

MEMORIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	5
1.1. PROYECTOS ELABORADOS CON ANTERIORIDAD	5
1.2. DECLARACIÓN DE INTERES GENERAL.....	5
1.3. INCLUSIÓN DEL PROYECTO EN EL PRTR	5
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
3. PROMOTOR	6
4. SITUACIÓN ACTUAL.....	6
4.1. CONCESIÓN DE AGUA.	6
4.2. CULTIVOS Y DISTRIBUCIÓN	7
4.3. GESTIÓN DE LA ZONA.....	8
5. JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES	8
6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	9
6.1. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	9
6.1.1. Revestimiento de acequias 1ª y 4ª y Canal Principal.....	9
6.1.2. Balsa de Castellserà (BS1-001).....	9
6.1.3. Balsa de Penelles (BS1-004)	11
6.1.4. Balsa de Juneda (BS4-003).....	12
6.1.5. Regulación dinámica de los canales:.....	14
6.2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	14
6.2.1. Balsa de Castellserà (BS1-001).....	14
6.2.2. Balsa de Penelles (BS1-004)	14
6.2.3. Balsa de Juneda (BS4-003).....	15
6.2.4. Regulación dinámica de los canales.....	16
6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	17
6.3.1. Balsa de Castellserà (BS1-001).....	17
6.3.2. Balsa de Penelles (BS1-004)	17
6.3.3. Balsa de Juneda (BS4-003)	17
6.3.4. Regulación dinámica de los canales.....	17
6.4. SITUACIÓN A LA QUE SE TIENDE CON LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	17
7. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA A MODERNIZAR	17
7.1. LOCALIZACIÓN.....	17
7.1.1. REGULACIÓN DINÁMICA DEL CANAL	17
7.1.2. CANAL PRINCIPAL P.K. 0+000 – 0+298.....	18
7.1.3. ACEQUIA 1ª P.K. 5+735 – 9+500.	19

7.1.4. ACEQUIA 4ª. TRAMO 1 P.K. 0+000 – 0+800. TRAMO 2 P.K. 1+600 – 3+000.....	19	10.2.2. Balsa de Penelles (BS1-004)	40
7.1.5. Balsa de CASTELLSERÀ (BS1-001)	21	10.2.2.1. Sección tipo	40
7.1.6. Balsa de PENELLES (BS1-004)	22	10.2.2.2. Obra de entrada	41
7.1.7. Balsa de JUNEDA (BS4-003).....	22	10.2.2.3. Aliviadero	41
7.2. CLIMATOLOGÍA.....	22	10.2.2.4. Obra de salida y estación de filtraje.....	41
7.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	23	10.2.2.5. Sistema de vacío.....	42
7.3.1. Acequia 1ª P.K. 5+735 – 9+500 y Balsas de Castellserà (BS1-001) y Penelles (BS1-004).....	23	10.2.2.6. Drenaje de fondo.....	42
7.3.2. Acequia 4ª. Tramo 1 P.K. 0+000 – 0+800. Tramo 2 P.K. 1+600 – 3+000. Balsa de Juneda (BS4-003).	24	10.2.2.7. Reja de fondo	43
8. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.....	24	10.2.2.8. Sistema impermeabilización	43
8.1. Revestimiento de acequias.....	24	10.2.2.9. Cálculo de los anclajes de la lámina de PE	43
8.2. Balsas.....	24	10.2.2.10. Vaciado de la balsa y de los filtros	43
9. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	24	10.2.2.11. Automatización y control	44
9.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO	24	10.2.2.12. Urbanización.....	44
9.2. ESTUDIO ARQUEOLÓGICO.....	28	10.2.3. Balsa de Castellserà (BS1-001).....	44
9.3. INGENIERÍA DE DISEÑO	29	10.2.3.1. Sección tipo	44
9.3.1. Revestimiento de acequias.	29	10.2.3.2. Obra de entrada	45
9.3.2. Balsas.....	30	10.2.3.3. Aliviadero	45
9.4. SUPERFICIE OBJETO DEL PROYECTO.....	30	10.2.3.4. Obra de salida.....	45
9.5. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA	31	10.2.3.5. Sistema de vacío.....	46
9.6. SISTEMAS DE RIEGO. PARÁMETROS DEFINITORIOS.....	31	10.2.3.6. Drenaje de fondo.....	46
9.6.1. SISTEMA DE RIEGO TIPO	31	10.2.3.7. Reja de fondo	46
9.6.2. NECESIDADES DE AGUA	31	10.2.3.8. Sistema impermeabilización	47
9.6.3. ORGANIZACIÓN DE LOS RIEGOS.....	32	10.2.3.9. Cálculo de los anclajes de la lámina de PE	47
10. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS E INSTALACIONES PROYECTADAS.....	32	10.2.3.10. Vaciado de la balsa	47
10.1. REVESTIMIENTO DE ACEQUIAS	32	10.2.3.11. Automatización y control	47
10.1.1. COLECTIVIDADES Y SÍNDICOS.....	32	10.2.3.12. Urbanización.....	47
10.1.2. TRAZADO DEL CANAL Y ACEQUIAS A REVESTIR	34	10.2.4. Balsa de Juneda (BS4-003).....	48
10.1.3. DOTACIONES DE RIEGO.....	34	10.2.4.1. Sección tipo	48
10.1.4. CAUDALES DE DISEÑO	34	10.2.4.2. Obra de entrada	48
10.1.5. MATERIALES	35	10.2.4.3. Aliviadero	49
10.1.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ACEQUIAS.....	36	10.2.4.4. Obra de salida.....	49
10.1.7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS ACEQUIAS.....	36	10.2.4.5. Sistema de vacío.....	50
10.1.8. ELEMENTOS SINGULARES.....	37	10.2.4.6. Drenaje de fondo.....	50
10.1.9. OBRAS SINGULARES	37	10.2.4.7. Reja de fondo	50
10.2. BALSAS.....	40	10.2.4.8. Sistema impermeabilización	51
10.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	40	10.2.4.9. Cálculo de los anclajes de la lámina de PE	51

