

Anejo 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

ÍNDICE

1	OBJETO DEL ANEJO	3
2	LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS.....	3
3	CARACTERÍSTICAS DE LA Balsa.....	4
4	CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO.....	5
5	NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO.....	6
6	CAPACIDAD Y MOVIMIENTO DE TIERRAS	8
	6.1 Capacidad de la balsa	8
	6.2 Movimiento de tierras	11
7	ACTIVIDADES.....	14
	7.1 Movimiento de tierras	14
	7.2 Camino de coronación	14
	7.3 Impermeabilización del vaso.....	15
	7.4 Red de drenaje	15
	7.5 Órganos de llenado, vaciado y alivio	16
	7.5.1 Órgano de llenado.....	16
	7.5.2 Órgano de abastecimiento a arqueta de filtrado.....	18
	7.5.3 Órgano de vaciado	18
	7.5.4 Órgano de alivio.....	20
8	RAMPA DE ACCESO Y VALLADO	21
9	DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES	21
	9.1 Ancho de coronación.....	22
	9.2 Resguardo	23
10	NECESIDAD DE PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA Balsa.....	25
11	JUSTIFICACIÓN DEL AFORAMIENTO PARA RIEGOS FUERA DE CAMPAÑA.....	26

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Índice de tablas

Tabla 1.- Cubicaje de la balsa SII	9
Tabla 2.- Cubicaje de la balsa SIII	10
Tabla 3.- Volumen de desmonte y terraplén balsa de regulación SII.....	14
Tabla 4.- Volumen de desmonte y terraplén balsa de regulación SIII.	14
Tabla 5.- Ecuaciones de cálculo del caudal en un canal abierto.	17
Tabla 6.- Calculo de tiempo de vaciado de la balsa del SII	19
Tabla 7.- Calculo de tiempo de vaciado de la balsa del SIII	19
Tabla 8.- Coeficientes de seguridad estabilidad de taludes de las balsas.	22

1 OBJETO DEL ANEJO

El presente anejo tiene por objeto la caracterización de las balsas de regulación de los Sectores II y III de la C.R. de la Margen Izquierda del Porma, la exposición de los cálculos para su diseño y dimensionamiento, así como el aporte de los datos para justificar la necesidad de Propuesta de Clasificación en base a los criterios recogidos en el la *Guía Técnica para la Clasificación de presas en función del riesgo potencial*, elaborada por la Dirección General de Obras Hidráulicas y actualizada en noviembre de 2021.

2 LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS

La balsa de regulación del Sector II se localiza en el término municipal de Santas Martas en su parte sur, y en el término municipal de Mansilla de las Mulas en su parte norte, en el paraje de Regaladas y se dispondrá semienterrada en una zona de poca pendiente.

Los límites de la balsa son:

- Oeste: Polígono 102 de Mansilla de las Mulas
- Sur: Polígono 403 de Santas Martas
- Norte: Polígono 102 de Mansilla de las Mulas
- Este: Canal de la Margen Izquierda del Porma

La ubicación concreta corresponde con las parcelas con registro catastral 24163A40300046, 24163A40300045, 24096A10200130 y 24096A10200131.

La balsa se encuentra en la hoja 1:50.000 195. *Mansilla de las Mulas*, cuyas coordenadas en el sistema de referencia geodésico UTM ETRS-89 Huso 30 son:

- X = 301.898 m
- Y = 4.704.925 m

La balsa de regulación del Sector III se localiza en el término municipal de Corbillos de los Oteros, en el paraje de Hontana y se dispondrá semienterrada en una zona de poca pendiente.

Los límites de la balsa son:

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

- Oeste: Polígono 209 de Corbillos de los Oteros.
- Sur: Polígono 209 de Corbillos de los Oteros.
- Norte: Polígono 503 de Santas Martas y polígono 209 de Corbillos de los Oteros
- Este: Canal de la Margen Izquierda del Porma

La ubicación concreta corresponde con las parcelas con registro catastral 24060A20900131, 24060A20900130, 24060A20900129, 24060A20900128, 24060A20900127, 24060A20900126, 24060A20900125, 24060A20900124 y 24060A20900123.

La balsa se encuentra en la hoja 1:50.000 195. *Mansilla de las Mulas*, cuyas coordenadas en el sistema de referencia geodésico UTM ETRS-89 Huso 30 son:

- X = 299.572 m
- Y = 4.700.831 m

3 CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA

La balsa del Sector II está formada por diques en terraplén, realizados con material procedente de la propia excavación.

Las características de la nueva balsa son:

▪ Cota de coronación de la balsa:	799,45 msnm
▪ Cota del punto más bajo talud exterior	794,22 msnm
▪ Cota de fondo:	795,10 msnm
▪ Cota lámina de agua a N.M.N. (aliviadero pico-pato)	798,33 msnm
▪ Cota lámina de agua a N.M.E.:(máx. canal)	798,60 msnm
▪ Altura de agua embalsada:	3,23 m
▪ Altura de balsa (799,45-794,22):	5,23 m
▪ Resguardo sobre N.M.N.:	1,12 m
▪ Talud interior:	3 H/1 V
▪ Talud exterior:	3 H/2 V
▪ Volumen Máximo (a N.M.N.):	197.036,06 m ³
▪ Ancho camino de coronación:	5,00 m
▪ Pendiente camino coronación	2% hacia exterior
▪ Longitud del camino de coronación:	1079,71 m
▪ Caudal de entrada a balsa:	5,6 m ³ /s
▪ Cota de la solera del canal en toma:	795,65 msnm
▪ Sobredimensionamiento capacidad:	15%
▪ Pendiente de la solera longitudinal:	1,2‰

La balsa se abastecerá del Canal de la Margen Izquierda del Porma, Fase 1, realizando una nueva obra de toma mediante un vertedero pico-pato ya existente en el canal, garantizando la

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

cota de llenado de la balsa. Se prevé que el caudal máximo que puede circular por el Canal de la Margen Izquierda del Porma, Fase 1, en este punto es de 25 m³/s, mientras que el caudal medio en máximas necesidades y funcionamiento normal que se derivará a la balsa es de 5,6 m³/s.

La balsa del Sector III está formada por diques en terraplén, realizados con material procedente de la propia excavación.

Las características de la nueva balsa son:

▪ Cota de coronación de la balsa:	797,55 msnm
▪ Cota del punto más bajo talud exterior	789,39 msnm
▪ Cota de fondo:	792,20 msnm
▪ Cota lámina de agua a N.M.N. (aliviadero pico-pato)	796,24 msnm
▪ Cota lámina de agua a N.M.E.:(máx. canal)	796,70 msnm
▪ Altura de agua embalsada:	4,04 m
▪ Altura de balsa (797,55 -789,39):	8,16 m
▪ Resguardo sobre N.M.N.:	0,85 m
▪ Talud interior:	3 H/1 V
▪ Talud exterior:	3 H/2 V
▪ Volumen Máximo (a N.M.N.):	218.654,74 m ³
▪ Ancho camino de coronación:	5,00 m
▪ Pendiente camino coronación	2% hacia exterior
▪ Longitud del camino de coronación:	1032,67 m
▪ Caudal de entrada a balsa:	4,67 m ³ /s
▪ Cota de la solera del canal en toma:	795,05 msnm
▪ Sobredimensionamiento capacidad:	15%
▪ Pendiente de la solera longitudinal:	1,6‰

La balsa se abastecerá del Canal de la Margen Izquierda del Porma, Fase 1, realizando una nueva obra de toma mediante un vertedero pico-pato ya existente en el canal, garantizando la cota de llenado de la balsa. Se prevé que el caudal máximo que puede circular por el Canal de la Margen Izquierda del Porma, Fase 1, en este punto es de 25 m³/s, mientras que el caudal medio en máximas necesidades y funcionamiento normal que se derivará a la balsa es de 4,67 m³/s.

