

Comportamiento de láminas de poli(cloruro de vinilo) plastificado, utilizadas en la impermeabilización de balsas en el norte de Tenerife

MANUEL BLANCO FERNANDEZ (*)
ESCOLASTICO AGUIAR GONZALEZ (**)

RESUMEN. En este trabajo se presentan los resultados del seguimiento periódico realizado a nueve balsas situadas en la zona norte de la isla de Tenerife, que han sido impermeabilizadas con poli(cloruro de vinilo) plastificado procedente de distintas casas comerciales. En el talud, dos de estas balsas llevan láminas sin refuerzo y las otras siete tienen incorporado un geotextil de hilos sintéticos. En todas ellas se han determinado las características iniciales según la normativa vigente que nos ha servido de punto de partida para el posterior seguimiento. Para llevar a cabo este trabajo, semestralmente se cursaron visitas a las balsas, se tomaron muestras y se procedió a su análisis haciendo hincapié en su contenido en plastificante y características mecánicas; además fue necesario el uso de tecnologías más avanzadas como IRTF, microscopía electrónica de barrido y observaciones mediante lupa binocular.

THE BEHAVIOUR OF POLY (VINYL CHLORIDE) PLASTICIZED SHEETS, USED IN THE WATERPROOFING OF PONDS IN THE NORTH OF TENERIFE

ABSTRACT. *This work provides the results obtained in the periodical control of nine ponds in the north of Tenerife Island (Canary Isles, Spain). Poly (vinyl chloride) plasticized sheets were used for waterproofing, these coming from different manufacturers. Sheets without an inner lining, were used on the slopes of two of these ponds; the rest were made using a PVC reinforced with a polyester as a geotextile. The original properties were determined, in accordance with present standard practice. They were inspected every six months, and samples were taken. The plasticizer content and mechanical characteristics, were determined in the Laboratory. Other advanced technologies, such as IRTF, scanning electron microscopy and observation through binocular lenses, were also used.*

1. INTRODUCCION

La impermeabilización de balsas con materiales orgánicos puede llevarse a cabo con diversos productos de tipo sintético o bituminoso modificado. En el caso que nos ocupa se ha empleado poli(cloruro de vinilo) plastificado procedente de diferentes casas comerciales.

Las balsas, objeto de estudio por BALTEN, están ubicadas en la zona norte de la isla de Tenerife, figura 1. En las figuras 2 y 3 se puede observar el aspecto de dos de estas estructuras. La nomenclatura y espesor

de las láminas empleadas figuran en la tabla 1, donde se puede apreciar que en algunos casos aparecen dos espesores relativos a la lámina del talud y a la del fondo. La tabla 2 presenta la capacidad y la altura de las balsas, al tiempo que la cantidad aproximada de material utilizado para la impermeabilización.

A lo largo del trabajo, realizado por el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, daremos una nomenclatura diferente a las distintas balsas con objeto de no perjudicar a las casas comerciales cuyas láminas no han tenido un comportamiento adecuado.

Si bien el estudio a nivel de laboratorio de la degradación del poli(cloruro de vinilo) es un tema ampliamente estudiado (1, 2, 3, 4), el control y seguimiento de materiales para la impermeabilización ya instalados en balsas no es muy común en la bibliografía (5, 6, 7).

(*) Doctor en Ciencias Químicas. Jefe del Sector de Materiales del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (MOPT).

(**) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Gerente del Organismo Autónomo local, Balsas del Norte de Tenerife (BALTEN).

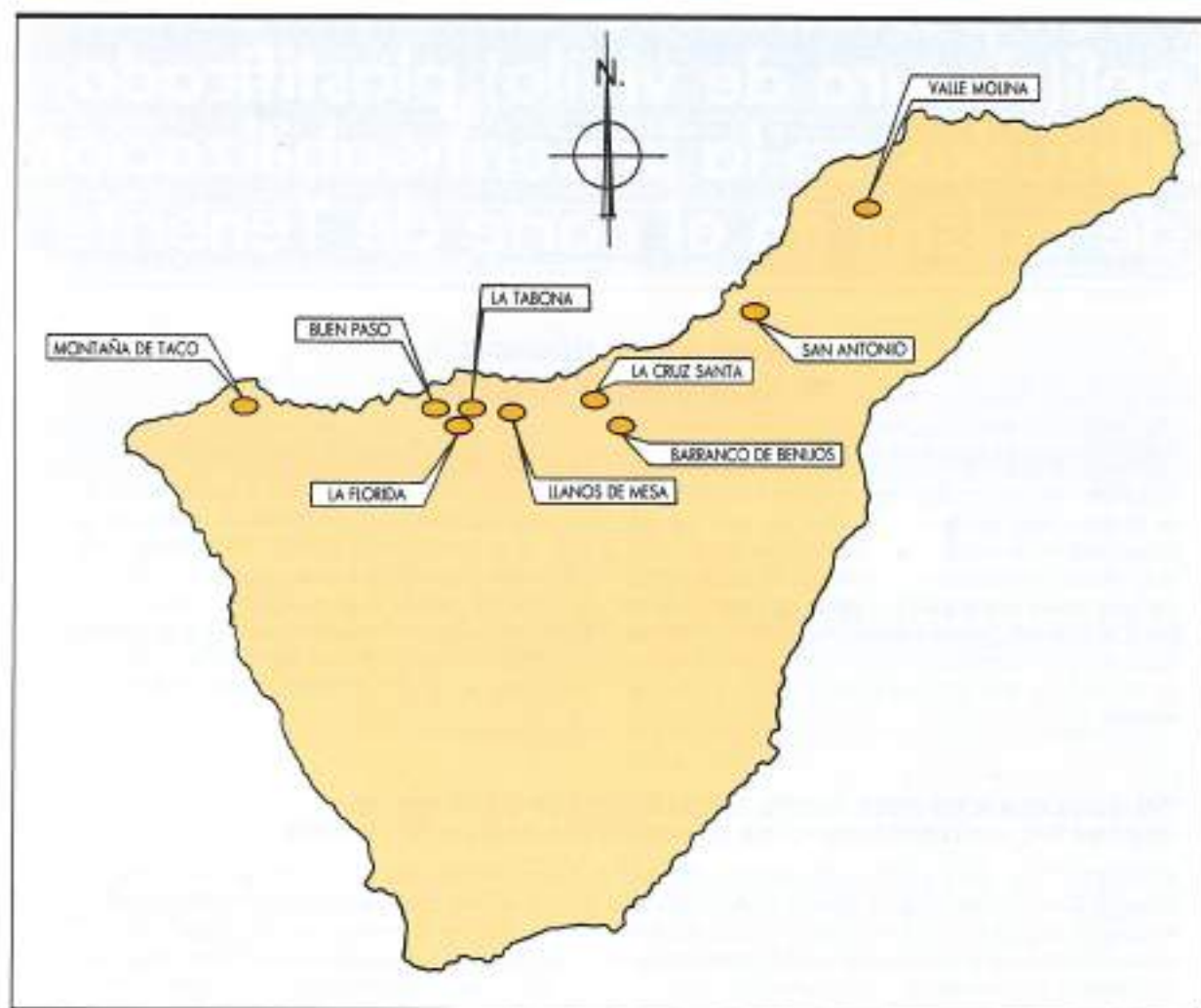


FIGURA 1.

