

ANEJO X BALSA

(La Rioja)

ANEJO X: BALSA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	DESCRIPCIÓN DE LA Balsa DE REGULACIÓN.....	3
3	CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO	4
4	TUBERÍA DE LLENADO/VACIADO.....	4
5	ALIVIADERO	6
6	RESGUARDO	8
6.1	DETERMINACIÓN DEL NMN.....	8
6.2	DETERMINACIÓN DEL NME.....	8
6.3	DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN	8
7	RED DE DRENAJES.....	8
8	CORONACIÓN.....	9
9	CAPACIDAD	9
10	CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA PEAD	10
10.1	COMPROBACIÓN DEL ANCLAJE DE CORONACIÓN.....	10
10.2	COMPROBACIÓN DEL ANCLAJE DE FONDO	10
10.3	COMPROBACIÓN DE LOS GEOTEXTILES DE LA Balsa	11
10.4	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO	11
11	ESTABILIDAD DE TALUDES	12
12	RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA Balsa INFERIOR.....	12

1 INTRODUCCIÓN

En este anejo, una vez conocida la zona regable y las necesidades hídricas, se pretende dimensionar y justificar los elementos que se deberán ejecutar en la construcción de la balsa de regulación prevista en el Proyecto.

Se presenta en primer lugar, los cálculos hidráulicos de los elementos que definen la balsa, como son la tubería de llenado y vaciado, el aliviadero, así como los drenajes. En segundo lugar, se presentan los cálculos de los geotextiles de la balsa. En el último apartado se hace referencia a la estabilidad de taludes de la balsa.

2 DESCRIPCIÓN DE LA BALSA DE REGULACIÓN

La Comunidad de Regantes explota las instalaciones de la Estación de Bombeo “La Mesa 2”, que cuentan con una toma en el Canal de la Margen Izquierda del Najerilla que desemboca en el edificio de la Estación de Bombeo, bajo el cual se diseñó un depósito de regulación, que permite una regulación parcial del bombeo.

La toma en el Canal de la Margen Izquierda del Najerilla está formada por una compuerta de nivel constante aguas arriba, la cual facilita la derivación de caudal hacia la estación de bombeo. La toma de agua está constituida por 2 conducciones en acero helicosoldado de 1000 mm de diámetro, reguladas por sendas compuertas. Estas conducciones conectan directamente el canal con el depósito de regulación, del que aspiran las bombas verticales instaladas.

Los equipos de bombeo instalados son 3 bombas centrífugas verticales accionadas por un motor de 500 KW a 990 rpm y 690 V de tensión. Estas bombas son capaces de impulsar un caudal unitario de 972 l/s a una altura manométrica de 40m.

Se proyecta una balsa con el fin de garantizar una regulación diaria que permita el suministro del caudal instantáneo demandado por la red, optimizando además los costes energéticos de explotación, y garantizando una capacidad de reserva de aproximadamente 15 horas, teniendo en cuenta las necesidades hídricas reales de la Comunidad de Regantes.

Se ha diseñado una balsa excavada de capacidad 35.093,27 m³, siendo puntual la zona de dique terraplenada, impermeabilizándose mediante lámina de PEAD y geotextil. Los taludes exteriores, de las secciones tipo terraplén, se estabilizarán mediante una cubierta vegetal de 0,30 m de espesor, procedente de la propia tierra de labor obtenida de la excavación y posteriormente se realizará hidrosiembra para la totalidad de su superficie.

La infraestructura de la Balsa se ubica en la parcela colindante a la Estación de bombeo de la Mesa 2, perteneciente a la Comunidad de Regantes, de la cual no se puede exceder de sus límites, dejando espacio en la misma para el parque fotovoltaico de “Mesa”. Para el dimensionamiento de la balsa se utiliza como criterio el balance hídrico teniendo en cuenta las necesidades hídricas de la superficie de riego del mes más desfavorable.

La balsa se conectará con el depósito subterráneo existente bajo la estación de bombeo de La Mesa 2, a través de una conducción de toma de fondo que hará también las funciones de tubería de llenado, siendo en acero helicosoldado de 1.300 mm de diámetro. La tubería de llenado/toma de fondo se proyecta en acero helicosoldado y su instalación será en zanja. Se instalará una compuerta estanca para el seccionamiento de la tubería de llenado/toma, instalándose el mecanismo de actuación sobre el forjado del depósito actual.

