ANEJO Nº12

BALSAS

INDICE DEL ANEJO Nº12

BALSAS

1. BALSA DE CAPTACIÓN 3
1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA BALSA DE CAPTACIÓN 3
1.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD NECESARIA 3
1.1.2. JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO ELEGIDO PARA LA BALSA 5
1.2. PARAMETROS DE DISEÑO Y CAPACIDAD DE LA BALSA 6
1.2.1. DISEÑO OPTIMO POR COMPENSACIÓN DE TERRENOS 6
1.2.2. RESGUARDO 7
1.2.3. ANCHURA DE CORONACIÓN 8
1.2.4. ALTURA DE BALSA. NIVELES MAXIMOS NORMAL Y EXTRAORDINARIO 8
1.2.5. VOLUMEN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA EMBALSADA 9
1.3. CÁLCULOS DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS 10
1.4. INFORME GEOTÉCNICO. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. 11
1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES 11
1.4.2. ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIÓN 12
1.4.3. EXCAVABILIDAD 12
1.4.4. APROVECHAMIENTO MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE 13
1.4.5. FONDO DE BALSA 14
1.4.6. CIMIENTO DEL DIQUE 14
1.4.7. ESTABILIDAD TERRAPLÉN-CIMIENTO 14
1.5. CALCULO Y DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA BALSA 15
1.5.1. OBRA DE ENTRADA 15
1.5.2. TOMA DE FONDO 16
1.5.3. ALIVIADERO 16
1.5.4. IMPERMEABILIZACIÓN 21
1.5.5. DRENAJE 22
1.5.6. CAMINO DE ACCESO 22
1.5.7. CAMINO DE CORONACIÓN 22
1.5.8. VALLADO PERIMETRAL 23
1.5.9. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL 23
1.6. CALCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES 23
1.7. CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE LA BALSA 24

1.8. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN 25
2. BALSA ELEVADA 26
2.1. JUSTIFICACIÓN DE LA BALSA ELEVADA 26
2.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD NECESARIA 26
2.1.1. JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO ELEGIDO PARA LA BALSA 27
2.2. PARAMETROS DE DISEÑO Y CAPACIDAD DE LA BALSA 28
2.2.1. DISEÑO OPTIMO POR COMPENSACIÓN DE TERRENOS 28
2.2.2. RESGUARDO 29
2.2.3. ANCHURA DE CORONACIÓN 29
2.2.4. ALTURA DE BALSA. NIVELES MAXIMOS NORMAL Y EXTRAORDINARIO 30
2.2.5. VOLUMEN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA EMBALSADA 30
2.3. CÁLCULOS DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS 32
2.4. INFORME GEOTÉCNICO. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 33
2.4.1. TERRENOS 33
2.4.2. EXCAVABILIDAD 33
2.4.3. APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES DE EXCAVACIÓN 34
2.4.4. FONDO DE BALSA 35
2.4.5. CIMIENTO DEL DIQUE 35
2.4.6. ESTABILIDAD DE TALUDES Y CIMENTACIÓN 36
2.5. CALCULO Y DESCRIPICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA BALSA 37
2.5.1. OBRA DE ENTRADA 37
2.5.2. TOMA DE FONDO 37
2.5.3. ALIVIADERO 37
2.5.4. IMPERMEABILIZACIÓN 39
2.5.5. DRENAJE 40
2.5.6. CAMINO DE ACCESO 40
2.5.7. ANCHURA DE CORONACIÓN 40
2.5.1. VALLADO PERIMETRAL 41
2.5.2. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL 41
2.6. CALCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES 41
2.7. CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE LA BALSA 42
2.8. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN 43

1. BALSA DE CAPTACIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA BALSA DE CAPTACIÓN

La construcción de la balsa de captación se justifica en base a las siguientes necesidades:

- Regular la variación del caudal continúo aportado desde el canal en relación a las extracciones variables de agua a través del bombeo solar. Durante la noche se producirá un aporte constante de agua a la balsa y no se extraerá nada, mientras que durante las horas centrales del día, la extracción de agua a través del bombeo será muy superior a la aportación.
- Poder almacenar un pedido de agua al canal no consumido.

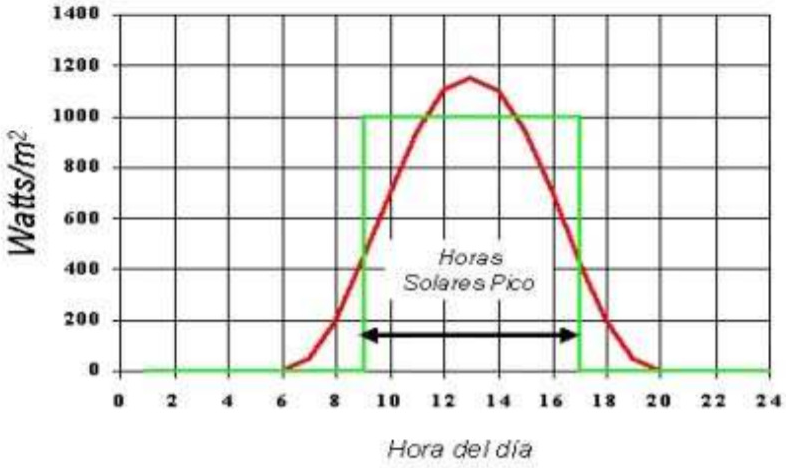
1.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD NECESARIA

En el cálculo justificado del **volumen** mínimo útil necesario para la balsa de captación se han tenido en cuenta las siguientes premisas y condicionantes.

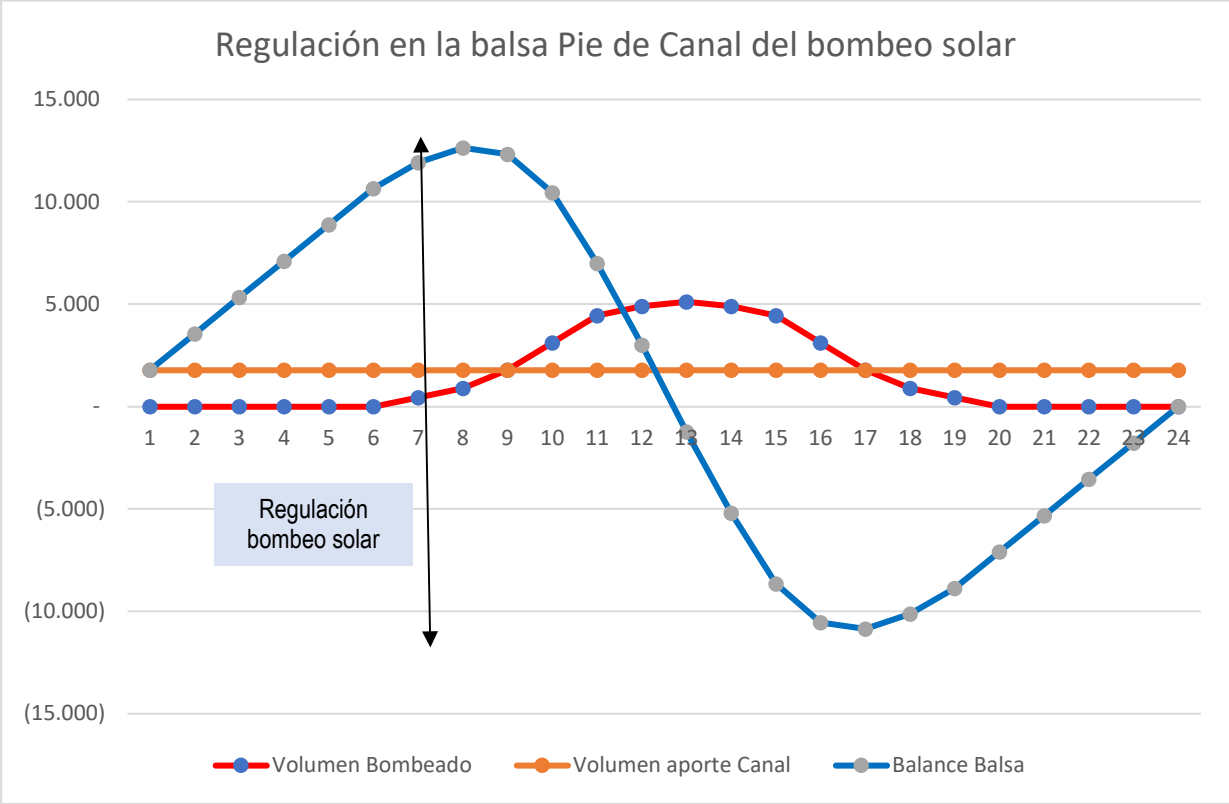
- El volumen diario necesario para satisfacer las máximas demandas de agua para la alternativa de cultivos fijada, teniendo en cuenta el número de días que se va a asegurar el servicio.
- El volumen máximo diario que puede ser aportado desde el Canal de Aragón y Cataluña a través del Canal de Zaidín.
- La gráfica diaria de llenado y vaciado de la balsa considerando la curva de aporte de agua desde el Canal de Zaidin a la balsa de regulación de Captación y la curva horaria de caudales de impulsión de agua a la balsa elevada en función de la capacidad de generación energética de la planta solar
- El volumen de agua de seguridad en la balsa de regulación, es decir el volumen que se quiere mantener en la hipótesis de cálculo como volumen de reserva.

Teniendo en cuenta las premisas de partida, la balsa de pie de canal o de captación se dimensiona con una **capacidad mínima equivalente al consumo diario en el mes de máximas necesidades** y que para una superficie de 762,3666 hectáreas y una dotación de 0,6 l/s·ha **asciende a 39.521 m^3.** Este volumen quedará siempre libre en la balsa para poder garantizar el almacenado de excedentes de agua pedidos al canal y no consumidos y que no pueden ser retornados al canal.

La balsa de pie de canal actuará además como regulación entre los aportes constantes de caudal desde el Canal de Zaidín a un régimen continuo de 1.647 m^3/hora (39.521 m^3/día) y las extracciones variables en el tiempo a través de los bombeos solares que siguen una curva "tipo" como la que mostramos a continuación y en la que durante más de 10 horas al día no se producirá ninguna extracción mientras que durante las horas de mayor insolación el caudal de elevación de agua podrá alcanzar los 4.320 m^3/hora.



En el siguiente gráfico se realiza una simulación en la que se representa la evolución temporal durante un día del nivel de agua embalsada en función de los aportes continuos de agua del Canal y las extracciones del bombeo solar.



La evolución del volumen embalsado irá aumentando desde las 0.00 horas hasta las 8 de la mañana donde se alcanzará el pico máximo con un incremento de volumen de 11.273 m^3, momento a partir del cual irá descendiendo hasta -9.784 m^3 a las 17:00 horas, hora donde comenzará a recuperarse de nuevo hasta llegar a las 0:00 horas en los que la balsa alcanzará de nuevo su nivel inicial. **La oscilación de nivel de agua a lo largo del día por el efecto del bombeo solar será, de acuerdo con estos cálculos, de 21.057 m^3**.

Finalmente consideramos razonable que la balsa no debe quedar nunca vacía de agua, debiendo contar con un volumen mínimo almacenado que pueda cubrir cualquier eventualidad no prevista en este estudio. Establecemos un volumen mínimo embalsado equivalente al consumo en el mes de máximas necesidades de 0,5 días, es decir de 19.760 m^3.

	Volumen necesario (m^3)
Almacenaje de excedentes de pedidos no retornables al canal (Equivalente a 1 día de máximo consumo)	39.521
Regulación del bombeo solar (Balance aportes del canal y extracciones del bombeo solar a balsas elevadas)	21.057
Reserva de agua (Equivalente al consumo de 0,5 días)	19.760
VOLUMEN MÍNIMO NECESARIO	**80.338**

1.1.2. JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO ELEGIDO PARA LA BALSA

El emplazamiento seleccionado para construcción de la balsa de captación se encuentra en la parcela catastral 90 del polígono 20 del T.M. de Monzón.