2. PARTE EXPERIMENTAL

El estudio de la impermeabilización de las balsas se ha iniciado determinando las características de las láminas originales según la normativa vigente (8), e incluso para un mayor conocimiento del material se han estudiado otra serie de propiedades que no están contempladas en dicha normativa, pero que creíamos necesarias para la evaluación del material instalado, tales como contenido en plastificantes y observación por microscopía electrónica de barrido (SEM).

La evolución de los materiales instalados en obra implicaba una selección de las características a estudiar, ante la imposibilidad de poder disponer de suficiente material para repetir la totalidad de las propiedades iniciales. Pues para este estudio se necesita extraer muestras de las balsas periódicamente, y como es lógico la cantidad de material extraída debe ser escasa, ya que lo

contrario iría en detrimento del normal funcionamiento de la impermeabilización (fig. 4).

Las características estudiadas periódicamente fueron:

- Espesor.
- Contenido en plastificantes, resinas y cargas.
- Resistencia al impacto.
- Resistencia a la tracción y alargamiento en rotura.
- Doblado a bajas temperaturas.
- Espectroscopía IRTF.
- Microscopía electrónica de barrido.
- Microscopía óptica.
- Resistencia de la soldadura.

En este apartado se incluye la resistencia de la soldadura, propiedad que está íntimamente relacionada con la instalación de las láminas.



FIGURA 2.

La toma de las muestras se ha realizado semestralmente en los meses de abril y octubre. En el mes de octubre las balsas se encuentran vacías, por lo que las muestras se pueden extraer tanto del fondo como del talud. En el caso del talud las muestras provienen de zonas sumergidas, intermitentes y de coronación. En cambio, en el mes de abril las balsas se encuentran llenas de agua, y por tanto las muestras son extraídas exclusivamente de la coronación, que es la zona de la lámina que está expuesta permanentemente a las radia-

ciones ultravioletas procedentes del Sol. Este hecho nos permite controlar la posible degradación del material en distintas partes de las balsas.

3. RESULTADOS

3.1. CONTENIDO EN PLASTIFICANTES

La composición de las muestras de PVC utilizadas en la impermeabilización de las balsas se ha determinado para comprobar la evolución del plastificante a lo largo



FIGURA 3.

NOMBRE DE LA BALSA	NOMENCLATURA	ESPESOR DE LA LAMINA mm
MONTAÑA DE TACO	MT-I0	1,00
VALLE MOLINA	VM-I0	1,55
LA FLORIDA	IF-I0	1,30
LLANOS DE MESA	LM-I0	1,35
BARRANCO DE BENJOS	BB-I0	1,40
LA TABONA	IT-F0/IT-I0	1,20/1,20
LA CRUZ SANTA	CS-F0/CS-I0	1,45/1,50
SAN ANTONIO	SA-I0/SA-F0	1,50/1,45
BUEN PASO	BP-F0/BP-I0	1,20/1,30

TABLA 1. Balsas evaluadas.

del tiempo (9, 10), puesto que esta prueba es fundamental, bajo nuestro punto de vista, en un control «in situ» de la obra. El contenido y la pérdida de plastificante para las láminas en probetas tomadas de la zona de coronación se presenta en la tabla 3. La naturaleza de los plastificantes extraídos de las muestras se ha comprobado por espectroscopia IRTF empleando un espectrómetro Nicolet, mod. 310.

Por otro lado, en la tabla 4 se presentan los valores del contenido en plastificante en las diferentes zonas de una balsa, determinados a los 24 meses de la evaluación. Para ello se han elegido las balsas designadas como C y A cuyo contenido en plastificante inicial era 32,9 y 34,1, respectivamente. En dicha tabla se expresa

el contenido en plastificante en sus zonas de coronación, intermitente y sumergida. La mayor pérdida de plastificante corresponde, en ambos casos, a la zona de coronación de la balsa.

En la figura 5 se presenta la evolución de la pérdida de plastificante en la lámina del fondo de la balsa designada como F. Se puede observar que hay una apreciable disminución inicialmente, para ir decreciendo, después, de forma más lenta.

Una de las pruebas más comunes que se exigen al poli(cloruro de vinilo) plastificado es la de migración de plastificantes (11) que da una idea de la facilidad de pérdida de plastificantes y de la estabilidad del material. En la tabla 5, presentamos los valores de la migración de plastificantes determinada en los materiales originales y la pérdida real de los mismos, una vez instalados. Se puede apreciar que no encontramos relación entre ambos datos.

3.2. RESISTENCIA AL IMPACTO

Las muestras se han sometido a la acción de un percutor de acero de 500 g con extremo en forma de semiesfera de 12,7 mm de diámetro. Esta prueba se considera superada por el material cuando al lanzar el percutor desde una altura superior a 500 mm las probetas permanecen estancas tras realizar el consiguiente control de estanqueidad.

Al cabo de los 36 meses de evaluación no han superado la resistencia al impacto las probetas procedentes de la zona de coronación de las balsas de referencia A, B, D, F y H. No obstante, hay que hacer constar que el material de la balsa A lleva instalado bastantes años, mientras que en las restantes son de puesta en obra mucho más reciente. Asimismo, el material de la balsa A cumplía esta prueba a los 30 meses de evaluación (siete años de puesta en obra).

NOMBRE DE LA BALSA	CAPACIDAD (m ³)	ALTURA MAX. DE AGUA (m)	PVC UTILIZADO (m ²)
BARRANCO DE BENJOS	206.400	16,0	23.770
BUEN PASO	155.500	15,0	19.631
LA CRUZ SANTA	664.700	16,0	61.390
LA FLORIDA	157.700	14,0	19.530
LA TABONA	149.200	14,5	21.993
LLANOS DE MESA	173.400	15,0	22.930
MONTAÑA DE TACO	821.700	13,7	37.560
SAN ANTONIO	157.000	10,0	24.044
VALLE MOLINA	614.400	13,00	71.820

TABLA 2. Capacidad y altura de las balsas. Cantidad de material utilizado en su impermeabilización.



FIGURA 4. Zona de tina de muestras Balsa A1.

3.3. RESISTENCIA A LA TRACCION Y ALARGAMIENTO EN ROTURA

Se ha realizado mediante el empleo de un dinamómetro universal Instron mod. 1195, con una velocidad de separación de mordazas de 100 mm/min. Las probetas para materiales reforzados fueron rectangulares y para los no reforzados de tipo halterio.

