



CREAMAGUA

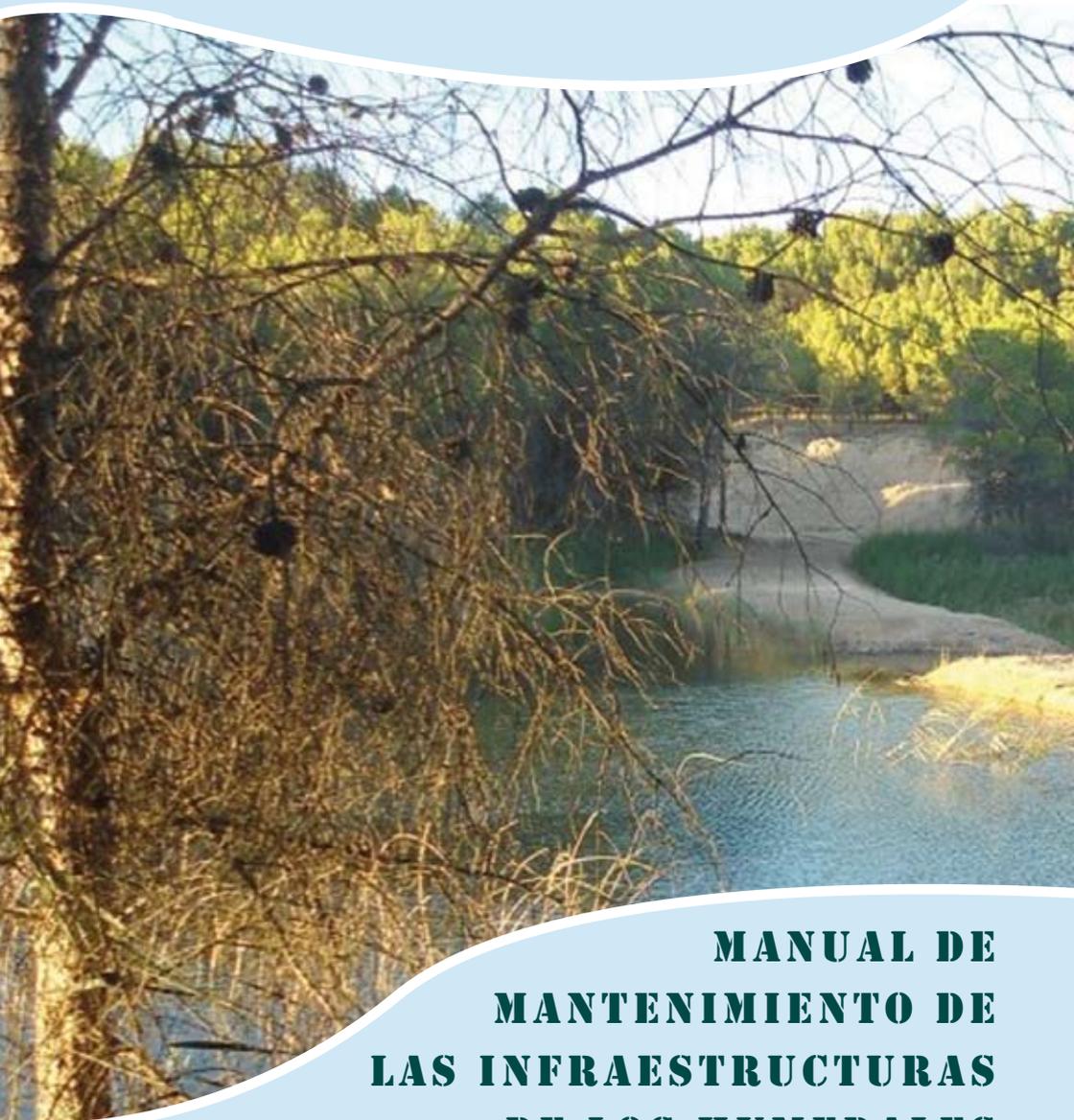
LIFE09 ENV/ES/000431

2011-2014



Creación y Restauración de Ecosistemas Acuáticos para la Mejora de la Calidad del Agua y la Biodiversidad en Cuencas Agrícolas.

COMARCA DE LOS MONEGROS



MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE LOS HUMEDALES

Índice general

Preámbulo	4
Objetivos del manual	6
Vigilancia y control	7
Tipos de Humedal	8
<i>In-stream</i>	8
<i>Off-stream</i>	8
1. Tipos de actuación	11
1.1. Aliviaderos de coraza de gavión	12
1.1.1. Descripción	12
1.1.2. Inspección	13
1.1.3. Mantenimiento	14
1.2. Aliviaderos de EPDM	17
1.2.1. Descripción	17
1.2.2. Inspección	17
1.2.3. Mantenimiento	18
1.3. Escolleras	19
1.3.1. Descripción	19
1.3.2. Inspección	19
1.3.3. Mantenimiento	20
1.4. Motas de tierra	21
1.4.1. Descripción	21
1.4.2. Inspección	21
1.4.3. Mantenimiento	22
1.5. Pasos de agua	24
1.5.1. Descripción	24
1.5.2. Inspección	24
1.5.3. Mantenimiento	24
1.6. Viales de acceso	25
1.6.1. Descripción	25
1.6.2. Inspección	26
1.6.3. Mantenimiento	27

1.7.	Vegetación	28
1.7.1.	Descripción	28
	Filtros verdes	29
	Núcleos de dispersión de semillas	29
	Sujeción y Estabilización	30
1.7.2.	Inspección	30
1.7.3.	Mantenimiento	31
1.8.	Zanjas de drenaje	33
1.8.1.	Descripción	33
1.8.2.	Inspección	34
1.8.3.	Mantenimiento	34
2.	Anexos	37
2.1.	Diseño de los aliviaderos	37

Índice de figuras

1.	Humedal <i>In-stream</i>	8
2.	Humedal <i>Off-stream</i>	9
1.1.	Coraza de gavión con derivación	12
1.2.	Socavón lateral de un aliviadero de gavión	14
1.3.	Coraza de gavión con derivación	17
1.4.	Escollera	19
1.5.	Mota de tierra	21
1.6.	Vial de acceso	25
1.7.	Vegetación vinculada a masas de agua	28
1.8.	Carrizo para el filtrado	29
1.9.	Estabilización de taludes	30
1.10.	Paso de agua	33
1.11.	Canal naturalizado	33
2.1.	Coraza de Gavión	38
2.2.	Coraza de Lamina EPDM	39

Preámbulo

La Comarca de Los Monegros trabaja desde hace muchos años en favor del medio ambiente del territorio a través de proyectos de investigación y de sensibilización medioambiental y con actuaciones y programas para el mantenimiento del rico patrimonio natural monegrino. En esta línea, el LIFE CREAMAgua supone para Los Monegros un reconocimiento internacional a las políticas medioambientales que se impulsan desde el gobierno comarcal y la inclusión de esta comarca como territorio LIFE por parte de la Unión Europea es una marca de calidad también para futuras iniciativas.