10.2.4.10. Vaciado de la balsa	51
10.2.4.11. Automatización y control	51
10.2.4.12. Urbanización.....	51
10.3. REGULACIÓN DINÁMICA DEL CANAL	52
10.3.1. OBRA CIVIL CANAL PRINCIPAL.....	52
10.3.2. COMPUERTAS.....	54
11. REQUISITOS ADMINISTRATIVOS.....	56
11.1. MARCO NORMATIVO	56
11.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	56
11.3. TRAMITACIÓN AMBIENTAL	56
11.4. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	57
11.5. OCUPACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE TERRENOS. EXPROPIACIONES.....	57
11.6. SERVICIOS AFECTADOS, PERMISOS Y LICENCIAS.....	57
11.7. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	58
11.8. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA Y FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS.....	58
11.9. PLAZO DE EJECUCIÓN, PLAN DE OBRA Y PERIODO DE GARANTÍA	58
11.10. PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD.....	58
12. OBRA COMPLETA.....	58
13. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	59
14. PRESUPUESTO.....	60

1. ANTECEDENTES

1.1. PROYECTOS ELABORADOS CON ANTERIORIDAD

Los proyectos y estudios llevados a cabo en los Canales de Urgel son variados, con intención de llevar a cabo la modernización del regadío en la zona, lográndose así la gestión sostenible y eficiente del recurso Agua. Las iniciativas de modernización que han ido surgiendo recientemente se citan a continuación:

- Estudio de la primera fase de la Modernización del Riego de la Colectividad núm. 16 de los Canales de Urgell. TM de Bell-lloc d'Urgell, de clave E1-UR-15333, entregado en julio de 2015. De esta zona se ha realizado la obra de modernización y actualmente ya se encuentra en servicio la nueva red.
- Estudio de la Modernización de los Sectores 4 y 5 de los Canales de Urgell. TM de Agramunt, Barbens, Castellserà, la Fuliola, Ivars de Urgell, Penelles, Puigverd de Agramunt, Tàrrega y Tornabous, de clave E1-UR-15351, entregado en agosto de 2016.
- Estudio de la Modernización del Sector 15.1. Colectividades 5 y 20 de los Canales de Urgell. TM de Linyola, Vallfogona de Balaguer, Penelles, Bellví y Térmens, de clave E1-UR-16227, entregado el enero de 2017.
- Estudio de la modernización del Sector 10 de los Canales de Urgell. TM de Villanueva de Bellpuig, Miralcamp, Golmés, Mollerussa, Fondarella, Bellpuig, Sidamon y Castellnou de Seana, de clave E1-UR-17257, entregado en diciembre de 2017.
- Estudio de la Modernización del Sistema Hidráulico de los Canales de Urgell, de clave E1-UR-19239, entregado en diciembre 2019.
- Pronunciamiento sobre la amplitud y nivel de detalle del proyecto de modernización del sistema de riego hidráulico de los canales de Urgell, en los términos municipales de Mollerussa y otros. Oficina Territorial de Acción y Evaluación Ambiental de Lleida del Departamento de Territorio y Sostenibilidad, emitido el 30 de marzo de 2021.
- Estudio de impacto ambiental del Proyecto de modernización del sistema hidráulico de los canales de Urgell, de clave EA-UR-19239, entregado en febrero de 2022.
- Proyecto Constructivo de Modernización del Sector C-02 de los Canales de Urgell, de clave E1-UR-20239, entregado en mayo 2022.

1.2. DECLARACIÓN DE INTERES GENERAL

Tal y como recoge el Boletín Oficial del Estado (BOE), Número 313, de Fecha 31 de diciembre de 2001. Se declara de interés general las obras de infraestructuras hidráulicas con destino a riego llevados a cabo con objeto de Mejora y modernización de regadíos, regulación y revestimiento de los canales de la Comunidad General del Canal de Urgel (Lérida), 1.ª Fase de inversión.

1.3. INCLUSIÓN DEL PROYECTO EN EL PRTR

Las actuaciones incluidas en el presente proyecto están enmarcadas dentro del Anexo I del Convenio firmado 21 de julio de 2022 entre el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y la Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias, S.A., en relación con las obras de modernización de regadíos del "Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos" incluido en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, Fase II, o en sus correspondientes adendas.

El Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos (Inversión C3.I1 del PRTR) cuenta con una dotación de 563.000.000 € a cargo del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, para inversiones en modernización de regadíos sostenibles, con el objetivo de fomentar el ahorro del agua y la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad energética en los regadíos españoles.

En los anexos del proyecto se incluye la información que determina el encaje en los objetivos del Plan, así como la información necesaria para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia. En este sentido, en el artículo 17 del Reglamento 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088, se establece la necesidad de cumplir el principio de no causar un perjuicio significativo (DNSH) a los objetivos medioambientales recogidos en el artículo 9 del citado Reglamento.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es definir y valorar las siguientes obras de construcción;

1. Acondicionamiento del tramo inicial del Canal Principal de los Canales de Urgell (Primeros 298 m del canal)
2. Revestimiento de ciertos tramos de las acequias principales 1ª y 4ª por una sección en "U" de hormigón armado.

1ª Acequia Principal

- Comprendido entre el P.K. 5+735 al P.K. 9+500 (longitud total de 3.765 metros). Dotando a la acequia de una capacidad de transporte adecuada a las necesidades futuras previsibles y que se estima en un caudal de explotación de 6m³/s y de desagüe de 8 m³/s.

