

# El Odiel-Perejil como un caso pionero en la utilización de una geomembrana sintética en la impermeabilización de presas

MANUEL BLANCO (\*) y GASPAR ZARAGOZA (\*\*)

**RESUMEN** Este trabajo pretende dar a conocer datos del estado de una geomembrana sintética a base de polietileno clorado utilizada en la impermeabilización de la presa del Odiel-Perejil, que pasa por ser de los casos pioneros del empleo de este tipo de materiales en el campo de la Obra Hidráulica.

## ODIEL-PEREJIL AS PIONEER CASE IN THE USE OF A SYNTHETIC GEOMEMBRANE IN THE WATERPROOFING OF DAMS

**ABSTRACT** *This paper tries to show the performance of a synthetic geomembrane based on chlorinated polyethylene used in the waterproofing of Odiel-Perejil dam, that is one of the first cases of utilization of this type of materials in the field of hydraulic works.*

**Palabras clave:** Impermeabilización, Polietileno clorado, Presas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La impermeabilización de presas con geomembranas sintéticas es un proceso relativamente reciente. Según datos del Boletín n° 78 del año 1.991 del Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD) traducido al castellano por el Comité de Grandes Presas (ICOLD, 1994) los materiales orgánicos que inicialmente se emplearon a este fin eran elastómeros, termoplásticos y materiales bituminosos. Entre los primeros se empleó fundamentalmente caucho butilo. Presas en este contexto cabe destacar la de Contrada-Sabetta en Italia -1959-, Miel en Francia -1968- y Sugarloaf en Australia -1976-. Como termoplásticos se hizo uso, principalmente, de poli(cloruro de vinilo) plastificado en presas rumanas de Colibita y Mihoesti; las checas de Dobšina y Landstajn; la canadiense de Terzaghi; la francesa de Codolé y la nigeriana de Jibiya. Otro material termoplástico mencionado es el polietileno de alta densidad empleado en la presa nigeriana de Isanlu. Inicialmente, como ejemplos del empleo de materiales bituminosos en la impermeabilización de presas cabría destacar las francesas de L'Ospedale, Gardel, Mas d'Armand, Lalande-Chitelet y Valence d'Albi.

Si es importante el tema de la impermeabilización, no lo es menos la rehabilitación. Aparte de los clásicos métodos empleando materiales inorgánicos como en el azud de Esta-

gento, se utilizan materiales orgánicos bien asfálticos (Flemme 2002, Frohnauer y col. 2002), bien basados en productos macromoleculares ya sean líquidos como en la presa de Cenza o en forma de geomembrana vista como en el azud de Matavacas (Blanco y col. 2003, Cazzuffi, 1998, de Cea y col. 2002, Cuadrado y Nieto, 2002, Gonzalo y col. 2002, Leiro y col. 2002, Martínez, 2002, Scuero, 1995). A nivel internacional se ha hecho uso de poliisobutileno de 2 mm de espesor en una presa construida en el año 1930 que es la del Lago Baitone y cuya rehabilitación se realizó en el año 1971. No obstante, el material más empleado ha sido, de nuevo, el poli (cloruro de vinilo) plastificado utilizado al efecto en las presas de Heimbach, Lago Miller, Cignana, Lago Nero y Piano Barbellino.

En la actualidad, las geomembranas se siguen aplicando con profusión como en la americana de Olivenhaim de 94,5 m de altura (año 2003), la de Balambano de 99,5 m en Indonesia (año 1999) y la colombiana de la Miel de 192 m (año 2002) (Scuero y Vaschetti 2002).

El uso de las geomembranas sintéticas en embalses, lo data ICOLD en el año 1959 en Estados Unidos, concretamente en el de Kualapuu. Su inicio en España puede estimarse en la segunda parte de la década de los setenta y su aplicación se incrementa día a día (Blanco y col. 1998, 1999, 2000). El seguimiento de estos materiales en obra se viene realizando por el CEDEX desde hace unos quince años con datos de comportamiento de los diferentes materiales de gran valor (Aguiar y Blanco 1995, Aguiar y col. 2000, Blanco y Aguiar, 1993, 1998, 2000, Blanco y col. 1998).

El artículo pretende dar a conocer el estado de la geomembrana sintética utilizada en la impermeabilización de la presa del Odiel-Perejil, que pasa por ser de las pioneras a nivel internacional en este campo.

(\*) Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (CEDEX).- Ministerio de Fomento.