Así mismo, se proyecta la ejecución de un aliviadero a la cota N.M.N. de 562,78 m, capaz de evacuar el caudal máximo de entrada en caso de fallo de los mecanismos de control de la toma y/o evacuación del caudal procedente de la lluvia. La conducción se proyecta en acero helicosoldado de 500 mm de diámetro exterior, y se protegerá, a su paso bajo el dique de la balsa, con una viga de fondo en hormigón armado. El aliviadero desembocará directamente en el Canal.

Igualmente se prevé la ejecución de un drenaje para detectar fugas, y drenar el agua procedente de estratos permeables del terreno. Además, para evacuar el agua drenada se prevé un desagüe que conecte la arqueta de drenajes registrable con el río Santiago.

Además, se realizará un camino perimetral de 5,00 metros en coronación con una pendiente transversal del 2% a dos aguas. El firme del camino estará constituido por una capa de 15 cm de todo-uno artificial compactado al 98% del Proctor modificado. En el tramo

en desmonte de este camino de coronación se prevé la ejecución de una cuneta revestida con hormigón con unas dimensiones de 1 m de ancho y 0,4 de altura con taludes asimétricos siendo 2H:1V para el camino y 1H:2V para el talud.

Se prevé la instalación de un vallado mediante valla metálica de simple torsión, con una altura mínima de 2 m, postes cada 3 m y postes maestros cada 30 m.

Se prevé la motorización y automatización de las dos compuertas de seccionamiento existentes en las conducciones de entrada de agua desde el canal hasta la estación de bombeo La Mesa 2.

Todo ello se integrará, junto con el resto de los elementos de automatización y control, con el sistema de automatización existente en la estación de bombeo de La Mesa 2.

Por otro lado, dentro de la estación de bombeo, será necesaria la integración de los elementos de control y automatización previstos en las nuevas instalaciones, con los equipos existentes.

3 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

Para la estimación del volumen de almacenamiento de agua de riego se han considerado los siguientes parámetros:

Superficie Total:	4388 ha
Demanda en el mes de máximas necesidades:	953 m ³ /ha
Caudal Ficticio continuo en el mes de máximas necesidades:	0,35 l/s y ha
Horas de llenado desde deposito:	168 h/semana
Horas de bombeo a Balsa Elevada:	128 h/semana
Caudal de entrada:	1.546 l/s
Caudal de salida (bombeo):	2.016 l/s

Para el dimensionado de la balsa se va a realizar un balance entre el caudal de entrada y el de salida, considerándose las necesidades hídricas de la superficie de riego, del mes más desfavorable. Según datos reales proporcionados por la Comunidad de Regantes, se consumen 50.313 m³ de agua en el mes más desfavorable.

Por tanto, se dimensiona la balsa, para que, en el caso de avería en el canal principal, tener una reserva de agua de al menos 15 horas. La capacidad de regulación de la balsa diseñada es de 35.093,27 m³.

4 TUBERÍA DE LLENADO/VACIADO

La determinación del caudal de llenado de la Balsa se ha realizado a partir de las necesidades calculadas en el Anejo nº III "Estudio Agronómico". Dado que la balsa se llena por gravedad por vasos comunicantes desde el depósito enterrado, se dispone de 24 h al día.

El caudal de llenado utilizado para el dimensionamiento de esta conducción sería el resultado del producto entre el caudal ficticio continuo adoptado (0,35 l/s y ha) y la superficie total regada abastecida desde la Balsa (4388 ha), lo que supondría un caudal de 1.536 l/s.

$$Q_{entrada} = qfc \cdot superficie = 0,35 \cdot 4.388 = 1.536 \text{ l/s}$$

Por otro lado, el caudal de salida utilizado para el dimensionamiento de esta conducción sería el resultado del producto entre el caudal ficticio continuo adoptado (0,35 l/s y ha), la superficie total regada abastecida desde la Balsa (4388 ha) y las horas de bombeo semanales.