4ª Acequia Principal

- Revestimiento de dos tramos:
 - o Tramo 1º (800 m de longitud): P.K. 0+000 al P.K. 0+800.
 - o Tramo 2º (1400 m de longitud): P.K. 1+600 al P.K. ~~13+800000~~. Sustituyendo en ambos tramos las actuales secciones. Dotando a la acequia de una capacidad de transporte adecuada a las necesidades futuras previsibles y que se estima en un caudal de explotación de 6m³/s y de desagüe de 8 m³/s

3. Balsas de regulación y sus obras anejas.

- Balsa de Castellserà (BS1 – 001): 555.719 m³ Volumen útil.
- Balsa de Penelles (BS1 – 004): 134.631 m³ Volumen útil.
- Balsa de Juneda (BS4 – 003): 395.369 m³ Volumen útil.

4. Obras de Regulación Dinámica del Canal

3. PROMOTOR

El promotor de este proyecto es la Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias S.A. (a partir de este momento, SEIASA), provista de CIF nº A-82.535.303, con domicilio social en la calle José Abascal nº 4, 6ª planta, 28003 Madrid.

El beneficiario de las actuaciones contempladas en el presente proyecto es la Comunidad General de Regantes de los Canales de Urgell (CGRCU), provista de CIF nº G25022864 y domicilio social a los efectos en Avenida Jaume I, nº 1, C.P. 25230 de Mollerussa (Lleida). El representante de la CGRCU es Xavier Díaz Vendrell con NIF 78075712G.

4. SITUACIÓN ACTUAL

La Comunidad General de Regantes de los Canales de Urgell (CGRCU), está formada por 21 colectividades, 128 demarcaciones de riego distribuidas por 5 comarcas, que son Noguera, Segrià, Garrigues, Urgell y Pla d'Urgell y un total de 54 municipios.

Compuesta por 18.000 regantes y 48.600 parcelas de regadío.

Cubriendo un total de 86.910,20 ha, siendo la superficie regable total de 75.135 ha.

Se abastece desde los embalses de Oliana y Rialb de la cuenca del Segre y de los embalses de Camarasa y San Lorenzo de Montgai de la cuenca del Noguera Pallaresa. Se trata de un regadío tradicional con más de 150 años de funcionamiento, con un suministro a las parcelas sin presión, lo que dificulta la implantación de tecnologías de riego modernas en parcela. Por lo tanto, el principal sistema de riego en la zona es mediante inundación. Localización de orografía suave con orientación de suroeste a noreste, situado desde las cotas 150 y 350 m.s.n.d.m., con pendientes livianas

En la Tabla 1 se detallan las superficies de los Canales de Urgel por colectividades.

Colectividad	Hectáreas
1	8.527,78
2	7.784,14
3	7.347,98
4	4.690,13
5	3.927,78
6	4.140,90
7	909,85
8	3.220,33
9	2.799,14
10	3.447,58
11	2.679,81
12	4.761,42
13	6.062,23
14	3.947,71
15	2.611,65
16	5.217,20
17	4.947,53
18	6.895,29
19	953,65
20	987,54
21	1.050,56
Sup. Total	86.910,20

Tabla 1. Superficies por colectividades.

4.1. CONCESIÓN DE AGUA.

En 1852 la empresa Girona Germans, Clavé y Cía recibe la concesión inicial del riego, la cual la traspasó a continuación a la Sociedad Anónima Canal de Urgel. Las obras del Canal Principal se iniciaron el 1.853, mismo año en que fue otorgada la concesión, y finalizaron en el año 1.861.

La concesión del Canal Auxiliar o Subcanal fue otorgada a la S.A. Canal de Urgel, por la mejora de los riegos, por Real Orden de 30 de octubre de 1.919, y transferida al Sindicato General de Riegos de los Canales de Urgel el día 29 de marzo de 1.926. La construcción del Canal Auxiliar, que fue aprobada por Real Decreto de 29 de septiembre de 1.928, se inició el 4 de mayo de 1.929 y finalizó el día 18 de julio de 1.932.

Terminado el plazo inicial de la concesión, por Orden Ministerial de 10 de agosto de 1964 se resolvió, de acuerdo con el dictamen del Consejo de Estado, que los regantes de Urgel debían constituir una Comunidad General que sería titular a perpetuidad de la concesión del aprovechamiento de las aguas y de la totalidad de las obras necesarias por el riego. La CGRCU se declara formalmente constituida por Orden Ministerial de 24 de diciembre de 1964 y el 17 de noviembre de 1965 recibe de manos del Ministerio de Obras Públicas la titularidad del Canal de Urgell. El 19 de octubre de 1966 se recibe sin embargo la titularidad del Canal Auxiliar.

Posteriormente la resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas del MOPT en fecha 2 de septiembre 1991, declaró a favor de la CGRCU la concesión de agua del río Segre, reconocida por los Reales Decretos de 3 de noviembre de 1.852 y de 29 de septiembre de 1.928.

Esta resolución establece unos caudales máximos a derivar de 33 m³/s por el Canal Principal y 8 m³/s por el Canal Auxiliar destinados al riego, abastecimientos de poblaciones y usos industriales, con un volumen máximo de 9.000 m³/ha y año. Se otorga, además, el derecho de uso de las aguas procedentes de cauces que atraviesan el área regable y de las aguas subterráneas.

Con fecha 20 de Mayo de 1969, se solicita la actualización de la inscripción, proponiendo como objeto del aprovechamiento el riego de tierras con una superficie de riego efectivo de 70.705 ha como fin primordial, y el abastecimiento de poblaciones, producción de fuerza motriz y otros usos industriales como fines secundarios.