La balsa se emplaza en la hoja 1:50.000 326-Monzón, cuyas coordenadas en el sistema de referencia geodésico UTM ETRS-89 Huso 31 son:

X = 272.614

Y = 4.641.011

La superficie exacta ocupada por la balsa es de 32.269 m^2, mientras que la superficie realmente afectada por su construcción ascenderá hasta los 35.000 m^2, si contabilizamos las franjas de terreno y esquinas marginales generadas no aprovechables desde un punto de vista agronómico.

En la determinación del emplazamiento finalmente adoptado para la balsa se han tenido en cuenta el cumplimiento de los siguientes criterios:

1. **Proximidad al punto óptimo seleccionado para la captación de agua.**
2. Utilización de terrenos preferentemente pertenecientes a la C.R. Nuestra Señora de La Alegría y sobre los que previamente se haya llegado a un acuerdo con sus propietarios para su adquisición evitando de esta manera la necesidad de recurrir a un procedimiento expropiatorio.
3. **Orografía adecuada.** La parcela sobre la que se emplace la balsa deberá estar situada por debajo de la cota de captación para permitir su llenado por gravedad sin necesidad de realizar importantes desmontes. Deberá contar con una orografía adecuada que posibilite equilibrar al máximo el movimiento de tierras, y a ser posible con presencia de materiales de características a priori apropiados para la construcción de una balsa de materiales sueltos compactados.
4. **Proximidad a la balsa elevada**. Minimiza la longitud de la tubería de impulsión, de mayor diámetro que el resto de las tuberías de la red de distribución. Se consigue además del propio ahorro en el coste de la tubería una reducción de la pérdida de carga y en consecuencia de la energía necesaria para el bombeo y a su vez de la potencia necesaria del parque fotovoltaico.
5. **Proximidad a la zona de consumo o abastecimiento de agua**
6. **Parcela con una extensión suficiente** para garantizar no solo la construcción de una balsa de la capacidad indicada sino capaces de alojar un parque fotovoltaico cuyas necesidades de espacio superan las 2,50 hectáreas. La estación de bombeo, ubicada a pie de balsa debe estar lo más cercana posible al parque fotovoltaico del cual se suministrará de energía.
7. **Proximidad a una línea eléctrica.** Permitirá la conexión a la red eléctrica para el suministro de energía continua principalmente para los equipos de refrigeración de los cuadros eléctricos del bombeo, equipos de filtrado además y poder disponer de luz eléctrica continua para consumo doméstico en la estación de bombeo.
8. **Minimización** de los potenciales **riesgos** para vidas humanas e infraestructuras de interés general en caso de **rotura del dique.**
9. **Accesibilidad**
10. **Minimización del impacto visual.**

1.2. PARAMETROS DE DISEÑO Y CAPACIDAD DE LA BALSA

1.2.1. DISEÑO OPTIMO POR COMPENSACIÓN DE TERRENOS

Se diseña una balsa semiexcavada en el terreno, de planta rectangular, en el emplazamiento adecuado y con las alturas ajustadas para conseguir un **movimiento de**

tierras lo más equilibrado posible entre los volúmenes de desmonte y terraplén, con el objeto de evitar la necesidad de importar tierra de préstamos ni generar excedentes de tierra en su construcción.

En su diseño se ha partido del **nivel de agua máximo posible** de acuerdo con la cota de entrega de agua desde el Canal de Zaidín, una vez superados los elementos de regulación y medición de caudales y que de acuerdo con el levantamiento topográfico realizado se sitúa en la cota 356,20 m.s.n.m.

En cuanto a la profundidad de la balsa se han realizado sucesivos tanteos que nos han permitido determinar la **profundidad óptima** para obtener un movimiento de tierras equilibrado, y que garantice por otro lado poder diseñar una toma de fondo con salida a cota de terreno permitiendo de esta forma una óptima conexión con la estación de bombeo la cual se ubicará a pie de talud, obteniéndose como profundidad optima la cota 351 m.s.n.m. La combinación entre profundidad y forma permite además minimizar la superficie de lamina de impermeabilización contribuyendo a minimizar su coste de ejecución.

Por otro lado, en su diseño se ha tenido en cuenta las características de las parcelas catastrales sobre la que se emplaza en cuanto a su forma y extensión tratado de **ajustar al máximo la geometría de la balsa a los límites de las parcelas y caminos colindantes** con el objetivo de minimizar la generación de áreas marginales en la parcela no aprovechables y tratando de minimizar el demerito de la parte de las parcelas no ocupadas.

1.2.2. RESGUARDO

El resguardo o distancia vertical entre el máximo nivel de agua y la coronación de la balsa, tiene como misión defender la coronación de la presa de ser afectada por el oleaje. Así pues, su dimensión viene determinada por la altura del oleaje producida por el viento en la lámina de agua embalsada. Para evaluar la altura de las olas, se hace servir la fórmula de Iribarren que figura en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*:

$$h = 0{,}6 \cdot L^{0{,}25}$$

Siendo "*L*", la longitud máxima de la balsa expresada en Km, y *h* la altura del resguardo en m.

Se ha comprobado que los rociones del oleaje al romper contra las paredes alcanzan una altura del orden de una vez y media la altura teórica, por lo que para fijar el resguardo, se suele incrementar "*h*" en un 50%:

$$h_r = 1{,}5 \cdot h$$

$$h = 1{,}50 \text{ x } (0{,}60 \text{ x } 0{,}240^{0{,}25}) = 0{,}63 \text{ m}$$

Se ha adoptado un **resguardo de 1 metro** (sobre el nivel máximo normal N.M.N.) que cubre el nivel máximo ordinario o normal y extraordinario que puede producirse en el momento de rebosamiento del aliviadero.

1.2.3. ANCHURA DE CORONACIÓN

La **anchura de coronación**, es decir, la distancia entre las aristas superiores de los taludes, servirá como camino de servicio. Para fijar su dimensión mínima se ha empleado la fórmula descrita en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*:

$$C = \frac{H}{5} + 3$$

Donde C y H son, respectivamente, el ancho de la coronación y la altura de la balsa, ambas expresadas en metros. Se aconseja que en ningún caso C sea inferior que 4 m:

$$C = \frac{5{,}25}{5} + 3 = 4{,}05\ m$$

Se adopta una anchura de coronación para la balsa de **4,5 m**.

1.2.4. ALTURA DE BALSA. NIVELES MAXIMOS NORMAL Y EXTRAORDINARIO

Nivel Máximo Normal (N.M.N.):

Se denomina Nivel de Almacenamiento Máximo Normal (N.M.N.), al volumen de almacenamiento comprendido entre la cota de fondo de la balsa y el labio de vertido del aliviadero.

Realizado el cálculo del resguardo, para el que se ha obtenido una altura de 1 m sobre N.M.N., se obtiene como altura de almacenamiento 4,25 m, con lo que la cota de vertido del labio del aliviadero, considerando que el fondo de la balsa se situará a la cota 351 m, se diseñará a la cota **355,25 m**.

Nivel Máximo Extraordinario (N.M.E.)

Se denomina Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario (N.M.E.), al volumen de almacenamiento comprendido entre la cota de fondo de la balsa y la altura máxima de vertido sobre el labio del aliviadero.

Teniendo en cuenta que el aliviadero se ha diseñado para garantizar la evacuación del caudal máximo de llenado de balsa con una sobreelevación máxima del nivel de agua en 30 cm el **nivel máximo extraordinario se situará en la cota 355,55 m.s.n.m.**

1.2.5. VOLUMEN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA EMBALSADA

Para el cálculo de los **volúmenes geométricos** (V_G) de la balsa, se ha utilizado la fórmula genérica de cálculo de volúmenes de troncos de polígonos, a partir de las superficies de las bases y su altura:

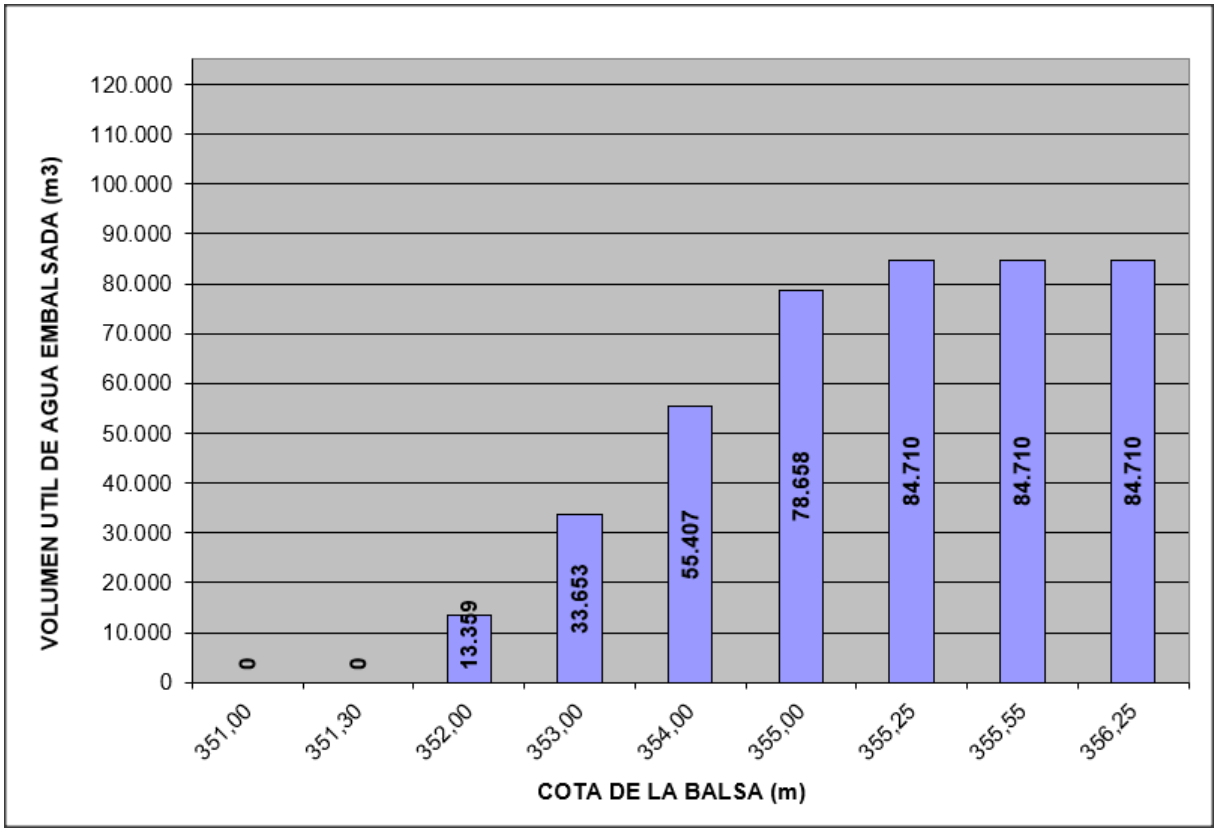
$$V_G = \frac{H\left[S_1 + S_2 + (S_1 \cdot S_2)^{\frac{1}{2}}\right]}{3}$$

Siendo:
- H: altura de agua embalsada (m).
- S_1: superficie de coronación en m^2.
- S_2: superficie del fondo de la balsa en m^2.

En la tabla siguiente se representa el volumen acumulado en la balsa para las diferentes alturas de lámina de agua en la misma, como resultado de la aplicación de la fórmula anterior.

