EN 14576
Envejecimiento artificial acelerado						
Variación de alargamiento en rotura (2)	%	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 15	EN 12224
Envejecimiento térmico						
Variación de alargamiento en rotura (2)	%	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 15	Pr EN 14575
Absorción de agua						
24 horas	%	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.2	
6 días	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	UNE EN ISO 62
Resistencia a la perforación por raíces	-	Sin perforaciones	Sin perforaciones	Sin perforaciones	Sin perforaciones	Pr CEN/TS 14416
Estanqueidad a los gases	m ³ /m ² /d atm	<4 x 10 ⁻⁴	<4 x 10 ⁻⁴	<4 x 10 ⁻⁴	<4 x 10 ⁻⁴	ASTM D 1434
Permeabilidad hidráulica	m ³ /m ² /día	<2 x 10 ⁻⁶	<2 x 10 ⁻⁶	<2 x 10 ⁻⁶	<2 x 10 ⁻⁶	UNE EN 14150



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

PAQUETE DE ADITIVOS PARA OPTIMIZAR LA VIDA ÚTIL DE UNA GEOMEMBRANA PEAD:

Evolución Propiedades Mecánicas con el tiempo

Tensión Rotura

Elongación Rotura

Tensión Fluencia

Elongación Fluencia

Resistencia Rasgado

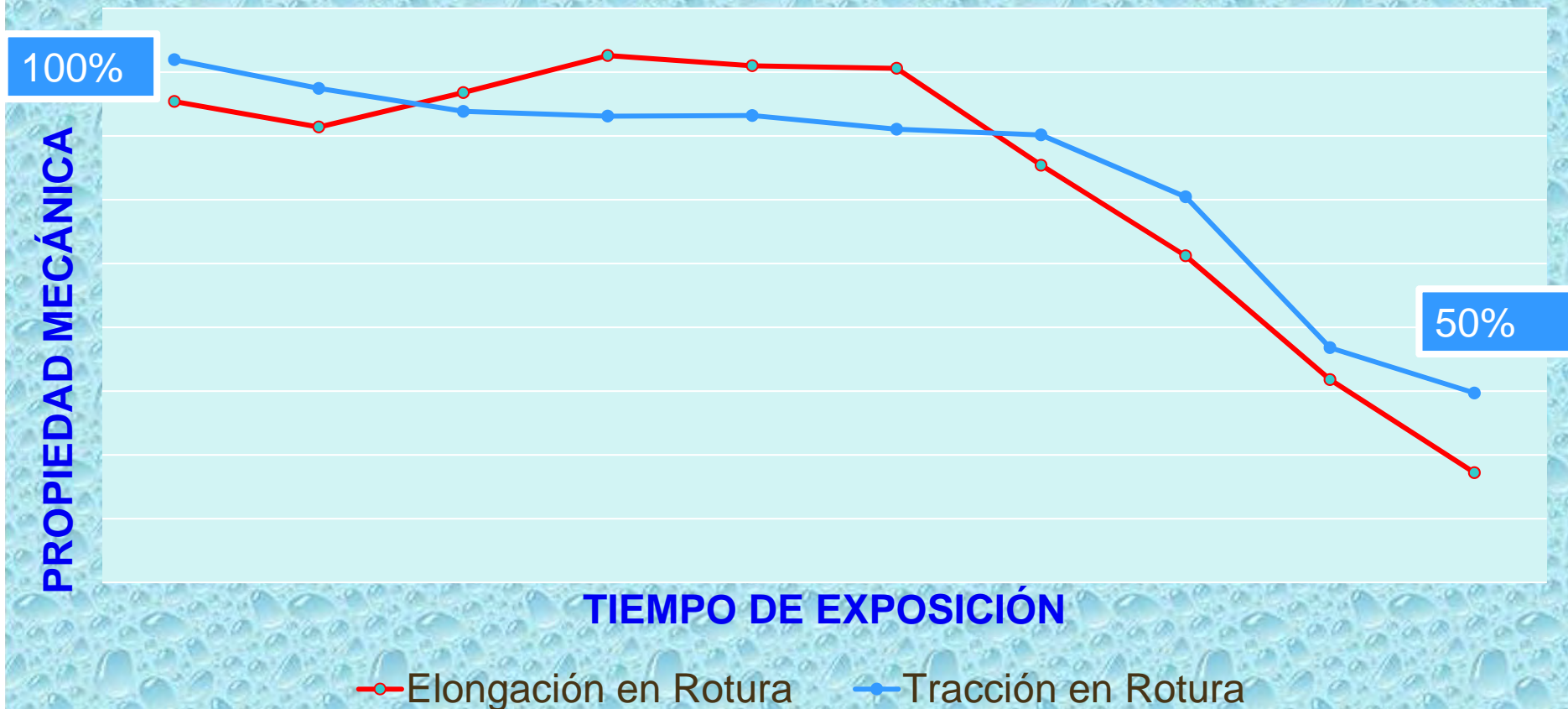
Resistencia Punzonado

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

PAQUETE DE ADITIVOS PARA OPTIMIZAR LA VIDA ÚTIL DE UNA GEOMEMBRANA PEAD:

Evolución Propiedades Mecánicas con el tiempo

EVOLUCIÓN TENSIÓN EN ROTURA Y ELONGACIÓN EN ROTURA CON EL TIEMPO





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

PAQUETE DE ADITIVOS PARA OPTIMIZAR LA VIDA ÚTIL DE UNA GEOMEMBRANA PEAD:

REACCIONES DE DEGRADACIÓN

INDUCCIÓN

- Formación Radicales alquilo por acción calor y/o Radiación UV $PH \rightarrow P^\bullet$
- Reacción con el oxígeno y formación de Radicales Peróxidos $P^\bullet + O_2 \rightarrow PO_2^\bullet$
- Reacción con Polímero y formación Hidroperóxidos $PO_2^\bullet + PH \rightarrow POOH + P^\bullet$

PROPAGACIÓN

- Descomposición de Hidroperóxidos y formación de nuevas especies radicalarias.



TERMINACIÓN

- Desactivación de radicales libres

PAQUETE DE ADITIVOS PARA OPTIMIZAR LA VIDA ÚTIL DE UNA GEOMEMBRANA PEAD:

TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

Estabilización Proceso: Extrusión

- Antioxidantes Primarios: Captadores de Radicales Libres
- Antioxidantes Secundarios: Descomponedores de Hidroperóxidos.

Estabilización para aplicación: Geomembrana en Embalses

- Absorbedores UV: Negro de Carbono
- HALS: Aditivos UV (Actúan como antioxidantes)

PAQUETE DE ADITIVOS PARA OPTIMIZAR LA VIDA ÚTIL DE UNA GEOMEMBRANA PEAD:

ELECCIÓN DEL PAQUETE DE DURABILIDAD

Proceso Extrusión

- Antioxidantes 1º
- Antioxidantes 2º

Absorción UV

- Negro Carbono
- Otros Absorbedores UV

Prevenir degradación uso

- HALS (Temperaturas ambientes)
- Antioxidantes (Altas Temperaturas)