Los resultados obtenidos de la resistencia a la tracción y del alargamiento en la rotura se presentan en las tablas 6 y 7, respectivamente.

Las figuras 6 y 7 muestran la evolución de estas propiedades para la lámina de fondo de la balsa F. Asimismo, en la figura 8 se presenta la evolución de una serie de propiedades para el mismo material.

BALSA	FECHA DE INSTALACION	FECHA DE EVALUACION												
		0*	XI-89		V-90		X-90		IV-91		X-91		IV-92	
		C**	C	P***	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
A	1985	34,1	26,6	22,0	21,6	36,7	20,9	38,7	20,9	38,7	20,9	38,7	18,4	46,0
B	1989	30,8	29,9	2,9	29,8	3,2	-	-	25,2	18,2	23,4	24,0	20,9	32,1
C	1986	32,9	32,1	2,5	30,5	7,3	30,5	7,3	30,5	7,3	30,5	7,3	30,5	7,3
D	1987	31,3	24,0	23,3	21,2	32,3	20,8	33,5	19,6	37,4	18,6	40,6	18,4	41,2
E	1986	32,2	27,2	15,5	26,7	17,1	26,2	18,6	26,2	18,6	26,2	18,6	26,0	19,3
F	1988	31,4	25,1	20,1	24,7	21,3	23,4	25,5	23,4	25,5	21,6	31,2	21,1	32,8
G	1986	32,3	30,2	6,5	29,3	9,3	27,6	14,6	26,7	17,3	26,7	17,3	25,7	20,4
H	1989	31,1	31,1	0	31,0	0,3	26,0	16,4	25,4	18,3	23,2	25,4	22,0	29,3
I	1985	32,3	29,8	7,7	28,8	10,8	27,2	15,8	27,2	15,8	25,9	19,8	25,9	19,8

TABLA 3. Contenido y pérdida de plastificante en función del tiempo.

* Original.

** Contenido en plastificante.

*** Pérdida de plastificante.

ZONA DE TOMA DE MUESTRAS	BALSA A		BALSA C	
	PLASTIFICANTE			
	CONTENIDO	PERDIDA	CONTENIDO	PERDIDA
CORONACION	20,9	38,7	30,5	7,3
INTERMITENTE	22,4	34,3	30,8	6,4
SUMERGIDA	24,4	28,4	31,3	4,9

TABLA 4. Variación del contenido en plastificante en función del lugar de extracción de las muestras. (A los 24 meses).

3.4. DOBLADO A BAJAS TEMPERATURAS

Todas las probetas se han situado en una cámara frigorífica durante 5 horas a una temperatura de -20 ± 2 °C. A continuación se realiza la flexión a un ángulo de 180°, observándose un agrietamiento en el lugar del doblado en las muestras procedentes de las balsas A, B, D, F y H. Las figuras 9 y 10 muestran el aspecto de unas probetas después del ensayo. La primera de ellas, procedente de la balsa F, presenta notables agrietamientos, mientras que la segunda extraída de la balsa H, se encuentra totalmente partida.

3.5. MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO

El estudio se ha llevado a cabo utilizando un microscopio electrónico ISI, mod. DS-130 (12). Las muestras se evaluaron por ambas caras empleando distintos aumentos a fin de poner de manifiesto las posibles alteraciones que hayan tenido lugar. En las figuras 11 y 12 se puede observar la lámina original y la cara externa de dicha lámina al cabo de los siete años de su puesta en obra (balsa A). Evidentemente, son fácilmente observables los efectos de la degradación.

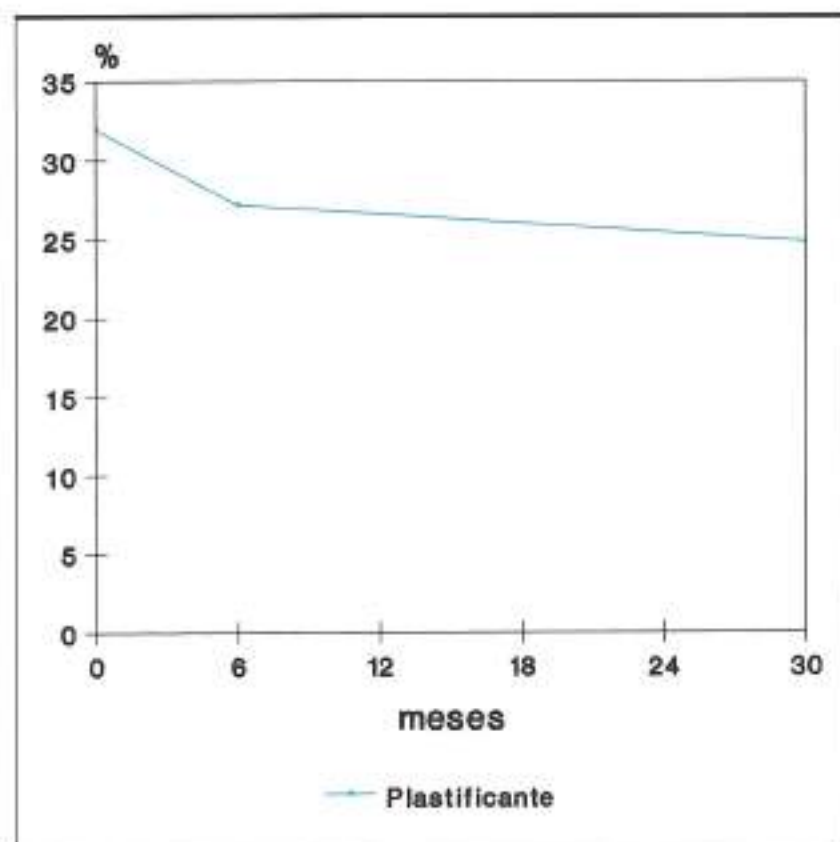


FIGURA 5. Balsa F, lámina del fondo. Variación del contenido en plastificante en función del tiempo.

BALSA	CONTENIDO EN PASTIFICANTE, %	MIGRACION DE PLASTIFICANTE, %	PERDIDA DE PLASTIFICANTE, %
A	34,1	4,06	22,0*
B	30,8	0,93	24,0
C	32,9	1,73	2,5
D	31,3	1,49	37,4
E	32,2	1,03	15,5
F	31,4	1,05	31,2
G	32,3	1,10	6,5
H	31,1	0,98	25,4
I	32,3	1,05	13,7*

TABLA 5. Migración y pérdida de plastificante.

Datos a los 2 años.

* 5 años.

3.6. MICROSCOPIA OPTICA

La lupa binocular, utilizando un proyectivo 5:1, de aumentos 16 y 25, nos ha permitido comprobar el estado de las láminas, tal y como aparece en las fotografías de las figuras 13 y 14. Asimismo, se ha comprobado su morfología y textura con ayuda de una lupa de campo aproximadamente a 13 aumentos, según se observa en las figuras 15 y 16, donde aparece una lámina poco de-

gradada (balsa E) y otra, notablemente deteriorada (balsa F).