(\*\*) Subdirección General de Proyectos y Obras. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Ministerio de Medio Ambiente.



FIGURA 1. Construcción de la presa; foto tomada en el año 1970.

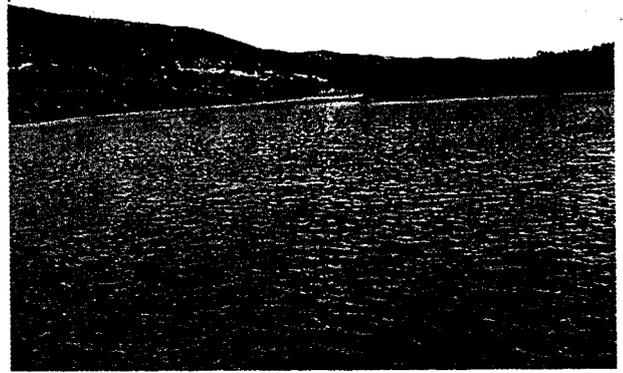


FIGURA 2. Vista parcial de la presa del Odiel-Perejil en la actualidad.

## 2. LA PRESA DEL ODIEL-PEREJIL

La construcción de la presa se terminó en el año 1971 (Fig. 1). Dicha presa es de escollera de 35 m de altura, taludes 1:3 aguas arriba y aguas abajo, con una anchura de 7 m en coronación (Fig. 2).

Los bloques de la escollera están compuestos por un pórfido granítico de excelente calidad extraído de una cantera situada en las cercanías.

Dado que los riesgos potenciales, aguas abajo de la presa, en caso de rotura, se consideraban prácticamente nulos, se decidió la ejecución de una solución implantada por primera vez en España consistente en la colocación de una geomembrana sintética, protegida por dos capas de arena, que actuaba como pantalla impermeable, embebida en la escollera y con la disposición que se indica en los planos adjuntos (figuras 3 y 4).

La geomembrana llegaba a la línea media de la coronación y tenía un talud de 0,66 (2:3). Dicha geomembrana fue la denominada comercialmente "SARALOY 660", que había sido utilizada, ya por aquel entonces, en la presa de Mast en Estados Unidos.

Durante la fase de construcción de esta presa y cuando la altura alcanzada llegaba a 17 m se produjo una avenida que arrasó lo ya construido (Fig. 5). No obstante, en los ocho primeros años de explotación de esta presa su comportamiento fue excelente siendo mínimas las filtraciones del embalse.

### 2.1. RECRECIMIENTO

Por necesidades de aumento de la primitiva concesión de agua, cifrada en 155 l/s, y dado que las estimaciones de reservas de los yacimientos de Cerro Colorado tras nuevas investigaciones eran muy superiores a las previstas:

260 Mt de mineral de cobre frente a 36 Mt

23,84 Mt de gossan frente a 17 Mt

Se decidió solicitar una nueva concesión total de 446 l/s para lo cual se requirió un recrecimiento tanto de la presa como del aliviadero lateral ubicado en la margen derecha (Figuras 6 y 7). El mencionado recrecimiento era de 6 m y la cota de la nueva coronación quedaba a los 288 m estimándose el nivel máximo extraordinario en 286 m. La cota del nuevo aliviadero alcanza 284 m. Los muros de acompañamiento del nuevo umbral llegan a la cota de 288.