Los derechos de esta concesión tendrán como fecha de vencimiento el día 1 de enero del año 2.061, de acuerdo con lo que dispone la Ley de aguas de 2 de agosto de 1.985 y el texto refundido de la Ley de aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2.001, de 20 de julio.

Fruto de la entrada en funcionamiento del embalse de Rialb se establece el documento de reserva de los caudales regulados por este embalse, que la Confederación Hidrográfica del Ebro resolvió a fecha 18 de junio de

2.001, y que otorga a la CGRCU la explotación de los siguientes volúmenes de agua procedentes del sistema que conforman los ríos Segre y Noguera Pallaresa:

- 630 hm³ anuales destinadas a la mejora de las dotaciones de riego por el conjunto del área regable de los Canales de Urgel, de los cuales 492 hm³ corresponden al Canal Principal y 138 hm³ al Canal Auxiliar.
- 40 hm³ para nuevos regadíos dentro del ámbito de la CGRCU.
- 16 hm³ para la mejora de abastecimientos de los municipios del área de influencia.

Según el mismo documento de reserva, la situación actual será válida, a la espera de que se tome una decisión referente a la armonización del Noguera Pallaresa. En este sentido, el documento propone dos tipos de horizontes posibles a estudiar: un primero en el que se mantiene la concesión actual y el segundo en el que se analiza el reparto de las reservas ante una hipotética armonización del Noguera Pallaresa. El segundo horizonte mantiene el volumen total de concesión de 630 hm³, pero prevé que 69 hm³ de los 492 hm³ de la concesión del Canal Principal pasen a ser suministrados desde el Canal Auxiliar. De esta forma, se dispondría de 423 hm³ en el Canal Principal y 207 hm³ en el Canal Auxiliar.

4.2. CULTIVOS Y DISTRIBUCIÓN

La relación de cultivos de la Comunidad de Regantes de los Canales de Urgell es el que se muestra a continuación:



Figura 1. Distribución de los cultivos en la CGRCU.

4.3. GESTIÓN DE LA ZONA

Los Canales de Urgel se encuentra suministrada por 2 canales. El Canal Principal, situado a una mayor cota, y el Canal Auxiliar. Estos canales se encuentran enlazados por 4 acequias del que parten un entramado de redes de riego satisfaciendo el área regable de la zona. Observar en la Figura 2.

El modelo de explotación de los Canales de Urgell se basa en una distribución en alta de los caudales en circulación en lámina libre y por gravedad. La red de distribución en alta está formada por los Canales Principal y Auxiliar y por las cuatro Acequias Principales. Los canales están contruidos de forma telescópica, por lo que reducen su sección a medida que avanza su trazado y disminuye el caudal circulante a causa de las derivaciones sucesivas. La distribución de caudales por estas derivaciones o tomas de riego se realiza de forma homogénea y de forma equitativa.