	Cota (m)	Altura de balsa (m)	Superficie de lámina de agua (m^2)	Volumen parcial (m^3)	Volumen acumulado (m^3)	Volumen útil acumulado (m^3)
Nivel de agua 0 m (Fondo balsa)	351,00	0,00	18.179	--	0	--
Nivel de agua 0,3 m (Toma de fondo)	351,30	0,30	18.594	5.516	5.516	0
Nivel de agua 1 m	352,00	1,00	19.579	13.359	18.875	13.359
Nivel de agua 2 m	353,00	2,00	21.018	20.294	39.169	33.653
Nivel de agua 3 m	354,00	3,00	22.497	21.753	60.922	55.407
Nivel de agua 4 m	355,00	4,00	24.015	23.252	84.174	78.658
Nivel de agua 4,25 m (N.M.N.) Labio aliviadero	355,25	4,25	24.400	6.052	90.226	84.710
Nivel de agua 4,55 m (N.M.E.)	355,55	4,55	24.866	7.390	97.616	---
Altura total interior balsa 5,25 m (Coronación)	356,25	5,25	25.967	17.790	115.406	---

Se obtiene por consiguiente un vaso con un volumen de 115.406 m^3 y una capacidad máxima en el nivel máximo ordinario de llenado de 90.226 m3. Considerando un volumen mínimo de agua no aprovechable de 5.516 m^3 equivalente a los primeros 30 cm de altura de agua, obtenemos que la balsa diseñada tendrá un **volumen máximo útil de agua de 84.710 m^3,** cumpliendo de esta manera con el volumen mínimo necesario determinado.



1.3. CÁLCULOS DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

El cálculo del movimiento de tierras se ha realizado por el método de diferencia de mallas, utilizando el programa de cálculo Autocad-MDT. Para ello se ha realizado una malla de dimensiones 0,5x0,5m a partir del fichero de superficie generado a partir el levantamiento topográfico realizado sobre el terreno original. Posteriormente y tras la realización del diseño de la balsa se ha realizado una segunda malla sobre el terreno modificado generado por la balsa. En ambas mallas se establece como límite o contorno de la malla la línea de contacto del talud exterior de la balsa sobre el terreno.

A continuación, mostramos los resultados obtenidos del cálculo de movimiento de tierras por diferencia de mallas en los que no se no se considera la tierra vegetal.

Volumen de desmonte:..... 55.123 m^3
Volumen de terraplén: ..... 20.040 m^3
Diferencia: ..... 36.083 m^3
Área de desmonte: ..... 22.030 m^2
Área de terraplén:..... 10.239 m^2
Superficie total ocupada: ..... 32.269 m^2

Sobre los datos anteriores tenemos que deducir la tierra vegetal en la zona de desmonte, cuyo material no podrá ser aprovechado para la construcción del terraplén y que por tanto habrá que deducir del volumen de desmonte obtenido del cálculo y la tierra vegetal existente bajo la superficie de terraplén que deberá ser saneada y por tanto incrementada en el volumen de terraplén obtenido en el cálculo anterior.

Espesor de la capa de tierra vegetal:.....35 cm
Superficie ocupada por la balsa:..... 32.269 m^2
T. vegetal en desmonte (no aprovechable)..... 7.711 m^3
T. vegetal en zona de terraplén (a sanear): ..... 3.584 m^3
Volumen de tierra vegetal:..... 11.294 m^3
Volumen real de desmonte: (55.123-7.711)..... 48.413 m^3
Volumen real de terraplén: (20.040+3.584)..... 23.624 m^3
Diferencia (excedente de tierra inerte)..... 24.789 m^3

1.4. INFORME GEOTÉCNICO. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.

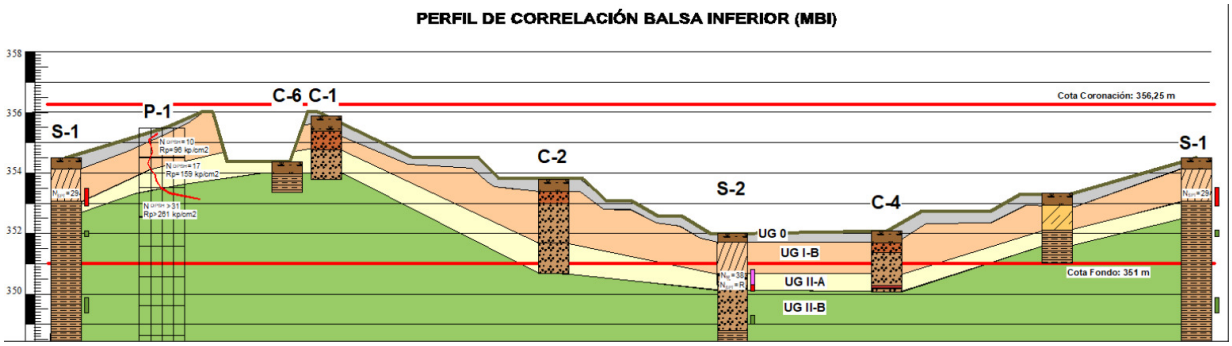
La balsa de captación está proyectada sobre un terreno agrícola abancalado con una pendiente general de este a oeste, pasando de una cota del orden de la 356 a la 352. En el lateral este existe una balsa excavada de unos 2 m de profundidad.

El estudio del terreno ha consistido en el reconocimiento geológico superficial por técnico geólogo y en su caracterización geotécnica basada en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio ejecutados.

Para la caracterización geológica de la balsa se realizaron 2 sondeos, 6 calicatas y un ensayo DPSH

1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Los terrenos sobre los que se emplaza la balsa y sobre los que se va a desarrollar los trabajos de movimiento de tierras para la construcción del vaso se dividen en 3 niveles:



UG-0: Tierra de labor. Presenta un espesor medio de 0,35 m. Carece de interés geotécnico y deberá ser retirada y acopiada para su posterior utilización en la restauración vegetal de los terrenos afectados.

UG-IB: Recubrimiento cuaternario coluvial. Suelo granular fino. Aparece bajo la UG-0 y esta formada por arenas limosas, limos arenosos con gravillas y limos con arcillas. Se extiende hasta profundidades de 1 a 2,1 m (media de 1,4 m). Su espesor varia entre mínimos de 0,6-0,7 m y máximos de 1,7 m (media de 1 m). En la balsa existente este nivel ha sido eliminado.

UG-IIA (Sustrato terciario alterado) y UG-IIB (Sustrato Terciario Sano). Esta constituido por argilitas que se alternan con estatros de areniscas que se disponen en estratos subhorizontales. Aparece a una profundidad de 1 a 1,5 m. En el fondo de la balsa existente aparece a 0,4 m por debajo del relleno de arcillas con cañas. Tiene un espesor de 0,2-0,3 m a 0,7-1m, con un valor medio de 0,6 m.

En ninguna de las prospecciones realizadas se ha detectado nivel de agua hasta la profundidad alcazada.

1.4.2. ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIÓN

Se realiza el análisis con el programa SLIDE v6.0, cuya salida gráfica se incluye en el anejo VII del estudio geotécnico.

Mediante la aplicación del programa indicado se obtiene un factor de seguridad de 2,75 lo que garantiza la estabilidad del talud de excavación.

1.4.3. EXCAVABILIDAD

En la excavación de la balsa se verán afectados todos los niveles geotécnicos identificados. La UG 0 es excavable con medios convencionales y también lo es la UG-IB y la parte alterada del sustrato terciario (IIA). La UG-IIB se cataloga como ripable aunque no es

descartable que de aparecer bancos potentes de areniscas sea necesario el apoyo del martillo picador.

Distribución de terrenos y cálculo de volúmenes en función de su excavabilidad:

- UG-0: Superficie de 32.269 m^2 por un expesor de 0,35 m nos da un volumen de 11.294 m^3 excabables con medios convencionales.
- UG-IB: Tiene un espesor medio de 1m que aplicado sobre la superficie de desmonte (22.030 m^3) nos da un volumen de 22.030 m^3 excavables con medios convencionales.
- UG-IIA: Tiene un espesor medio de 0,6 m que aplicado sobre la superficie de desmonte (22.030 m^3) nos da un volumen de 13.218 m^3 excavables con medios convencionales.
- UG-IIB: Resto de volumen de excavación en desmonte deducida tierra vegetal :13.165 m3 (48.413 m^3 – 22.030 m^3 -13.218 m^3). De este volumen consideramos que un 80% será ripable (10.532 m^3) y el resto podrá requerir de la utilización de martillo picador (2.633 m^3)

1.4.4. APROVECHAMIENTO MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE

De acuerdo con lo indicado por el estudio geotécnico, además de la tierra vegetal que no podrá utilizarse para la construcción del dique, deberá también descartarse la unidad geotécnica UB-IIB dado que esta unidad generará al excavarse un material tipo pedraplén que supondría espesores de tongada excesivos difíciles de compactar adecuadamente.

El resto de materiales de las unidades geotecnicas IB y IIA serán perfectamente aprovechables para la construcción del dique.

De acuerdo con la medición realizada el material aprovechable para la construcción del dique ascenderá a 35.248 m^3, valor superior al necesario para la construcción del dique calculado en 23.634 m^3 por lo que no será necesaria la importación de material de préstamos.

El excedente de volumen de tierra inerte obtenido en la cubicación asciende a 24.789 m3, y estará conformado por la totalidad de la UG-IIB, es decir 13.165 m3 más una parte de la UB-IIA.

1.4.5. FONDO DE BALSA

Según el perfil de correlación elaborado e incluido en el apartado 6.2.2., el fondo de la balsa se dispondría mayoritariamente sobre la UG-IIA o II-B, y minoritariamente, en las zonas más bajas sobre la IB.

La UG-IB no plantea problemas de colapsabilidad ni de hinchamiento. Las unidades UG-IIA y II-B no plantean problemas de colapsabilidad. Los términos arcillosos y argiliticos presentan una baja expansividad que es nula en el caso de las arenas-areniscas.

A la vista de ello **no será necesario tratamiento alguno de saneo**, únicamente en las zonas donde el terreno corresponda con términos de arcillas y argilitas de la UG-II, consideramos necesario realizar un labrado y compactación de los mismos del lado húmedo.

1.4.6. CIMIENTO DEL DIQUE

Según el perfil de correlación, tras la eliminación del suelo vegetal, el apoyo del terraplén de la balsa sería sobre la UG-IB que no plantea problemas de colapsabilidad ni de hinchamiento.

La capacidad soporte del perfil del terreno bajo cimiento es suficiente para las cargas que transmitiría el terraplén.

A la vista de ello **no será necesario aplicar medidas específicas (saneos, etc), únicamente la compactación de la base de apoyo.**

1.4.7. ESTABILIDAD TERRAPLÉN-CIMIENTO

En el análisis de estabilidad del terraplén-cimiento se han calculado los círculos de rotura que pasan por el cimiento y también por el terraplén (salidas gráficas del programa de cálculo SLIDE en el Anejo VII del estudio geoténcico).

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de seguridad mínimos indicados en el "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas" (CEDEX, 2010) y los obtenidos en el cálculo.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD (F.S.)		
Terraplén-cimiento		
Situación	Mínimo requerido	FS calculado
Final construcción	1,2	2,21
Embalse lleno	1,5	2,21
Rotura de lámina	1,3	2,09
Desembalse Rápido	1,1	1,80

Los FS obtenidos cubren holgadamente los requisitos de seguridad.

1.5. CALCULO Y DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA BALSA

1.5.1. OBRA DE ENTRADA

La **entrada de agua a la balsa** se realizará por gravedad, es decir por la parte superior del dique, a través de una tubería de Acero helicosoldado de DN800 que atravesará el cuerpo del dique bajo el camino de coronación y protegida por hormigón HA-25, desembocando en un aliviadero tipo invertido, ubicado en el talud interior y que se encargará de laminar el caudal máximo previsto de entrada de 670 l/s.