3.7. RESISTENCIA DE LA SOLDADURA

Esta prueba solamente se ha llevado a cabo en probetas extraídas de las balsas, en aquellas zonas donde existía unión entre paños. Fue necesario que la superficie de unión superara los 20 cm² (13).

BALSA	FECHA DE EVALUACION													
	ORIGINAL		XI-89		V-90		X-90		IV-91		X-91		IV-92	
	L*	T**	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
A	2.208	2.203	-	-	-	-	2.950	2.120	2.700	2.350	2.820	2.140	2.775	2.114
B	1.215	1.193	-	-	-	-	-	-	1.390	1.345	1.350	1.210	1.320	1.080
C***	21,6	20,5	21,5	19,5	21,4	18,6	21,6	19,2	21,9	19,5	22,1	20,1	22,7	19,8
D	1.240	1.227	-	-	-	-	1.350	1.260	1.250	1.105	1.130	790	846	635
E	1.325	1.245	-	-	-	-	1.370	1.280	1.365	1.350	1.460	1.380	1.470	1.400
F	1.253	1.243	-	-	-	-	1.510	1.350	1.575	1.520	1.520	1.480	1.530	1.453
G	1.315	1.300	-	-	-	-	1.540	1.470	1.600	1.495	1.516	1.485	1.476	1.465
H	1.258	1.148	-	-	-	-	1.420	1.080	1.370	1.270	1.220	808	920	766
I***	19,8	17,7	20,2	18,0	20,5	18,3	21,1	18,8	20,7	18,9	20,3	17,6	22,2	19,8

TABLA 6. Resistencia a la tracción N/50 mm, en función del tiempo.

* Longitudinal.

** Transversal.

*** Valores en MPa.

BALSA	FECHA DE EVALUACION													
	ORIGINAL		XI-89		V-90		X-90		IV-91		X-91		IV-92	
	L*	T**	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
A	18	33	-	-	-	-	14	21	14	23	16	25	17	24
B	14	19	-	-	-	-	-	-	17	20	18	19	16	17
C***	347	384	343	369	338	351	322	342	324	333	300	330	313	318
D	16	23	-	-	-	-	14	19	13	16	11	13	10	11
E	22	26	-	-	-	-	19	24	21	24	22	25	21	26
F	21	23	-	-	-	-	19	23	18	22	18	21	18	22
G	22	22	-	-	-	-	17	19	18	22	17	22	19	22
H	19	25	-	-	-	-	17	23	17	22	16	19	12	16
I***	317	340	293	302	311	298	312	303	300	311	273	285	269	275

TABLA 7. Alargamiento en el punto de carga máxima (%), en función del tiempo.

* Longitudinal.

** Transversal.

*** Alargamiento en rotura.

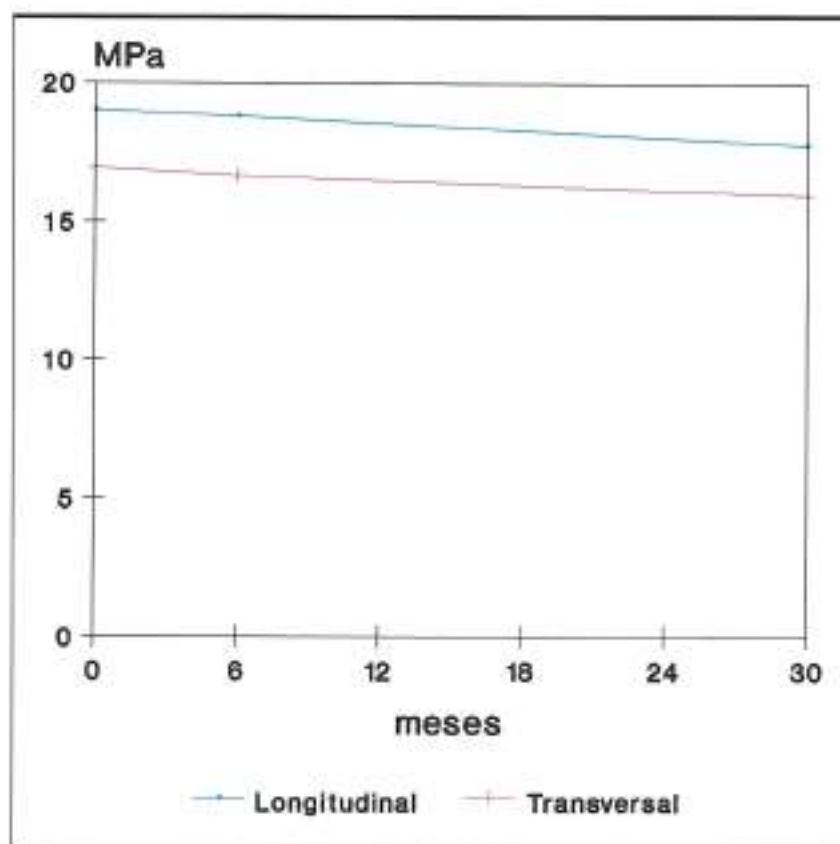


FIGURA 6. Balsa F, lámina del fondo. Variación de la resistencia a la tracción en función del tiempo.

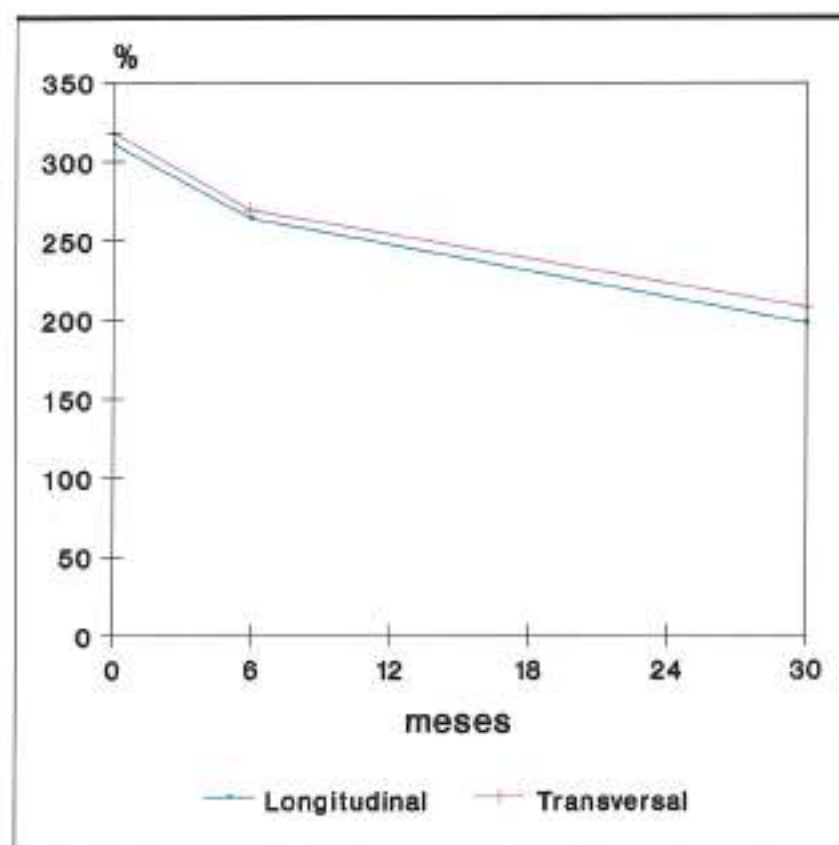


FIGURA 7. Balsa F, lámina del fondo. Variación del alargamiento en retiro en función del tiempo.