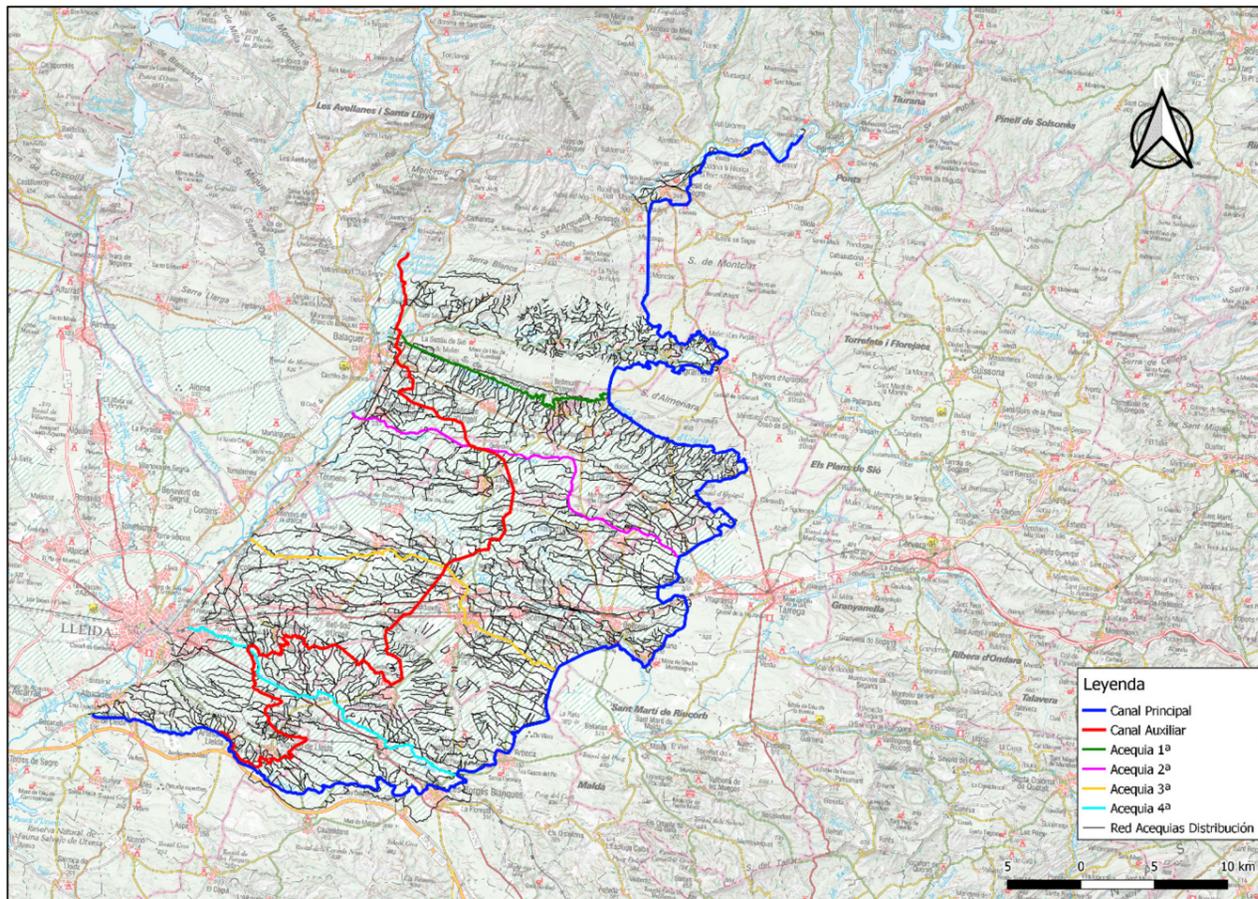


Figura 2. Red de canales y acequias de la zona regable Canales de Urgel.

5. JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES

El objetivo de este proyecto, es contribuir a la modernización del Regadío dels Canals d'Urgell. La modernización de esta zona regable es un gran proyecto, que se subdivide en varios.

Las actuaciones propuestas en este proyecto y su justificación:

- Impermeabilización de tramos en el Canal Principal y acequias 1ª y 4ª, van a repercutir en un ahorro estimado de 367.027 m³.
- Otro ahorro del recurso agua, muy difícil de cuantificar, se produce en la red de alta. Gracias a los elementos de regulación, tanto las tres balsas a construir como la instalación de baterías de compuertas de regulación de nivel constante. Ya no será necesario la entrada de "caudales extra", para mantener unos niveles en las acequias necesarios para poder regar. Esto significa que dejará de entrar agua, que quedará embalsada, aguas arriba, del regadío para otros fines.
- Además, hay un porcentaje de la capacidad de las balsas para acumular agua de reserva, para el regadío.
- El Balance energético, se ha considerado como nulo, puesto que el consumo es testimonial, por cada elemento regulador hay un panel solar individual.
- El balance de emisiones de CO2 es cero: los elementos reguladores alimentados energía solar.
- Iniciar la renaturalización del territorio: plantaciones de árboles y arbustos en zonas concretas. Instalación de dispositivos de protección y fomento de la fauna.
- Mejorar la seguridad en el abastecimiento (urbano, a explotaciones ganaderas y para usos industriales)
- Mejorar la situación respecto a la calidad de agua de la zona, aumentando el conocimiento, las prácticas agrarias y la gobernanza sobre el recurso agua. Disponiendo de volúmenes de agua, que en momentos puntuales pueden actuar contra las altas concentraciones de nitratos.

El revestimiento de las secciones de las acequias tiene como justificación el disminuir el volumen de agua perdida, debidas a las patologías, deficiencias y/o averías presentes en las infraestructuras actuales. Estas actuaciones suponen un ahorro de agua en términos absolutos, agua que quedará en los embalses aguas arriba del regadío de los Canales de Urgell, para fines ambientales u otros. El regadío por su parte aumentará la eficiencia

hídrica, de tal manera que asegurará que toda el agua que entra en el sistema es mejor aprovechada que antes, llegando a las parcelas las mismas cantidades.

La construcción de las balsas de regulación posibilita disponer de un volumen de agua almacenado para cuando sea requerido por las explotaciones agrícolas y/o ganaderas cercanas, pudiendo actuar también como regulador del caudal circulante por las acequias debido a un incremento del caudal por precipitaciones elevadas.

La construcción de las obras de regulación dinámica del canal permite ajustar el caudal, volumen o velocidad circulante por los canales y acequias más adecuado en cada momento, así como disponer de un sistema de compuertas más eficiente tanto ecológicamente como económicamente, ya que permite su control de forma telemática.

Cumpléndose así los siguientes objetivos:

- Mayor sostenibilidad y eficiencia del regadío: Debido a la mejora de las infraestructuras y red encargada del transporte de agua hasta las parcelas, así como a la disminución de las pérdidas de agua.
- Incremento del beneficio económico: Tras la mejora de la infraestructura de las acequias se producirá un incremento en la rentabilidad de las explotaciones agrarias ya que el volumen de agua real disponible será mayor, ocasionando un incremento directo en la producción.
- Mejora en la seguridad del abastecimiento: La mejora de las infraestructuras diseñadas garantizarán unas condiciones de suministro de agua seguras durante todas las épocas del año.

6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

6.1.1. Revestimiento de acequias 1ª y 4ª y Canal Principal

En los siguientes puntos se resume como esta actuación contribuye a mejora en la eficiencia de este regadío:

- En porcentajes de eficiencia hidráulica, la mejora de infraestructuras de riego repercutiría, tanto desde el punto de vista de la distribución como de la aplicación parcelaria, en una mejora que oscilaría entre el 10 y el 35%.
- Este incremento en la eficiencia provocaría una disminución (o anulación total) en el uso de aguas reutilizadas. La mayor parte de las aguas reutilizadas proviene de impulsiones y bombeos que implican un gasto energético importante. Tal y como se especifica en el Plan Director, el porcentaje

de hectáreas implicadas en el uso del agua reutilizadas representa un 12% de la superficie total, dando una idea del potencial ahorro que se podría conseguir en este concepto.

- De igual manera, el incremento energético corregiría parcialmente el déficit hídrico que padecen los cultivos en su situación actual.
- Finalmente, el incremento de eficiencia posibilita la intensificación de los cultivos y el incremento productivo.

Como conclusión, la modernización y mejora de las infraestructuras de transporte, distribución y almacenamiento representa un incremento en la eficiencia de riego con un previsible ahorro potencial, tanto energético como hidráulico.