El caudal de diseño del bombeo será el resultante de la suma de los caudales nominales de las bombas instaladas. Cada una de las tres bombas instaladas impulsa un caudal de 972 l/s, quedando una de ellas como reserva. Por tanto, el caudal de diseño del bombeo es de 1.944 l/s, esto supone la utilización del bombeo durante 133 horas a la semana (17 h entre semana y 24 h el fin de semana) lo cual supone un uso de 1 hora al día en la tarifa más cara, implicando la necesidad de contratar toda la potencia en este periodo tarifario, incidiendo enormemente en el coste energético de la instalación.

Con todo ello y dada la situación del sector energético, en previsión de un reajuste de las horas de funcionamiento y por lo tanto del caudal a bombear, se plantea el dimensionado de la instalación para 128 h (16 h entre semana y 24 h el fin de semana) evitando el uso del bombeo en el periodo tarifario más caro.

Por tanto, el caudal de salida será:

$$Q_{salida} = qfc \cdot superficie \cdot \frac{h \text{ semana}}{h \text{ bombeo}} = 0,35 \cdot 4.388 \cdot \frac{168}{128} = 2.016 \text{ l/s}$$

Se ha proyectado una conducción que permitirá el transporte del caudal máximo de diseño, es decir, 2.016 l/s. En caso de tenerse que bombear el caudal máximo de 2.106 l/s, se prevé el funcionamiento de la tercera bomba.

La tubería de llenado será de acero helicosoldado e instalación en zanja. Por tanto, las características de la tubería de llenado y vaciado, que conducirá el agua desde la estación de bombeo a la balsa y viceversa, serán las siguientes:

Material:	Acero Helicosoldado
Diámetro nominal:	1300 mm
Espesor:	e=9,5 mm
Longitud:	36 m

Para verificar la funcionalidad de este elemento, se determinó la pérdida de carga de esta conducción en el caso de que funcionara "en carga", mediante la fórmula de Darcy-Weisbach de expresión:

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

donde:

H_f = Pérdida de carga en mca.

f = Factor de fricción (adimensional).

L = Longitud del tramo en m.

D = Diámetro interior de la tubería en m.

V = Velocidad de la tubería en m/s.

g = Aceleración de la gravedad 9,8 m/s².

El factor de fricción se ha calculado por la fórmula de White Colebrook, de expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} + \frac{Ka}{3,71D} \right)$$

donde:

Re = N° de Reynolds.

Ka = Coeficiente de rugosidad absoluta. Se ha considerado Ka = 0,05 mm para las tuberías de AH

Obteniéndose los siguientes resultados:

Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Hf (mca)
2016	1,51	0,043

Así pues, esta infraestructura de llenado permitirá un caudal de servicio de 2016 l/s con una pérdida de carga de 0,043 m.

Al inicio de la conducción de la tubería de llenado y vaciado, en el interior del depósito existente en la estación de bombeo La Mesa 2, se instalará una compuerta metálica para seccionamiento con huso de 6 m de longitud y accionamiento mediante ruedas vagón, siendo la hoja de dimensiones 1,50 x 1,50 m, toda en acero AISI 304. Esta compuerta permitirá regular la entrada de agua a la balsa. Esta compuerta irá motorizada y accionada por telecontrol.

El trazado de la tubería va enterrado hasta la balsa y se protegerá, a su paso bajo el dique de la balsa, con una viga de fondo en hormigón armado, HA-30/B/20/XC2+XA1 de 1,80 x 1,80 m armada con redondos de 12 mm de diámetro en cuadrícula de 0,15 x 0,15 m.

Puesto que la tubería de llenado y vaciado se ejecutará a cota inferior a la del terreno natural, se excavará en primer lugar una zanja de la anchura de la citada viga, con berma en caso de superarse los 3 metros de profundidad. En primer término, se dispondrá una capa de hormigón de limpieza de 0,10 m, sobre la cual se dispondrá ya la tubería de acero, las armaduras correspondientes de la viga y se hormigonará la misma, para posteriormente realizar el terraplenado y compactado al 98% PM del dique hasta la altura superior de la viga de fondo.