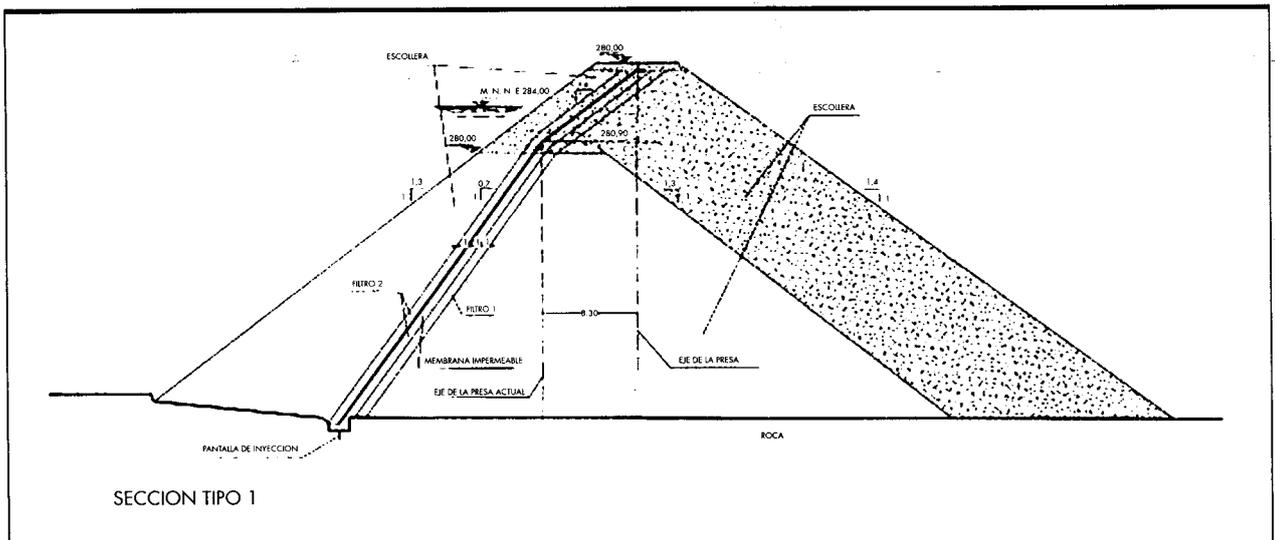


FIGURA 3.

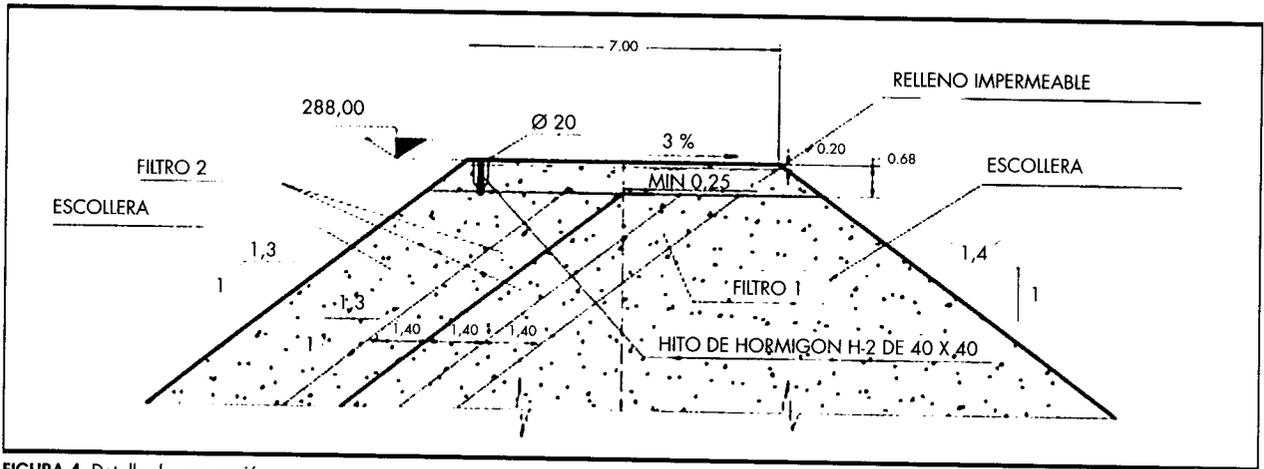


FIGURA 4. Detalle de coronación.

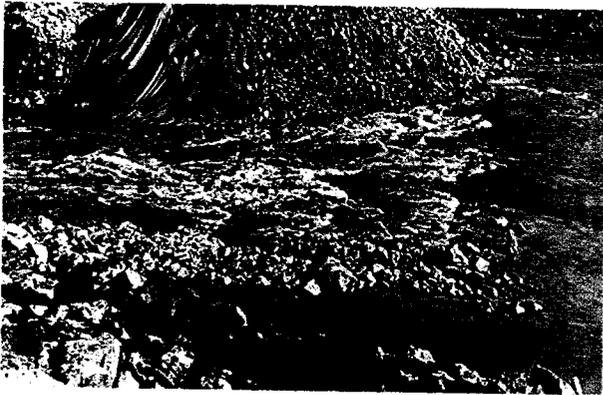


FIGURA 5. Aspecto de la geomembrana como consecuencia de la avenida.

El talud de la geomembrana recrecida es de 1,3 y llega hasta la línea media de la nueva coronación quedando a 0,7 m de la cota de coronación y terminando en un "faldón" horizontal de 1 metro hacia aguas arriba.