El sector primario es el más destacado en Los Monegros. El motor económico de la comarca es una agricultura y ganadería modernas y competitivas que generan riqueza para este territorio, en el que convive la mancha artificial de regadío más grande de Europa, con un porcentaje muy importante de territorio protegido en forma de ZEPAs y LICs. Precisamente aquí sabemos equilibrar desarrollo y medio ambiente y este proyecto LIFE surge para dar respuesta a esa sensibilidad medioambiental que los profesionales del campo están demostrando en esta comarca. Por eso en CREAMAgua vamos de la mano con sindicatos agrarios, regantes y cooperativas agrarias.

Este proyecto ha puesto de manifiesto que la unión de voluntades se traduce en logros para el desarrollo de nuestros pueblos y en CREAMAgua se dan la mano muchas instituciones, asociaciones, agricultores y monegrinos particulares que han hecho posible que este proyecto haya cosechado el éxito en cuanto a participación y resultados.

El presente manual se concibe como una herramienta útil y práctica que constituye un compromiso para la proyección de CREAMAgua hacia el futuro. Para que sus actuaciones se perpetúen con la complicidad de una naturaleza que, por sí misma, ya supone una garantía de continuidad para los excelentes resultados de CREAMAgua, con cuyos objetivos se compromete y responsabiliza este territorio.

Ildelfonso Salillas
Presidente de la Comarca de Monegros

Resulta satisfactorio e ilusionante haber concluido un trabajo de restauración ecológica en el que se han conjugado aspectos científico-técnicos, económicos y sociales como es el caso del Proyecto Life CREAMAgua y preparar un manual de mantenimiento de las acciones de restauración realizadas. Esto significa que los responsables del proyecto y los participantes en sus múltiples aspectos son conscientes de que la restauración de ecosistemas, la de humedales en concreto, tarda años en manifestarse con más o menos éxito y de que debe seguirse un monitoreo y un mantenimiento de los humedales para conocer y verificar su trayectoria de restauración y corregirla si procede. Es decir, que el proyecto acaba con el plazo administrativo del mismo pero las acciones de restauración llevan su tiempo, generalmente mayor que el de los proyectos, y que nos hacemos responsables de estos ecosistemas como infraestructuras verdes del territorio y de su población.

Este documento es una acción más del Proyecto Life CREAMAgua y, como éste, debe ser algo vivo: se acaba en un plazo la acción y se mantiene el compromiso de mantenerlo y corregirlo si procede. Así, en este documento se presentan unas directrices básicas para el mantenimiento de los resultados de las obras de restauración y creación de humedales CREAMAgua. Son las directrices de mantenimiento básicas, y así como los humedales son ecosistemas en evolución, este Manual debe ir incorporando en lo sucesivo nuevos apartados surgidos de la experiencia de su mantenimiento y de la de los encargados de llevarlo a cabo. De esta manera se cumplirá plenamente el objetivo de los proyectos Life de la Unión Europea: mejorar el medio ambiente a través de la integración de la población en estas actividades. Ojalá que en este caso también sirva para mejorar e incrementar la capacidad de la población local de Monegros en la gestión sostenible de su territorio y de sus recursos.

Prof. Dr. Francisco A. Comín
Profesor de Investigación
Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC

Objetivos del manual

Una vez puesta en servicio cualquier infraestructura, es tarea fundamental su conservación. Para ello se requiere, básicamente, un conocimiento adecuado de la actuación, la inspección periódica y el mantenimiento necesario de los elementos que la componen, con la reposición o reconstrucción de las partes dañadas.

La especial tipología de las infraestructuras del proyecto CREAMAgua requiere en mayor medida si cabe de esas labores de inspección por la dispersión de las actuaciones y su aislamiento, la imposibilidad de una razonable vigilancia ordinaria y la exposición permanente de los elementos a las acciones del entorno natural (climatología, erosión, ganado).

Para facilitar la conservación es necesario contar con la información adecuada. Para ello es muy útil la redacción de un manual de mantenimiento y es por esto que se redacta el presente Manual de mantenimiento de las infraestructuras del proyecto CREAMAgua, que pretende aportar al gestor encargado de la conservación las pautas necesarias para el desempeño de esa labor. Su estructura se basa en las unidades del proyecto. En cada tipo de actuación, a una breve descripción de lo ejecutado seguirán las acciones de inspección y a éstas las operaciones de mantenimiento.

El Manual es sencillo, acorde con las operaciones a realizar, que carecen de complejidad, pero la consulta del proyecto constructivo facilitará enormemente las tareas de conservación con la descripción de las actuaciones y su ubicación con los planos generales, e interpretación con los de detalle de las infraestructuras del proyecto.

La inspección periódica proporcionará la pauta para el mantenimiento de accesos, motas de tierra, aliviaderos de corazas de gavión, aliviaderos de lámina de caucho, escolleras de repié, zanjas de drenaje y pasos de agua, así como de los componentes biológicos (macrófitos sumergidos, emergentes y flotantes, sobre todo).

A priori, y dada la naturaleza de las actuaciones, con un gran componente de auto-estabilidad, se pueden descartar operaciones de mantenimiento ordinarias, basadas en una programación en las labores y su periodificación, a realizarse con independencia del estado de las infraestructuras y de las condiciones climatológicas, como medida preventiva ante deterioros ordinarios. Esto no afecta a la vigilancia e inspección que sí deben considerarse como tareas periódicas.

La tipología constructiva, materiales empleados y finalidad de las infraestructuras persiguen la máxima integración de éstas en el entorno. Tras su terminación y puesta en funcionamiento la naturaleza ha de actuar mediante la revegetación natural, que mejorara la estabilidad de las motas y zanjas, tendiendo a su consolidación.

Sí que serán necesarias las operaciones consideradas en otros ámbitos como extraordinarias que conlleven actuaciones a la carta como consecuencia de circunstancias meteorológicas adversas o eventos singulares (daños por ganado, asientos en el terreno, actuaciones antrópicas, etc).

Vigilancia y control

Es muy recomendable que una o varias personas con conocimientos y criterios técnicos del proyecto y del entorno se encarguen de visitar las actuaciones periódicamente. También es muy útil, dada la dispersión de las actuaciones, contar con informadores locales que aporten datos sobre el estado de las obras.