La entrega de agua a la balsa se realizará a través de un cuenco de toma de hormigón armado, localizado en el interior de la balsa. El cuenco de toma previsto será de 4,0 x 4,0 m de dimensiones interiores en planta y una altura máxima de 1,65 m en la pared de la tubería de toma y de 0,95 en la pared opuesta.

El espesor de las paredes y solera será de 0,25 m en HA-30/B/20/XC2+XA1 armada con doble parrilla de 12 mm de diámetro en cuadrícula de 0,15 x 0,15 m, siendo la solera de las mismas características. Las paredes del cuenco tendrán una inclinación de un 50%, exceptuando la pared de conexión con la tubería de toma, que será vertical.

La reja de desbaste se instalará en la parte superior del cuenco, constituida por una reja tipo "tramex" formando un trapecio siendo sus bases de 10 y 6,8 m y su altura de 5,4 m, en acero inoxidable.

Para mayor información sobre estas infraestructuras se puede consultar el documento Planos.

5 ALIVIADERO

Para el diseño y dimensionamiento de esta infraestructura se considerará como hipótesis de trabajo aquella en la que la balsa se encuentre a su máxima capacidad, es decir, la lámina de agua se encuentre en el Nivel Máximo Normal (en adelante NMN), se esté

derivando a la misma el caudal de llenado anteriormente indicado y, además, se esté produciendo en ese instante un episodio de lluvia torrencial.

Conocido el caudal de diseño, únicamente queda por determinar el caudal debido a la lluvia. Así, según el Manual Técnico Núm. 2 “Diseño y construcción de Pequeños Embalses” editado en 1.986 por el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) se puede tomar como valor de la máxima precipitación horaria probable el 40 % de la máxima precipitación diaria correspondiente al mismo periodo de retorno.

Para calcular la máxima lluvia diaria para un periodo de retorno considerado de 50 años se ha utilizado la serie monográfica “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” del Ministerio de Fomento. La lluvia máxima en una hora es de 32,4 mm.

Superficie en coronación	38.200 m ²
Lluvia considerada	32,4 mm/h
Caudal a desalojar	343,8 l/s

El aliviadero se dimensiona para evacuar únicamente el agua de lluvia, ya que la cota de NMN coincide con la cota máxima del agua en el canal del que toma, por lo que, en ningún caso, se contempla la posibilidad de que el calado dentro de la balsa sea superior al del canal, si no es por la aportación de la lluvia. Teniendo en cuenta esto, el caudal considerado en este caso para el dimensionamiento del aliviadero será de 343,8 l/s.

Los cálculos de este aliviadero se recogen a continuación, mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = 1,82 \cdot L \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

donde h es la elevación de la lámina de agua sobre el labio vertiente del aliviadero y L la longitud de dicho labio vertiente.

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (l/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero	343,8	3	0,16

Se adopta el criterio de considerar un labio de 3,0 m de longitud, con lo que el Nivel Máximo Extraordinario (NME) queda fijado con una altura de vertido de 0,16 m, es decir, a la cota +562,95 msnm.

La arqueta del aliviadero tendrá unas dimensiones interiores en planta de 3,0 x 1,0 m y una altura mínima de 0,7 m; en HA-30/B/20/XC2+XA1 de 25 cm de espesor, con doble mallazo de 12 mm de diámetro en cuadrícula de 0,15x0,15 m.

La tubería que evacuará el agua de alivio será de Acero Helicosoldado DN 508 de 5 mm de espesor con una longitud de 26 m.

El vertido de esta tubería se realiza en el Canal de la Margen Izquierda del Rio Najerilla.

6 RESGUARDO

6.1 DETERMINACIÓN DEL NMN

Denominaremos como NMN al Nivel Máximo Normal, cuyo volumen de almacenamiento será el comprendido entre la cota de fondo de la balsa y el labio de vertido del aliviadero.

En este caso la altura de almacenamiento es de 3,0 m, con lo que la cota de Nivel Máximo Normal será 562,78 m.s.n.m.

6.2 DETERMINACIÓN DEL NME

Denominaremos como NME al Nivel Máximo Extraordinario, cuyo volumen de almacenamiento será el comprendido entre la cota de fondo de la balsa y la altura máxima de vertido sobre el labio de vertido del aliviadero.