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

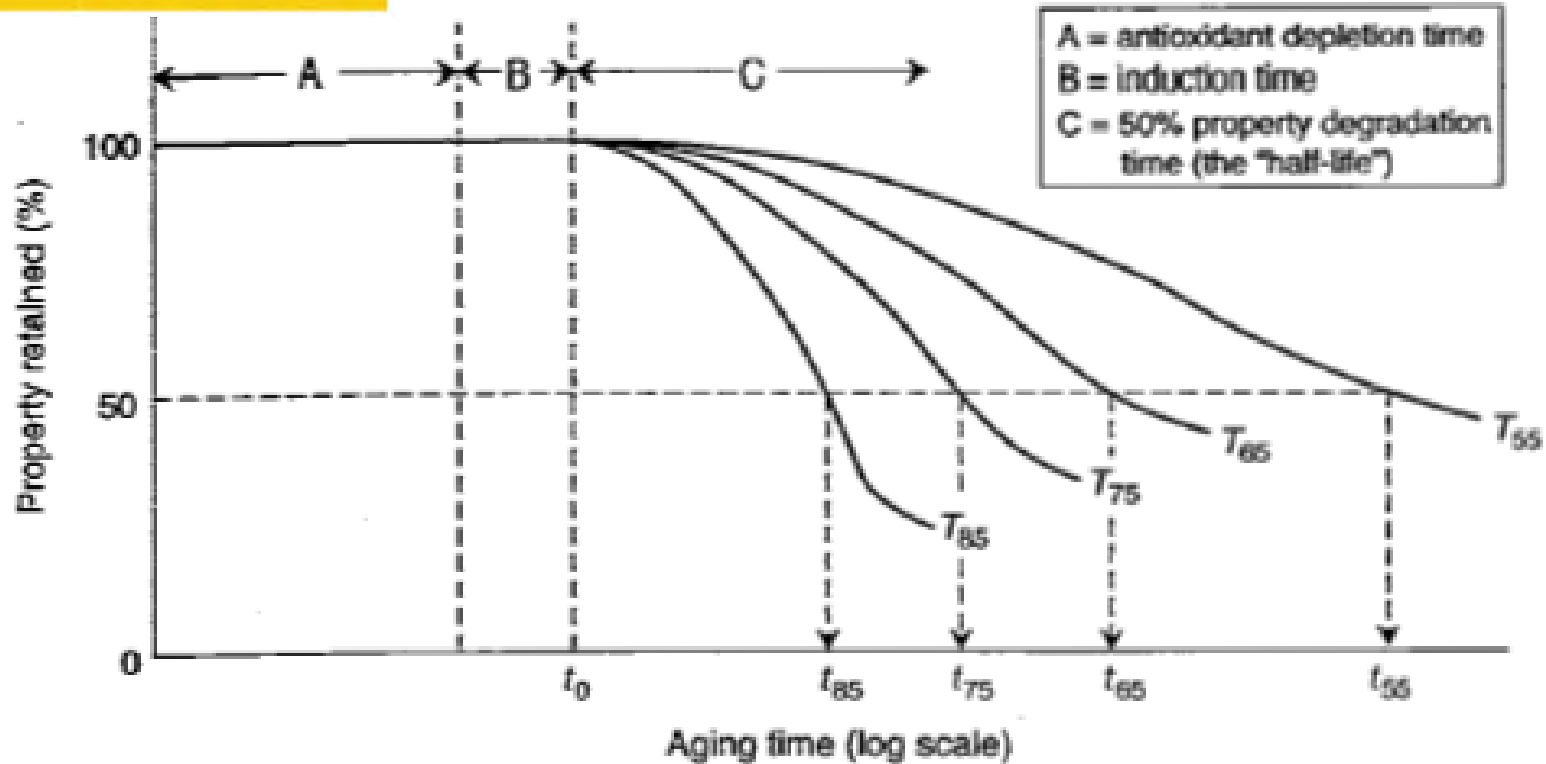


TABLE 5.12 LIFETIME PREDICTION OF A BACKFILLED HDPE GEOMEMBRANE AS A FUNCTION OF IN SITU SERVICE TEMPERATURE¹

In-Service Temperature (°C)	Stage A (yr)		Stage B (yr)	Stage C (yr)			Total Prediction ² (yr)
	Std-OIT	HP-OIT		Ref. [44]	Ref. [42]	GSI Data	
20	200	215	30	740	208	8	555
25	135	144	25	441	100	7	348
30	95	98	20	259	49	6	221
35	65	67	15	154	25	5	142
40	45	47	10	93	13	4	93

¹Exposed geomembrane lifetimes are considerably less than the values in this table.

²Total = Stage A (average) + Stage B + Stage C (average)

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

GEOMEMBRANAS ESTRUCTURADAS PARA IMPERMEABILIZAR TALUDES:

ORIGENES: GEOMEMBRANAS TEXTURIZADAS (Finales años 80)

➤ **Proyección de partículas de polietileno**

sobre una geomembrana lisa:

Inconvenientes:

- 1) No control sobre las partículas.
- 2) Escasa adherencia a la superficie
- 3) Poca altura aspereza, hasta 0,5 mm aprox.

➤ **Insuflando gas nitrógeno**

por dentro del husillo de la extrusora:

Inconvenientes:

- 1) Difícil asegurar espesor base
- 2) Poca altura aspereza, hasta 0,5 mm aprox.

ADHERENCIA POR EFECTO VELCRO



CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

GEOMEMBRANAS ESTRUCTURADAS PARA IMPERMEABILIZAR TALUDES:



Geomembranas ESTRUCTURADAS, tiene la superficie con multitud de tacos cónicos de **altura 1 mm**. Alta estabilidad en la impermeabilización de planos inclinados con pendientes mayor a 3H:1V (**ángulo de rozamiento > 30° con un geotextil no tejido**).