Además de comprobar el funcionamiento de los humedales y detectar la necesidad de labores de mantenimiento excepcional, con estas inspecciones se podrá comprobar la existencia, y disuadir con su presencia en su caso o comunicar a la autoridad, de posibles usos indebidos (vertidos, generación de escombreras, circulación indebida de quads, motocicletas o vehículos todoterreno, acciones de furtivismo cinegético, vandalismo, tránsito indebido de ganado, cerramientos ilegales, etc...). También recoger información útil sobre el estado natural y el funcionamiento de los humedales para la mejora de la calidad de las aguas de los azarbes.

Habrà que intensificar la inspección tras episodios de fuertes lluvias o tormentas, dado que las infraestructuras están más expuestas a sufrir deterioros.

Tipos de Humedal

En el conjunto del proyecto se han desarrollado dos tipos de actuaciones para la construcción de humedales para la depuración de las aguas de los azarbes. Humedales dentro del cauce del azarbe (*In-stream*), con motas de tierra que extienden la lámina de agua a lo largo y ancho del barranco, y humedales fuera del cauce principal (*Off-stream*), donde parte del caudal del azarbe se deriva hacia áreas colindantes.

La metodología de construcción difiere entre ambos tipos, siendo por consiguiente de vital importancia prestar atención a las estructuras que aseguran un buen funcionamiento del humedal en cada caso, y especialmente de los flujos de agua.

In-stream



Figura 1: Humedal *In-stream*

Se debe centrar el mantenimiento en la estabilización de la mota de tierra (Ver 1.4). Las balsas de retención creadas son susceptibles de sufrir deterioros por la infiltración de agua y por la creación de cárcavas, por ello es muy importante asegurar la estabilización de la vegetación (Ver 1.7)

Off-stream

En este tipo de humedales es primordial mantener el flujo de agua hacia el interior del humedal. Para ello se deben centrar los trabajos de mantenimiento en asegurar que la cota de vertido del aliviadero (Ver



Figura 2: Humedal *Off-stream*

1.1 y 1.2) situado en el interior del azarbe permite la derivación de agua a la zona de actuación. Los pasos de agua irán sufriendo un proceso de colapso de los márgenes que aportará naturalidad a la actuación, se debe permitir este dinamismo en los canales mientras no impidan el flujo de agua (Ver 1.8, Figura 1.11).

Capítulo 1

Tipos de actuación

1.1. Aliviaderos de coraza de gavión



Figura 1.1: Coraza de gavión con derivación

1.1.1. Descripción

Las motas de tierra presentan una escotadura de 55 cm de altura y de longitud variable, en función del cálculo de caudales (Ver Figura 2.1), a modo de aliviadero en toda la anchura de coronación. Como protección para evitar la erosión en esta zona se ha colocado una coraza de gaviones en todo el desarrollo transversal de la mota, es decir, en taludes y coronación.

La coraza se elaboró a base de cajones de malla de triple torsión, galvanizada en caliente, de 4 x 2 m de superficie y 0,23 m. de altura. Cada cajón se relleno de piedra por medios manuales, con apoyo de una excavadora para acercar el material. Una vez relleno el cajón se colocó una tapa de 4 x 2 m elaborada con el mismo tipo de malla, que se cosió al cajón con alambre galvanizado.

Este procedimiento se repite sucesivamente colocando los cajones contiguos unos a otros, cosidos con alambre galvanizado hasta cubrir toda la superficie del aliviadero con esta coraza de gaviones.

Las características de los materiales son: malla de 6x8 cm y 1,4 mm de grosor y alambre reforzado de 2,40 mm. Las denominaciones comerciales son para el cajón: RCB RENO GF, para la tapa: TAPA GF y para el alambre: GALFAN, todos comercializados por la empresa BIANCHINI INGENIERO, S.A.

Entre la tierra de la mota y la coraza de gavión se colocó para separación, filtración y refuerzo, una lámina de fieltro de tejido sintético, es decir, un geotextil no tejido, elaborado con filamentos continuos de polipropileno unidos térmicamente, estabilizado frente a

los rayos UV, de gramaje entre 180 a 325 g/m², resistencia a la tracción mayor de 20 KN/m.

La piedra de relleno deberá ser mayor de 6 cm. y menor de 20 cm. y se podrá utilizar piedra natural o de cantera, siempre que resistan la acción del agua y los agentes atmosféricos sin alteraciones físicas o químicas (no es válida, por ejemplo la piedra arenisca).

1.1.2. Inspección

En un primer momento tras su construcción, el agua fluye a través de la coraza filtrándose entre las piedras, pero poco a poco el arrastre de sedimentos irá colmatando los intersticios, impermeabilizando las corazas y permitiendo el arraigo de pequeña vegetación acuática, con lo que el agua circulará sobre ellos, impidiendo además la proliferación de la vegetación. De esta manera los aliviaderos alcanzarían su estabilidad, siempre que la mota sobre la que asientan también permanezca estable. Esta es la situación ideal y si se comprueba este estado se pueden dilatar, incluso obviar, las inspecciones pues no se prevén alteraciones salvo sucesos catastróficos.

Sin embargo, es frecuente que este proceso ideal se vea afectado por varios factores que habrá que inspeccionar como son:

- El **asentamiento** de la mota, por tubificación o mala calidad del lecho que inestabilizará la coraza, deformándola en forma de **U**.
- La **erosión**, por avenidas, de la mota en su contacto con la coraza que descalzará ésta.
- El **embolsamiento** de la piedra en una parte de la coraza, por acción de las fuertes corrientes.
- El deterioro del cosido de la tapa o pérdida de propiedades de la propia malla que provoque la **salida de la piedra** (esto es improbable durante un largo periodo de tiempo, ya que la calidad de los materiales garantiza su perduración salvo catástrofes naturales o actuaciones antrópicas).

Para detectar el inicio de estos procesos que posteriormente tendrán consecuencias más evidentes **se recomienda vigilar**:

- Que la forma de la coraza sea uniforme, sin abultamientos ni otras deformaciones.
- Que la malla metálica tenga una sección y un paso de malla constante y uniforme.
- Que el recubrimiento de zinc no presente discontinuidades, exfoliaciones, manchas ni imperfecciones superficiales.
- Que los alambres para cosidos y para tirantes utilizados en el montaje de las tapas, las aristas de los cajones y las uniones de corazas presenten las mismas características anteriores y que el atado sea firme.

1.1.3. Mantenimiento

Los sistemas de gaviones son muy flexibles y esta es una de las grandes ventajas de su utilización. Su deformabilidad permite la adaptación a los movimientos del terreno, la obra perderá parte de su efectividad, pero no entrará en colapso como otros sistemas más rígidos. Su mantenimiento y reparación no es muy costosa y se puede realizar en muchos casos manualmente.