El máximo caudal a aliviar tal y como se ha calculado anteriormente será de 343,8 l/s.

Para un labio de vertido de 3,0 m de longitud y un caudal máximo a evacuar de 343,8 l/s, obtendremos una altura máxima de vertido por encima del labio del aliviadero de 0,16 m. Por lo tanto, el NME quedará definido en la cota 562,94 m.

6.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN

La altura de coronación de la balsa quedará determinada por la cota del NME más el resguardo que asegure que las olas, en el momento en que se produce el mencionado NME, no salten por encima del dique.

Para la estimación del resguardo necesario se recomienda la utilización de la siguiente expresión empírica, en m:

$$h = 1,5 \cdot h_1$$

$$h_1 = 0,6 \cdot \sqrt[4]{L}; \text{ siendo } L \text{ el fetch en Km.}$$

Considerando un valor del fetch de 131 m, siendo este el valor de la mayor longitud de recorrido del viento en la lámina de agua, obtenemos un resguardo mínimo de 0,5 m.

Por tanto, considerando la altura de vertido de agua sobre el labio de vertido del aliviadero, establecida en la cota 562,94 m obtenemos un resguardo efectivo respecto a esta situación de NME de 0,84 m, superior al resguardo recomendado por la fórmula empírica mencionada anteriormente (0,5 m).

Por último, la cota de coronación quedará determinada en la cota 563,78 m, estando 1,00 metros por encima del NMN.

7 RED DE DRENAJES

Para el dimensionamiento de las tuberías de drenaje, ante la imposibilidad de conocer los caudales a drenar, se han realizado varios tanteos con las pendientes disponibles y los diámetros, eligiendo los considerados suficientes. De manera general, se supone que si el caudal de drenaje de la balsa, es superior al 10% del caudal de llenado, la balsa se considera que no es funcional.

En este caso, el caudal máximo de entrada es de 1536 l/s, por lo que los drenajes deberían dimensionarse para una capacidad de un 10%, es decir 153,6 l/s.

La red de drenajes consta de cuatro drenajes, dos perimetrales y dos centrales, de PVC ranurado DN 160 PN 10 que permiten una sectorización de la balsa. Los drenajes perimetrales tendrán una pendiente mínima del 0,1 % y los centrales del 0,2%. Los drenajes vierten de forma individual a la arqueta correspondiente que, al ser registrable, permite ubicar las posibles fugas.

Los drenajes perimetrales se han previsto para evacuar el agua filtrada a través del terreno por la capa permeable superficial que indica el estudio geotécnico. De esta forma se prevé también una capa de gravas en el interior del talud de la balsa con el objeto de interceptar esta capa porosa y drenar el agua que discurre por ésta, a través de los drenajes perimetrales.

Estos drenajes confluyen en un único punto para cruzar el dique de la balsa en cuatro tuberías, una por cada uno de los drenajes. Una vez cruzan la balsa, estas descargarán en la arqueta de drenajes, y desde allí partirá un único colector de drenaje, en PVC DN 250 PN 10, hasta el punto de vertido previsto, en el río Santiago.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido a la fórmula de Manning, por considerarse como la más apropiada para estas condiciones de funcionamiento.

Material	PVC-Ranurado	PVC-Ranurado
Diámetro (mm)	160	160
Pendiente %	0,1	0,2
V (m/s)	1,06	1,72
Caudal (l/s)	27,5	69,7

8 CORONACIÓN

Se prevé el acondicionamiento de la coronación para permitir el tránsito de vehículos por la misma, con el fin de facilitar las tareas de mantenimiento en la explotación de la balsa.

Para la determinación de la anchura de coronación se emplea la siguiente expresión:

$$W = Z/5 + 3;$$

Siendo Z = altura del dique (m.); Z = 4,0 m

W = anchura de coronación (m.); W = 3,8 metros

Se proyecta finalmente la anchura de coronación de 4,00 m, considerándose ésta como la anchura requerida para poder transitar por la misma.

En la coronación se aplicará una capa de 0,15 m todo-uno artificial compactado al 98% con Proctor modificado, con pendiente al exterior del 2% a fin de que haga la función de camino de servicio a lo largo de todo el perímetro.