A título de ejemplo, en la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos correspondientes a la balsa A, mientras que en la figura 17 se puede comprobar la evolución de la resistencia de la soldadura en la balsa D.

Esta característica está íntimamente relacionada con el espesor del recubrimiento en los puntos de cruce de la malla, en el caso de los materiales reforzados. Dicho espesor de recubrimiento se determina por microscopía óptica, y debe ser superior a 0,30 mm con el fin de que la soldadura se efectúe con suficiente material vinílico pues de lo contrario podría haber incompatibilidades entre los materiales a soldar. En la figura 18 se presenta una probeta extraída de la balsa H, donde se puede comprobar que el material no cumple con la normativa vigente, ya que los hilos están casi al exterior.

4. INSPECCIONES TÉCNICAS A LAS BALSAS

Semestralmente, técnicos del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales se desplazaron al lugar donde están ubicadas las balsas y comprobaron su estado y funcionamiento sobre el terreno. De las inspecciones llevadas a cabo, es de destacar lo siguiente:

Se ha observado una notable retracción en la totali-

dad de las láminas de poli(cloruro de vinilo) plastificado inspeccionadas.

Se ha constatado un grave deterioro en las balsas B, D, F y H. El fenómeno degradativo se inicia con unas pequeñas manchas o zonas decoloradas, que evolucionan en el sentido de formación de una grieta (figs. 19 y 20). Todo ello ha llevado consigo un seguimiento continuo de localización de grietas para evitar las fugas y a la colocación de parches en dichas láminas de una forma periódica.

5. CONCLUSIONES

Las inspecciones técnicas realizadas en obra, así como los resultados obtenidos a nivel de laboratorio, conducen a las siguientes conclusiones:

1. La pérdida de plastificante es muy elevada en las muestras procedentes de las balsas A, B, D, F y H, superando en determinadas ocasiones el valor del 40 %. Con gran diferencia del resto de los materiales, la lámina de poli(cloruro de vinilo) flexible instalada en la balsa C es la que ha conducido a una menor pérdida de este aditivo.
2. En general, la pérdida de plastificante en las diferentes zonas de una balsa va incrementándose de la parte

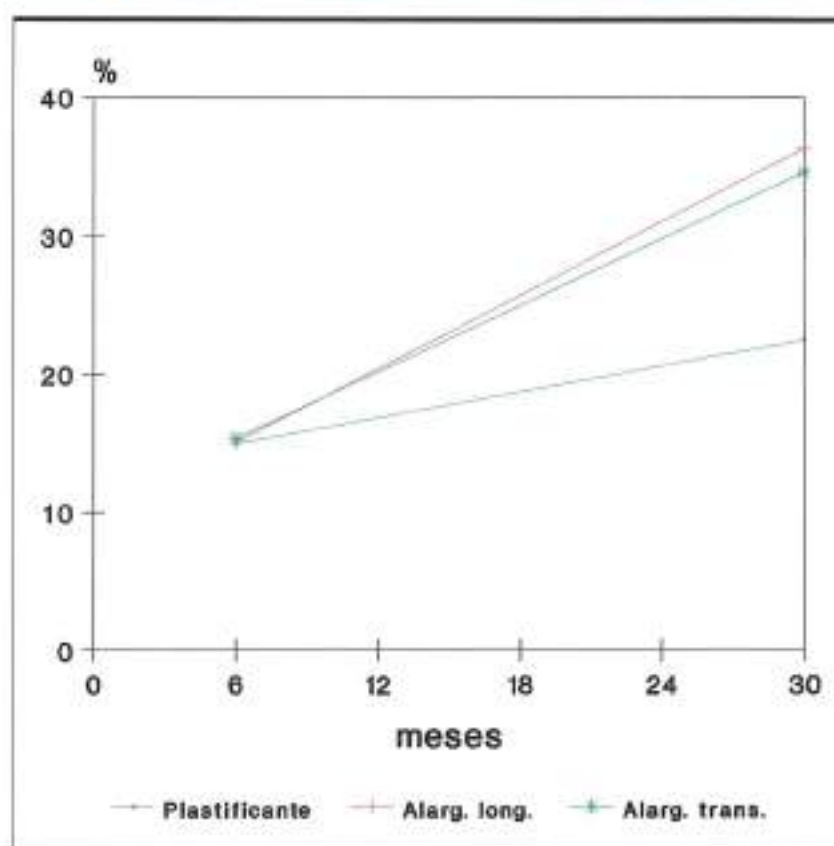


FIGURA 8. Balsa F, lámina del fondo. Variación de propiedades en función del tiempo.



FIGURA 9. Probeta con agrietamientos en el lugar de la flexión, tras la prueba de doblado a bajas temperaturas. (Balsa F).

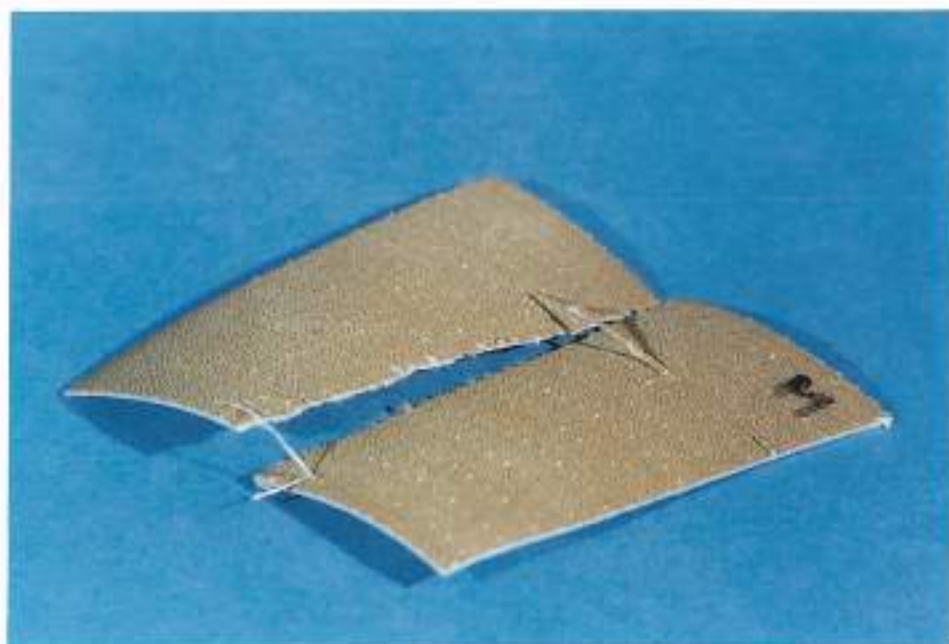


FIGURA 10. Probeto totalmente roto, después de la flexión a $-20 \pm 2^\circ\text{C}$. (Balsa H).