Si se detectan en la inspección leves síntomas en el movimiento o deterioro de la coraza se adoptarán medidas correctoras del siguiente tipo:

- Ante cualquier rotura o estiramiento del paso de la malla se podrá reponer material pétreo en caso de necesidad y solapar y coser otra malla de similares características. Igualmente se actuará si se observa deterioro en el recubrimiento de zinc.
- Se volverá a coser cualquier unión deteriorada, teniendo en cuenta que los alambres para cosidos y para tirantes utilizados deberán cumplir los mismos o superiores requisitos que los alambres que componen los enrejados de las cajas de gaviones donde se aplican.
- Se rellenarán con bolos de río los encuentros entre la mota y el gavión en zonas acarcavadas o regueros, recubriendo los bolos con tierras ligeramente compactadas.



Figura 1.2: Socavón lateral de un aliviadero de gavión

Si la deformación por asentamiento o tubificación es relativamente grande se puede actuar con la siguiente acción:

- Colocación de capas de piedra contenidas con malla de triple torsión atada sobre la coraza deformada, elevando la cota del aliviadero.

En caso de que la deformación fuera muy grande y no interesara sobrecargar la coraza por la mala calidad del sustrato, se trataría de conseguir elevar el nivel del agua mediante un sistema de retención que no aporte peso adicional ni sea fácilmente socavable. Para ello se propone la formación de una empalizada de madera tratada con sales, aguas arriba de la zona de vertedero creada. El sistema a emplear consiste en el hincado de rollizos que soportarían un tablero conformado por tablonces horizontales clavados a los rollizos verticales.

Las características de esta estructura podrían ser:

- Rollizos verticales adaptados a las dimensiones del aliviadero y 12 cm de diámetro, con punta, hincados al terreno con retroexcavadora al menos un tercio de su longitud, colocados cada 50 cm.
- Tablero a base de tablonces de madera tratada de al menos 1,5 cm. de grosor clavados con una conformación a tope, sin dejar huecos, a los rollizos verticales mediante puntas cincadas.
- La longitud de la estructura deberá sobrepasar al menos en 1 m. en cada lateral la anchura del colchón de gavión afectado.
- En el trasdós de esta estructura, y como ayuda adicional a su estabilidad frente al impacto de las aguas, se pueden aportar bolos de piedra y tierras, preferiblemente fijados por algún paño de malla metálica cosido al gavión.
- Como medida complementaria, y de cara a favorecer la consolidación más rápida de la estructura, se podrían plantar estaquillas de sauce de la zona o transplantar carrizo local (Ver 1.7).

En numerosas actuaciones se mantiene en las proximidades de los aliviaderos un pequeño acopio de piedra de relleno del excedente del empleado en la construcción, que podría utilizarse en operaciones de mantenimiento.

Si la reparación es lo suficientemente importante, conviene la utilización de retro-cargadora mixta para acercar el material al aliviadero.

Si hubiera que suministrar piedra adicional, podría transportarse con vehículo todoterreno con remolque, tratándose de poca cantidad, o camión dúmper si el volumen a emplear fuera mayor.

Los cajones de malla para rellenar con piedra y conformar las corazas se suministran plegados y prensados, con las tapas aparte, en paquetes atados por lo que su transporte no es muy complicado bastando un camión pluma de pequeñas dimensiones con una caja mayor de 4 m. de longitud.

Si en alguna reparación fuera conveniente prolongar el aliviadero, o por cualquier motivo la coraza se construyera sobre tierras, se empleará para separación, filtración y refuerzo un geotextil de las características descritas. En su manejo y colocación habrá que atender a las siguientes indicaciones:

- Suministro: empaquetado en rollos, sin uniones.
- Acopio: los rollos se mantendrán en su envase, apilados en posición horizontal, protegidos del sol, la lluvia y la humedad sin exponer a heladas ni altas temperaturas, preferiblemente entre 5°C y 35°C.
- La superficie de tierra sobre la que se extienda ha de ser uniforme y estar ligeramente compactada.
- La lámina extendida presentará un aspecto uniforme y sin defectos. Los bordes serán rectos.
- Los geotextiles deben recubrirse antes de las 24 h desde su colocación.

1.2. Aliviaderos de lámina de caucho EPDM



Figura 1.3: Coraza de gavión con derivación

1.2.1. Descripción

En algunos vertederos principales o aliviaderos laterales se han colocado láminas de EPDM (monómero de etileno, propileno, dieno) lisas, de coloración negra, de espesor 1,2 mm, resistentes a la intemperie e impermeables al agua, para protección contra la erosión (Ver Figura 2.2). Si es necesario, para su colocación se procede al corte y posterior unión de los distintos paños que conforman la geometría del desagüe mediante el adhesivo adecuado.

Las láminas se colocan extendiéndolas sobre el desagüe, cubriendo su geometría sin dobleces ni ondulaciones, bien pegadas al terreno. Para su fijación se realizan unas zanjas de anclaje laterales donde se colocan los extremos de la lámina siguiendo todo el desarrollo de la zanja, que luego se rellena con tierras compactadas.

1.2.2. Inspección

Estas láminas son muy resistentes a la intemperie, a la tracción y al punzonamiento estático, de mucha durabilidad, baja oxidación y gran resistencia a la fisuración en un medio ambiente activo. Presentan también un muy buen comportamiento frente al desgarro y la perforación por raíces y buena plegabilidad a bajas temperaturas, aunque pueden perder sus cualidades en contacto con derivados del petróleo o productos que contengan disolventes, siendo esto sumamente improbable en el ámbito de la actuación.

Todas estas características garantizan unos buenos resultados pero es conveniente la inspección de estos aliviaderos como comprobación de la ausencia de deterioro de estas infraestructuras atendiendo a:

- Su buena colocación, con **ausencia de ondulaciones** por movimientos del terreno.
- No deben observarse sus **bordes**, que estarán convenientemente **tapados** en el interior de la zanja de anclaje.
- Una gran **decoloración**, con un aspecto grisáceo o blanquecino de la lámina, puede indicar excesiva exposición a rayos UV o contacto con productos que la atacan; en ambos casos puede existir **merma de sus propiedades** físico-químicas.
- No deben presentar **fisuras**, punzonamientos ni desgarros.
- Deberá verificarse la ausencia de vegetación (salvo algas o líquenes) que indique una posible **perforación por raíces**.

1.2.3. Mantenimiento

- Si la lámina presenta grandes ondulaciones o se advierte que se ha movido y está descolocada, con poca adaptación a la geometría del aliviadero y con pérdida de capacidad de desagüe, se procederá a su recolocación destapando las zanjas de anclaje, extendiéndola correctamente y volviéndola a anclar.
- Si se observa algún borde de la lámina al descubierto, se destapará la zanja en ese sector y se volverá a anclar.
- Si se observa una lámina muy decolorada y se comprueba mecánicamente la pérdida de propiedades físicas, se procederá a su sustitución.
- Si presenta alguna fisura, punzonamiento o desgarró localizado, se podrá superponer un paño de lámina sobre la zona deteriorada, fijado con el adhesivo adecuado.
- En caso de fuerte colonización de vegetación en sus bordes con aficción a la lámina, deberá desbrozarse la vegetación adyacente y repararse la parte afectada.