6.1.2. Balsa de Castellserà (BS1-001)

- **Alternativa 0.**

Corresponde con la alternativa de no ejecución de la obra. La alternativa de no ejecución de la obra no tiene en cuenta la necesidad de la modernización de este área de regadío para la disminución del consumo del agua mediante un uso más sostenible de este recurso, ni el incremento en la producción y rendimiento de los cultivos y la mejora de la calidad de vida de los agricultores. Lo que podría ocasionar a largo plazo un incremento del abandono rural, por una baja rentabilidad, produciéndose una deslocalización progresiva de la población.

Del mismo modo la no ejecución de las obras no plantea ventajas medioambientales significativas, más bien todo lo contrario ya que se produce una mayor pérdida del recurso agua mediante su desaprovechamiento. Por estos motivos se ha descartado.

- **Alternativa 1.**

Esta alternativa se ubica al sur de la Acequia Primera en la zona del Salto de Castellserà, en el TM de Castellserà.

El acceso se realiza a través del camino que parte de la carretera LV-3028. Camino de tierra de unos 3,5 m.



Figura 2. Alternativa 1 de la balsa BS1-001.



Figura 3. Alternativa 2 de la balsa BS1-001.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel del Salt de Castellserà, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera se produce a pie de embalse.

- **Alternativa 2.**

Esta alternativa se ubica al norte de la Acequia Primera en la zona del Salto de Castellserà, en el TM de Castellserà.

El acceso se realiza a través del camino que parte de la carretera LV-3028. Camino de tierra de unos 3,5 m.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel del Salt de Castellserà, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera se produce a pie de embalse.

A continuación, se resumen las cotas y dimensiones significativas de las alternativas:

BALSA BS1-001		
PARÀMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Volumen útil	453.659 m ³	
Capacidad útil mínima	453.659 m ³	
Nivel mín. de explotación o cota máx. de solera	309,60	
Pendiente mínima de solera	0,05 %	
Nivel máximo ordinario (NMN)	322,35	
Altura útil de agua	12,75 m	
Nivel máximo extraordinario	322,45	
Nivel de coronación o cota camino	323,35	
Resguardo sobre el NMN	0,90 m	
Cota camino coronación canal a la captación	322,50	
Cota camino coronación canal al retorno	308,10	
Superficie del agua hasta el NMN	47.653 m ²	
Superficie del agua hasta coronación	49.805 m ²	

BALSA BS1-001		
PARÀMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Longitud de coronación	852	
Talud interior	2,5H/1V	
Talud exterior en terraplén	3H/2V	
Talud exterior en desmote	1H/1V	
Balance de tierras	153.684 m ³	300.000 m ³
Altura de la balsa	13,85 m	14,80 m
Ancho total camino de coronación	5,00 m	
Ancho transitable camino de coronación	4,10 m	
Pendiente mín. camino hacia el exterior	2,00 %	
Ancho berma	0,30 m	
Ancho cuneta en desmote	1,00 m	
Profundidad cuneta en desmote	0,15 m	
Ancho banquillo en desmote	0,50 m	
Pendiente mín. banqueteta	8,00 %	
Impermeabilización	Lámina de PE de 2,00 mm de espesor	

Tabla 2. Cuadro resumen de cotas y dimensiones de las alternativas de la balsa BS1-001.

6.1.3. Balsa de Penelles (BS1-004)

- **Alternativa 0.**

Corresponde con la alternativa de no ejecución de la obra. La alternativa de no ejecución de la obra no tiene en cuenta la necesidad de la modernización de este área de regadío para la disminución del consumo del agua mediante un uso más sostenible de este recurso, ni el incremento en la producción y rendimiento de los cultivos y la mejora de la calidad de vida de los agricultores. Lo que podría ocasionar a largo plazo un incremento del abandono rural, por una baja rentabilidad, produciéndose una deslocalización progresiva de la población.

Del mismo modo la no ejecución de las obras no plantea ventajas medioambientales significativas, más bien todo lo contrario ya que se produce una mayor pérdida del recurso agua mediante su desaprovechamiento. Por estos motivos se ha descartado.

- **Alternativa 1.**

Esta alternativa se ubica al norte de la Acequia Primera en la zona del Salto de Penelles, en el TM de Penelles.

El acceso se realiza a través del camino del Depósito, camino asfaltado de unos 3,5 m de ancho que parte del norte del núcleo urbano de Penelles hasta la Acequia Primera. A partir de ahí y hasta la zona del depósito y la Masía de los Salts, el camino pasa a ser de tierra.