La presa primitiva se desmochó en 1 m para dejar al descubierto la geomembrana original y poder soldar a la nueva del recrecimiento. Este recrecido ha sido de 6 m entre la antigua cota de coronación (282 m) y la nueva (288 m).

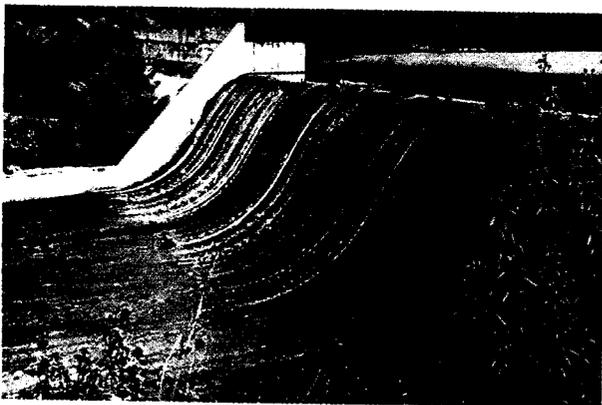


FIGURA 6. Aliviadero.

### 3. LA GEOMEMBRANA DE POLIETILENO CLORADO

La nueva geomembrana del recrecimiento era de la misma naturaleza que la anterior pero adquirida a otra casa comercial, debido a que la Dow Chemical había dejado de fabricar láminas de polietileno clorado (CPE). En este caso la firma suministradora fue Watersaver Company Inc. La nueva geomembrana se comercializó con un espesor de 0,76 mm frente a los 1,50 mm de la primitiva. En el recrecimiento se ha colocado un total de 2131 m<sup>2</sup> que con los 4600 m<sup>2</sup> colocados en la presa primitiva suman una superficie total de 6731 m<sup>2</sup>.

Se sometió la geomembrana a un ensayo de punzonamiento realizando una prueba en condiciones semejantes a las de colocación en obra, o sea con una muestra de geomembrana entre un "sandwich" de material granular y sometiendo este material a una presión efectiva de 16,6 MPa.

Asimismo, se realizó un ensayo de fricción entre la geomembrana y el material granular fino (con tamaño máximo del tamiz n° 4 de ASTM), llegando a la conclusión de que este ángulo era muy semejante al del propio material granular.

No se consideró que pudiera haber rotura por asientos diferenciales entre la geomembrana y el material granular ya que la deformación en rotura lo garantizaba el fabricante entre un 340% en deformación longitudinal y un 525% en transversal.

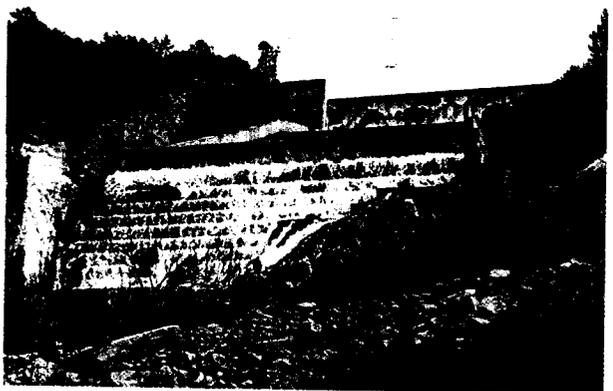


FIGURA 7. Aliviadero.

Se desconoce cual fue la granulometría empleada para las tres capas de filtro que se utilizaron para proteger a la geomembrana sintética, todas ellas de 1,40 m de ancho en horizontal y con una capa aguas arriba y dos capas aguas abajo.

Los datos más importantes relacionados con las características de la geomembrana de polietileno clorado procedente de la firma Watersaver Company Inc. son las siguientes:

Característica	Valores
Espesor, mm	0,76
Peso específico, g/cc	1,38
Extracción por agua, %	0,30
Volatilidad, %	0,30
Doblado a -50°C	No rompe
Resistencia a la tracción, MPa	
Longitudinal	11,2
Transversal	11,2
Módulo al 100%, MPa	
Longitudinal	5,60
Transversal	2,45
Alargamiento en rotura, %	
Longitudinal	340
Transversal	525
Resistencia al desgarro, N/mm	
Longitudinal	26,8
Transversal	26,8
Estabilidad dimensional, %	
A 100°C	<20
A 70°C	<7