1.3. Escolleras



Figura 1.4: Escollera

1.3.1. Descripción

Para evitar la socavación por las aguas al pie del aliviadero de la mota, se ha colocado una escollera en toda la anchura del vertedero bajo la coraza de gaviones, en la parte inferior del talud aguas abajo. Esta escollera realiza un trabajo de **amortiguación de la caída de las aguas**, soportando su impacto y evitando la socavación de los materiales más blandos del lecho del cauce.

Para dar cumplimiento a su cometido adecuadamente se han utilizado escollos de un tamaño razonablemente grande, en forma de paralelepípedo de caras regulares, con la parte apoyada sobre el terreno mayor de 60 cm, y anchura y altura no inferior a 30 cm. Todas estas características se proponen para garantizar su estabilidad.

La calidad de la piedra permite que resista la acción del agua y los agentes atmosféricos sin alteraciones físicas o químicas.

1.3.2. Inspección

Debido a la funcionalidad de estas escolleras se recomienda una inspección visual detallada en caso de duda en su funcionamiento. Conviene resaltar que la proliferación de vegetación del tipo carrizal aguas abajo de las motas puede ocultarlas a la vista. En dicha inspección se comprobará si ha habido rotura, movimiento o pérdida de escollos que puedan provocar socavaciones al pie de la mota. Se prestará también atención a posibles horadaciones en su trasdós que pudieran comprometer su estabilidad.

1.3.3. Mantenimiento

- En caso de desplazamiento se recolocará el escollo en su posición original, asentándolo convenientemente. Para esta labor se puede emplear herramienta manual tipo barrón o pata de cabra, que permita mediante el efecto de palanca volver a su emplazamiento el escollo desplazado.
- Si se ha producido pérdida de algún escollo, se procederá a su recolocación en el mismo lugar en caso de localizar la pieza en el entorno; si no se localizara se buscará una de similares características y dimensiones para su reposición, que se efectuará empleando retro-excavadora mixta.
- Si la rotura es parcial, con pérdida de una parte de la pieza, se podrá suplementar la que falta con un mampuesto menor y, si se considera necesario, recibirlo con mortero seco tipo M-5 UNE-EN 1015-11.
- En zonas de escollera en las que el agua haya atacado la parte posterior de la escollera y se considere conveniente, se reforzarán los tramos afectados ampliando la sección de escollera colocando una fila adicional en la parte erosionada. Se aportará material granular local para el asiento y el escollo tendrá un tamaño similar al existente, colocándose con una retro-excavadora, a "matajunta", comprobando su buen asiento.
- En casos excepcionales, allí donde se produzcan continuos movimientos de los escollos, éstos se trabarán entre sí rellenado las juntas.
- Otra solución para el problema anterior puede consistir en anclar el escollo al lecho del cauce, siempre que éste presente una consistencia mínima, con varillas corrugadas de acero de diámetro 16 mm. que atravesarán la piedra y se clavarán en el terreno (previamente perforados ambos). El hueco entre la varilla y el contorno de la perforación se rellenará con mortero de reparación R-4. El número de anclajes dependerá del volumen y superficie del mampuesto y de su calidad y la del sustrato.
- Se evitarán en todo caso las piedras de arenisca por su rápida degradación en contacto con las aguas corrientes.
- En todas las actuaciones se minimizará el impacto sobre la vegetación existente, que fija el lecho del cauce.

Como en el caso de la piedra de relleno de la coraza de gavión, en bastantes de las actuaciones se han dejado pequeños acopios de piedra de escollera sobrante de la construcción que podrá emplearse en labores de reposición.

1.4. Motas de tierra



Figura 1.5: Mota de tierra

1.4.1. Descripción

Para la contención de las aguas de escorrentías que forman los humedales se han utilizado terraplenes de tierras compactadas de sección trapezoidal. Las tierras tienen las mismas características que las del entorno, pues las motas se han construido a base de préstamos locales.

Para su construcción se ha procedido a la mezcla, extendido, riego a humedad óptima, compactación y perfilado de rasantes, por capas de espesor acorde con la capacidad del equipo y la naturaleza del terreno, sin que las tongadas superasen los 40 cm.

La revegetación natural tenderá a consolidar estas motas (Ver 1.7), ya que las raíces de las plantas colonizadoras fijarán su estructura y reducirán la velocidad de la corriente en caso de avenidas.

1.4.2. Inspección

- Se recomienda fijarse en el **grado de colonización de la vegetación**. Una mota revegetada garantizará la ausencia de mantenimiento. El ganado doméstico o la fauna silvestre impiden en ocasiones el desarrollo de las plantas colonizadoras.
- Se debe prestar especial atención a los **regueros y cárcavas** provocados por avenidas y tormentas, que suelen ser más frecuentes en las zonas contiguas al aliviadero.

- También se comprobará la geometría de la plataforma. Ligeros **hundimientos** pueden indicar asentamientos diferenciales del terreno que pueden provocar una disminución del nivel ordinario de las aguas del humedal y la formación de un reguero con pérdida de material de la mota. Con el paso del tiempo va disminuyendo la probabilidad de un asentamiento.
- Es importante detectar el tránsito frecuente de **ganado**. Hay que resaltar que la presencia de agua y sombra en los humedales es muy atractiva para los ganaderos y se pueden generar descansaderos. Un rebaño transitando frecuentemente sobre las motas impide el desarrollo de la vegetación y pisotea los taludes aguas abajo con afecciones importantes.
- También es posible que en algún caso circulen motos de trail o quads. Habrá que atender a los posibles rastros de estos **vehículos a motor**, generadores de importantes daños.
- Para la construcción de la mota se utilizaba un tubo de polipropileno para drenaje provisional durante las obras, que se cegaba tras su conclusión. Por lo general se pueden apreciar trazas de la salida de ese drenaje, aguas abajo de la mota. Esta singularidad en el terraplén es un punto a vigilar especialmente, ya que alguna filtración puede generar problemas de descalce o asentamiento.

1.4.3. Mantenimiento

- En casos puntuales se puede favorecer la consolidación del terraplén con plantación de herbáceas o matorral adaptado a la zona en el talud de la mota, aguas abajo. Si es posible se impedirá el paso del ganado.
- Si el reguero o cárcava es de poca entidad será rellenado manualmente con tierras de préstamo y compactado con pisón de mano, puede aprovecharse esta situación para la revegetación señalada en el punto anterior. Si tiene mayor dimensión se empleará una máquina retro-cargadora mixta que compactará los rellenos con el propio cazo.
- En zonas aledañas al aliviadero donde puede haber filtraciones y escorrentías, se recomienda el relleno con material granular grueso, tipo bolo de río. Ese material es filtrante y estable. Sobre él se puede realizar un nuevo relleno con tierras de la zona, preferiblemente arcillosas, que trabe los bolos y consolide la cárcava o reguero.