4 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de la balsa del sector II se ha realizado bajo los siguientes criterios de partida:

- El caudal ficticio continuo se establece según el Estudio Agronómico en 0,83 l/s·ha
- Se estima el aporte del canal a balsa 1,73 m³/s
- Se realiza el dimensionamiento del aforo para un caudal de salida de 2,37 m³/s
- Se establece un incremento del almacenamiento de la balsa con un coeficiente de seguridad del 15%

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

- La jornada de riego según la alternativa de diseño es de 18 h/día y 6 días/semana
- La jornada de riego se establece en 15 h de lunes a viernes y 24 h el sábado y domingo
- Se obtiene un total de horas de riego semanales de 123 h/semana
- La distribución diaria de la jornada de bombeo se realiza en base a la tarificación eléctrica cuyos periodos quedan definidos en la Circular 3/2020, de 15 de enero, de la C.N.M.C., con el fin de reducir los costes eléctricos
- Se fomenta la inclusión del máximo de horas de bombeo en periodos tarifarios P2 y P6
- Para el dimensionamiento de la balsa se han tenido en cuenta las necesidades de riego fuera de campañas anteriores al 1 de abril y posteriores al 30 de septiembre.
- La capacidad de la balsa se determina en base a la semana de máximas necesidades

El dimensionamiento de la balsa del sector III se ha realizado bajo los siguientes criterios de partida:

- El caudal ficticio continuo se establece según el Estudio Agronómico en 0,83 l/s·ha
- Se estima el aporte del canal a balsa 2,21 m³/s
- Se realiza el dimensionamiento del aforo para un caudal de salida de 3,02 m³/s
- Se establece un incremento del almacenamiento de la balsa con un coeficiente de seguridad del 15%
- La jornada de riego según la alternativa de diseño es de 18 h/día y 6 días/semana
- La jornada de riego se establece en 15 h de lunes a viernes y 24 h el sábado y domingo
- Se obtiene un total de horas de riego semanales de 123 h/semana
- La distribución diaria de la jornada de bombeo se realiza en base a la tarificación eléctrica cuyos periodos quedan definidos en la Circular 3/2020, de 15 de enero, de la C.N.M.C., con el fin de reducir los costes eléctricos
- Se fomenta la inclusión del máximo de horas de bombeo en periodos tarifarios P2 y P6
- Para el dimensionamiento de la balsa se han tenido en cuenta las necesidades de riego fuera de campañas anteriores al 1 de abril y posteriores al 30 de septiembre.

La capacidad de la balsa se determina en base a la semana de máximas necesidades.

5 NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO

Primeramente, se procede a calcular el caudal de aportación del Canal de la Margen Izquierda del Porma y el caudal de salida de la balsa, teniendo en cuenta que la superficie total regable es de 2089,09 ha, el caudal ficticio continuo es $q_{fc} = 0,83$ l/s, y que se dispone de 123 h/semana para la realización del riego, por lo que se obtienen los siguientes caudales:

- Caudal de aportación: **1,73 m³/s**
- Caudal de salida: **2,37 m³/s**

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

En base al caudal de aportación por el Canal de la Margen Izquierda del Porma de 1,73 m³/s y el caudal de salida de 2,37 m³/s se establece un balance de aforamiento horario para la semana de máximas necesidades, priorizado el bombeo en los periodos de tarificación eléctrica tarifarios P6 y P2.

A partir de estos caudales se obtiene unas necesidades de aforamiento teórico de 134.734,39 m³, sobre el que se aplica un coeficiente de seguridad del 15% para prever situaciones en las que sea necesario incrementar el volumen embalsado, quedando el volumen teórico necesario en 154.944,54 m³.

En la gráfica siguiente se puede ver el balance teórico del volumen almacenado en la balsa a lo largo de una semana de riego:

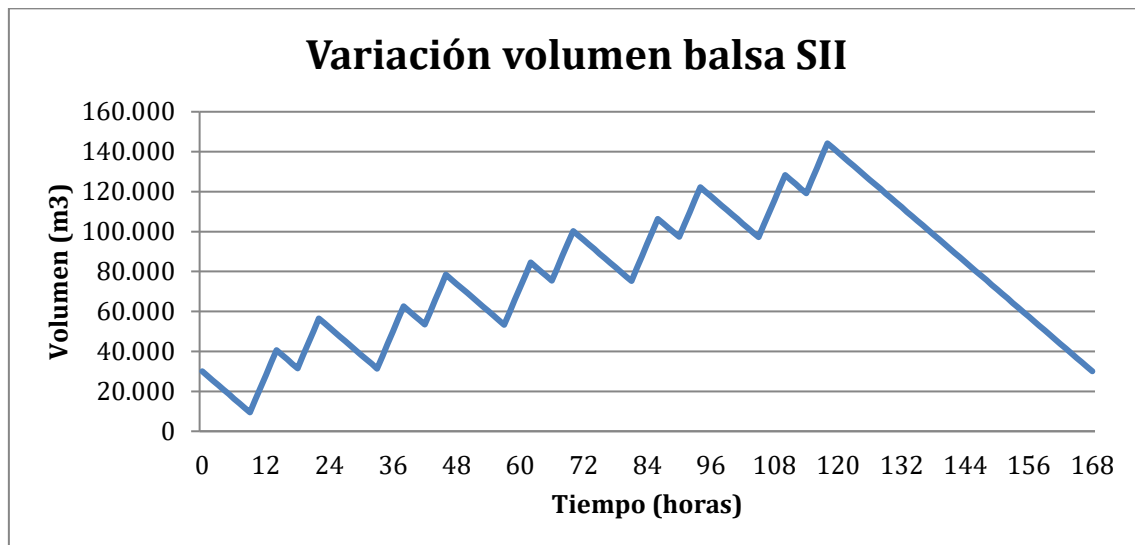


Gráfico 1.- Balance semanal del volumen acumulado en la balsa del Sector II

Se realiza los mismos cálculos para la balsa del Sector III, obteniendo el caudal de aportación del Canal de la Margen Izquierda del Porma y el caudal de salida de la balsa, teniendo en cuenta que la superficie total regable es de 2666,59 ha, el caudal ficticio continuo es $q_{fc} = 0,83$ l/s, y que se dispone de 123 h/semana para la realización del riego, por lo que se obtienen los siguientes caudales:

- Caudal de aportación: **2,21 m³/s**
- Caudal de salida: **3,02 m³/s**

En base al caudal de aportación por el Canal de la Margen Izquierda del Porma de 2,21 m³/s y el caudal de salida de 3,02 m³/s se establece un balance de aforamiento horario para la semana de máximas necesidades, priorizado el bombeo en los periodos de tarificación eléctrica tarifarios P6 y P2.

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

A partir de estos caudales se obtiene unas necesidades de aforamiento teórico de $172.013,69 \text{ m}^3$, sobre el que se aplica un coeficiente de seguridad del 15% para prever situaciones en las que sea necesario incrementar el volumen embalsado, quedando el volumen teórico necesario en $197.815,75 \text{ m}^3$.

En la gráfica siguiente se puede ver el balance teórico del volumen almacenado en la balsa a lo largo de una semana de riego:

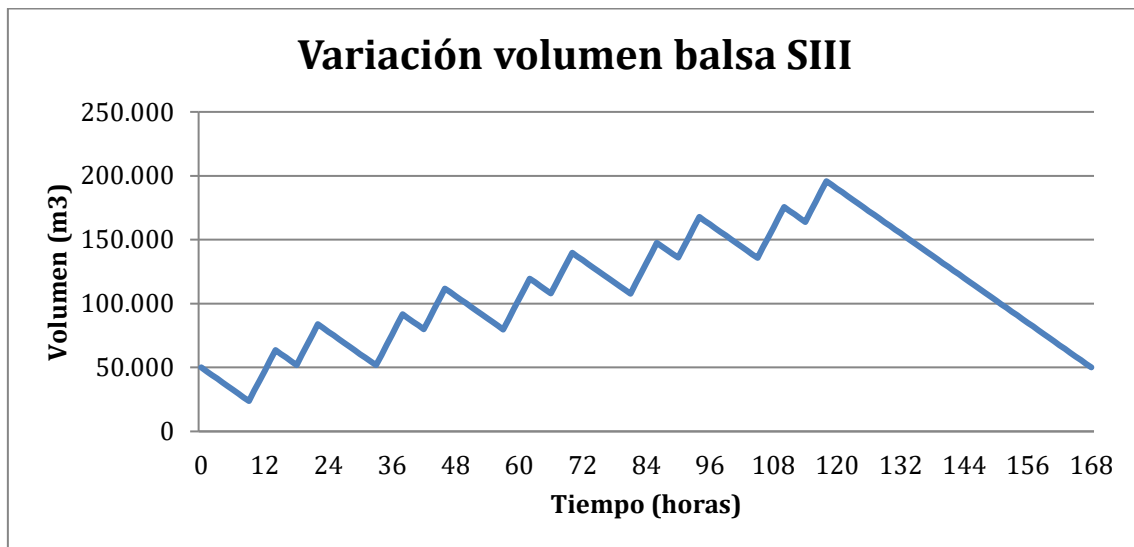


Gráfico 2.- Balance semanal del volumen acumulado en la balsa del Sector III

6 CAPACIDAD Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

A partir de los volúmenes teóricos calculados de $154.944,54 \text{ m}^3$ y de $197.815,75 \text{ m}^3$ se llevan a cabo los consiguientes trabajos topográficos en la ubicación elegida para la balsa con el fin de obtener las dimensiones reales del volumen aforado.