#### 4. ESTADO ACTUAL DE LA GEOMEMBRANA SINTÉTICA

##### 4.1. TOMA DE MUESTRAS

La presa del Odiel-Perejil se encuentra ubicada en Campofrío, en el municipio de Aracena, en la provincia de Huelva. Los días 17 y 18 de septiembre de 2002 se realizó una inspección a la presa, cuya finalidad era llevar a cabo unas ca-



FIGURA 8. Vista de la escollera, en la zona de toma de muestras.

tas para conocer el estado real de la geomembrana de polietileno clorado, debido al interés que presenta este tipo de protección de la pantalla y al tiempo que lleva instalada (Fig. 8). Incluso a nivel internacional, existía un interés por conocer estos detalles como lo muestran los componentes del Grupo de Trabajo Europeo para geomembranas y geosintéticos como materiales de paramentos de la Comisión Internacional de Grandes Presas.

Se realizaron tres catas en los lugares indicados en el plano de la figura 9. Las muestras extraídas eran de dimensiones aproximadas de 0,40 m x 0,60 m. La figura 10 presenta un momento de la realización de catas.

Las catas se iniciaron en el punto medio de la coronación de la presa y se excavaron hacia aguas abajo hasta alcanzar un faldón horizontal de la geomembrana. Una vez extraídas las citadas muestras se procedió a reponer el material con parches a base de una lámina de polietileno clorado, es decir de la misma naturaleza que la original.

Por último, las catas se rellenaron con el material extraído, compactándolo adecuadamente para evitar que no quede material sobrante después de enrasar las catas a nivel de coronación.

Una vez preparadas las muestras, tanto las procedentes de las catas como la del material de reposición, se dio comienzo a las pruebas experimentales.

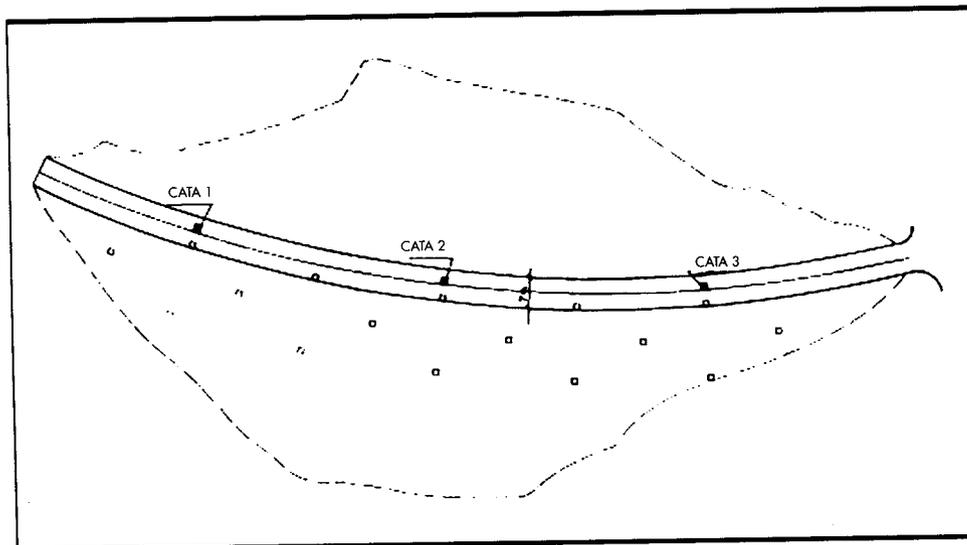


FIGURA 9. Planta de presa.



FIGURA 10. Toma de muestras.



FIGURA 12. Soldadura del material de reposición a la geomembrana original.

#### 4.2. EXPERIMENTAL

Los resultados experimentales de las propiedades más importantes de las muestras de geomembrana de polietileno clorado instalada como pantalla impermeable en la presa se indica en la tabla I. La figura 11 muestra el aspecto de la geomembrana de polietileno clorado (CPE) empleada como pantalla impermeable en la presa, tal como asomó en las catas. La reposición de material se puede contemplar en la figura 12, mientras que en la figura 13 se puede ver como quedó la pantalla orgánica una vez realizada la reposición.

Las probetas de todas las muestras analizadas se sometieron a una prueba de flexión a bajas temperaturas; para ello se doblaron sobre si mismas un ángulo de 180°, después de permanecer 5 h en una cámara frigorífica a una temperatura de -20°C. Posteriormente se observó si aparecían síntomas de agrietamiento, roturas u otras imperfecciones superficiales en alguna de sus caras. Las probetas procedentes de las tres catas, han superado la prueba ya que no han presentado agrietamientos en el lugar de la flexión.