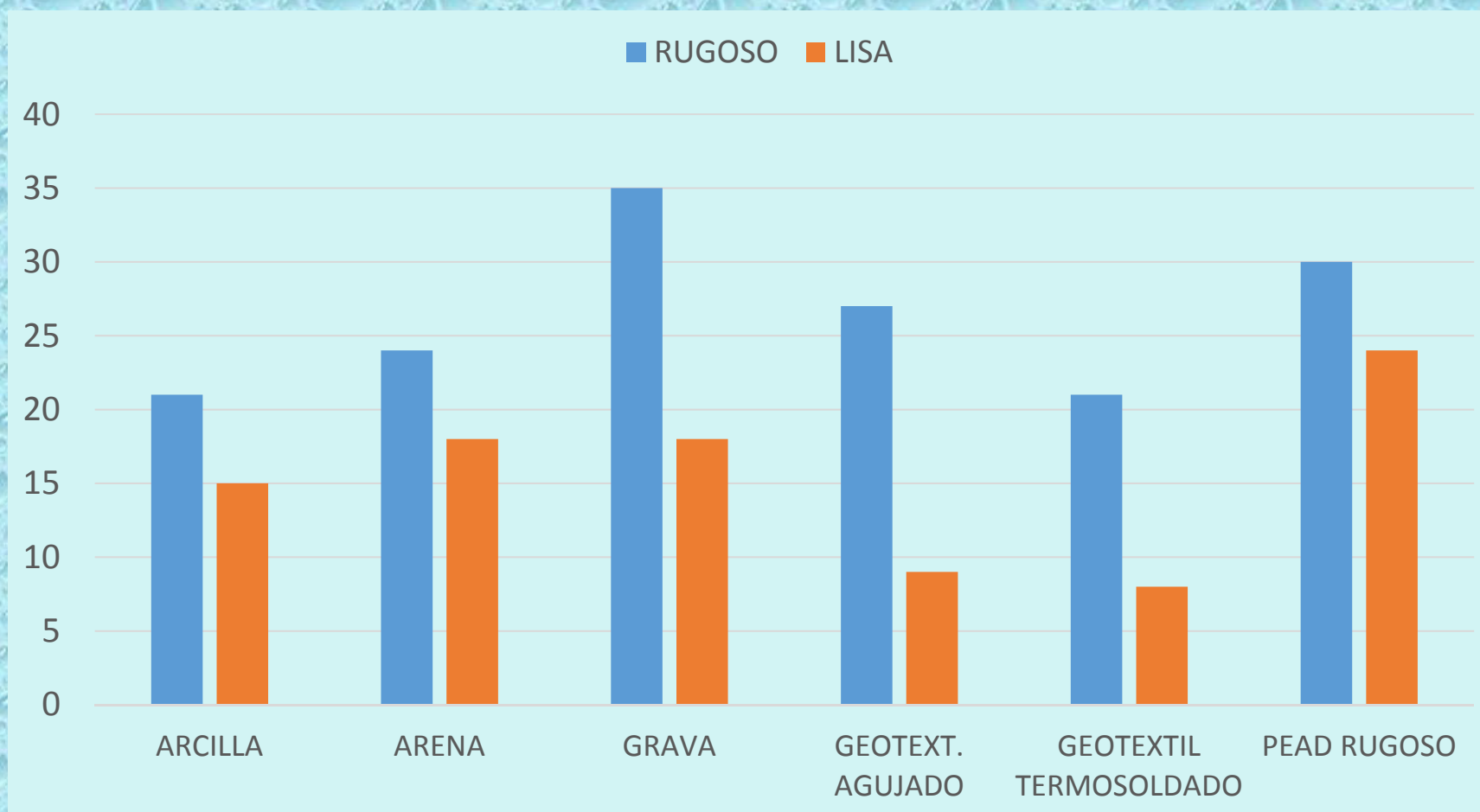
Se utiliza en taludes como elemento de seguridad en embalses, para facilitar la salida de personas o animales que caen accidentalmente al embalse.

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

GEOMEMBRANAS ESTRUCTURADAS PARA IMPERMEABILIZAR TALUDES:

Tabla 2. Coeficientes aproximados de rozamiento entre materiales

(según UNE 104 425 – Nov. 2001).





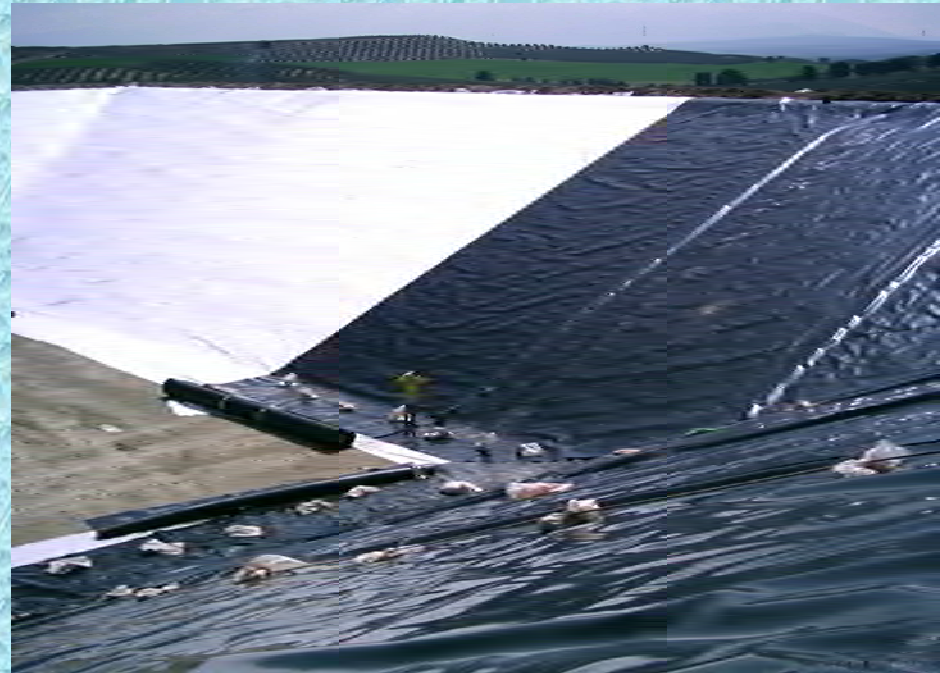
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