Tanto para el cálculo del volumen real de la balsa como para dimensionar los movimientos de tierra necesarios, se han realizado mediante el programa Bentley InRoads XM a través del complemento de Hidrología e Hidráulica.

6.1 Capacidad de la balsa

Tras llevar a cabo el proceso de dimensionamiento en función de las características del terreno, se determina finalmente la capacidad de la balsa del Sector II en $197.036,06 \text{ m}^3$ y del Sector III en $218.654,74 \text{ m}^3$.

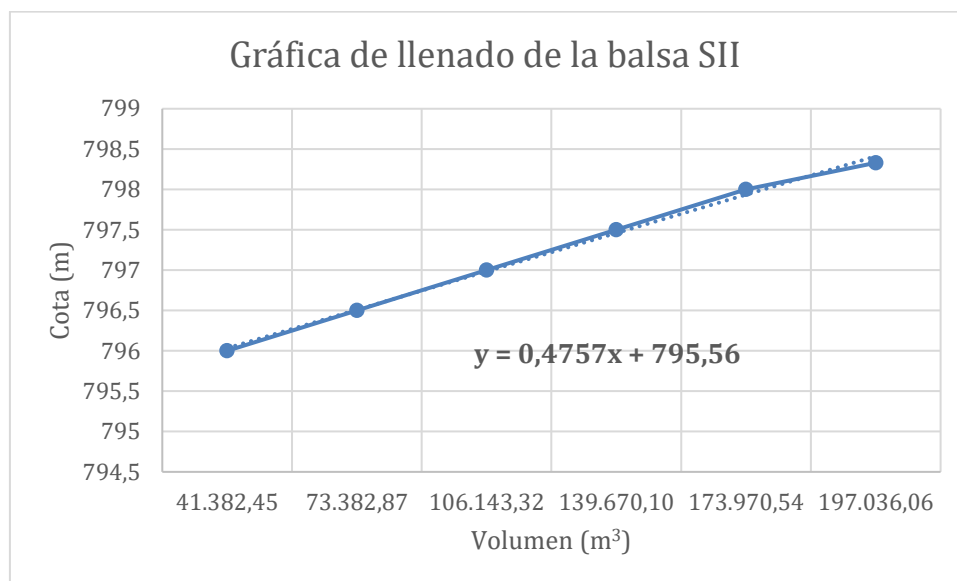
ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Debido a la necesidad de disponer una carga mínima de 3 metros en las bombas teniendo en cuenta las pérdidas de carga de la aspiración, que no se arrastren sólidos del fondo hacia la estación de bombeo y evitar el levantamiento de la lámina por efecto del viento, nunca se llega a vaciar de un nivel de agua durante el bombeo, llamado Nivel Mínimo Aprovechable, lo que se debe restar el volumen por debajo de este nivel al volumen de la balsa para obtener el volumen disponible en bombeo.

El Nivel Mínimo Aprovechable calculado para la balsa del Sector II es de la cota de 796,00 msnm, quedando un volumen de agua por debajo de este nivel del 41.382,45 m³. Para la balsa del Sector III se calcula este nivel en la cota de 792,80 msnm, quedando un volumen de agua por debajo de este nivel de 18.629,01 m³.

Así el volumen disponible durante bombeo en la balsa del Sector II es de 155.653,61 m³ y el de la balsa del Sector III es de 200.025,73 m³, ajustado a los cálculos teóricos realizados.

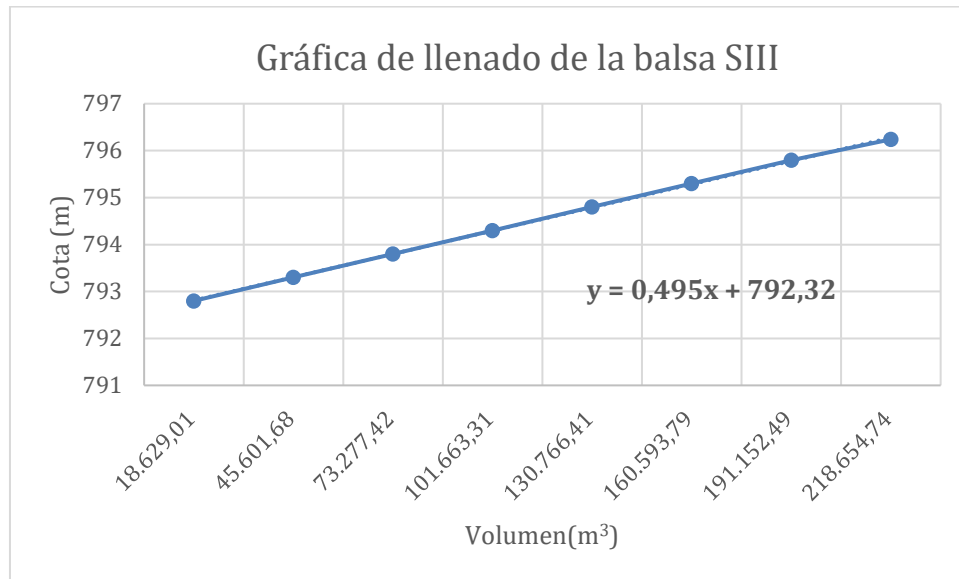
La tabla de volúmenes de las balsas y la ecuación de llenado son las siguientes:



Cota(m)	Incremento(m ³)	Volumen(m ³)	Área lámina agua (m ²)
796	41.382,45	41.382,45	63.246,53
796,5	32.000,42	73.382,87	64.758,52
797	32.760,45	106.143,32	66.284,62
797,5	33.526,78	139.670,10	67.824,87
798	34.300,44	173.970,54	69.379,23
798,33	23.065,53	197.036,06	70.412,86

Tabla 1.- Cubicaje de la balsa SII

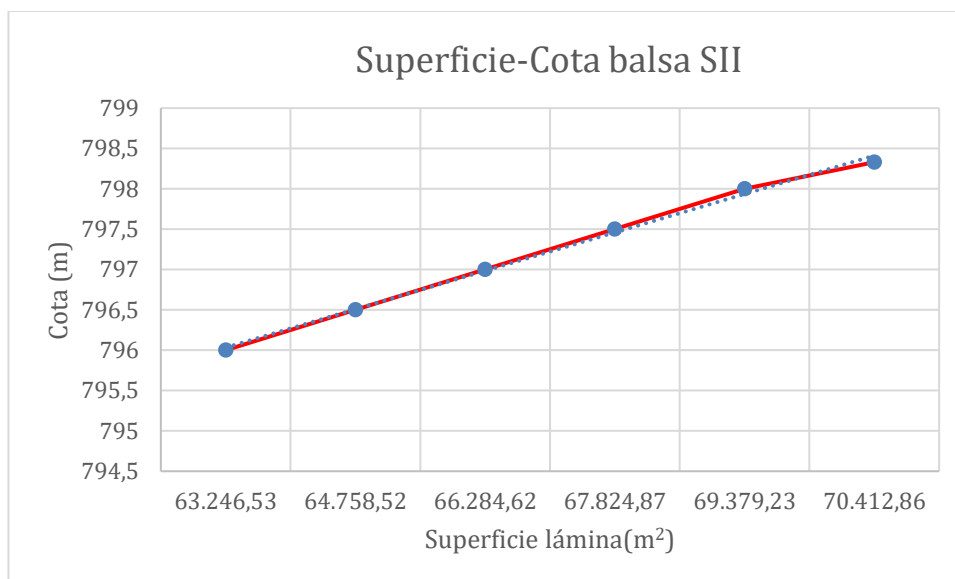
ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN



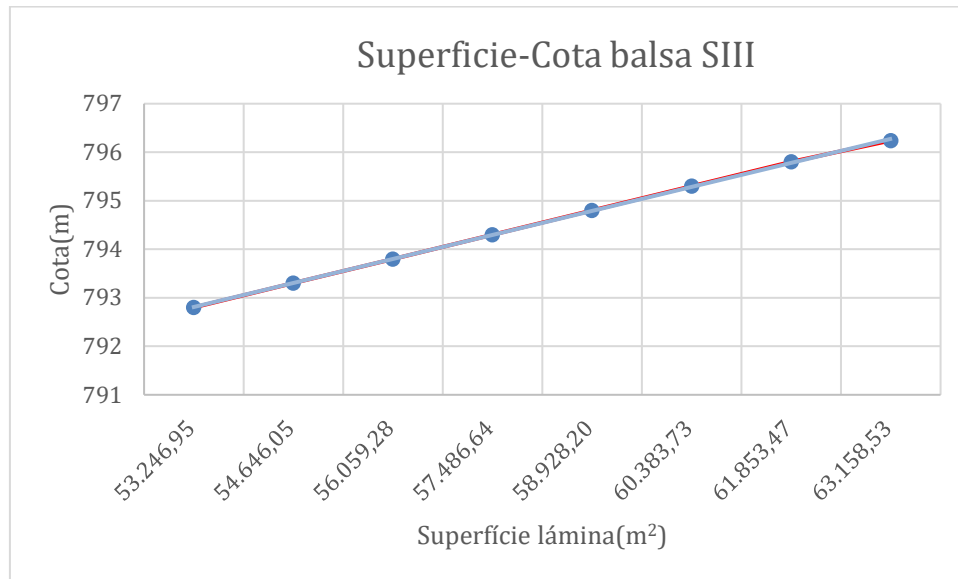
Cota(m)	Incremento(m³)	Volumen(m³)	Área lámina agua (m²)
792,8	18.629,01	18.629,01	53.246,95
793,3	26.972,66	45.601,68	54.646,05
793,8	27.675,74	73.277,42	56.059,28
794,3	28.385,89	101.663,31	57.486,64
794,8	29.103,10	130.766,41	58.928,2
795,3	29.827,37	160.593,79	60.383,73
795,8	30.558,71	191.152,49	61.853,47
796,24	27.502,24	218.654,74	63.158,53

Tabla 2.- Cubicaje de la balsa SIII

Además, se aporta la gráfica de la superficie de la lámina de agua con respecto a la cota:



ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN



6.2 Movimiento de tierras

Los volúmenes de desmonte y terraplén se obtienen mediante el cálculo de volúmenes por prismoides, proyectando los triángulos de la superficie original sobre la superficie de diseño (balsa) y calculando el volumen de cada uno de los prismoides resultantes.

Cuando la superficie de diseño está por debajo de la superficie original resultan columnas de desmonte. Los volúmenes de terraplén se producen cuando la superficie de diseño está por encima de la superficie original. Se trata del volumen matemático exacto entre dos superficies seleccionadas.

El coeficiente de esponjamiento medio a tener en cuenta tanto para el terraplén como para el transporte a vertedero es de entre 1,11 y 1,26 según el tipo de suelo.

Según el estudio geotécnico se diferencian cinco niveles geológico-geotécnicos:

-NIVEL I. TIERRA VEGETAL Y RELLENOS. Se reconoce superficialmente en casi todas las prospecciones aparece un nivel de tierra vegetal con una potencia reconocida que varía entre 0,10 m y 0,90 m, siendo el valor medio de 0,32 m, sin que pueda descartarse la existencia de variaciones de potencia en algún otro punto. Litológicamente, la tierra vegetal está constituida principalmente por arenas limosas con gravas o por gravas en abundante matriz de arenas limosas, presentando todo el conjunto un color marrón, marrón oscuro o marrón rojizo y abundante materia orgánica. Los rellenos suelen estar asociados principalmente a los caminos y explanaciones o a la restauración de los préstamos y suelen estar constituidos materiales granulares gruesos (gravas y bolos silíceos en matriz de arenas limo-arcillosas de tonalidades marrones). En conjunto se considera un nivel de compacidad floja a media y se desestima, por su deficiente y heterogénea

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

capacidad portante, tanto por asiento como por hundimiento, el apoyo de cualquier tipo de cimentación o relleno en el mismo.

-NIVEL II. DEPOSITOS DE LLANURA ALUVIAL: ARCILLAS LIMO-ARENOSAS Y ARENAS LIMOARCILLOSAS. Se reconoce bajo el Nivel I en la zona noroccidental de los Sectores II y III, a partir de 0,20-0,30 m con una potencia superior al alcance de las excavaciones realizadas (3,50 m). Según estos datos el nivel aparece entre las cotas 772,71 a 776,41 m y su base se sitúan por debajo de las cotas 770,01 a 773,21 m. Se trata de depósitos sedimentarios de aluviones cuaternarios asociados a la llanura aluvial de la margen izquierda del río Esla. Litológicamente está constituido por un tramo superior de 0,80 a 2,40 m de potencia de arcillas muy limo-arenosas y arenas limo-arcillosas de media o baja plasticidad de color marrón que se sitúan sobre un tramo basal constituido por gravas y bolos en matriz de arenas bastante limosas o limo-arcillosas, no plásticas o ligeramente plásticas, de color marrón. En conjunto, este Nivel puede calificarse como de consistencia/compacidad media. Desde el punto de vista geotécnico se considera que el tramo superior arcilloso es poco adecuado, por su naturaleza y por su baja y variable capacidad portante, para servir de apoyo a cimentaciones convencionales mediante zapatas aisladas. El tramo basal de materiales granulares gruesos se considera adecuado como nivel de apoyo de cimentaciones.

-NIVEL III. DEPOSITOS DE FONDO DE VALLE: ARENAS CON GRAVAS Y GRAVAS Y BOLOS. Se reconoce bajo el Nivel I, principalmente en la franja central del conjunto de los dos sectores, a partir de 0,20-0,40 m (cotas 780,38 a 797,41 m) y hasta 1,50-4,30 m (cotas 778,88 a 794,69 m) con una potencia de 1,20 a 3,90 m. Se trata de depósitos sedimentarios de aluviones cuaternarios asociados al fondo de valle del Arroyo Grande y del Arroyo del Valle de Valdearcos así como los pequeños arroyos tributarios asociados a los mismos. Estos aluviones suelen presentar una elevada dispersión en cuanto a sus características estratigráficas (principalmente granulometría y organización interna) debido a la variabilidad propia de los cursos de agua que transportaron y sedimentaron el material. Así, litológicamente está constituido principalmente por una compleja mezcla de arenas limo-arcillosas con abundantes gravas o bien por gravas y bolos en abundante matriz de arenas bastante limoarcillosas, presentando todo el conjunto de una baja plasticidad y tonalidades marrones y ocre. En conjunto, este Nivel puede calificarse como de compacidad media a muy densa y adecuado, desde el punto de vista geotécnico, por su naturaleza y capacidad portante, como nivel de apoyo de cimentaciones y rellenos.

-NIVEL IV. DEPOSITOS DE TERRAZAS BAJAS. Se reconoce bajo el Nivel I en el resto del conjunto de los dos sectores, a partir de 0,10-0,00 m (cotas 773,01 a 797,53 m) y hasta 1,20-5,80 m (cotas 772,22 a 794,85 m) con una potencia de 0,70 a 5,60 m. Se trata de depósitos sedimentarios de aluviones cuaternarios pertenecientes a las terrazas aluviales bajas de la margen izquierda (la oriental) del Río Esla. Al igual que el nivel anterior, estos materiales también

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

presentan mucha variabilidad y cambios laterales de facies. Así, litológicamente está constituido por una compleja mezcla heterométrica de clastos silíceos (arenisca y cuarcita) de tamaño grava y bolo (hasta 15-30 cm de tamaño máximo), con formas subredondeadas y con matriz intersticial de arenas limosas no plásticas o de baja plasticidad de color marrón, marrón rojizo y ocre. También se han detectado, aunque de forma esporádica, materiales granulares finos (arenas con abundantes gravas) intercalados en los materiales granulares gruesos e incluso arcillas muy limo-arenosas de baja plasticidad con abundantes gravas. En conjunto, este Nivel puede calificarse como de compacidad densa a muy densa en profundidad y adecuado, desde el punto de vista geotécnico, por su naturaleza y capacidad portante, como nivel de apoyo de cimentaciones y rellenos.