- Ante un asentamiento de la mota, se rellenará la coronación para evitar una posible disminución de la cota de agua o la formación de un reguero en esa zona. La compactación del material se hará de manera ligera.
- Si se detecta la presencia continuada de tránsito de motos o quads sobre la mota, habrá que realizar zanjas con retro-excavadora o colocar escollos o plantaciones en las zonas de posible acceso.
- Si se detecta un descalce en la zona del antiguo aliviadero de fondo, es recomendable intentar taponar la salida del tubo con tierras o arcillas y posteriormente colocar bolos de río o escollos en el blandón.

1.5. Pasos de agua

1.5.1. Descripción

En contadas ocasiones ha sido necesaria la instalación de pasos de agua para dar continuidad a las zanjas bajo caminos. Se han utilizado para ello tubos de polipropileno corrugados de doble pared, de diámetros interiores de 400 y 600 mm. Estos tubos tienen grandes ventajas ya que son de fácil instalación y gran resistencia gracias a sus corrugas y doble pared, teniendo gran capacidad de evacuación por su material constituyente e interior liso. Se sirven por unidades de 6 m. de longitud, pudiéndose cortar fácilmente y adaptar así a la longitud que se precise. Con el relleno adecuado de tierras sobre ellos se consigue la resistencia necesaria para circulación de tráfico pesado.

1.5.2. Inspección

- Se realizará una inspección visual del interior de los tubos instalados, comprobando que tanto el interior del tubo como su entrada y salida se encuentran despejados o sin socavación. También se comprobará que el interior no presenta roturas.

1.5.3. Mantenimiento

- En los tubos en cuyos espacios interiores se hayan depositado sedimentos que afecten sustancialmente a su funcionalidad, se procederá a la retirada del material acumulado.
- Si a la salida de cualquier caño el paso de las aguas hubiera realizado algún socavón, se rellenará éste con bolos de piedra o mampuestos de la zona, para evitar la progresión de la socavación que afectaría finalmente a la estabilidad del tubo.
- Si algún tubo estuviera dañado se procederá a su sustitución por otro de las mismas características, empleando retro-cargadora mixta.

1.6. Viales de acceso



Figura 1.6: Vial de acceso

1.6.1. Descripción

Los accesos a las distintas infraestructuras, allí donde ha sido necesario ejecutarlos, han sido siempre considerados como **viales provisionales**. Se trataba de dar acceso a maquinaria y personal al lugar de trabajo con el menor impacto posible, por lo que las actuaciones se han minimizado, siendo además de corto recorrido.

El primer paso consistía en el corte de la vegetación. Si ésta era herbácea servía el decapado, con retirada de la capa de tierra vegetal. En caso de ser arbustiva un desbroce con moto-desbrozadora. En los contados casos con presencia de arbolado, el apeo se ha realizado con motosierra, retirando o triturando los restos vegetales. Los tocones se han procurado dejar lo más bajos posibles y han sido posteriormente tapados con material granular. En algunos casos ha sido necesario podar el arbolado adyacente.

El movimiento de tierras generalmente se realizó con excavadoras giratorias de ruedas, las mismas que se emplearon en la construcción de las motas, no siendo necesario, salvo en contadas excepciones, aporte de materiales para el firme.

Cuando ha sido preciso se han realizado pequeños drenajes transversales en tierra o longitudinales (cunetas). Algún pequeño blandón se estabilizó con aporte de bolo de río. No se han construido en ningún caso obras de fábrica para drenaje.

1.6.2. Inspección

Si la infraestructura a la que da acceso el vial ha adquirido su estabilidad y naturalización no se requiere ninguna inspección al vial, que se habrá naturalizado también. Esta es la situación deseable que se persigue con este tipo de actuaciones. Como los recorridos de estos viales son cortos, el acceso para inspección de la infraestructura o toma de datos, caso de estar impracticable el camino para vehículos, se puede hacer a pie.

Si por el contrario la infraestructura a la que da acceso el vial requiere de mantenimiento, habrá que evaluar también las necesidades para adecuarlo nuevamente para el tránsito de la maquinaria o vehículos necesarios a emplear en la reparación. Esta evaluación se realizará con los criterios que se establecieron para su construcción en cuanto a la minimización del impacto:

- Se inspeccionará al grado de rebrote de la vegetación para evaluar las necesidades de deshierbe o roza de matorral. El apeo de arbolado no será necesario durante muchos años, pero sí habrá que fijarse en las necesidades de poda del arbolado de los laterales en función de la maquinaria que debe transitar por el vial.
- Se debe prestar especial atención a los regueros producidos por las escorrentías, sobre todo en los tramos con pendiente, para replantear las pequeñas motas o caballones de drenaje o limpiar las cunetas atoradas, antes del tapado de los regueros.
- Se inspeccionarán aquellas zonas que generen dudas en cuanto a su capacidad portante (blandones) por si fuera necesario añadir materiales pétreos.
- Se comprobarán los materiales de la capa de rodadura, sobre todo en los tramos en rampa, por si su naturaleza arcillosa pudiera generar problemas al acceso de los vehículos.

1.6.3. Mantenimiento

El mantenimiento se realizará con el mismo criterio que se siguió en la construcción, es decir, pequeñas intervenciones con el **menor impacto posible**, aun menor en este caso por estar el movimiento de tierras ejecutado. En ocasiones una simple intervención manual actuando sobre la vegetación o pequeños drenajes en tierra será suficiente. Si hubiera que emplear maquinaria para movimiento de tierras, bastará con el empleo de retro-cargadora mixta para el pequeño acondicionamiento necesario.

- Se priorizará el deshierbe con moto-desbrozadora con cabezal con hilo, y la roza de matorral con la misma herramienta con cabezal con discos de triturado, antes que un nuevo decapado con la retro-cargadora mixta, salvo que la gran proliferación de vegetación aconseje esto último.
- La poda de arbolado se realizará con podones o pequeñas motosierras.
- Se prepararán las pequeñas motas de drenaje y limpiarán las cunetas rellenas de sedimentos antes de tapar los regueros en la traza. Si los daños son pequeños bastará una intervención con herramienta de mano. Si la acumulación de sedimentos o los regueros son importantes se empleará retro-cargadora mixta. El material excavado se extenderá en el talud inferior del vial.
- Se rellenarán blandones con bolo de río, cajeando para saneo con retro mixta. El transporte se realizará con dúmper.
- Se recebarán con zahorra natural los tramos arcillosos, empleando los mismos medios.