FIGURA 11. Aspecto del CPE que constituye la pantalla impermeable una vez realizada la cata.



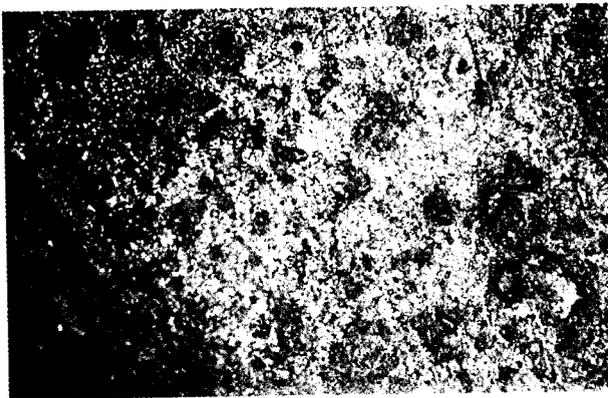
FIGURA 13. Aspecto del material repuesto en la presa.

Característica	Muestra Nº		
	1	2	3
Espesor, mm	0,90	0,87	0,92
Resistencia a la tracción, MPa			
Longitudinal	14,8	15,7	13,6
Transversal	11,3	12,4	10,4
Alargamiento en rotura, %			
Longitudinal	217	243	228
Transversal	287	307	292
Resistencia al impacto *, mm	>500	>500	>500
(*). - Altura de caída del percutor.			

TABLA 1. Resultados obtenidos en los ensayos realizados en las muestras de material original extraídas en las catas (Presa del Odiel-Perejil).

Muestra Nº	Cara	Resistencia al punzonamiento		Recorrido mm
		N	N/mm de espesor	
1	Externa	301	334	25
	Interna	346	384	27
2	Externa	316	363	29
	Interna	336	386	32
3	Externa	317	345	33
	Interna	328	357	34

**TABLA 2.** Resistencia al punzonamiento en las muestras de material original extraídas en las catas (Presa del Odiel-Perejil).



**FIGURA 14.** Microfotografía de una muestra de la cata número 2 de polietileno clorado mediante microscopia óptica de reflexión (MOR) (40 x).

Características	Referencia de las muestras	
	Material de reposición	
Espesor, mm	1,52	
Resistencia a la tracción, MPa	Longitudinal	16,4
	Transversal	16,2
Alargamiento en rotura, %	Longitudinal	16,4
	Transversal	16,2
Resistencia al impacto *, mm	>500	

**TABLA 3.** Resultados obtenidos en los ensayos realizados en la muestra de material de reposición (Presa del Odiel-Perejil).

(\*). - Altura de caída del percutor.

grafía del material de la cata n° 1 a 90 aumentos cuando es analizado a través de un microscopio electrónico de barrido ("scanner").

### 4.3. LA REPOSICIÓN

Asimismo, los resultados obtenidos con el material empleado en la reposición figuran en las tablas III y IV. La prueba de doblado realizada según la normativa vigente (UNE 53 411) ha sido superada por este material. Los resultados de microscopia tanto óptica como electrónica indica el buen estado del material. Todas las pruebas superan los requerimientos de la normativa vigente.

### 5. COMENTARIOS

1.- La prueba de doblado a bajas temperaturas (-20°C), que pasa por ser una de las más características para el conocimiento del estado de este tipo de materiales ha sido superada por la totalidad de las probetas ensayadas procedentes de las tres catas realizadas, ya que no se han detectado síntomas de agrietamientos, roturas ni otras imperfecciones en la zona de la flexión.

2.- La resistencia al impacto dinámico determinada mediante la resistencia mecánica a la percusión ha sido co-

Muestra de referencia	Cara	Resistencia al punzonamiento		Recorrido mm
		N	N N/mm de espesor	
Material de reposición	Externa	602	396	31
	Interna	616	405	32

**TABLA 4.** Resistencia al punzonamiento en la muestra de material de reposición (Presa del Odiel-Perejil).

Los valores de la resistencia al punzonamiento se muestran en la tabla II.