NIVEL V. ARCILLAS LIMO-ARENOSAS MIOCENAS. Se reconoce bajo los niveles anteriores en los dos sectores de Riego, a partir de 0,20-5,80 m (cotas 772,22 a 794,85 m) y su potencia es superior al alcance de las prospecciones realizadas 12,30 m. Se trata de materiales miocenos que, por criterios geológicos, podemos suponer se encontraran con unas características similares a las aquí descritas, bajo toda la superficie de la zona objeto de estudio, constituyendo el sustrato de la misma y de su entorno. Litológicamente está constituido principalmente por arcillas limo-arenosas y en menor medida, arenas limo-arcillosas, presentando todo el conjunto nódulos carbonatados, baja y media plasticidad y compresibilidad y un color marrón y marrón rojizo. En la esquina noreste de la Balsa de Riego del Sector II también se ha reconocido un canal constituido por arenas limosas y limos arenosos no plásticos de color marrón. En conjunto se considera un nivel de consistencia muy firme en los inicios a dura en profundidad y adecuado, desde el punto de vista geotécnico, por su naturaleza y capacidad portante, como nivel de apoyo de cimentaciones y adecuado, desde el punto de vista geotécnico, por su naturaleza y capacidad portante, como nivel de apoyo de cimentaciones.

La excavación y vaciado de tierras, al afectar principalmente a materiales sueltos y no cementados, se pueden catalogar como de fácil ejecución y pueden realizarse mediante medios mecánicos convencionales.

Se va a usar en la balsa del Sector II sobre todo materiales del nivel III y IV y en la balsa del sector III, materiales del nivel IV y V.

Atendiendo a los resultados obtenidos en el laboratorio, los materiales granulares finos del Nivel III se clasifican como suelos Adecuados. Los materiales granulares gruesos de los Niveles III y IV se clasifican como suelos Adecuados y Seleccionados, aunque pueden existir tramos de estos materiales con tamaños mayores de 100 mm por lo que debería corregirse esta limitación. Finalmente, los materiales cohesivos del Nivel V se clasifican como suelos Tolerables.

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Volumen desmante	43.436,56	m ³
Volumen terraplén	44.781,39	m ³
Volumen transporte	-1.344,84	m ³

Tabla 3.- Volumen de desmante y terraplén balsa de regulación SII.

Volumen desmante	73.365,27	m ³
Volumen terraplén	60.377,07	m ³
Volumen transporte	12.988,2	m ³

Tabla 4.- Volumen de desmante y terraplén balsa de regulación SIII.

El volumen de tierra necesario para la balsa del Sector II será obtenido de la excavación para la realización de la estación de bombeo de dicho sector. La tierra sobrante de la balsa del Sector III, será extendida en los exteriores de la parcela de realización de la propia balsa.

7 ACTIVIDADES

A continuación, se exponen las principales actividades, comunes a las dos balsas, relacionadas con la ejecución de las balsas.

7.1 Movimiento de tierras

Comprende las actividades:

- Eliminación de arbolado, desbroce del terreno y eliminación de la capa vegetal
- Excavación de las zanjas de desagüe
- Eliminación de la capa superficial de terreno con acopio de la tierra vegetal disponible
- Sobre la base sobre la que se asentará la balsa se hará una compactación hasta el 100% del Proctor Normal, previa inspección de la homogeneidad del terreno subyacente
- Excavación en desmante con medios mecánicos del material ripable y transporte a terraplén
- Extendido por capas de hasta 30 cm de espesor con riego y compactado al 98 % del Proctor Modificado del lado seco para la formación del dique, seleccionando el material
- Rasanteo y refino del talud interior

7.2 Camino de coronación

A lo largo de todo el perímetro de la coronación de la balsa se diseña un camino de 5,0 m de ancho y una pendiente del 2% hacia la parte exterior de la balsa.

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

La construcción de la base se realizará con material granular procedente de machaqueo y compactado hasta una densidad del 98% del P.M, de una altura de 15 cm. Para la creación de la capa de rodadura se empleará una mezcla bituminosa en caliente en dos capas de 4 cm de AC 16 SURF.

La longitud del camino respecto del eje de este es de 1079,71 m en el Sector II y de 1032,67 m en el Sector III.

7.3 Impermeabilización del vaso

Para la impermeabilización de la balsa se empleará una capa de geotextil agujeteado de 200 g/m² con filamentos continuos de polipropileno sobre la que se situará una lámina de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor y color negro.

El solapamiento entre los bordes de las láminas será del orden de 15 cm, por lo que se aplicará a las mediciones un incremento por este concepto.

El anclaje de las láminas tendrá que realizarse en la coronación del talud, empleando para ello una franja periférica. Dicha franja se cavará a 0,5 m de la cresta del talud, con unas dimensiones mínimas de 50 x 50 cm.

Para proteger la lámina frente a la succión eólica en la parte superior del talud y a lo largo de la base, se distribuirán unos lastres mediante mangueras de PEAD rellenas de grava a lo largo de la superficie.

- Superficie real del vaso de la balsa SII: 75933,00 m²
- Superficie en planta del vaso de la balsa SII: 75371,82 m²

- Superficie real del vaso de la balsa SIII: 69394,60 m²
- Superficie en planta del vaso de la balsa SIII: 68693,65 m²

Estas superficies de lámina incluyen 2,00 m a mayores del exterior de la cabeza de talud en los laterales para el anclaje.

7.4 Red de drenaje

La red de drenaje se organiza en sectores, según se aprecia en los planos correspondientes. El agua procedente de un posible fallo en la geomembrana exterior es recogida por la red de drenaje.

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Gracias a la sectorización de la red de drenaje puede localizarse la ubicación en la que se ha originado el fallo.

7.5 Órganos de llenado, vaciado y alivio

7.5.1 Órgano de llenado

- **Vertedero “Pico-pato” en Canal de la Margen Izquierda del Porma**

La obra de toma a balsa del sector II en el Canal de la Margen Izquierda del Porma se ubica en las coordenadas UTM ETRS89 Huso-30: $X = 302.135,67$; $Y = 4.704.917,43$, consistiendo en un vertedero de tipo pico-pato ya ejecutado en el canal, que mantiene la cota mínima de la balsa y actúa como aliviadero de la misma.

La obra de toma a balsa del sector III en el Canal de la Margen Izquierda del Porma se ubica en las coordenadas UTM ETRS89 Huso-30: $X = 299.776,06$; $Y = 4.701.044,47$, consistiendo en un vertedero de tipo pico-pato ya ejecutado en el canal, que mantiene la cota mínima de la balsa y actúa como aliviadero de la misma.

- **Canal a balsa**

Se diseña mediante un canal de abastecimiento a balsa ejecutado in situ de sección rectangular y situado aguas arriba del vertedero pico-pato para un caudal punta de consumo de la estación de bombeo de 3.033 l/s en el Sector II y de 3.994 l/s en el Sector III:

El canal a balsa en el sector II se encontrará en las coordenadas UTM ETRS89 Huso-30: $X = 302135,68$; $Y = 4704917,43$.