1.7. Vegetación



Figura 1.7: Vegetación vinculada a masas de agua

1.7.1. Descripción

El principal factor que permite la naturalización de las actuaciones de restauración efectuadas es la **colonización por especies vegetales**. Se han realizado plantaciones para acelerar dicho proceso, sin embargo no todas responden al mismo objetivo. Las principales funciones que debe cumplir la vegetación para el correcto desarrollo de los humedales son las siguientes:

Filtros verdes



Figura 1.8: Carrizo para el filtrado

La función de depuración en los humedales se produce por la combinación de procesos físicos (sedimentación), químicos-biológicos (reacciones biogeoquímicas) y biológicos (absorción) en los que intervienen los microorganismos y plantas acuáticas como el carrizo (*Phragmites australis*) o la enea (*Typha sp.*), estas son capaces de absorber los nutrientes disueltos en el agua y ayudan a la retención y deposición de sólidos, que incrementa la funcionalidad del humedal.

Núcleos de dispersión de semillas

Debido a la falta de vegetación leñosa de ribera, especialmente árboles a excepción del tamariz, en los humedales se realizaron pequeñas plantaciones (de 20 a 60 piés por zona), para estimular la regeneración del banco de semillas disponible, ya que se vió que era este el principal factor limitante para el desarrollo forestal de las nuevas zonas húmedas.

Las especies que constituyen los núcleos de dispersión de semillas son las siguientes:

- *Fraxinus angustifolia* (Fresno)
- *Salix atrocinera* (Mimbrera)
- *Populus alba* (Álamo)
- *Salix eleagnos* (Sarga)
- *Populus nigra* (Chopo)
- *Rosa canina* (Rosal silvestre)
- *Salix alba* (Sauce)

Sujeción y Estabilización



Figura 1.9: Estabilización de taludes

Finalmente otra función primordial que realiza la vegetación en las zonas de actuación es la fijación del terreno, principalmente para la estabilización de taludes. Se han utilizado dos tipos de técnicas de bioingeniería, la mayoritaria es la plantación directa de juncos en los laterales de los pasos de agua (*Juncus acutus*, *Scirpus holoschoenus* y *Scirpus maritimus*) o de lirios (*Iris pseudacorus*) y carrizo en la zona de contacto entre la lámina de agua y el talud. Por otro lado también se han incorporado en menor medida empalizadas de sauce vivo, éstas son capaces de rebrotar y permiten tanto la fijación del terreno como la creación de nuevo arbolado.

1.7.2. Inspección

Se prestará especial atención a los siguientes indicadores para valorar la necesidad de actuaciones de mantenimiento:

- Grado de cobertura de la vegetación emergente en el interior de las balsas.
- Presencia de algas en la superficie de las balsas de depuración
- Grado de supervivencia del arbolado.
- Grado de desarrollo de la vegetación en los taludes.
- Estado de las empalizadas de sauce vivo.

1.7.3. Mantenimiento

- Si no se observase un incremento en el grado de cobertura de la vegetación emergente en el interior de las balsas, se procederá al trasplante de carrizo. Se utilizará material local extayendo rizomas de zonas aledañas a la actuación, las porciones transplandadas tendrán como mínimo 30 cm de longitud y serán fragmentos con al menos 3 entrenudos y en buen estado, a ser posible con un penacho de raíces. y se plantarán como máximo a 50 cm bajo la superficie del agua y de 5 a 10 cm por debajo de la superficie del sedimento en zonas, en zonas desprovistas de vegetación, se prestará especial atención a los laterales de la zona inundada que pueden ser erosionados por la generación de oleaje o en avenidas.
- Alternativamente, la vegetación emergente del humedal puede tumbarse en alguna zona y acumularse las cañas y hojas en descomposición impidiendo su renovación. Si esto ocurre en una extensión notable del humedal debe extraerse todo el material vegetal acumulado por los medios que se crean más convenientes (manual- o mecánicamente). No es necesario reponerla salvo que la extensión de este proceso sea excesiva (si es aproximadamente un cuarto o más de la superficie del humedal) porque esta vegetación tiene una alta capacidad de regeneración vegetativa.

- Si se detecta acumulación de algas en las balsas se procederá a su retirada manual. Esta se extenderá en las proximidades, se priorizará el acopio en zonas desnudas para aportar materia orgánica al suelo.
- Si alguna de las especies arbóreas para la dispersión de semillas ha perdido todos sus representantes y no ha producido nuevos individuos, se procederá a plantar cinco nuevos piés en la zona. Se prestará especial atención al punto de plantación, siendo muy importante evitar la acumulación de sal en las proximidades y aportando 20 litros de tierra vegetal por pié que se mezclará con el sustrato de la zona si se considerase necesario para mejorar la estructura del suelo.
- Siempre se evitará la linealidad en las plantaciones para incrementar el grado de naturalidad de la zona.

Finalmente, para asegurar la funcionalidad de la vegetación para la estabilización de los taludes se prestará especial atención a la presencia de regueros o cárcavas que pudieran producir un descalzado de los piés. En caso de observar deficiencias:

- Se rellenarán las zonas erosionadas con una mezcla al 50 % de material granulado fino tipo zahorra y sustrato vegetal. Si se observan descalzados de gran entidad se añadirá material pétreo de pequeño calibre (Ver 1.8)
- Se incorporarán **nuevos individuos** en la zona reparada, manteniendo una distancia mínima de 50 cm entre piés y en formación irregular.
- Si se forman embarrancamientos y taludes verticales que pudieran producir el colapso de la actuación, se instalará una **empalizada de sauce** vivo en la zona de contacto con la lámina de agua. Se usará material vivo extraído en época de dormición para toda la estructura. Las estaquillas verticales tendrán un calibre mínimo de 10 cm y tendrán una separación de 1 a 2 metros, se clavarán a un mínimo de 60 cm de profundidad y la altura máxima de la empalizada será de 120 cm. Se introducirá más material vivo de longitud suficiente entre el estaquillado y el talud, incorporando sustrato si fuese necesario para el asentamiento de la estructura. Se realizarán podas de formación en los rebrotes durante dos años consecutivos eliminando las ramas bajas para la formación de copa.

1.8. Zanjas de drenaje



Figura 1.10: Paso de agua

1.8.1. Descripción

En los humedales *Off-stream*, es decir, marginales al cauce del barranco azarbe o desagüe, las aguas son derivadas desde éstos a las parcelas que se constituirán como humedales mediante zanjas excavadas mecánicamente en tierras, zanjas que continúan formando una red diseñada en las parcelas en cuestión.

Su sección, que no suele ser muy grande, trazado y pendiente han sido calculadas en el proyecto para cada caso concreto y su ejecución ha contado con los levantamientos topográficos necesarios.