Se proyecta un labio de aliviadero de 4 metros obteniéndose una sobreelevación máxima para el caudal máximo previsto de entrada de 670 l/s de 21 cm de acuerdo con la aplicación de la fórmula para calculo de aliviaderos

$$Q = C_0 \cdot L \cdot H_0^{3/2}$$

de donde:
- Q: Caudal máximo a evacuar por el aliviadero.
- C_0: Coeficiente de descarga (Se suele adoptar 1,76).
- H_0: La máxima altura de lámina prevista (0,30 m).
- L: Ancho necesario para la evacuación.

El labio del aliviadero verterá directamente sobre la lámina de polietileno que en esta zona será de doble lámina que irá apoyada sobre una rampa de hormigón armado de 30 cm de espesor y anclada al dique mediante pernos. Esta rampa que tendrá una longitud de 20 metros y una anchura de 4 metros desembocará en un pequeño cuenco amortiguador de recepción proyectado en el fondo de la balsa.

Justo antes de la entrada de agua a la balsa se proyecta una **arqueta de entrada de agua a la balsa donde se dispondrán 2 compuertas murales** que permitirá poder seccionar el aporte de agua a la balsa y derivarlo sobre la actual acequia de riego Z-2.4 que discurre exactamente por este punto, permitiendo de esta forma poder mantener el uso de esta acequia.

1.5.2. TOMA DE FONDO

Se trata de una conducción unidireccional que conecta el fondo de la balsa con el colector de aspiración de la estación de bombeo y en la que únicamente se contempla la extracción de agua de la balsa.

La Toma de fondo estará formado por una tubería de Acero Helicosoldado (S 235 JR), con un diámetro de 1016 mm, espesor de pared de 7,1 mm que unirá la balsa con el colector de aspiración de la EB.

Esta tubería de fondo irá embebida totalmente junto con las tuberías de salida de la red de drenaje en una sección rectangular de dimensiones 1,60 m x 1,90 m de hormigón armado, HA-25/B/20/IIa, según se detalla en el documento PLANOS.

La salida de agua de la balsa se realizará por el fondo a través de un codo de 90º, que conectará con la tubería de fondo y permitirá la salida vertical del agua. En el extremo superior del codo se colocará un filtro colador que evitará que elementos gruesos que existan en la balsa pasen a la red de riego.

Este colador tendrá orificios de 5 mm, y se diseñará tal como se detalle en el documento PLANOS. Además, se dejará una banda de 30 cm entre la solera de la balsa y los agujeros del rayo colador, para disponer de un volumen de almacenamiento de sólidos en el interior de la balsa.

1.5.3. ALIVIADERO

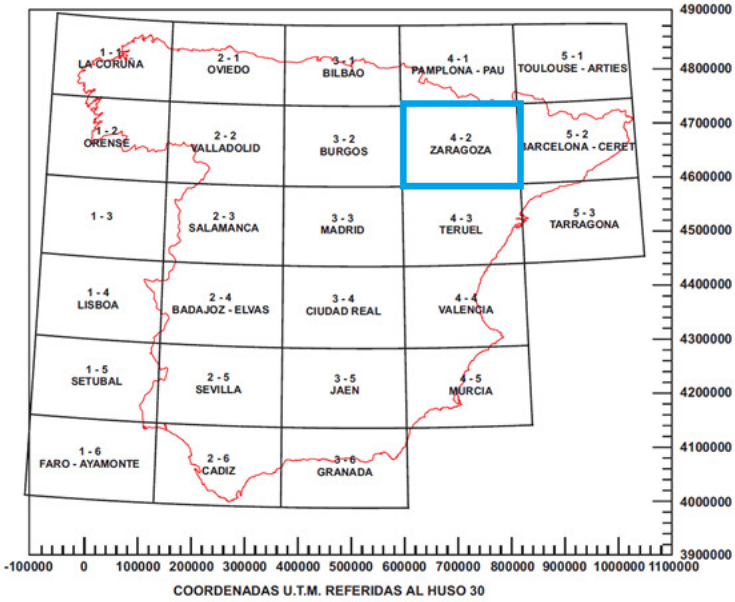
El **aliviadero** se calcula para un **caudal máximo de evacuación de 944 l/s**, resultado de la suma del caudal máximo potencial de entrega de agua desde la captación, 670 l/s, y al caudal generado por la pluviometría máxima calculada sobre la lámina de agua, 274 l/s).

Para el diseño y dimensionado de esta infraestructura se considerará como hipótesis de cálculo aquella en la que la balsa se encuentre a su máxima capacidad, es decir a su nivel máximo normal (NMN) y se esté produciendo el máximo aporte de agua desde la captación, coincidiendo además con que en ese momento se esté produciendo la máxima precipitación diaria para un periodo de retorno de 50 años.

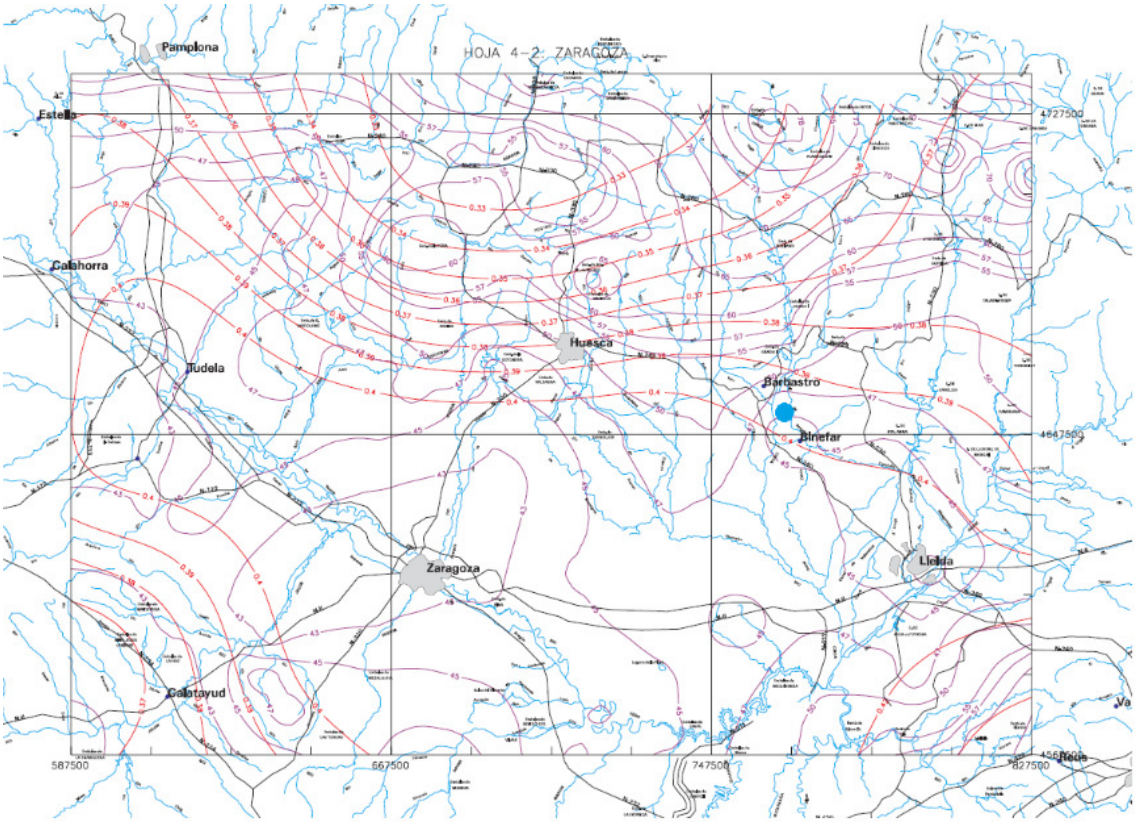
El caudal de diseño máximo para la superficie actual de la comunidad de regantes en el mes de máximo consumo es de 457 l/s (762,3666 ha x 0.6 l/s ha), si bien se diseña del lado de la seguridad para un **caudal máximo de entrada de agua a la balsa de 670 l/s**, coincidente con el caudal máximo potencial de la toma.

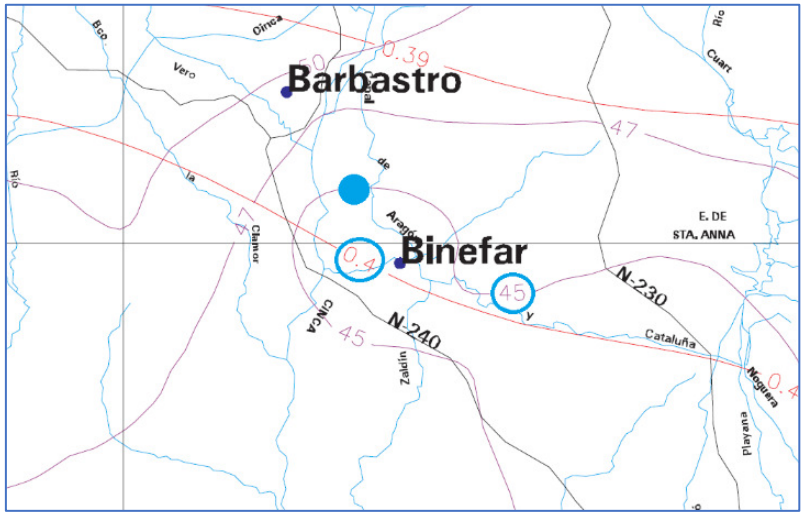
Para el cálculo de la máxima lluvia diaria para un periodo de retorno de 50 años se ha recurrido a la serie monográfica "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" publicada por el Ministerio de Fomento.

La localidad de Monzón se encuentra localizada en la zona "4-2 Zaragoza" del plano-guía.



Localizando el punto geográfico dentro de la Hoja 4-2 Zaragoza, se estima mediante las isolíneas presentadas, un coeficiente de variación Cv de 0,40 y un valor medio de la máxima precipitación diaria Ṗ de 45 mm/día.





Mediante la tabla KT y teniendo en cuenta el periodo de retorno T de 50 años y el valor Cv de 0,40 se obtiene de factor de amplificación YT de 2,113.

	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
C_v	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_t ,de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T, en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Para la obtención de la Precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años, aplicaremos la siguiente formula:

$$X\,t = Yt \bullet \dot{P}$$

Localidad	Ṗ (mm/día)	YT	T (años)	Xt (mm/día)
Monzón	45	2.113	50	95

El resultado es una **precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años de 95 mm/día.**

Si tenemos en cuenta lo indicado en el Manual de "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.

De esta manera obtenemos una **pluviometría máxima a considerar en el cálculo de 38 mm/h**, siendo el caudal total que deberá ser capaz de evacuar el aliviadero el resultado de la superficie máxima interior de la balsa, 25.967 m^2 por la pluviometría máxima, obteniéndose de esta forma un **caudal máximo de 274 l/s.**

El caudal máximo que deberá ser capaz de evacuar el aliviadero será de 944 l/s (670 l/s de caudal de entrada máximo + 274 l/s procedente de la pluviometría máxima)

Partiendo de este caudal determinamos la longitud necesaria del aliviadero para su evacuación considerando una sobrelevación máxima de la lámina de agua de 30 cm.

Calculamos el ancho necesario del aliviadero mediante la fórmula que figura en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*.

$$Q = C_0 \cdot L \cdot H_0^{3/2}$$

de donde:
- *Q*: Caudal máximo a evacuar por el aliviadero.
- C_0: Coeficiente de descarga (Se suele adoptar 1,76).
- H_0: La máxima altura de lámina prevista (0,30 m).
- *L*: Ancho necesario para la evacuación.