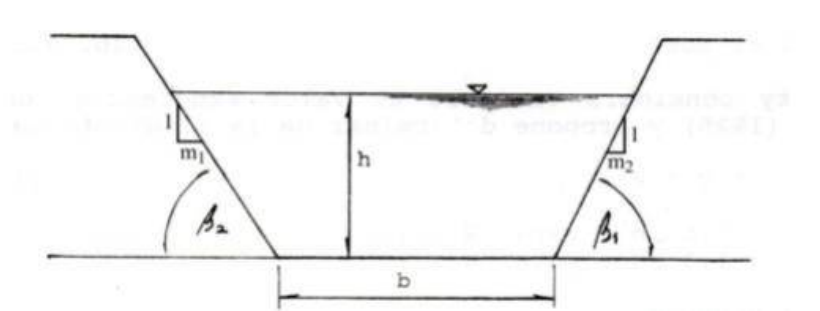
El canal a balsa en el sector III se encontrará en las coordenadas UTM ETRS89 Huso-30: $X = 299721,89$; $Y = 4700938,25$

El método de cálculo se basa en la aplicación de las siguientes ecuaciones con el fin de obtener las dimensiones b y h de la sección del canal para los caudales mínimo antes citados:

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

<i>Cuando $b = 0$ y $m_1 = m_2$ (canal rectangular)</i>		
Área hidráulica	$A = bh$	(Ec. 40)
Perímetro hidráulico	$P = b + 2h$	(Ec. 41)
Radio hidráulico	$R = \frac{bh}{b + 2h}$	(Ec. 42)
Velocidad	$v = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{bh}{b + 2h} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i_s^{\frac{1}{2}}$	(Ec. 43)
Caudal	$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{(bh)^{\frac{5}{3}}}{(b + 2h)^{\frac{2}{3}}} \cdot i_s^{\frac{1}{2}}$	(Ec. 44)

Tabla 5.- Ecuaciones de cálculo del caudal en un canal abierto.



Donde:

- b = base del canal (m)
- h = altura de la lámina de agua (m)
- Q = caudal circulante (l/s)
- n = pendiente del canal (m/m)

Para la balsa del Sector II, aplicando las dimensiones de la sección del canal de $b = 2$ m y $h = 1,65$ m, en las ecuaciones expuestas se obtiene:

- Área hidráulica = $3,30 \text{ m}^2$
- Perímetro hidráulico: $5,30 \text{ m}$
- Radio hidráulico: $0,623 \text{ m}$
- Velocidad: $1,697 \text{ m/s}$
- Caudal: 5.600 l/s

Como el caudal obtenido de $5.600 \text{ l/s} > 3.033 \text{ l/s}$ se establece la sección del canal a balsa de **2,00 x 2,00 m.**

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

La cota del canal de entrada a la balsa se encuentra a 796,95 msnm, sin coincidir con la solera del canal en dicho punto, con una cota máxima de la lámina de agua coincidente con la cota del nivel máximo de la balsa, 798,6 msnm.

Para la balsa del Sector III, aplicando las dimensiones se la sección del canal de $b = 2$ m y $h = 1,65$ m, en las ecuaciones expuestas se obtiene:

- Área hidráulica = 3,30 m²
- Perímetro hidráulico: 5,30 m
- Radio hidráulico: 0,623 m
- Velocidad: 1,639 m/s
- Caudal: 5.410 l/s

Como el caudal obtenido de 5.410 l/s > 3.994 l/s se establece la sección del canal a balsa de **2,00 x 2,22 m**.

La cota del canal de entrada a la balsa se encuentra a 795,05 msnm, sin coincidir con la solera del canal en dicho punto, con una cota máxima de la lámina de agua coincidente con la cota del nivel máximo de la balsa, 796,70 msnm. La altura del canal será de 2,22 m para enrasar con la parte superior del canal.

7.5.2 Órgano de abastecimiento a arqueta de filtrado

La obra de toma de las balsas a la arqueta de filtros se proyecta como una toma de fondo ejecutada mediante un vaso de entrada enterrado 1,30 m por debajo de la cota del fondo de las balsas (793,8 msnm en el SII y 790,9 msnm en el SIII) de la que parten tres tuberías de acero para dirigir el agua desde las balsas hacia las arquetas de filtros, que constarán de dos filtros.

Se determina el diámetro de las tres tuberías en base al caudal punta impulsado en el mes de máximas necesidades, siendo de 3,03 m³/s en el Sector II y de 3,99 m³/s en el Sector III mediante tres tuberías de acero de **DN 1000 mm** en cada sector.

7.5.3 Órgano de vaciado

La salida de la balsa se realiza desde una arqueta de fondo con tres tuberías paralelas de 1000 mm de DN en cada sector que conectan con la arqueta de filtros para dirigir el agua una vez filtrada a cada estación de bombeo mediante una tubería de acero DN 1600 mm en el Sector II y de HPCC DN 1600 mm en el Sector III.

Asimismo, se dispone en el Sector II de un desagüe lateral en la arqueta de filtros realizada en tubo DN 800 mm, que evacuará el agua de la balsa a través del desagüe de la arqueta de filtro

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

al cauce del Arroyo de Valdearcos, a una distancia de 1.433,12 m y con cota según el levantamiento topográfico realizado de 788,9 m.

De la tubería de vaciado de la balsa, se obtiene la siguiente tabla:

Cota (msnm)	Altura (m)	Vol. Acum. (m3)	Vol. util (m3)	Vol. parcial (m3)	PDC hf (m)	Q desagüe Manning (m3/s)	Q desagüe vaciado (m3/s)	Q desagüe medio (m3/s)	Vel. Salida (m/s)	Tiempo vaciado parcial (s)	Tiempo vaciado acumulado (s)	Tiempo vaciado acumulado (hora)
798,33	3,23	197.036,06	155.653,61		8,13	1,32	3,57	3,57	7,58	0	0	0,00
798,00	2,90	173.970,54	132.588,09	23.065,52	7,80	1,30	3,50	3,54	7,50	6.519	6.519	1,81
797,50	2,40	139.670,10	98.287,65	34.300,44	7,30	1,26	3,39	3,44	7,30	9.958	16.478	4,58
797,00	1,90	106.143,32	64.760,87	33.526,78	6,80	1,21	3,27	3,33	7,06	10.073	26.551	7,38
796,50	1,40	73.382,87	32.000,42	32.760,45	6,30	1,17	3,15	3,21	6,80	10.212	36.763	10,21
796,00	0,90	41.382,45	0,00	32.000,42	5,80	1,12	3,02	3,08	6,54	10.380	47.143	13,10
795,10	0,00	0,00	0,00	41.382,45	4,90	1,03	2,78	2,90	6,14	14.283	61.426	17,06

Tabla 6.- Calculo de tiempo de vaciado de la balsa del SII

De acuerdo con los cálculos realizados, el tiempo máximo de evacuación total para la balsa llena será de **17 horas y 4 minutos**.

En el Sector III se dispone también de un desagüe lateral en la arqueta de filtros realizada en tubo DN 800 mm, que evacuará el agua de la balsa a través del desagüe de la arqueta de filtro al cauce del Arroyo de La Huncal, a una distancia de 1730,27 m y con cota según el levantamiento topográfico realizado de 781,72 m.

De la tubería de vaciado de la balsa, se obtiene la siguiente tabla:

Cota (msnm)	Altura (m)	Vol. Acum. (m3)	Vol. util (m3)	Vol. parcial (m3)	PDC hf (m)	Q desagüe Manning (m3/s)	Q desagüe vaciado (m3/s)	Q desagüe medio (m3/s)	Vel. Salida (m/s)	Tiempo vaciado parcial (s)	Tiempo vaciado acumulado (s)	Tiempo vaciado acumulado (hora)
796,24	4,04	218.654,74	200.025,73	0,00	9,54	1,48	3,87	3,87				
795,8	3,60	191.152,49	172.523,48	27.502,25	9,10	1,44	3,78	3,83	8,11	7.186	7.186	2,00
795,3	3,10	160.593,79	141.964,78	30.558,70	8,60	1,40	3,68	3,73	7,91	8.194	15.380	4,27
794,8	2,60	130.766,41	112.137,40	29.827,38	8,10	1,36	3,57	3,62	7,68	8.234	23.615	6,56
794,3	2,10	101.663,31	83.034,30	29.103,10	7,60	1,32	3,46	3,51	7,45	8.286	31.901	8,86
793,8	1,60	73.277,42	54.648,41	28.385,89	7,10	1,28	3,34	3,40	7,20	8.353	40.254	11,18
793,3	1,10	45.601,68	26.972,67	27.675,74	6,60	1,23	3,22	3,28	6,95	8.436	48.690	13,52
792,8	0,60	18.629,01	0,00	26.972,67	6,10	1,18	3,10	3,16	6,70	8.539	57.229	15,90
792,2	0,00	0,00	0,00	18.629,01	5,50	1,12	2,94	3,02	6,40	6.172	63.401	17,61

Tabla 7.- Calculo de tiempo de vaciado de la balsa del SIII

De acuerdo con los cálculos realizados, el tiempo máximo de evacuación total para la balsa llena será de **17 horas y 37 minutos**.