En el tramo en desmonte del camino de coronación se prevé la ejecución de una cuneta revestida con hormigón de dimensiones de 0,8 m de ancho y 0,4 m de profundidad con taludes asimétricos, 2H:2V en el más alejado.

9 CAPACIDAD

Para ello, se realiza la semisuma del producto resultante de la sección que posee la balsa interiormente por la diferencia de cota que existe entre dichas secciones.

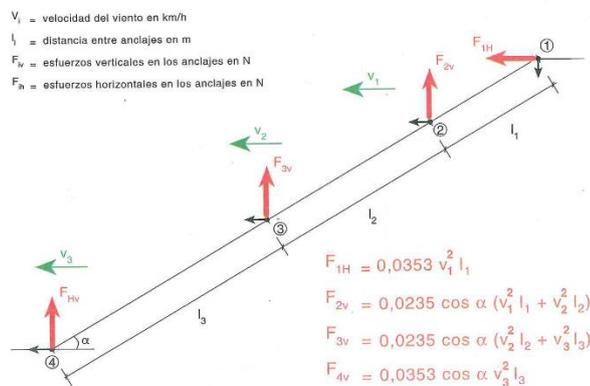
En la siguiente tabla, se muestra el resultado de dicha cubicación:

PERFIL	COTA (m)	SUPERFICIE (m ²)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m ³)	VOL. Acumulado (m ³)
1	559,78	8.382,93			
2	560	8.543,18	1	8449,69	8.449,70
3	561	9.289,00	1	8853,94	17.303,64
4	562	10.059,91	1	9610,21	26.913,85
6	562,78	11.083,59	0,78	8179,42	35.093,27

10 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA PEAD

Las condiciones más desfavorables de las geomembranas, una vez instaladas, se produce en las paredes laterales del vaso. La acción de la temperatura (dilataciones y contracciones) el oleaje, el peso propio y, fundamentalmente, el viento, requieren que la pantalla de impermeabilización se encuentre convenientemente anclada. El diseño de los anclajes es una cuestión que admite una amplia gama de soluciones, pero en su dimensionamiento es el viento el efecto determinante.

El proceso de cálculo utilizado en el presente proyecto es el recogido en la publicación "Manual Para el Diseño, Construcción y Explotación de Embalses Impermeabilizados con Geomembranas; de Enrique Amigó y Escolástico Aguilar". Concretamente su método simplificado. Método que la experiencia demuestra que, en general, con valores habituales de inclinación de taludes, resulta suficiente considerar tan sólo las componentes de las fuerzas que se señalan (trazo grueso) en el esquema siguiente:



Por tanto, el anclaje en coronación deberá ser superior a F_{1H} mientras que el anclaje en el fondo de la balsa deberá ser superior a F_{4V} . Únicamente se instalarán anclajes en la coronación y en fondo, en la unión del talud con el fondo horizontal.

10.1 COMPROBACIÓN DEL ANCLAJE DE CORONACIÓN

$$F_{1H} = 0,0353 \cdot V_1^2 \cdot l_1 = 0,0353 \cdot 65^2 \cdot 20 = 3.121 \text{ N}$$

En coronación se efectúa una zanja de anclaje de 0,5 x 0,5 m por cada metro lineal, rellena con material seleccionado compactado y con una rigola de 53 kg/ml sobre ella.

$$F_{\text{coronación}} = \text{Peso zanja} + \text{Peso rigola} = 0,5 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 53 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 5030 \text{ N}$$

$$F_{\text{coronación}} (5030 \text{ N}) > F_{1H} (3121 \text{ N}) \Rightarrow \text{cumple}$$

10.2 COMPROBACIÓN DEL ANCLAJE DE FONDO

Talud interior de la balsa 2H/1V = 38,18°

$$F_{4V} = 0,0353 \cdot \cos \alpha \cdot (V_1^2 \cdot l_1) = 0,0353 \cdot \cos 38,18 \cdot 65^2 \cdot 20 = 2.481 \text{ N}$$

En el fondo de la balsa, se anclará la lámina con manga de gravas de 117 kg/ml, lo que supone un peso de 351 Kg = 3510 N

$$F_{\text{fondo balsa}} (3.510 \text{ N}) > F_{4V} (2481 \text{ N}) \Rightarrow \text{cumple}$$

10.3 COMPROBACIÓN DE LOS GEOTEXTILES DE LA BALSA

En la construcción de la balsa, la capa impermeable constará de una geomembrana. Para proteger esta membrana contra el punzonamiento y la abrasión, tanto durante la instalación como después de completada, se situará un geotextil de forma adyacente a la geomembrana.