Considerando una elevación máxima de la lámina de agua sobre el labio del aliviadero de **30 cm**, la anchura del mismo vendrá dada por la siguiente expresión:

$$0{,}944\, {m^3}/{s} = 1{,}76 \cdot L \cdot (0{,}30m)^{3/2} \Rightarrow L = 3{,}26\, m$$

Coeficiente de seguridad (mayoración de un 5%) = 3,19 x 1,05 = 3,42 m → Se adopta una longitud de aliviadero de 3,50 metros.

obteniéndose para una **sobreelevación máxima de 0,30 m** un **aliviadero de 3,5 m de anchura**, el cual se proyecta en el interior de la balsa y la evacuación del caudal se realizará a la propia acequia de riego Z-2.4 a través de una tubería de PRFV DN800 de 110 m de longitud.

Se proyecta ubicarlo sobre el talud norte de la balsa en la zona más próxima al punto previsto de vertido, en nuestro caso, y ante la ausencia de desagües en la zona de la balsa en la propia acequia de riego Z-2.4.

La conexión entre el aliviadero y el punto de desagüe se realizará mediante una tubería de PE Saneamiento corrugado doble capa SN8 Ø800 de 110 metros de longitud.

Se adoptan unas dimensiones del aliviadero de **3,50 m** de longitud y 0,30 m de altura sobre el labio del aliviadero por lo que el **NAME** quedará definido en la cota **355,55 m,** quedando un **resguardo en la balsa de regulación con respecto al NAME de 0,70 m.**

1.5.4. IMPERMEABILIZACIÓN

- **Lámina de impermeabilización:**

Según se recomienda en el Estudio geotécnico, se prevé necesaria la impermeabilización del vaso de la balsa de regulación. La impermeabilización se realizará mediante lámina de PEAD de 2,0 mm de espesor.

- **Geotextil:**

Para proteger la lámina de PEAD contra el punzonamiento y la abrasión, tanto durante la instalación como después de completada, se situará un geotextil de forma adyacente a la geomembrana, situada entre ésta y el material de soporte que forma el talud de la balsa.

El objetivo del geotextil será la protección permanente de la geomembrana frente a los daños causados por los esfuerzos de los materiales agresivos que están en contacto con ella. Los parámetros requeridos al geotextil son una adecuada resistencia al punzonamiento, espesor, módulo de resistencia de la estructura de fibras y calidad de la fibra.

El geotextil seleccionado presenta las siguientes características:

- Espesor..... 3,0 mm bajo 2 KN/m
- Resistencia a perforación CBR ..... 3.850 N
- Peso / área..... 350 g/m^2

- **Anclajes de la lámina:**

Se prevén anclajes de la lámina tanto en la parte superior como en la parte inferior de los taludes de la balsa.

En la parte inferior se sujetará mediante mangas de PEAD rellenas de material drenante 6/12mm de forma permite a la lámina cierto movimiento debido a las dilataciones del material, a la vez que ejerce una carga suficiente para que la lámina no se vuele estando la balsa vacía

En la parte superior se dispone un anclaje mediante una zanja perimetral en la que irá adosada la lámina. Esta zanja se situará a 50 cm del talud del terraplén interior de la balsa.

Los anclajes de la lámina a las obras de fábrica de hormigón se realizarán mediante la instalación de doble lámina de PEAD y pletina metálica de 10 cm de anchura y un espesor de 6 mm.

1.5.5. DRENAJE

Se dispone una red de drenaje con el fin de controlar y localizar las posibles fugas provenientes de la impermeabilización de la balsa. Se ejecutará con tubería perforada de PVC de doble pared SN 4 KN/m^2 con ranurado en un arco de 220º. La red de drenaje se dispondrá a modo de espina de pescado con ramales de ϕ110mm y colectores centrales y perimetrales de ϕ160mm. Se dispondrán en una zanja de sección 0,60m x 0,60m rellena con material granular 6/20 mm. Este material irá recubierto por una lámina de geotextil de 350 g/m^2.

La red de drenaje se sectorizará en 4 sectores independientes, tal como se refleja en el documentos PLANOS. De éstos, dos serán drenes perimetrales y los otros dos drenes centrales de fondo de balsa.

La salida al exterior se realiza mediante cuatro tuberías independientes de PVC ϕ160 PN10, embebidas en la sección de hormigón que protege a la tubería de entrada-salida de agua a la balsa.

Los drenes de la balsa desembocarán en una arqueta de registro situada a pie de balsa.

1.5.6. CAMINO DE ACCESO

El acceso a la balsa se realiza a través del camino municipal conocido como camino del valle de Tamarite, a la altura del cruce de dicho camino con el camino de servicio del Canal de Zaidín. El punto concreto de acceso a la balsa se ubicará junto a la arqueta aliviadero de la obra de entrada de la tubería de captación en la balsa.

Debido al buen estado del acceso no se contempla ninguna actuación sobre el mismo.

1.5.7. CAMINO DE CORONACIÓN

La **anchura de coronación**, es decir, la distancia entre las aristas superiores de los taludes, servirá como camino de servicio. Para fijar su dimensión mínima se ha empleado la fórmula descrita en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*:

$$C = \frac{H}{5} + 3$$

Donde C y H son, respectivamente, el ancho de la coronación y la altura de la balsa, ambas expresadas en metros. Se aconseja que en ningún caso C sea inferior que 4 m:

$$C = \frac{5{,}25}{5} + 3 = 4{,}05\ m$$

Se adopta una anchura de coronación para la balsa de **4,5 m**.

Se proyecta un camino perimetral en la coronación de la balsa de 4,5 m de ancho, sobre la que se colocará una capa de 15 cm de espesor de zahorra natural, con una pendiente hacia el exterior de la balsa del 2%, para evitar arrastres de materiales al interior del embalse y para proteger el anclaje de la lámina de las aguas de lluvia.

1.5.8. VALLADO PERIMETRAL

Se dispone de un vallado perimetral **por el pie del talud exterior de la balsa** de regulación. El vallado formará parte también del cerramiento del parque solar y estación de bombeo. Este vallado estará formado por malla de simple torsión con postes de acero galvanizado cada 3,0 metros. Los postes irán embebidos en un dado de hormigón de 0,50 m x 0,50 metros.

Además, se proyecta una puerta de 5 metros de anchura ubicada en el punto de acceso descrito y ejecutada en dos hojas de 2,50 metros, también de malla de simple torsión con estructura de tubo hueco cuadrado de acero 120x120x5 mm.

1.5.9. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL

Se proyectan varios elementos de seguridad en la balsa:

- Transductor de presión a la salida de la balsa capaz de detectar la altura de agua en la balsa.
- Válvula de mariposa de DN1000 con desmultiplicador, para el cierre manual de la salida de agua de la balsa
- Sistema de detección de fugas de la lámina de PEAD mediante red de drenaje.
- 4 flotadores.

1.6. CALCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Se incorpora en el Anejo nº7.- Estudio Geotécnico

1.7. CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE LA BALSA

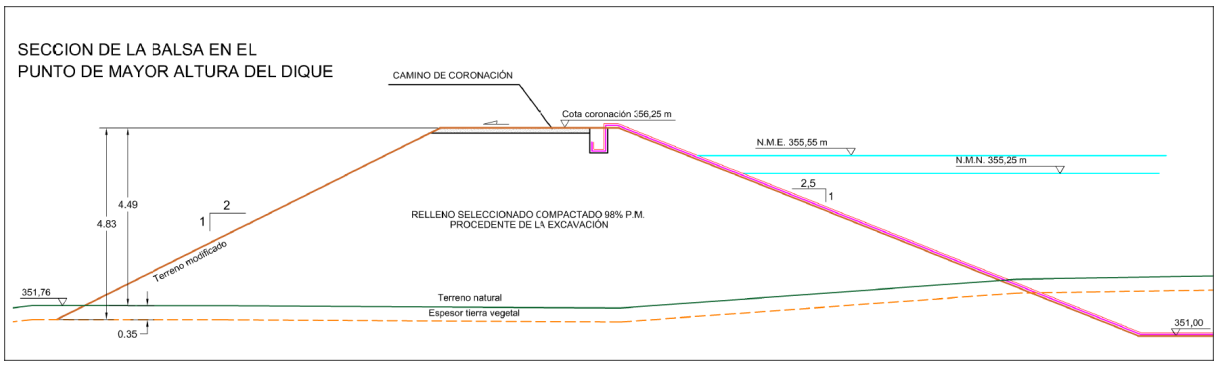
Se adjunta en siguiente cuadro las principales características de la balsa de acuerdo con el diseño proyectado:

Tipología de la balsa	Materiales sueltos con geomembrana
Taludes	Interior 2,5H:1V Exterior 2H:1V
Cota coronación	356,25 m.s.n.m.
Cota aliviadero	355,25 m.s.n.m.
Resguardo respecto a la coronación	1 m desde el N.M.N. y 0,70 desde el N.M.E.
Cota solera mínima	351,00 m.s.n.m.
Cota mínima terraplén exterior	351,75 m.s.n.m.
Perímetro de la arista interior de coronación	635 m
Nivel máximo normal de embalse (N.M.N.)	355,25 m.s.n.m.
Volumen útil de agua embalsada	**84.710 m^3**
Volumen a nivel máximo Normal (N.M.N.)	90.226 m^3
Volumen a cota de coronación	115.406 m^3
Superficie lámina de agua a cota de coronación	25.967 m^2
Superficie de fondo de la balsa	18.179 m^2
Superficie lámina de agua a N.M.N.	24.400 m^2
Altura de agua embalsada	4,25 m
Altura interior de balsa (356,25-351,0):	5,25 m
Altura de balsa (H): Diferencia de cota entre el punto más bajo de la cimentación del talud exterior del dique de cierre y el punto más alto de la estructura resistente.	4,83 m

1.8. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

La balsa tiene una altura máxima del dique a cimentación inferior a 5 metros y una capacidad inferior a 100.00 m^3 por lo que no se encuentra sujeta a clasificación de acuerdo con la normativa vigente.

En la siguiente imagen se muestra la sección del dique de la balsa en la zona de mayor altura de dique.



2. BALSA ELEVADA

2.1. JUSTIFICACIÓN DE LA BALSA ELEVADA

La construcción de la balsa elevada se justifica en base a las siguientes necesidades:

- La solución adoptada en el presente proyecto basada en el suministro de agua a presión a partir del suministro energético exclusivo procedente de una planta solar fotovoltaica requiere necesariamente de la construcción de una balsa elevada donde poder almacenar el agua bombeada durante las horas de insolación y poder garantizar un suministro continuo a los usuarios de la red durante todo el día.
- Por otro lado, requiere del almacenaje de una reserva mínima suficiente que permita garantizar el suministro de agua de riego durante los periodos de baja insolación donde la demanda hídrica de la red de riego supere a la capacidad de elevación de agua del bombeo solar.

2.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD NECESARIA

En el cálculo justificado del **volumen** mínimo útil necesario para la balsa de captación se han tenido en cuenta las siguientes premisas y condicionantes.

- **Regulación bombeo:** Se ha considerado valido el mismo cálculo realizado para la balsa de captación en el que se obtendría una gráfica inversa a la obtenida para esta. En el cálculo se consideraría un consumo constante equivalente a la media horaria de las necesidades máximas diarias y que coincidiría por lo tanto con el caudal de aportación de agua desde el canal. Según se ha calculado en el apartado de la balsa de captación el volumen necesario para esta regulación del bombeo alcanzaría los **21.057 m^3.** En el caso de la balsa elevada este parámetro no tendría tanta importancia como en la balsa de captación ya que en el caso de la balsa elevada debería tratar de tenerse siempre a la máxima capacidad posible.
- **Reserva mínima que garantice el suministro de agua ante un déficit de producción energética por baja insolación.** Durante los periodos de baja insolación, bien por el paso de nubes o porque el cielo se encuentre totalmente cubierto se producirá un déficit importante de suministro energético. Aun en periodos de alta nubosidad la planta fotovoltaica podrá seguir operando aunque a un régimen muy inferior y que se ha estimado en torno a un 25 % de su capacidad máxima. Obtenemos de esta forma un déficit de agua diaria de

29.640 m^3. Si **se garantiza un máximo de 3 días de baja insolación** obtenemos que **la reserva mínima de agua** que necesitamos ascenderá a **88.920 m^3.**

2.1.1. JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO ELEGIDO PARA LA BALSA

El objetivo es la búsqueda de terrenos lo más próximos a la zona regable posible y ubicados a una altura suficiente que garanticen la posibilidad de suministrar agua a la presión necesaria para el correcto funcionamiento de las redes de toda la superficie regable. El éxito de la solución de suministro exclusivo de energía mediante parque solar fotovoltaico pasa por la posibilidad de ejecutar la balsa elevada a la altura necesaria.