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

7.5.4 Órgano de alivio

Las balsas no disponen de órgano de alivio propio, ya que la cota del nivel máximo de la lámina de agua de las balsas coincide con la cota del nivel máximo del canal, siendo imposible que las balsas acumulen un exceso de caudal que conlleve su desbordamiento, siendo el propio canal el órgano de alivio.

Cuenca de aportación

La balsa carece de cuenca de aportación, ya que se dispone elevada respecto al terreno colindante, lo que impide la entrada de caudales exteriores procedentes de la escorrentía superficial.

La única fuente de aportación la constituye el Canal de la Margen Izquierda del Porma, cuyo caudal máximo de entrada a la balsa alcanzaría los 1,73 m³/s en el Sector II y de 2,21 m³/s en el Sector III, según el caudal continuo máximo necesario para el riego de cada sector y las hectáreas de cada sector.

En cuanto a la aportación por precipitación directa sobre la propia balsa, se calcula, para las dos balsas el mismo, el caudal punta que se podría producir para la precipitación máxima previsible correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

En este sentido, para la determinación de la precipitación máxima en 24 horas P24 (T) se ha recurrido a la publicación *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular* de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, obteniéndose un valor de 113,24 mm para 500 años de periodo de retorno.

Para determinar el aguacero máximo se utiliza el método propuesto en la norma 5.2-IC *drenaje superficial* de la Instrucción de Carreteras aprobada por Orden FOM/298/2016 del Ministerio de Fomento.

Para el periodo de retorno seleccionado de 500 años, y una duración del aguacero previsto de 1 hora, la intensidad obtenida es la siguiente:

Pd (500)	113,24	mm/día
KA	1,00	
Id (500)	4,72	mm
t aguacero	1	hora
I1/Id	9	
Fintensidad	9	
I (500, 2)	42,48	mm/h

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Que cayendo sobre una superficie del vaso de la balsa de 73.211,72 m², en el Sector II y de 66.632,07 m² en el Sector III, equivale a un caudal de:

$$Q_{pSII} = \frac{42,48 \text{ mm/h} \cdot 73.211,72 \text{ m}^2}{1.000 \text{ m} \cdot 3.600 \text{ s}} = 0,8638 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pSIII} = \frac{42,48 \text{ mm/h} \cdot 66.632,07 \text{ m}^2}{1.000 \text{ m} \cdot 3.600 \text{ s}} = 0,7863 \text{ m}^3/\text{s}$$

Así, en situación de avenida extrema, el caudal máximo a desaguar sería el caudal entrante del canal de la Margen Izquierda del Porma más el caudal proveniente de la lluvia sobre la balsa, siendo de:

$$SII Q_{\text{máx.}} = 1,73 \text{ m}^3/\text{s} + 0,8638 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{2,5938 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

$$SIII Q_{\text{máx.}} = 2,21 \text{ m}^3/\text{s} + 0,7863 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{2,9963 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

Estos caudales son inferiores a los 3,3 m³/s y 3,49 m³/s de la capacidad del desagüe de las balsas en la arqueta de filtrado, por lo que se valida la capacidad de dicho desagüe.

8 RAMPA DE ACCESO Y VALLADO

Para facilitar el acceso al fondo de las balsas se ha previsto una rampa de hormigón armado situada en el talud interior de 3,0 m de ancho en cada balsa.

Con el fin de evitar el acceso no autorizado a las balsas y la entrada de animales se ejecutará un cerramiento perimetral al pie del talud exterior mediante una valla metálica galvanizada de 2 m de altura en las dos balsas.

9 DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES

Los parámetros expuestos en este apartado en referencia a la estabilidad de los taludes se han extraído de la información recogida en el anejo del *Estudio Geotécnico* del presente proyecto.

En el sector II, se trata de una balsa de 83.692,57 m² con una altura de agua de 3,23 m de distancia entre el fondo de la balsa y la altura máxima de la lámina de agua y un diseño de talud de 3H/1V interior y 3H/2V exterior.

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

En el sector III, se trata de una balsa de 77.988,39 m² con una altura de agua de 4,04 m de distancia entre el fondo de la balsa y la altura máxima de la lámina de agua y un diseño de talud de 3H/1V interior y 3H/2V exterior.

Las dos balsas presentan un ancho de coronación de 5 m. La construcción de ellas es en parte paralela al Canal de la Margen Izquierda del Porma.

A continuación, se dan los parámetros del terraplén y el desmonte según el método de cálculo de Morgenster-Price para distintas situaciones de cálculo.

Situación de cálculo	Localización	Factor de seguridad obtenido (Fs)	Factor de seguridad mínimo (Fsmin)
Final de construcción con la balsa vacía	Sector III (terraplén)	3,39	1,3
Balsa llena con elementos de impermeabilización externo	Sector II (terraplén)	2,31	1,5
	Sector II (desmonte)	3,19	
	Sector III (terraplén)	3,34	
	Sector III (desmonte)	7,85	
Rotura del elemento de impermeabilización externo	Sector II (terraplén)	1,91	1,3
	Sector II (desmonte)	3,04	
	Sector III (terraplén)	3,32	
Desembalse rápido después de la rotura del elemento de impermeabilización externo	Sector II (terraplén)	2,48	1,1
	Sector II (desmonte)	2,57	
	Sector III (terraplén)	4,42	
	Sector III (desmonte)	2,45	

Tabla 8.- Coeficientes de seguridad estabilidad de taludes de las balsas.

Los factores de seguridad (Fs) obtenidos para las secciones analizadas de las balsas de riego en las cuatro situaciones de cálculo recomendadas en el Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010 son claramente superiores a los factores mínimos exigidos en el citado Manual.

9.1 Ancho de coronación

Para definir el ancho mínimo de la coronación de la balsa se toma en consideración lo expuesto en la *Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas*, obtenida de la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

En el Artículo 55.2 se establece que la anchura mínima de la coronación de las balsas que se localicen en zonas de sismicidad baja será la correspondiente obtenida a través de la siguiente fórmula:

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

$$C = 3 + 1,5 \cdot \sqrt[3]{A - 15}$$

Donde:

- C = ancho de coronación (m)
- A = altura de la presa (m)

En dicho artículo se dice, además, que en caso de que la altura de la presa sea inferior a 15 m, como es nuestro caso en las dos balsas, el ancho de la coronación será como mínimo de 3 m.

Para poder permitir el tránsito de vehículos de mantenimiento de la balsa, se establece el ancho de la coronación en **5 m**.

9.2 Resguardo

Acudiendo al *Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas* en su punto 6.2.3.4. se define el resguardo como diferencia entre el nivel de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa

Se establece que el resguardo normal deberá de ser la diferencia entre el nivel máximo extraordinario (NME) y el nivel máximo normal (NMN) más 1,5 veces la altura de la máxima ola posible originada por acción del viento más

$$R_{\text{normal}} = Z_{\text{cor}} - \text{NMN} \geq r_1 + 1.5 r_2$$

$$r_1 = \text{NME} - \text{NMN}$$

La altura de la ola se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$r_2 (m) = 1,2 \cdot \sqrt[4]{F(km)}$$

Donde:

- h = altura de la ola (m)
- F = Fetch, máxima distancia libre de lámina de agua (km)

Siendo el valor de Fetch en el caso que nos ocupa F = 0,39 km en el Sector II y de F = 0,40 en el Sector III.

$$h_{SII} = 1,2 \cdot \sqrt[4]{0,39} = 0,95 \text{ m}$$

$$h_{SIII} = 1,2 \cdot \sqrt[4]{0,40} = 0,95 \text{ m}$$

$$r_1 \text{ SII} = \text{NME} - \text{NMN} = 798,6 - 798,33 = 0,27$$

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

$$r_1 \text{ SIII} = \text{NME} - \text{NMN} = 796,7 - 796,24 = 0,46$$

$$\text{Altura resguardo normal SII} = r_1 + 1,5 \cdot r_2 = 0,27 + 1,5 \cdot 0,95 \text{ m} = 1,69 \text{ m}$$

$$\text{Altura resguardo normal SIII} = r_1 + 1,5 \cdot r_2 = 0,46 + 1,5 \cdot 0,95 \text{ m} = 1,89 \text{ m}$$

El manual anteriormente citado indica también que el resguardo mínimo es el relativo a Nivel Máximo Extraordinario (NME). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{\text{mínimo}} = Z_{\text{cor}} - \text{NME} \geq 1,5 r_2$$

$$R_{\text{mínimo SII}} = 1,5 r_2 = 1,5 \cdot 0,95 < 1,80$$

$$R_{\text{mínimo SIII}} = 1,5 r_2 = 1,5 \cdot 0,95 < 1,80$$

Según el Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses, en su punto 7.4 indica: *“Durante el paso de la Avenida extrema se admitirá un agotamiento parcial o total del resguardo, de acuerdo con las siguientes condiciones:*

- a) *En las presas de materiales sueltos, se tendrá en cuenta la máxima sobreelevación del oleaje originada por la acción del viento, y no se admitirán vertidos sobre la coronación, salvo que estén específicamente proyectadas para ello.”*

Según ese Real Decreto la avenida extrema se considera como la mayor avenida que la balsa debe soportar sin llegar a producirse su desbordamiento, salvo los casos que se indican en el apartado 7.4. de esta Norma. Supone un escenario límite al cual puede estar sometida la balsa, en el que se pueden admitir márgenes de seguridad más reducidos.