Los cálculos presentes en este apartado nos indicarán el tipo de geomembrana exigida para cumplir con las funciones de protección.

El diseño está basado en el Ensayo de Punzonamiento Piramidal, para cuantificar la capacidad de protección de los geotextiles. En este ensayo, un objeto piramidal que representa una piedra de canto angular presiona sobre la capa compuesta geotextil/geomembrana que está colocada sobre una placa metálica, simulando una sub-base rígida (que es la situación más desfavorable que puede darse en la práctica). Un equipo eléctrico indica la fuerza límite cuando la geomembrana se punzona. Después de largas series de ensayos, se han deducido los valores básicos para los diferentes espesores de geomembrana y pesos unitarios de geotextil. Algunos resultados de ensayo típicos (en kN) se muestran en la siguiente tabla.

Espesor	Peso unitario (g/m ²)					
	208	409	608	810	1004	1216
Membrana						
1.0 mm	0.76	1.16	1.51	1.91	2.41	3.00
1.5 mm	1.22	1.64	2.03	2.49	3.00	3.51
2.0 mm	1.68	2.31	2.54	3.11	3.61	4.19

Cuando se realiza el diseño, la máxima presión de sobrecarga en el sistema se deduce (bien de la sobrecarga, o de la presión sobre el terreno del equipo de construcción), y se calcula la presión sobre una piedra (basándose en condiciones geométricas). Este valor se multiplica entonces por un Coeficiente de Seguridad y se compara con los resultados de los ensayos de laboratorio.

En la elección del coeficiente de seguridad, se tendrán en cuenta los siguientes parámetros: deformación permitida de la membrana, deformaciones de deslizamiento a largo plazo, influencia de la temperatura, tensiones aplicadas durante la construcción, consecuencias de un posible fallo, etc.

En la construcción de una balsa se ha considerado recomendable un coeficiente de seguridad de 3.

10.4 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO

- Profundidad máxima agua: 3 m
- Peso unitario: 10 kN/m³
- Sobrecarga: 41 kN/m²
- Granulometría Max del suelo debajo del sistema: 40 mm
- Coeficiente de Seguridad: 3
- Espesor de la Geomembrana: 2,0 mm

Las características mínimas del geotextil a emplear son:

- Peso (g / m²) = 200
- Espesor a 2 kN/m² (mm) = 1,9
- Resistencia CBR a punzonamiento (N) = 2350.
- Tensión de tracción a tiras (kN/m) = 15,0.
- Elongación de rotura (%) = 75/35

Se elige un geotextil de 250 (g/m²) y una resistencia al punzonamiento de 2850 N.

11 ESTABILIDAD DE TALUDES

En el Anejo nº VII "Estudio geotécnico" se detalla la metodología y el procedimiento de cálculo seguido para la determinación de la estabilidad de los taludes de la balsa.

En este mismo documento se indica que los taludes planteados en proyecto para la balsa, son estables.

12 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA

Tabla resumen de las características técnicas de la balsa:

Cota de coronación (m)	563,78
Anchura de coronación (m)	4,00
Cota de fondo media (m)	559,78
Cota de agua (N.M.N.) (m)	562,78
Altura de agua (m)	3,0
Cota de agua (N.A.M.E.) (m)	562,94
Volumen de agua (N.M.N.) (m ³)	35.093
Resguardo sobre N.M.N. (m)	1,00
Superficie de fondo de balsa (m ²)	8.543
Perímetro fondo de balsa (m)	366,66
Superficie lámina de agua (N..M.N.) (m ²)	11.083,6
Superficie de coronación (m ²)	11.494,6
Talud interior	2/1
Talud exterior desmonte	1/1
Superficie total ocupada por la balsa (vallado) (m ²)	13.666,4