En la figura 14 se puede comprobar el aspecto de la cata n° 2 cuando se observa por microscopia óptica de reflexión a 40 aumentos. A su vez, en la figura 15 se presenta una foto-



**FIGURA 15.** Microfotografía obtenida por microscopia electrónica de barrido (MEB) de una muestra de geomembrana original procedente de la cata número 1 (90 x).

recta en todas las probetas sometidas a ensayo, pues tras lanzar un percutor de acero normalizado de 500 g en forma de semiesfera de 12,7 mm de diámetro desde una altura de 500 mm, la lámina no sufre perforación en la zona de impacto. Para poner de manifiesto lo anteriormente citado, posteriormente se llevó cabo una prueba de estanquidad comprobándose la total impermeabilidad de las probetas y la ausencia de pequeñas perforaciones.

3.- El impacto estático o resistencia al punzonamiento condujo a unos datos que muestran valores de carga no demasiado elevados lo que induce a pensar en el buen estado de la geomembrana pues no denota una fuerte rigidez y envejecimiento en la misma, lo que además viene a corroborar los elevados valores del recorrido de perforación antes de que tenga lugar el punzonamiento.

4.- Las características mecánicas están en concordancia con el comportamiento en el transcurso del tiempo que presentan las geomembranas sintéticas, esto es que si tenemos en cuenta los valores suministrados por los fabricantes de la lámina originalmente, puede observarse una pérdida en el alargamiento en rotura a la vez que se incrementa la carga. No obstante, los valores iniciales de la lámina son bastante bajos, si se comparan con los que figuran en la actual normativa vigente.

5.- La microscopía óptica de reflexión presenta un material en buen estado de conservación donde únicamente aparecen débiles alteraciones como consecuencia del contacto prolongado en el tiempo con el soporte. La microscopía electrónica de barrido viene a apoyar lo observado por la microscopía óptica, detectándose por esta técnica ciertos huecos esféricos producidos por la arena de protección en la geomembrana, así como restos tanto de naturaleza orgánica como mineral adheridas a la lámina.

6.- Todas las pruebas efectuadas sobre el material de reposición superarían los requisitos mínimos establecidos por la normativa vigente para las geomembranas de polietileno clorado (CPE).

7.- Por todo ello y teniendo en cuenta el tiempo que lleva instalada la geomembrana, se puede constatar un muy buen estado de conservación como se demuestra por los ensayos llevados a cabo en el laboratorio así como por la ausencia de filtraciones en la presa.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a todas las personas que han colaborado y hecho posible este trabajo, en especial a los técnicos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana y de la Comisaría de Aguas de Huelva, así como a la empresa Minas de Río Tinto, por las facilidades prestadas. El agradecimiento se quiere hacer extensivo al Dr. Soriano Carrillo del CEDEX por sus aportaciones en el campo de la microscopía tanto óptica como electrónica, y a los técnicos del mismo organismo Sres. Lafuente Martín y García Sánchez. No podemos olvidar el impulso para llevar a cabo este trabajo por parte de la International Commission on Large Dams (ICOLD), a todos ellos nuestra gratitud y en especial a Doña Gabriella Vaschetti.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, E. and Blanco, M. 1995. Experience in Connection with the Performance of Plasticized poly(vinyl chloride) Sheeting in Tenerife Basin Sealing. *Proc. Symposium on Research and Development in the Field of Dams*, 361-375. Crans-Montana (Suiza), Septiembre.

Aguiar, E.; Blanco, M.; Leiro, A.; Solera, R. y Soriano, J. 2000. Comportamiento en obra de los materiales sintéticos utilizados como impermeabilizantes en embalses en la Comunidad Autónoma de Canarias. *XXIX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Punta del Este (Uruguay)*.

Blanco, M. y Aguiar, E. 1993. Comportamiento de láminas de poli(cloruro de vinilo) plastificado, utilizadas en la impermeabilización de balsas en el Norte de Tenerife. *Ing. Civil 88: 5-20*.

Blanco, M. y Aguiar, E. 1998. Geomembranas sintéticas a base de polietileno de alta densidad utilizadas en la impermeabilización de embalses. Seguimiento de obras en las islas Canarias. *Ing. Civil 109: 49-59*.

Blanco, M. y Aguiar, E. 2000. Aspectos más relevantes del comportamiento en obra de los materiales sintéticos utilizados como geomembranas impermeabilizantes de embalses ubicados en la Comunidad Autónoma de Canarias. *Ing. Civil 117: 25-35*.