GEOMEMBRANAS ESTRUCTURADAS PARA IMPERMEABILIZAR TALUDES:

Como elemento de seguridad pasivo, en los taludes de embalses es recomendable instalar intercaladamente geomembrana estructurada.



ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE para EMBALSES

Fabricación **bajo Certificación de Calidad ISO 9001**

Normativas Europeas:

- ✓UNE-EN 13361:2005 (embalses). => UNE EN 104 427- 2010
- ✓UNE-EN 13362:2006 (canales).

Marcado CE obligatorio.

Declaración de Prestaciones y Control de Producción en Fábrica.

Por cada bobina se emite un Certificado de Calidad, con los resultados de ensayo y comparados con los valores exigidos en norma.

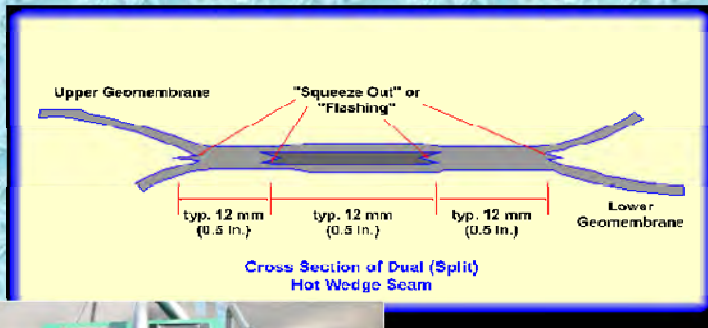
Certificado de Garantía por 10 años siempre que se instale según normativa. El fabricante emite el Certificado de Garantía a la propiedad.

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

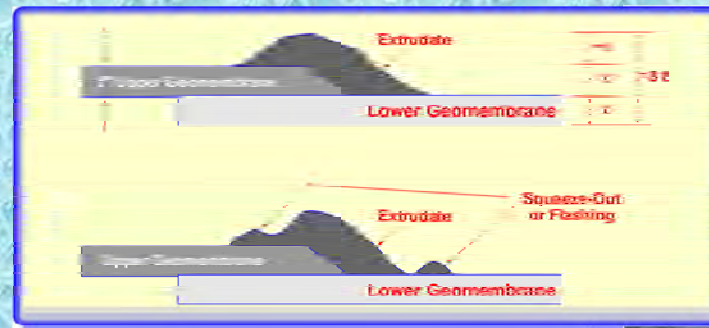
ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE PARA IMPERMEABILIZACIÓN DE EMBALSES

Las geomembranas PEAD solo se unen entre sí por termofusión, existiendo dos tipos de soldaduras:

SOLDADURA DOBLE PISTA



SOLDADURA POR EXTRUSIÓN





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CURSO FORMACIÓN. IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS DE RIEGO

ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE para EMBALSES

Planicidad de la geomembrana es determinante para muchas aplicaciones. Incluso un exceso de ondulaciones no permite que pueda ser instalada por la dificultad del solape y soldadura.



CONCLUSIONES

- 1) El polietileno de alta densidad es el polímero más utilizado para impermeabilización de embalses.
- 2) Una evolución en las materias primas y aditivos estabilizantes permiten prolongar la vida útil del polietileno por encima de los 100 años
- 3) En la elección de la geomembrana PEAD para el revestimiento de un embalse debe ponderar más las prestaciones del producto que el pequeño diferencial de precio apenas irrelevante en el % del presupuesto total de un embalse.
- 4) El control en la instalación de la geomembrana PEAD es determinante en la ejecución de la pantalla impermeabilizante
- 5) La formación de los proyectistas y técnicos de obra es determinante para elevar el estándar de calidad de las infraestructuras hidráulicas en España.