totalmente sumergida a la coronación pasando por la zona de intermitencia. Este hecho se debe, presumiblemente, a que la zona de coronación está, permanentemente, expuesta a las radiaciones solares.

3. La prueba de migración de plastificante realizada en las láminas originales no ha tenido ninguna relación con la disminución de plastificante del material instalado.

4. La evolución de la resistencia de la soldadura ha sido variable. La pérdida más notable de carga ha sido en la balsa D. En algunas, caso de la balsa A, aunque la disminución de carga de rotura ha sido importante, los

valores de la misma siguen siendo elevados. En la balsa C, los valores de carga son bajos, pero también lo es su pérdida. Quizás, esos valores más bajos, aunque perfectamente válidos, sean debidos a su unión mediante tetrahydrofurano; en el resto de las láminas, la soldadura se ha realizado por vía térmica.

5. La determinación de la flexibilidad de las láminas mediante el ensayo de doblado a -20°C ha conseguido detectar fallos en todas las muestras procedentes de la coronación de las balsas, a excepción de las extraídas en las referenciadas como C, E, G e I.

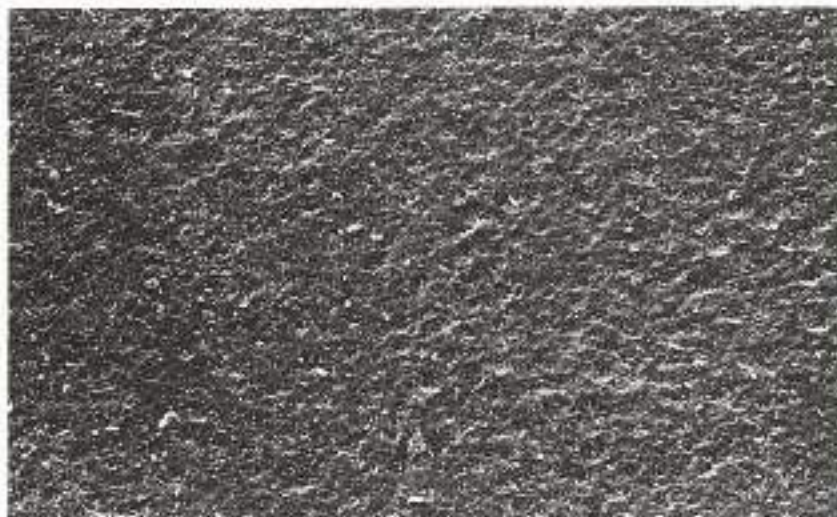


FIGURA 11. Muestra original. Observación por microscopio electrónico de barrido. (Balsa A).

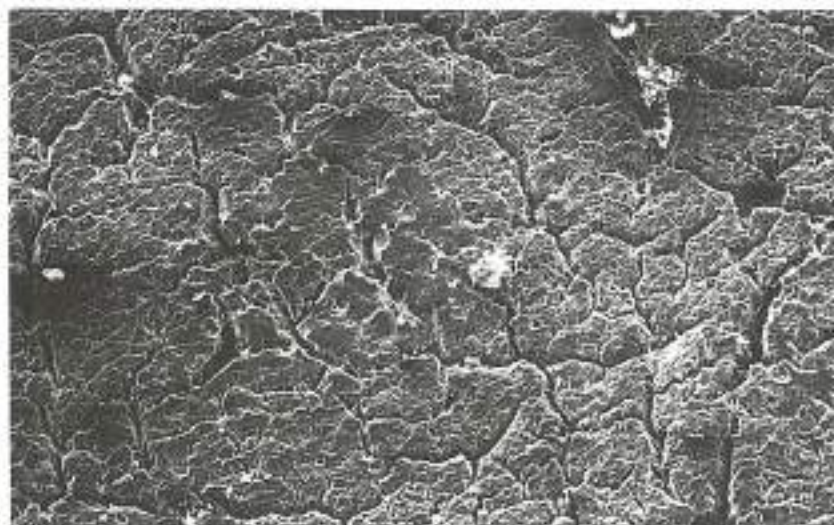


FIGURA 12. Muestra extraída de la obra al cabo de los 7 años de la puesta en obra, observación por microscopía electrónica de barrido. (Balsa A).

6. La resistencia mecánica a la percusión solo ha sido superada por los materiales de referencia C, E, G e I.

7. Las características mecánicas, por regla general, indican un aumento en la resistencia a la tracción y una disminución en el alargamiento en rotura, como consecuencia directa de la mayor rigidez de los materiales debido a la pérdida de plastificantes. Se ha llegado a extremos donde ya no se cumplen los mínimos exigidos por la normativa vigente, tal es el caso de muestras tomadas en las balsas D y H.

8. La microscopía óptica y la electrónica de barrido (SEM) han puesto de manifiesto la existencia de microfisuras y descamaciones en la mayoría de los materiales, siendo incipientes y de menor desarrollo en los materiales procedentes de C, E y G.

9. Uno de los problemas más llamativos observados en las inspecciones técnicas fue la gran retracción experimentada por estos materiales, una vez instalados.

10. El doblado a bajas temperaturas debería realizarse de forma que se conociera, para cada muestra, el punto



FIGURA 13. Muestra original. Observación con lupa binocular. (Balsa A).