La única localización posible para la balsa elevada con espacio suficiente para albergar una balsa de las características necesarias en cuanto a proximidad, volumen y altura se encuentra en el altiplano de la denominada "Sierra de San Quilez" donde se alcanzan altitudes máximas comprendidas entre las cotas 415 y 420, suficientes para dominar por presión natural a la totalidad de la superficie regable de la C.R.

El **emplazamiento seleccionado para la balsa elevada se situaría entre las parcelas catastrales de secano 3 y 4 del polígono 34 del T.M. de Binaced**, ubicados a unos 4 km al sur del centro de la zona regable de la Comunidad de Regantes.

Concretamente el centro de la balsa se situaría en la hoja 1:50.000, 326-Monzón, cuyas coordenadas en el sistema de referencia geodésico UTM ETRS-89 Huso 31 son:

X = 271.868; Y = 4.637.558

La superficie exacta ocupada por la balsa es de 36.725 m^2, mientras que la superficie realmente afectada por su construcción ascenderá hasta los 43.107 m^2, si contabilizamos las franjas de terreno y esquinas marginales generadas no aprovechables desde un punto de vista agronómico.

En la determinación del emplazamiento finalmente adoptado para la balsa se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

1. **Proximidad a la balsa de pie de Canal y a la zona de consumo de agua.**
2. **Disponibilidad de parcelas contiguas con una extensión suficiente** para garantizar la construcción de una balsa de la capacidad necesaria.

3. Terreno con una **orografía adecuada** y con presencia de **materiales de características a priori apropiados** para la construcción de una balsa de materiales sueltos compactados.
4. **Minimización de los potenciales riesgos para vidas humanas e infraestructuras de interés general en caso de rotura del dique.**
5. **Accesibilidad**
6. **Minimización del impacto visual.**

2.2. PARAMETROS DE DISEÑO Y CAPACIDAD DE LA BALSA

2.2.1. DISEÑO OPTIMO POR COMPENSACIÓN DE TERRENOS

Se diseña una balsa semiexcavada en el terreno en el emplazamiento adecuado, de planta poligonal ajustada a los límites de las parcelas que ocupa y respetando las distancias de servidumbres a caminos municipales colindantes.

En cuanto a las alturas y cotas de diseño de diseño de la balsa se han realizado sucesivos tanteos hasta conseguir un **movimiento de tierras equilibrado** y totalmente compensado entre los volúmenes de desmonte y terraplén, con el objeto de evitar la necesidad de importar tierra de préstamos ni generar excedentes de tierra en su construcción.

En su diseño se ha tenido en cuenta como un condicionante adicional las cotas del terreno del trazado previsto de la tubería de impulsión de la balsa, dado que atraviesa terrenos ubicados a mayor cota que las parcelas donde se proyecta la balsa, de tal forma que se ha tratado de diseñar el fondo de la balsa a la mayor cota posible para reducir en la medida de lo posible la profundidad de la zanja de la tubería de impulsión cuya rasante deberá proyectarse por debajo de la cota de fondo de la balsa.

Partiendo de estas premisas y condicionantes obtenemos que la cota optima de coronación se situaría a la cota 418,75 m.s.n.m, mientras que el fondo de la balsa se diseña a la cota 413,75 m.s.n.m,

La combinación entre profundidad y forma permite además minimizar la superficie de lámina de impermeabilización contribuyendo a minimizar su coste de ejecución.

Por otro lado, en su diseño se ha tenido en cuenta las características de las parcelas catastrales sobre la que se emplaza en cuanto a su forma y extensión tratado de **ajustar al máximo la geometría de la balsa a los límites de las parcelas y caminos colindantes** con el objetivo de minimizar la generación de áreas marginales en la parcela no aprovechables y tratando de minimizar el demerito de la parte de las parcelas no ocupada.

2.2.2. RESGUARDO

El resguardo o distancia vertical entre el máximo nivel de agua y la coronación de la balsa, tiene como misión defender la coronación de la presa de ser afectada por el oleaje. Así pues, su dimensión viene determinada por la altura del oleaje producida por el viento en la lámina de agua embalsada. Para evaluar la altura de las olas, se hace servir la fórmula de Iribarren que figura en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*:

$$h = 0{,}6 \cdot L^{0{,}25}$$

Siendo "*L*", la longitud máxima de la balsa expresada en Km, y *h* la altura del resguardo en m.

Se ha comprobado que los rociones del oleaje al romper contra las paredes alcanzan una altura del orden de una vez y media la altura teórica, por lo que, para fijar el resguardo, se suele incrementar "*h*" en un 50%:

$$h_r = 1{,}5 \cdot h$$

$$h = 1{,}50 \text{ x } (0{,}60 \text{ x } 0{,}266^{0{,}25}) = 0{,}646 \text{ m}$$

Se ha adoptado un **resguardo de 1 metro** (sobre el nivel máximo normal N.M.N.) que cubre el nivel máximo ordinario o normal y extraordinario que puede producirse en el momento de rebosamiento del aliviadero.

2.2.3. ANCHURA DE CORONACIÓN

La **anchura de coronación**, es decir, la distancia entre las aristas superiores de los taludes, servirá como camino de servicio. Para fijar su dimensión mínima se ha empleado la fórmula descrita en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*:

$$C = \frac{H}{5} + 3$$

Donde *C* y *H* son, respectivamente, el ancho de la coronación y la altura de la balsa, ambas expresadas en metros. Se aconseja que en ningún caso *C* sea inferior que 4 m:

$$C = \frac{5{,}5}{5} + 3 = 4{,}1\ m$$

Se adopta una anchura de coronación para la balsa de **4,5 m**.

Se proyecta un camino perimetral en la coronación de la balsa de 4,5 m de ancho, sobre la que se colocará una base de material granular de 1" de 15 cm sobre otra de 10 cm de 2", con una pendiente hacia el exterior de la balsa del 2%, para evitar arrastres de materiales al interior del embalse y para proteger el anclaje de la lámina de las aguas de lluvia.

2.2.4. ALTURA DE BALSA. NIVELES MAXIMOS NORMAL Y EXTRAORDINARIO

Nivel Máximo Normal (N.M.N.):

Se denomina Nivel de Almacenamiento Máximo Normal (N.M.N.), al volumen de almacenamiento comprendido entre la cota de fondo de la balsa y el labio de vertido del aliviadero.

Realizado el cálculo del resguardo, para el que se ha obtenido una altura de 1 m sobre N.M.N., se obtiene como altura de almacenamiento 4 m, con lo que la cota de vertido del labio del aliviadero, considerando que el fondo de la balsa se situará a la cota 413,75 m, se diseñará a la cota **417,75 m**.

Nivel Máximo Extraordinario (N.M.E.)

Se denomina Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario (N.M.E.), al volumen de almacenamiento comprendido entre la cota de fondo de la balsa y la altura máxima de vertido sobre el labio del aliviadero.

Teniendo en cuenta que el aliviadero se ha diseñado para garantizar la evacuación del caudal máximo de llenado de balsa con una sobreelevación máxima del nivel de agua en 30 cm el **nivel máximo extraordinario se situará en la cota 418,05 m.s.n.m.**

2.2.5. VOLUMEN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA EMBALSADA

Para el cálculo de los **volúmenes geométricos** (V_G) de la balsa, se ha utilizado la fórmula genérica de cálculo de volúmenes de troncos de polígonos, a partir de las superficies de las bases y su altura:

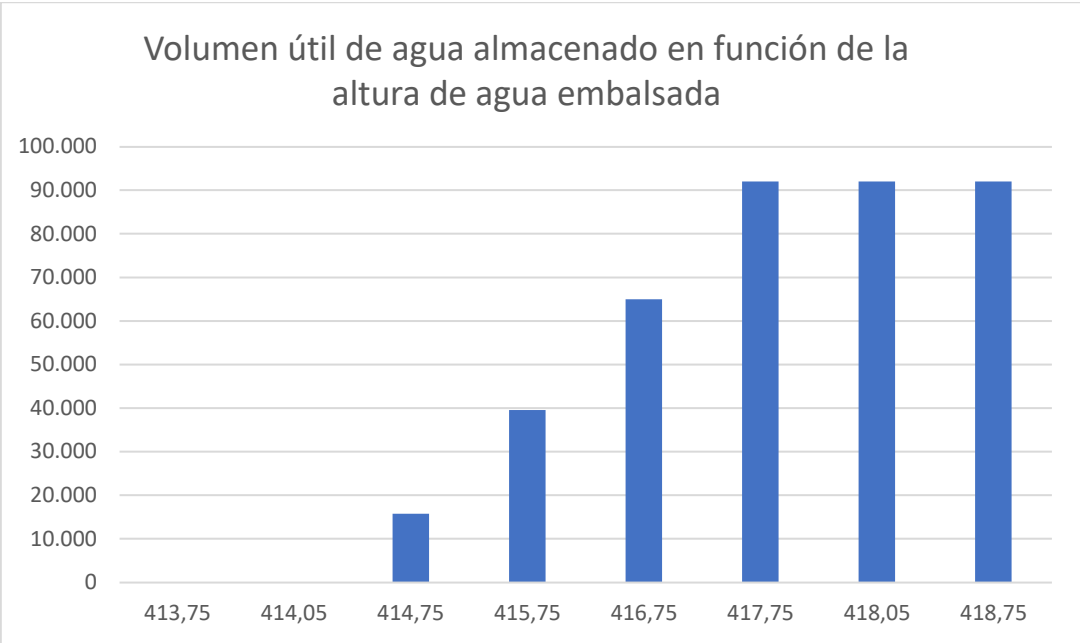
$$V_G = \frac{H\left[S_1 + S_2 + (S_1 \cdot S_2)^{\frac{1}{2}}\right]}{3}$$

Siendo:
- H: altura de agua embalsada (m).
- S_1: superficie de coronación en m^2.
- S_2: superficie del fondo de la balsa en m^2.

En la tabla siguiente se representa el volumen acumulado en la balsa para las diferentes alturas de lámina de agua en la misma, como resultado de la aplicación de la fórmula anterior.

	Cota (m)	Altura agua embalsada (m)	Superficie lámina de agua (m^2)	Volumen parcial (m^3)	Volumen acumulado (m^3)	Volumen útil acumulado (m^3)
Nivel de agua 0 m (Fondo balsa)	413,75	0,0	21.487	--	0	--
Nivel de agua 0,3 m (Toma de fondo)	414,05	0,3	21.994	6.522	6.522	0
Nivel de agua 1 m	414,75	1,0	23.025	15.755	22.277	15.755
Nivel de agua 2 m	415,75	2,0	24.602	23.809	46.086	39.564
Nivel de agua 3 m	416,75	3,0	26.218	25.406	71.492	64.970
Nivel de agua 4 m. (N.M.N.) Labio aliviadero	417,75	4,0	27.874	27.042	98.534	92.012
Nivel de agua 4,3 m (N.M.E.)	418,05	4,3	28.379	8.438	106.972	92.012
Altura total interior balsa 5 m (Coronación)	418,75	5,0	29.570	20.281	127.252	92.012

Se obtiene por consiguiente un vaso con un volumen de 127.252 m^3 y una capacidad máxima en el nivel máximo ordinario de llenado de 98.534 m^3. Considerando un volumen mínimo de agua no aprovechable de 6.522 m^3 equivalente a los primeros 30 cm de altura de agua, obtenemos que la balsa diseñada tendrá un **volumen máximo útil de agua de 92.012 m^3,** lo que **garantizaría la disponibilidad de una reserva de agua equivalente a al menos 3 días de baja insolación en el periodo de máxima demanda.**



2.3. CÁLCULOS DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

El cálculo del movimiento de tierras se ha realizado por el método de diferencia de mallas, utilizando el programa de cálculo Autocad-MDT. Para ello se ha realizado una malla de dimensiones 0,5x0,5m a partir del fichero de superficie generado a partir el levantamiento topográfico realizado sobre el terreno original. Posteriormente y tras la realización del diseño de la balsa se ha realizado una segunda malla sobre el terreno modificado generado por la balsa. En ambas mallas se establece como límite o contorno de la malla la línea de contacto del talud exterior de la balsa sobre el terreno.