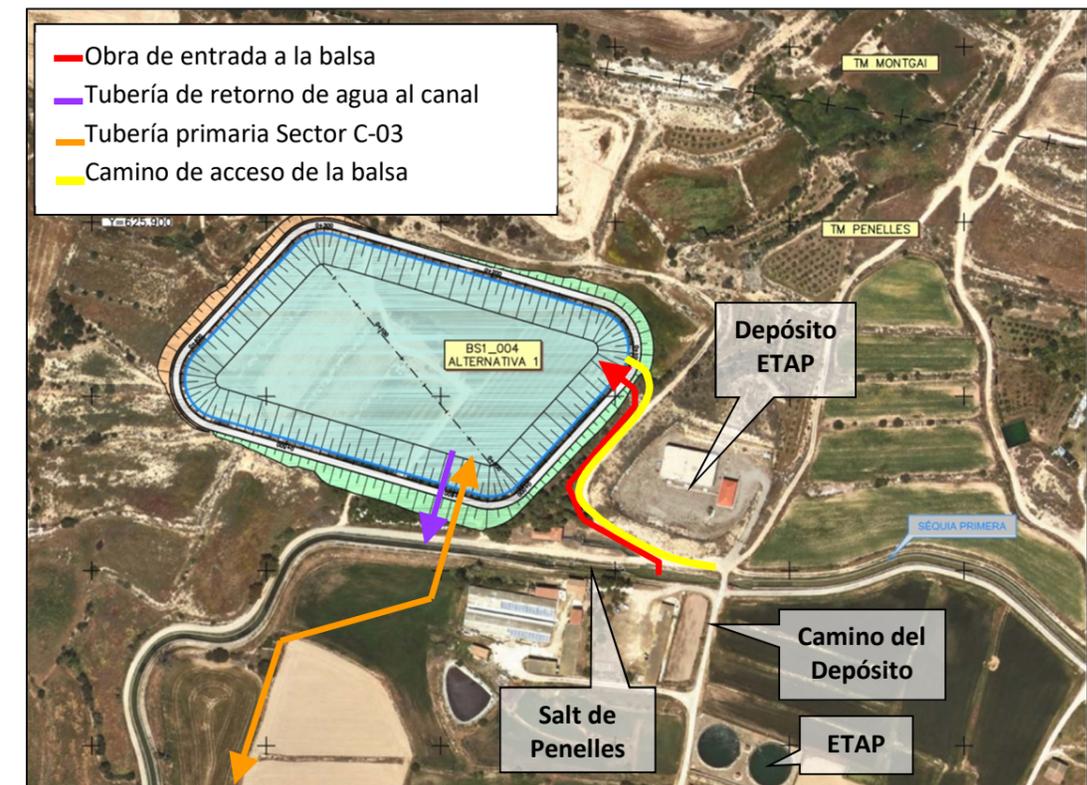


Figura 4. Alternativa 1 de la balsa BS1-004.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel del Salt de Penelles, el retorno del agua, desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera, se produce a pie de embalse. Además, la CGRCU podría aprovechar el salto instalando una turbina en la salida de la balsa. El hecho de situar la balsa en el norte de la Acequia Primera, sin embargo, hace que la tubería primaria de DN 1.500 mm que alimenta al Sector C-03 deba cruzar este canal.

- **Alternativa 2.**

Esta segunda alternativa está situada al sur de la Acequia Primera, entre el cementerio de Penelles y la granja de Cal Mingo, en los TM de Penelles y Castellserà.



Figura 5. Alternativa 2 de la balsa BS1-004.

Se puede acceder a esta balsa por el camino del Cementerio o por el camino de la Serra, caminos rurales de 3,5 m de ancho que parten del norte del casco urbano de Penelles. El camino del Cementerio está asfaltado, pero tanto el tramo final de este camino desde el cementerio hasta la Acequia Primera como el camino de la Serra, que es lo que va a Cal Mingo, son de tierra.

Sin embargo, parte de la balsa está ubicada en una finca que dispone ya de riego presurizado modernizado por aspersión (la Quadreta de Castellserà).

Además, esta alternativa está situada al este de la alternativa 1, lo que comportaría que la tubería de retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera tendría unos 550 m de longitud y estaría a unos 6-8 m de profundidad, con el punto de conexión agua abajo del Salt de Penelles.

A continuación, se resumen las cotas y dimensiones significativas de las alternativas:

BALSA BS1-004		
PARÀMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Volumen útil	134.231 m ³	132.930 m ³
Capacidad útil mínima	132.816 m ³	
Nivel mín. de explotación o cota máx. de solera	299,50	
Pendiente mínima de solera	0,5 %	
Nivel máximo ordinario (NMN)	306,50	
Altura útil de agua	7,00 m	
Nivel máximo extraordinario	306,50	
Nivel de coronación o cota camino	307,50	
Resguardo sobre el NMN	1,00 m	
Cota camino coronación canal a la captación	306,80	
Cota camino coronación canal al retorno	297,90	
Superficie del agua hasta el NMN	24.393 m ²	24.060 m ²
Superficie del agua hasta coronación	25.978 m ²	25.607 m ²
Longitud de coronación	641,93 m	626,31 m
Talud interior	2,5H/1V	
Talud exterior en terraplén	3H/2V	
Talud exterior en desmorte	1H/1V	-
Balance de tierras	50.332,5 m ³	-55.146,3 m ³
Altura de la balsa	8,04 m	11,15 m
Ancho total camino de coronación	5,00 m	
Ancho transitable camino de coronación	4,10 m	
Pendiente mín. camino hacia el exterior	2,00 %	
Ancho berma	0,30 m	
Ancho cuneta en desmorte	1,00 m	-
Profundidad cuneta en desmorte	0,15 m	-
Ancho banquillo en desmorte	0,50 m	-
Pendiente mín. banqueta	8,00 %	-
Impermeabilización	Lámina de PE de 2,00 mm de espesor	

Tabla 3. Cuadro resumen de cotas y dimensiones de las alternativas de la balsa BS1-004.

6.1.4. Balsa de Juneda (BS4-003)

- **Alternativa 0.**

Corresponde con la alternativa de no ejecución de la obra. La alternativa de no ejecución de la obra no tiene en cuenta la necesidad de la modernización de este área de regadío para la disminución del consumo del agua mediante un uso más sostenible de este recurso, ni el incremento en la producción y rendimiento de los cultivos y la mejora de la calidad de vida de los agricultores. Lo que podría ocasionar a largo plazo un incremento del abandono rural, por una baja rentabilidad, produciéndose una deslocalización progresiva de la población.

Del mismo modo la no ejecución de las obras no plantea ventajas medioambientales significativas, más bien todo lo contrario ya que se produce una mayor pérdida del recurso agua mediante su desaprovechamiento. Por estos motivos se ha descartado.