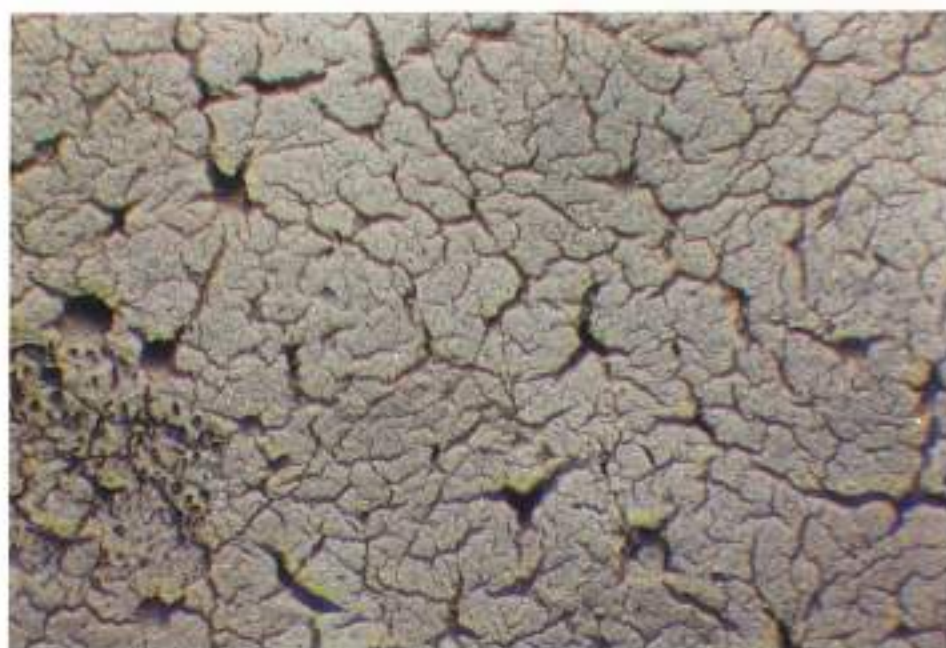


FIGURA 14. Muestra extraída de la obra al cabo de los 7 años de la puesta en obra, observada con lupa binocular. (Balsa A).

de rotura en frío, o bien determinar en las mismas su punto de transición vítrea, con fines comparativos y de control periódico.

11. Los materiales procedentes de las balsas B, D, F y H presentan un grado de deterioro muy importante, a juzgar por la casi totalidad de las pruebas realizadas sobre los mismos y por los fallos observados durante las visitas técnicas.



FIGURA 15. Aspecto general de una muestra de balsa E al ser observada por microscopía óptica.

12. La lámina de impermeabilización de la balsa A ha sufrido una grave pérdida de plastificantes, fundamentalmente, en fechas muy recientes, lo que ha originado que empiece a fallar en pruebas mecánicas como doblado a bajas temperaturas e impacto. Sin embargo, hay que tener presente el tiempo que lleva colocada y que, en su inspección visual no se ha detectado fallo alguno.

13. La lámina impermeabilizante utilizada en la balsa I



FIGURA 16. Aspecto general de una muestra extraída de la balsa F, observada por microscopía óptica.

MESES *	CARGA DE ROTURA, N	PERDIDA DE CARGA, %
6	1.800	-
18	1.655	8,1
24	1.265	29,7
30	1.220	32,2
36	1.151	36,1

TABLA 8. Resultados obtenidos en la prueba de resistencia de la soldadura de la balsa de referencia A.

* Meses a partir del comienzo del seguimiento. Realmente el mes 36 equivale a los 7 años de colocación de la lámina impermeabilizante.

presenta un nivel de conservación aceptable, si se tiene en cuenta su fecha de instalación. No obstante, los datos de microscopía electrónica de barrido detectan una cierta degradación en la misma, fundamentalmente, en la zona del talud, en contacto directo con la intemperie. Este proceso degradativo se constató en ensayos de doblado a bajas temperaturas, que dependiendo del lugar de la toma de muestras, cumplía o no dichas pruebas.

14. Los materiales utilizados en la impermeabilización de las balsas E y G se encuentran, hasta el momento, en

buen estado, según se deduce de la totalidad de los ensayos realizados a los mismos.

15. La lámina empleada en la balsa C es la que conduce a mejores resultados en el conjunto de las pruebas realizadas. Es de destacar la mínima pérdida de plastificantes experimentada por la mencionada lámina y, como consecuencia de ello, las notables propiedades que conlleva.

16. En la impermeabilización de una balsa no basta con medir las características iniciales de la lámina, sino que creemos conveniente, además, determinar una serie de parámetros que permitan conocer un poco más a fondo el material. Consideramos del mayor interés el seguimiento del material instalado.

17. De los puntos anteriores es fácilmente deducible que un material que cumple las actuales normas vigentes en el momento de su aplicación, al cabo de un tiempo muy corto puede dejar de cumplirlas, lo cual viene a poner en tela de juicio la efectividad de dichas normas. Si bien, los valores exigidos en las normas UNE sobre el tema no difieren mucho de los equivalentes de las correspondientes normas europeas en elaboración, hay que tener en cuenta que dichas normas CEN son de mínimos, por lo que sería recomendable que en los Pliegos Particulares se fuera un poco más rígido en las exigencias, para evitar un fracaso.

18. Frecuentemente distintas Administraciones, usua-

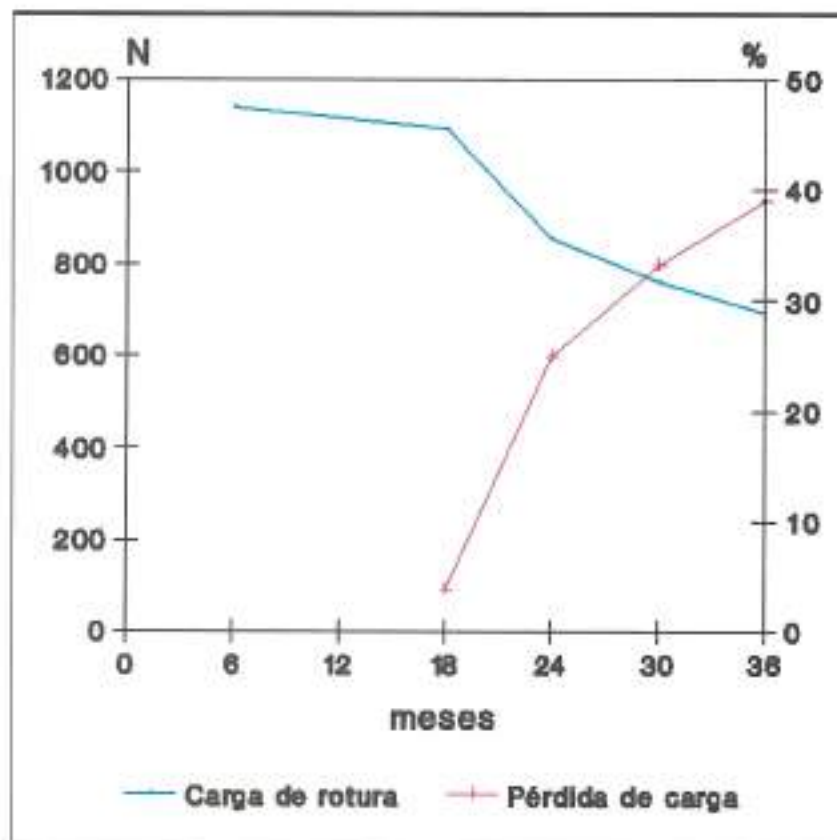


FIGURA 17. Balsa D; zona de coronación. Variación de la resistencia de la soldadura en función del tiempo.