A continuación, mostramos los resultados obtenidos del cálculo de movimiento de tierras por diferencia de mallas en los que no se no se considera la tierra vegetal.

Volumen de desmonte:..... 48.991 m^3
Volumen de terraplén: ..... 22.820 m^3
Diferencia: ..... 26.171 m^3
Área de desmonte: ..... 24.796 m^2
Área de terraplén:..... 11.929 m^2
Superficie total ocupada: ..... 36.725 m^2

Sobre los datos anteriores tenemos que deducir la tierra vegetal en la zona de desmonte, cuyo material no podrá ser aprovechado para la construcción del terraplén y que por tanto habrá que deducir del volumen de desmonte obtenido del cálculo y la tierra vegetal existente bajo la superficie de terraplén que deberá ser saneada y por tanto incrementada en el volumen de terraplén obtenido en el cálculo anterior.

Espesor de la capa de tierra vegetal:.....40 cm
Superficie ocupada por la balsa:..... 36.725 m^2
T. vegetal en desmonte (no aprovechable)..... 9.918 m^3
T. vegetal en zona de terraplén (a sanear): ..... 4.772 m^3
Volumen de tierra vegetal:..... 14.690 m^3
Volumen real de desmonte: (48.991-9.918)..... 39.073 m^3
Volumen real de terraplén: (22.820+4.772)..... 27.592 m^3
Diferencia (excedente de tierra inerte)..... 11.481 m^3

2.4. INFORME GEOTÉCNICO. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

2.4.1. TERRENOS

De acuerdo con lo indicado en el estudio geotécnico los terrenos sobre los que se emplaza la balsa están formados por los siguientes estratos de acuerdo con la información del estudio

UG 0: Tierra de labor: Presenta un espesor medio de 0,40 m. Carece de interés geotécnico y deberá ser retirada.

UG IA: Recubrimiento cuaternario de terraza. Costra carbonatada: Aparecen a una profundidad media de 0,40 m por debajo de la UG 0. Se encuentra constituida por unas arenas con gravillas variablemente cementadas por carbonatos, constituyendo una costra carbonatada blanquecina - marrón blanquecina. Esta cementación, caso de la calicata C-4, es muy intensa y determina un nivel de conglomerado. Presenta un espesor de 0,9 a 1,4 m (espesor medio de 1,2 m). Alcanzando profundidades de 1,4 a 1,9 m..

UG IB: Recubrimiento cuaternario de terraza. Suelo granular fino. Están formados por arenas finas limosas a arcillosas marrón ocres y densas. Aparecen como intercalaciones dentro de la UG-IC (caso del MBS-S1) o a techo de la misma (caso de MBI-C1 y C2) también se interpreta su presencia a techo en el MBS-S1. Su espesor es de 0,7 a 0,9 m.

UG IC: Recubrimiento cuaternario de terraza. Suelo granular grueso. Aparece, tanto por debajo de la UG I-A como por debajo de la I-B o directamente bajo la tierra de labor (UG-0). Está constituida por gravas heterométricas, subredondeadas a subangulosas, con matriz arenosa marrón ocre, presentando algún canto y bloque calizo. Se ha reconocido la presencia de tapizados carbonatados en superficies de los cantos y encostramientos localizados de las gravas.

2.4.2. EXCAVABILIDAD

En la excavación de la balsa se verán afectados todos los niveles geotécnicos identificados.

La UG 0 es excavable con medios convencionales y también lo es la UG-IB y IC.

La costra carbonatada UG-IA es excavable con medios potentes a ripable, no descartándose que en las zonas más cementadas pueda ser necesario el uso puntual del martillo picador.

El sustrato ripable tiene un espesor medio de 1,2 metros. Teniendo en cuenta que la superficie de desmonte de la balsa es de 24.796 m^2 obtenemos que el volumen de tierra ripable ascenderá a 29.755 m^3 mientras que el resto del volumen excavación en desmonte, es decir, 9.318 m3 (39.073 m^3 – 24.796 m^3) será terreno normal.

2.4.3. APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES DE EXCAVACIÓN

La tierra de labor (UG-0) deberá retirarse y acopiarse para usos posteriores de revegetación de taludes o nivelaciones agrícolas.

UG IA. La excavación de este terreno va a generar desde un todo-uno a una grava limosa-arenosa, pudiendo incluso obtenerse un material tipo pedraplén en las zonas más cementadas.

Para el dique se debe descartar el aprovechamiento de granulometrías de pedraplén ya que supondría espesores de tongada excesivos, difíciles de compactar adecuadamente.

En este sentido para su aprovechamiento en los diques, es crucial que el sistema de excavación y puesta en obra, garantice la máxima fragmentación de los términos cementados, de forma que pueda obtenerse una granulometría tipo todo-uno (PG-3) o bien tipo grava y que según PG3 se catalogaría (por granulometría y plasticidad) como un suelo seleccionado.

El todo-uno y grava obtenidos de la excavación por efecto de la compactación, puede modificar su granulometría dependiendo de su grado de encostramiento, ya que los fragmentos de costra menos cementados son disgregables y fragmentables con facilidad por los medios de compactación. Por dicho motivo el todo-uno y/o grava extraído, puede pasar a un suelo arenoso, con características propias de suelos adecuados a tolerables.

- UG-IB. Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.3.4. se catalogaría como un suelo tolerable y aplicable en los diques sin especiales limitaciones.

- UG-IC. Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.4.4. se catalogaría como un suelo seleccionado a adecuado y aplicable en los diques sin especiales limitaciones.

Para la construcción del dique se aprovecharán todo el volumen extraído de las unidades geotécnicas IB y IC, es decir 9.318 m^3 y el resto hasta los 27.592 m^3, es decir 18.274 m3 necesarios para el terraplén serán terrenos seleccionados de la UG IA, representando en torno al 60% de todo este material. El resto, 11.481 m^3 será material de desecho a transportar al lugar previsto para su vertido.

2.4.4. FONDO DE BALSA

Según el perfil de correlación elaborado e incluido en el apartado 6.1.2., el fondo de la balsa estaría en cualquiera de las tres unidades que conforman el recubrimiento cuaternario de terraza, IA, IB o IC.

Ninguna de estas unidades, presenta problemas de colapsabilidad, ni hinchamiento y ni de capacidad soporte por lo que no será necesario tratamiento alguno de saneo.

En las zonas, donde el fondo de la balsa se disponga en las gravas de la UG-IC, dada la granulometría de este terreno la superficie de excavación obtenida sería rugosa por lo que dificultaría la adecuada colocación de la lámina impermeabilizante y además podría suponer un riesgo potencial de punzonamiento.

No es descartable también que la excavación de la UG-IA genere una superficie irregular.

A este respecto consideramos que si tras la compactación, existen zonas donde la superficie obtenida fuera irregular sería necesario refinos de las mismas mediante la disposición de suelos finos.

Este mismo tratamiento sería necesario en los taludes interiores.

2.4.5. CIMIENTO DEL DIQUE

Según el perfil de correlación, **tras la eliminación del suelo vegetal, el apoyo del terraplén de la balsa sería sobre la UG-IA que tiene una buena capacidad portante y no plantea problemas de colapsabilidad ni de hinchamiento, por lo que no será necesario aplicar medidas específicas (saneos, etc),** únicamente la conveniente regularización de la superficie de apoyo y su compactación en las zonas donde la excavación haya alterado el terreno.

La situación más desfavorable de apoyo del dique sería la del entorno del sondeo MBS-S2, a saber:

. Terraplén de 4,8 m de altura (tras eliminación del suelo vegetal) construido con los materiales procedentes de la excavación. A los efectos y dada la heterogeneidad de los que se obtendrían, se han considerado los valores más desfavorables,

. Por debajo, aparecería la UG-IA con un espesor de 1,3 m y tras la misma directamente las gravas de la UG-IC

. Sin nivel de agua

Se ha analizado el asiento elástico para las condiciones más desfavorables mediante el programa Settle3d v2.0, cuya salida gráfica se incluye en el anejo VII, y que refleja un asiento de 3,3 cm a priori asumible por una estructura flexible como es un terraplén de tierras.

2.4.6. ESTABILIDAD DE TALUDES Y CIMENTACIÓN

En el análisis de estabilidad del terraplén-cimiento se han calculado los círculos de rotura que pasan por el cimiento y también por el terraplén (salidas gráficas del programa de cálculo SLIDE en el Anejo VII).

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de seguridad mínimos indicados en el "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas" (CEDEX, 2010) y los obtenidos en el cálculo.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD (F.S.)		
Terraplén-cimiento		
Situación	Mínimo requerido	FS calculado
Final construcción	1,2	2,28
Embalse lleno	1,5	2,26
Rotura de lámina	1,3	2,10
Desembalse Rápido	1,1	1,99

Los FS obtenidos cubren holgadamente los requisitos de seguridad.

Dado que la aceleración sísmica básica asignada a los términos municipales de Monzón y Binefar, en los que se enclava la zona de actuación, es inferior a 0,04g y de acuerdo al "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas" (CEDEX, 2010), no se hace necesario el análisis de estabilidad a embalse lleno en situación de sismo.

En cualquier caso, de acuerdo a los ábacos de dimensionamiento incluidos en el citado manual, para la altura del dique máxima (de 5,0 m) y un terraplén compuesto principalmente por gravas, las inclinaciones proyectadas son más tendidas que la establecida como máxima en dichos ábacos para diferentes situaciones de sismo, por lo que aunque no es necesario el análisis de estabilidad frente al sismo, de acuerdo a dichos ábacos también estaría garantizado el cumplimiento del FS frente a esta situación.

2.5. CALCULO Y DESCRIPICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA BALSA

2.5.1. OBRA DE ENTRADA

La entrada de agua a la balsa se realizará, a través de la propia toma de fondo de la balsa, la cual actuará de manera reversible.

2.5.2. TOMA DE FONDO

Se trata de una conducción que actuará de manera reversible permitiendo tanto el vaciado y suministro de agua a la red de riego como el llenado a través del sistema de elevación de agua desde la tubería de impulsión.

La Toma de fondo estará formada por una tubería de acero helicosoldado (S 235 JR), con un diámetro de 1016 mm, espesor de pared de 7,1 mm que conectará la tubería de impulsión con el fondo de la balsa.

Esta tubería de fondo irá embebida totalmente en una sección rectangular de dimensiones 1,60 m x 1,60 m de hormigón armado, HA-25/B/20/IIa, según se detalla en el documento PLANOS.

La entrada a la balsa se realizará por el fondo a través de un codo de 90º, que conectará con la tubería de fondo y permitirá la entrada y salida vertical del agua. En el extremo superior del codo se colocará un filtro colador que evitará que elementos gruesos que existan en la balsa pasen a la red de riego.

Este colador tendrá orificios de 5 mm, y se diseñará tal como se detalle en el documento PLANOS. Además, se dejará una banda de 30 cm entre la solera de la balsa y los agujeros del rayo colador, para disponer de un volumen de almacenamiento de sólidos en el interior de la balsa.