Blanco, M.; Aguiar, E. y Zaragoza, G. 2000. Características iniciales de geomembranas sintéticas de distinta naturaleza utilizadas en la impermeabilización de embalses. *Ing. Civil 120: 77-88*.

Blanco, M., Zaragoza, G. y Aguiar, E. 2003. El seguimiento de geomembranas sintéticas como factor que contribuye a la seguridad y durabilidad de la impermeabilización de embalses. *Ing. Civil 129: (53-70)*.

Blanco, M.; Cuevas, A.; Aguiar, E. y Zaragoza, G. 1998. Las geomembranas sintéticas en la impermeabilización de embalses. *Rev. Plast. Modernos 75 (500): 187-195*.

Blanco, M.; Cuevas, A. y Zaragoza, G. 1998. Características de geomembranas sintéticas empleadas en la impermeabilización de embalses en el sur y sureste de la Península Ibérica. *Ing. Civil 111: 85-95*.

Blanco, M.; Zaragoza, G. y Aguiar, E. 1999. Características de las geomembranas sintéticas de uso común en España, utilizadas en la impermeabilización de embalses considerados grandes presas por la legislación vigente. *Proc. V Jornadas Españolas de Presas Vol. I, 465-474 Torremolinos (Málaga)*

Blanco, M.; Zaragoza, G. y Aguiar, E. 2002. Patología de geomembranas sintéticas instaladas como pantallas impermeabilizantes de embalses, in *Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Rehabilitation, Editorial Balkema. pp. 957-964 Rotterdam (Holanda)*

Cazzuffi, D. 1998. Long Term Performance of Exposed Geomembranes on Dams in Italian Alps. *Proc. Sixth International Conference on Geosynthetics, Atlanta, 23-29 March*

Cea, J.C. de; Asanza, E. y Blanco, M. 2002. Algunas ideas relativas a la protección e impermeabilización de paramentos de presas de hormigón, in *Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Rehabilitation, Editorial Balkema. pp. 777-782 Rotterdam (Holanda)*

Comité Español de Grandes Presas, 1994. *Geomembranas impermeables para presas. Estado del Arte Madrid*

Cuadrado Michel, E. y Nieto, R. 2002. Aportaciones de las resinas sintéticas a la seguridad de presas, in *Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Rehabilitation, Editorial Balkema pp. 747-753 Rotterdam (Holanda)*

Flemme, W. 2002. Mantenimiento, conservación, rehabilitación de impermeabilizaciones asfálticas ( y su aplicación en recrecimiento de presas), in *Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Rehabilitation, Editorial Balkema pp. 679-687 Rotterdam (Holanda)*

Frohnauer, R., Schippers, H. and Hernández López, J. 2002. Rehabilitación de presas y embalses con pantallas asfálticas, in *Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Rehabilitation, Editorial Balkema pp. 913-919 Rotterdam (Holanda)*

Gonzalo, A., Sacristán, F., Mañueco Pfeiffer, G. y Fruns, A. 2002. Reparación de obras hidráulicas en servicio por inyección de polímeros a alta presión, *in Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Rehabilitation, Editorial Balkema pp. 863-868 Rotterdam (Holanda)*

International Commission on Large Dams 1991. *Watertight Geomembranes for Dams. State of the Art, Bulletin ICOLD N° 78 Paris*

Leiro, A.; Blanco, M. y Zaragoza, G. 2002. Performance of synthetic geomembranes used in waterproofing of spanish reservoirs. *Geosynthetics 7<sup>th</sup> ICG, 979-982 . Delmas, Gourc & Girard eds. Editorial Balkema. pp. 979-982 Rotterdam (Holanda)*

Martínez, R. 2002 Reparación y mantenimiento de presas y azudes, *in Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Re-*

*habilitation, Editorial Balkema pp. 921-924 Rotterdam (Holanda)*

Scuero, A. 1995. Flexible Synthetic Waterproofing Membranes as Remedial Measures Against Further Deterioration in Dams Subject to AAR. *Proc. Symposium on Research and Development in the Field of Dams 377-388. Crans-Montana (Suiza), Septiembre.*

Scuero, A. y Vaschetti, G. 2002. Uplift control and Remedial Measures with Waterproofing Drained Synthetic Membranes, *in Llanos and col. (Eds.), Dam Maintenance & Rehabilitation, Editorial Balkema pp. 647-655 Rotterdam (Holanda)*

UNE 53 411 Plásticos. Láminas de polietileno clorado sin armadura para la impermeabilización de edificios. Características y métodos de ensayo.