En nuestro caso la mayor avenida posible, es el máximo nivel de agua que puede llevar el canal a la altura de nuestras balsas, ya que es el único aporte de agua de la balsa. En el caso de la balsa del Sector II coincide con la altura de 798,98 msnm y en el Sector III con 797,29 msnm según los levantamientos topográficos.

Teniendo calculada anteriormente la sobreelevación del oleaje en 0,95 m en las dos balsas, se produce una altura en Avenida máxima de 799,93 msnm en el Sector II y de 798,50 msnm en el Sector III.

El resguardo de las balsas consistirá en 0,85 m con respecto al N.M.E. y se realizará en la coronación un muro rompeolas de construcción in-situ de 0,95 m de altura en el perímetro de la balsa que se suma a la altura de coronación.

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Con lo anteriormente citado obtenemos el siguiente cuadro resumen:

			Robtenido	Rnecesario
SII	$R_{normal} = Z_{cor} + MR - NMN \geq r1 + 1.5 r2$	Rnormal	2,07	1,69
	$R_{minimo} = Z_{cor} + MR - NME > 1,5 * r2$	Rminimo	1,80	1,42
	$R_{avenida} = Z_{cor} + MR > NME + r2$	Ravenida	800,40	799,93
SIII	$R_{normal} = Z_{cor} + MR - NMN \geq r1 + 1.5 r2$	Rnormal	2,26	1,89
	$R_{minimo} = Z_{cor} + MR - NME > 1,5 * r2$	Rminimo	1,80	1,43
	$R_{avenida} = Z_{cor} + MR > NME + r2$	Ravenida	798,50	798,50

		H(msmm)
SII	N.M.N.	798,33
	N.M.E.	798,60
	Zcor	799,45
	Zcor+Murorrompeolas	800,40
SIII	N.M.N.	796,24
	N.M.E.	796,70
	Zcor	797,55
	Zcor+Murorrompeolas	798,50

10 NECESIDAD DE PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA

Según el *Real Decreto 264/2021, de 13 de abril*, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses y en su Anexo I *Norma técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses*, la necesidad de propuesta de clasificación depende de:

- Altura superior a **5 m** de terraplén
- Volumen aforado superior a **100.000 m³**

En el Sector II se ha comprobado que los taludes a considerar en el estudio son de **5,23m** pues según la norma, se ha de tener en cuenta la altura de balsa como la 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, siendo las cotas 794,22 msnm y 799,45 msnm respectivamente.

La balsa ha sido diseñada para el aforamiento de 154.944,54 m³, volumen superior a los 100.000 m³ que determina la norma para la exigencia de clasificación.

En el Sector III se ha comprobado que los taludes a considerar en el estudio son de **8,16m** pues según la norma, se ha de tener en cuenta la altura de balsa como la diferencia de cota entre

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

el punto más bajo de la cimentación del talud exterior del dique de cierre y el punto más alto de la estructura resistente, siendo las cotas 789,39 msnm y 797,55 msnm respectivamente.

La balsa ha sido diseñada para el aforamiento de 197.815,75 m³, volumen superior a los 100.000 m³ que determina la norma para la exigencia de clasificación.

Por lo expuesto, se considera que las balsas de la C.R. de la margen Izquierda del Porma, Sector II y Sector III, definidas en este anejo, **es necesaria la realización de la Propuesta de Clasificación del Riesgo** al superarse las dimensiones de altura máxima de terraplén exterior y volumen máximo de aforamiento en la balsa de cada sector:

- Altura del terraplén exterior: 5,23 m y 8,16 m > 5 m
- Volumen aforado: 154.944,54 m³ y 197.815,75 m³ > 100.000 m³

11 JUSTIFICACIÓN DEL AFORAMIENTO PARA RIEGOS FUERA DE CAMPAÑA

La campaña oficial de riego que abarca el periodo desde el 1 de abril hasta el 30 de septiembre, quedando fuera de este periodo los posibles riegos que fuera necesario realizar en la fase de nascencia de los cultivos, es decir, antes del 1 de abril, y también los riegos que pudieran necesitar los cultivos de hortalizas y de la remolacha posteriores al cierre de la campaña de riego, es decir, después del 30 de septiembre.

Es por ello por lo que a continuación se exponen los datos de referencia para calcular las necesidades de almacenamiento de la balsa en previsión de la necesidad de aplicar riegos fuera de campaña:

Riegos previos al 1 de abril (fase de nascencia de los cultivos), Sector II:

Superficie de la C.R.:	2.089 ha
Cultivo de remolacha:	5%
Superficie c. de remolacha:	104,45 ha
Fecha de siembra:	15 de marzo
Primer riego tras la siembra:	20 mm (1ª semana)
Segundo y siguientes riegos:	5 mm (2ª semana)
Número de riegos hasta el 1 de abril:	5 riegos
Dotación en marzo:	45 mm (últimas 2 semanas)
Necesidades de almacenamiento:	47.003 m ³

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Riegos posteriores al 30 de septiembre:

Porcentaje de cultivos hortícolas:	2%
Superficie c. hortícolas:	41,78 ha
Un riego por semana en octubre:	10 mm
Dotación en octubre:	40 mm
Necesidades de almacenamiento:	16.712 m3

Por lo que las necesidades totales de almacenamiento para los riegos fuera de campaña en el Sector II serán:

$$\text{Necesidades totales de almacenamiento} = 47.003 \text{ m}^3 + 16.712 \text{ m}^3 = 63.715 \text{ m}^3$$

En base a lo calculado, se concluye que las necesidades de almacenamiento para los posibles riegos fuera de campaña, sumando un total de 63.715 m³, son inferiores al volumen aforado por la balsa siendo de 154.944,54 m³, quedando por tanto cubiertas.

Riegos previos al 1 de abril (fase de nascencia de los cultivos), Sector III:

Superficie de la C.R.:	2.667 ha
Cultivo de remolacha:	5%
Superficie c. de remolacha:	133,35ha
Fecha de siembra:	15 de marzo
Primer riego tras la siembra:	20 mm (1ª semana)
Segundo y siguientes riegos:	5 mm (2ª semana)
Número de riegos hasta el 1 de abril:	5 riegos
Dotación en marzo:	45 mm (últimas 2 semanas)
Necesidades de almacenamiento:	60.008 m3
Riegos posteriores al 30 de septiembre:	
Porcentaje de cultivos hortícolas:	2%
Superficie c. hortícolas:	53,34 ha
Un riego por semana en octubre:	10 mm
Dotación en octubre:	40 mm
Necesidades de almacenamiento:	21.336 m3

ANEJO 12.- CÁLCULO DE LAS BALSAS DE REGULACIÓN

Por lo que las necesidades totales de almacenamiento para los riegos fuera de campaña en el Sector II serán:

$$\text{Necesidades totales de almacenamiento} = 60.008 \text{ m}^3 + 21.336 \text{ m}^3 = 81.344 \text{ m}^3$$

En base a lo calculado, se concluye que las necesidades de almacenamiento para los posibles riegos fuera de campaña, sumando un total de 81.344 m³, son inferiores al volumen aforado por la balsa siendo de 197.815,75 m³, quedando por tanto cubiertas.