2.5.3. ALIVIADERO

Como emplazamiento para el aliviadero de la balsa se elige el extremo noroeste de la misma por ser el más próximo al lugar de desagüe del aliviadero y además es el emplazamiento donde menor altura de terraplén existe, lo que facilita la obra de evacuación del mismo.

Para ello se construirá sobre el dique de terraplén de la balsa un cajero y muro aliviadero de obra de fábrica de hormigón armado mediante muros y solera de 25 cm de espesor de HA-25/P/20/IIa con armadura #15x15 ∅ 8mm B-500-S con un recubrimiento mínimo de 4cm. Para ello se excavará en la parte superior del talud de aguas arriba una

sección de 5 m de anchura y 2,35 m de profundidad, ejecutándose las obras de fábrica descritas, según se detalla en los planos.

Para el diseño y dimensionado de esta infraestructura se considerará como hipótesis de cálculo el valor máximo obtenido de entre los caudales calculados de impulsión o el proveniente de la precipitación máxima. No se ha considerado la hipótesis de coincidencia de ambos valores dado que ante un fenómeno de pluviometría máxima la estación de bombeo cuyo suministro energético es 100% solar no operará.

El caudal máximo de entrada a la balsa procedente del bombeo de impulsión será, según se ha determinado en el anejo del cálculo del bombeo de 1.200 l/s, mientras que el caudal máximo de evacuación de la balsa por pluviometría máxima será de 312 l/s (38 mm/h de pluviometría máxima, de acuerdo con los cálculos realizados en el apartado 1.2.5, en una superficie de 29.569 m^2), por lo que se adopta como caudal para el diseño del aliviadero el de impulsión.

Partiendo de este caudal determinamos la longitud necesaria del aliviadero para su evacuación considerando una sobrelevación máxima de la lámina de agua de 30 cm.

Calculamos el ancho necesario del aliviadero mediante la fórmula que figura en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*.

$$Q = C_0 \cdot L \cdot H_0^{3/2}$$

de donde:
- Q: Caudal máximo a evacuar por el aliviadero.
- C_0: Coeficiente de descarga (Se suele adoptar 1,76).
- H_0: La máxima altura de lámina prevista (0,30 m).
- L: Ancho necesario para la evacuación.

Considerando una elevación máxima de la lámina de agua sobre el labio del aliviadero de **30 cm**, la anchura del mismo vendrá dada por la siguiente expresión:

$$1{,}200\, {m^3}/{s} = 1{,}76 \cdot L \cdot (0{,}30m)^{3/2} \Rightarrow L = 4{,}14\, m$$

Coeficiente de seguridad (mayoración de un 10%) = 4,14 x 1,10 = 4,56 m → Se adopta una longitud de aliviadero de 5 metros.

Dimensionamos una pared aliviadero de 1,25 m de altura situándose el labio del aliviadero a la cota 417,75.

Se adoptan unas dimensiones del aliviadero de **5,00 m** de longitud y 0,30 m de altura sobre el labio del aliviadero por lo que el **NAME** quedará definido en la cota **418,05 m,** quedando un **resguardo en la balsa de regulación con respecto al NAME de 0,70 m.**

2.5.4. IMPERMEABILIZACIÓN

- **Lámina de impermeabilización:**

Según se recomienda en el Estudio geotécnico, se prevé necesaria la impermeabilización del vaso de la balsa de regulación. La impermeabilización se realizará mediante lámina de PEAD de 2,0 mm de espesor.

- **Geotextil:**

Para proteger la lámina de PEAD contra el punzonamiento y la abrasión, tanto durante la instalación como después de completada, se situará un geotextil de forma adyacente a la geomembrana, situada entre ésta y el material de soporte que forma el talud de la balsa.

El objetivo del geotextil será la protección permanente de la geomembrana frente a los daños causados por los esfuerzos de los materiales agresivos que están en contacto con ella. Los parámetros requeridos al geotextil son una adecuada resistencia al punzonamiento, espesor, módulo de resistencia de la estructura de fibras y calidad de la fibra.

El geotextil seleccionado presenta las siguientes características:

- Espesor..... 3,0 mm bajo 2 KN/m
- Resistencia a perforación CBR ..... 3.850 N
- Peso / área..... 350 g/m^2

- **Anclajes de la lámina:**

Se prevén anclajes de la lámina tanto en la parte superior como en la parte inferior de los taludes de la balsa.

Se prevén anclajes de la lámina tanto en la parte superior como en la parte inferior de los taludes de la balsa. En la parte inferior se sujetará mediante mangas de PEAD rellenas de material drenante 6/12mm de forma permite a la lámina cierto movimiento debido a las dilataciones del material, a la vez que ejerce una carga suficiente para que la lámina no se vuele estando la balsa vacía

En la parte superior se dispone un anclaje mediante una zanja perimetral en la que irá adosada la lámina. Esta zanja se situará a 50 cm del talud del terraplén interior de la balsa.

Los anclajes de la lámina a las obras de fábrica de hormigón se realizarán mediante la instalación de doble lámina de PEAD y pletina metálica de 10 cm de anchura y un espesor de 6 mm.

2.5.5. DRENAJE

Se dispone una red de drenaje con el fin de controlar y localizar las posibles fugas provenientes de la impermeabilización de la balsa. Se ejecutará con tubería perforada de PVC de doble pared SN 4 KN/m^2 con ranurado en un arco de 220º La red de drenaje se dispondrá a modo de espina de pescado con ramales de ϕ110mm y colectores centrales y perimetrales de ϕ160mm. Se dispondrán en una zanja de sección 0,60m x 0,60m rellena con material granular 6/20 mm. Este material irá recubierto por una lámina de geotextil de 350 g/m^2.

La red de drenaje se sectorizará en 4 sectores independientes, tal como se refleja en el documento PLANOS. De éstos, dos serán drenes perimetrales y los otros dos serán drenes centrales de fondo.

La salida al exterior a través del dique se realiza mediante cuatro tuberías independientes de PVC ϕ160 PN10, embebidas en una sección de hormigón que las protege.

Los drenes de la balsa desembocarán en una arqueta de registro situada a pie de balsa.

2.5.6. CAMINO DE ACCESO

El acceso a la balsa se realizará desde el camino municipal que discurre al este y en paralelo a la balsa. Este camino se encuentra en óptimas condiciones por lo que no se ha previsto realizar ninguna actuación sobre este.

2.5.7. ANCHURA DE CORONACIÓN

La **anchura de coronación**, es decir, la distancia entre las aristas superiores de los taludes, servirá como camino de servicio. Para fijar su dimensión mínima se ha empleado la fórmula descrita en el manual técnico del M.A.P.A. *"Diseño y construcción de pequeños embalses" (1986)*:

$$C = \frac{H}{5} + 3$$

Donde C y H son, respectivamente, el ancho de la coronación y la altura de la balsa, ambas expresadas en metros. Se aconseja que en ningún caso C sea inferior que 4 m:

$$C = \frac{5{,}5}{5} + 3 = 4{,}1\ m$$

Se adopta una anchura de coronación para la balsa de **4,5 m**.

Se proyecta un camino perimetral en la coronación de la balsa de 5 m de ancho, sobre la que se colocará una base de material granular de 1" de 15 cm sobre otra de 10 cm de 2", con una pendiente hacia el exterior de la balsa del 2%, para evitar arrastres de materiales al interior del embalse y para proteger el anclaje de la lámina de las aguas de lluvia.

2.5.1. VALLADO PERIMETRAL

Se dispone de un vallado perimetral **por la coronación del talud exterior de la balsa** de regulación. Este vallado estará formado por malla de simple torsión con postes de acero galvanizado cada 3,0 metros. Los postes irán embebidos en un dado de hormigón de 0,50 m x 0,50 metros.

Además, se proyecta una puerta de 5 metros de anchura ejecutada en dos hojas de 2,50 metros, también de malla de simple torsión con estructura de tubo hueco cuadrado de acero 120x120x5 mm.

2.5.2. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL

Se proyectan varios elementos de seguridad en la balsa:

- Transductor de presión a la salida de la balsa capaz de detectar la altura de agua en la balsa.
- Válvula de mariposa de DN1000 con desmultiplicador, para el cierre manual de la salida de agua de la balsa
- Sistema de detección de fugas de la lámina de PEAD mediante red de drenaje.
- 3 flotadores.

2.6. CALCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

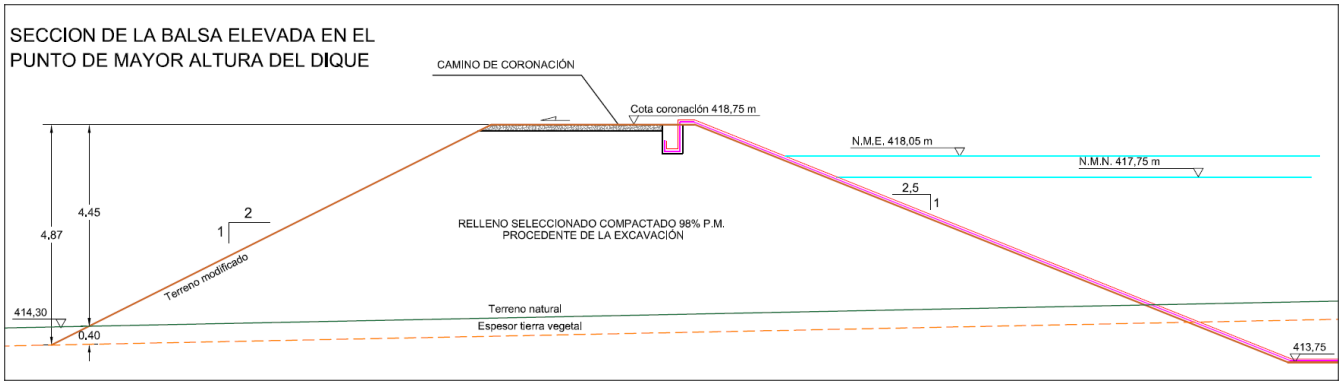
Se incorpora en el Anejo nº7.- Estudio Geotécnico

2.7. CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE LA BALSA

Se adjunta en siguiente cuadro las principales características de la balsa de acuerdo con el diseño proyectado:

Tipología de la balsa	Materiales sueltos con geomembrana
Taludes	Interior 2,5H:1V Exterior 2H:1V
Cota coronación	418,75 m.s.n.m.
Cota aliviadero	417,75 m.s.n.m.
Resguardo respecto a la coronación	1 m desde el N.M.N. y 0,70 desde el N.M.E.
Cota solera mínima	413,75 m.s.n.m.
Cota mínima terraplén exterior	414,25 m.s.n.m.
Perímetro de la arista interior de coronación	686 m
Nivel máximo normal de embalse (N.M.N.)	417,75 m
Volumen útil de agua embalsada	**92.012 m^3**
Volumen a nivel máximo Normal (N.M.N.)	98.534 m^3
Volumen a cota de coronación	127.252 m^3
Superficie lámina de agua a cota de coronación	29.570 m^2
Superficie de fondo de la balsa	21.487 m^2
Superficie lámina de agua a N.M.N.	27.874 m^2
Altura de agua embalsada	4,00 m
Altura interior de balsa (418,75-413,75):	5,00 m
Altura de balsa (H): Diferencia de cota entre el punto más bajo de la cimentación del talud exterior del dique de cierre y el punto más alto de la estructura resistente.	4,87 m

2.8. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

La balsa tiene una altura máxima del dique a cimentación inferior a 5 metros y una capacidad inferior a 100.00 m^3 por lo que no se encuentra sujeta a clasificación de acuerdo con la normativa vigente.

En la siguiente imagen se muestra la sección del dique de la balsa en la zona de mayor altura de dique.