FIGURA 18. Probeta con el geotextil cosi en la superficie de la lámina. (Balsa H).

rios o contratistas nos han consultado sobre la marca comercial de la lámina que han de colocar en sus embalajes. La respuesta ha sido: «aquella que presente documentación que acredite, con los correspondientes ensayos de muestras tomadas en obras de explotación, la evolución de la misma en un período no inferior a los cinco años». Somos conscientes de la dificultad que este requisito entraña.

19. El éxito de este trabajo nos ha llevado a la Conseje-

ría de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias, BALTEN y el CEDEX a proseguir en esta línea, no solamente continuando con el control de los materiales de estas balsas, sino también los de reimpermeabilización de aquellas cuyas láminas están en mal estado, y ampliarlos a materiales diversos (PEAD, EPDM, EVA/C) y a otras balsas tales como San Isidro, Valle de San Lorenzo, El Boquerón, Adeyhamen y Laguna de Barlovento.



FIGURA 19. Zona degradada, con cambio de color y perforación. (Balsa F).



FIGURA 20. Zona degradada. Detalle de parches. Balsa H6.

6. AGRADECIMIENTO

Los autores quieren agradecer a la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno Autónomo de Canarias, a BALTEN y al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX-MOPT) el interés que mostraron para la realización de este trabajo, así como la ayuda necesaria para la consecución del mismo. Asimismo, desean hacer patente nuestro agradecimiento a los técnicos del CEDEX que han colaborado en este trabajo, en especial a los Jefes de Servicio del Sector de Materiales, don Angel Cuevas González y doctora doña Francisca Castillo Rubí, y al especialista en microscopía electrónica de barrido del Sector de Ciencia de Materiales, don Nicanor Prendes Rubiera. Hacemos extensivo nuestro agradecimiento a los técnicos de BALTEN, doña Virginia Arredondo Tallo y doña Tatiana Vara Mora.

7. BIBLIOGRAFIA

1. BLANCO, M.; CASTILLO, F.; RODRIGUEZ DE SANCHO, I.; SORIANO, J., y BALDONEDO, J. L. (1988). Proc. Coll. 88, vol. II, 391.
2. CASTILLO, F.; MARTINEZ, G.; SASTRE, R., y MILLAN, J. (1989). Makromol. Chem., **190**, 477.
3. CASTILLO, F.; MARTINEZ, G.; SASTRE, R.; MILLAN, J.; BELLENGER, V.; GUTA, B. D., y VERDU, J. (1990). Polym. Degrad. and Stab., **27**, 1.
4. CASTILLO, F., y BLANCO, M. (1991). «Síntesis, caracterización y fotodegradación en atmósfera inerte de diferentes tipos de poli(cloruro de vinilo). Monografía M-20 del CEDEX. Madrid.
5. BLANCO, M., y CASTILLO, F. (1991). An. XXV Jorn. Sul-americanas Eng. Estructural, vol. 5, 115-25.
6. BLANCO, M. (1991). «Evaluación de materiales orgánicos reforzados utilizados en la impermeabilización de obras hidráulicas». ETS Ing. Ind. Madrid.
7. BLANCO, M. (1991). «Materiales sintéticos en Ingeniería Rural». II Jorn. sobre utilización de geosintéticos en Ingeniería Rural. San Fernando de Henares, Madrid.
8. UNE 53.402. Plásticos. Láminas de poli(cloruro de vinilo) plastificado con o sin armadura, no resistentes al betón, para la impermeabilización de balsas, depósitos, piscinas, presas y canales para agua. Características y métodos de ensayo.
9. ORTEGA, J. J.; BLANCO, M., y CUEVAS, A. (1984). Materiales de Construcción **34**, (196), 43-48.
10. ASTM D-2124. Standard Method for Analysis of Components in Poly(vinyl chloride) Compounds Using an Infrared Spectrophotometric Technique.
11. UNE 53.358. Plásticos. Láminas de poli(cloruro de vinilo) plastificado sin soporte, no resistentes al betón, para la impermeabilización de edificios. Características y métodos de ensayo.
12. ORTEGA, J. J.; BLANCO, M.; CUEVAS, A., y BARBA, C. (1985). Rev. Plast. Modernos **49** (346), 461-464.
13. UNE 53.419. Plásticos. Determinación de la resistencia de la unión entre láminas de poli(cloruro de vinilo) plastificado utilizadas en impermeabilización.

EMBALSES

INSTALADORES DE LAS LAMINAS DEL PLAN DE BALSAS DEL NORTE DE TENERIFE:

LA CRUZ SANTA (LOS REALEJOS), BENIJOS (LA OROTAVA), LLANOS DE MESA (SAN JUAN DE LA RAMBLA),
LA TABONA (LA GUANCHIA), SAN ANTONIO (LA MATANZA), BUEN PASO (LA GUANCHIA) Y OTRAS
EN EL PLAN ALMONTE/MARISMAS, DEPENDIENTES DEL IARA



INSTALACIONES DE PLASTICOS: P.V.C., P.E., P.P. - POLIESTER REFORZADO - RECUBRIMIENTOS ANTIACIDOS -
LAMINAS Y ARMADAS DE P.V.C. - PEHD - SUELOS Y APLICACIONES DE EPOXI -
GEOTEXTILES - GEOMALLAS - GEOCOMPUESTOS.

Epoplás, s. l.

Avda. Ramón y Cajal, 21 Acc.-Teléf. (95) 463 15 50* - Fax (95) 492 35 34 - 41005 SEVILLA

Calderón de la Barca, 2 - 1.º - Edif. MIRIAN - Teléf (922) 21 64 55 - Fax (922) 21 12 78 - 38005 STA. CRUZ DE TENERIFE

Geotextil **Polyfelt TS**

Geotextil 100% polipropileno

drenaje • filtración • separación • protección • refuerzo



Balsa Llanos de Mesa - Canarias

Balsa Montaña del Taco - Canarias

Balsa del Payuelos - León

Balsa de los Monegros - Aragón

Balsa de Genevillas - Navarra

Lago-Parque de la Hinojosa - Madrid

Balsa del Cierzo - Navarra

Balsa de la Florida - Canarias

Balsa de la Molina - Canarias

Balsa de Barlovento - Canarias

Balsa de Corella - Aragón

Lago-Parque de la Cartuja - Sevilla

*Más de 5.000.000 m² utilizados en la
ejecución de balsas nos avalan.*

*POLYFELT TS está presente en todas las
autonomías*

**POLYFELT TS, la mejor solución como protección
de la lámina de impermeabilización**



INDUSTRIAS TRANSFORMADORAS
DE CEMENTO ETERNIT, S.A.
Oficinas centrales: Megia Lequerica, 10
Tel.: 448 39 12 - 28004 MADRID
Fax: 448 37 09