Figura 1.11: Canal naturalizado

1.8.2. Inspección

Dada la consistencia de los materiales habituales en estas parcelas, que suelen ser blandos, el riesgo de caída de taludes, con creación de obstáculos o taponamientos en las zanjas es elevado, por lo que se considera necesaria una inspección frecuente en este tipo de humedales. Como siempre la presencia de vegetación en taludes y márgenes es signo de estabilidad. Sin embargo no debe haber vegetación en el fondo de las zanjas que merme su correcto drenaje. Los puntos a observar serán:

- Comprobación de la estabilidad de los taludes observando cárcavas laterales o signos de inestabilidad.
- Inspección del fondo de la zanja para comprobar ausencia de vegetación o de material desmenuzado o suelto.
- Comprobación del nivel de las aguas en aquellas diseñadas para ser rebasadas para riego de las parcelas.

1.8.3. Mantenimiento

Cuando las dimensiones de las zanjas o volumen de los desprendimientos sean de poca entidad, se realizarán labores de mantenimiento manuales. En caso contrario se contará con la excavación mecánica por parte de una retro-cargadora mixta. En ambos casos los materiales extraídos serán extendidos en las proximidades, en zonas adecuadas para evitar que vuelvan a rellenar las zanjas por su arrastre por las escorrentías.

No será necesario un replanteo topográfico, ya que los tramos excavados tendrán los taludes, profundidades y pendientes de los adyacentes, salvo que por la inestabilidad del talud se decida darle una menor pendiente en un tramo concreto.

Al tratarse de trabajos en zanjas habrá que cumplir escrupulosamente toda la normativa de seguridad en las de mayor profundidad.

- Si se forman caballones provisionales con los productos de excavación paralelos a las zanjas, deben estar situados a la distancia de seguridad que marque la profundidad de la excavación y el tipo de terreno, para evitar sobrecargas que puedan generar desprendimientos.

- El fondo de la excavación quedará nivelado.
- El fondo de la excavación no tendrá material desmenuzado o blando y las grietas y agujeros quedarán rellenos.
- No se trabajará con lluvia, nieve o viento superior a 60 km/h.
- Antes de iniciar el trabajo, se realizará un replanteo previo.
- Es necesario extraer las rocas suspendidas, las tierras y los materiales con peligro de desprendimiento.
- Se deberá extraer del fondo de la excavación cualquier elemento susceptible de formar un punto de resistencia local diferenciada del resto.
- Se descuajará toda vegetación presente en el fondo de la zanja.
- Si la zanja es de cierta entidad no se trabajará simultáneamente en zonas superpuestas.
- No se dejarán tramos inacabados que generen inestabilidad tras cada jornada de trabajo.
- Si el drenaje no es el adecuado para la realización de los trabajos, se debe prever un sistema de desagüe para evitar la acumulación de agua dentro de la zanja.
- Se impedirá la entrada de aguas superficiales a la zanja mediante la realización de cunetas de resguardo.
- Se verificará, en terrenos arcillosos, si es necesario realizar un saneamiento del fondo de la excavación.
- Las tierras en taludes se sacarán de arriba a abajo sin socavarlas.
- La aportación de tierras para corrección de niveles será la mínima posible, de las mismas existentes y de igual compacidad.
- Se mantendrán los dispositivos de desagüe necesarios para captar y reconducir las corrientes de agua internas en los taludes.

Capítulo 2

Anexos

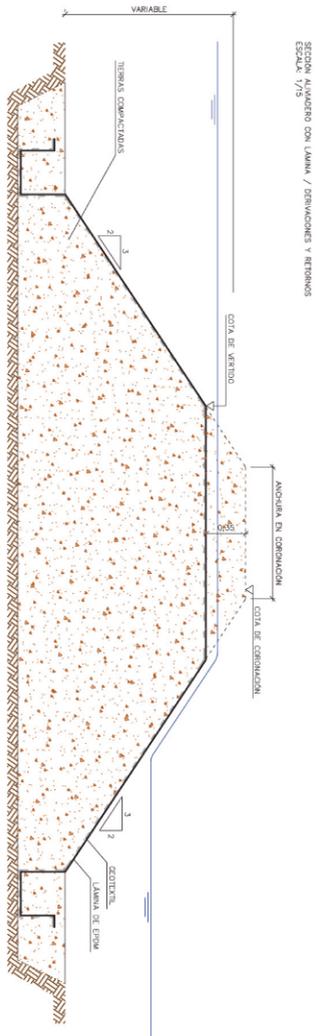
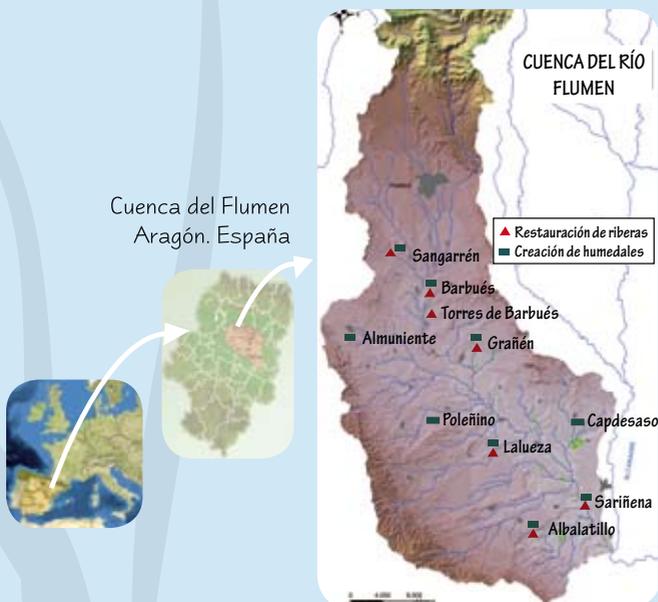


Figura 2.2: Coraza de Lamina EPDM

NOTAS:

www.creamagua.com
www.facebook.com/creamagua

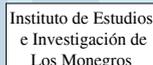
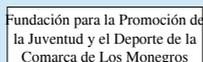


¿QUÉ ES LIFE + POLÍTICA Y GOBERNANZA MEDIOAMBIENTAL?

Es el único programa europeo dedicado exclusivamente a poner en práctica, actualizar y desarrollar políticas y legislaciones medioambientales de la Unión Europea. Su objetivo es buscar nuevas soluciones para aplicar en problemas medioambientales a escala comunitaria.

Pretende mostrar cómo las autoridades locales pueden participar eficazmente en la mejora y gestión del medio ambiente.

El proyecto CREAMAGUA es un proyecto demostrativo subvencionado por la Unión Europea a través del instrumento financiero LIFE+ Política y Gobernanza Medioambiental.



Colaboran:



Ayuntamientos de:

Albalatillo
Almuniente

Capdesaso
Barbués

Grañén
Lalueza

Poleñino
Sariñena

Sangarrén
Torres de Barbués