- **Alternativa 1.**

Esta alternativa se ubica al sur de la Acequia Cuarta en la zona del Les 9 Salts, en el TM de Juneda.

El acceso se realiza a través del camino de Les Borges Blanques. Camino de tierra de unos 3,5 m.

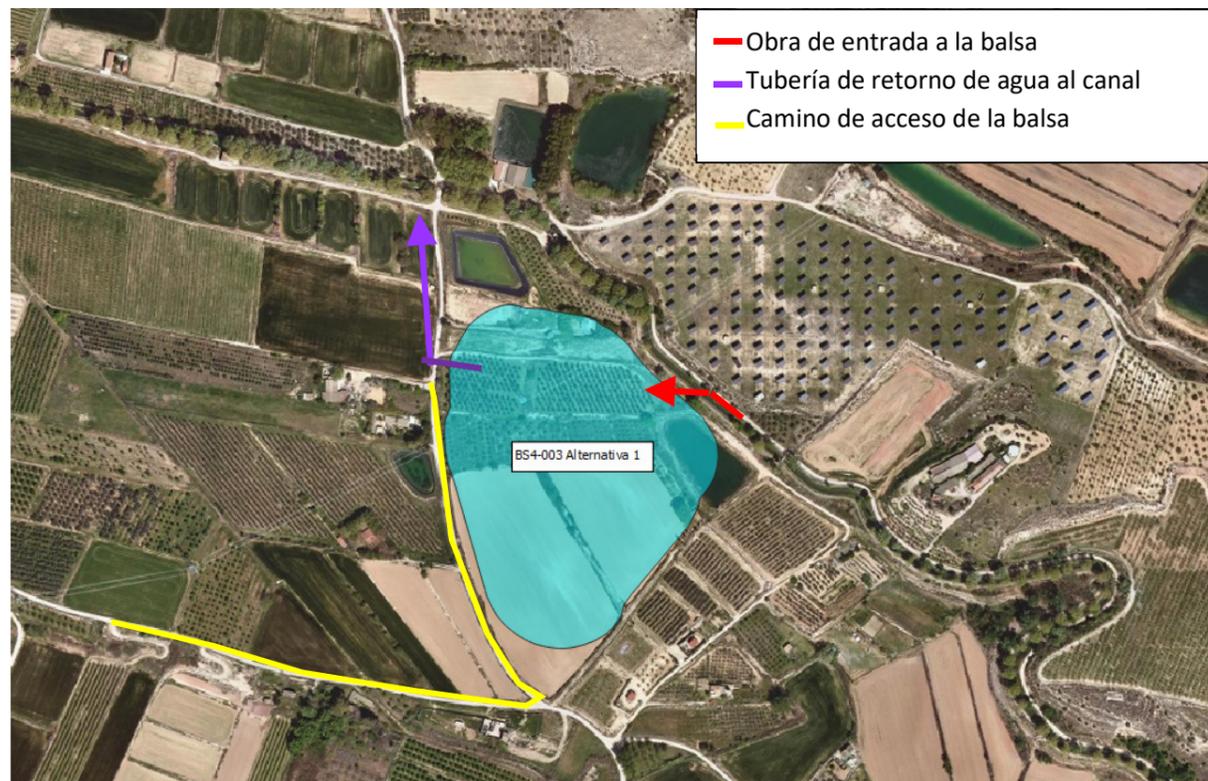


Figura 6. Alternativa 1 de la balsa BS1-001.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel de Les 9 Salts de Juneda, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Cuarta se produce a pie de embalse.

- **Alternativa 2.**

Esta alternativa se ubica al norte de la Acequia Cuarta en la zona del Les 9 Salts, en el TM de Juneda.

El acceso se realiza a través del camino de Les Borges Blanques. Camino de tierra de unos 3,5 m.



Figura 7. Alternativa 2 de la balsa BS4-003.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel de Les 9 Salts de Juneda, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Cuarta se produce a pie de embalse.

A continuación, se resumen las cotas y dimensiones significativas de las alternativas:

BALSA BS4-003		
PARÀMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Volumen útil	348.447 m ³	
Capacidad útil mínima	348.447 m ³	
Nivel mín. de explotación o cota máx. de solera	277,00	
Pendiente mínima de solera	0,06 %	
Nivel máximo ordinario (NMN)	290,50	
Altura útil de agua	13,50	
Nivel máximo extraordinario	290,70	
Nivel de coronación o cota camino	291,70	
Resguardo sobre el NMN	1,00 m	
Cota camino coronación canal a la captación	291,04	
Cota camino coronación canal al retorno	275,50	
Superficie del agua hasta el NMN	36.815 m ²	
Superficie del agua hasta coronación	39.032 m ²	

BALSA BS4-003		
PARÀMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Longitud de coronación	780 m	
Talud interior	2,5H/1V	
Talud exterior en terraplén	3H/2V	
Talud exterior en desmante	1H/1V	
Balance de tierras	-127.163 m ³	- m ³
Altura de la balsa	14,90 m	14,90 m
Ancho total camino de coronación	5,00 m	
Ancho transitable camino de coronación	4,10 m	
Pendiente mín. camino hacia el exterior	2,00 %	
Ancho berma	0,30 m	
Ancho cuneta en desmante	1,00 m	
Profundidad cuneta en desmante	0,15 m	
Ancho banquillo en desmante	0,50 m	
Pendiente mín. banqueta	8,00 %	
Impermeabilización	Lámina de PE de 2,00 mm de espesor	

Tabla 4. Cuadro resumen de cotas y dimensiones de las alternativas de la balsa BS4-003.

6.1.5. Regulación dinámica de los canales:

Las compuertas automatizadas analizadas han sido las siguientes:

- Compuerta tipo vertedera
- Compuerta tipo deslizante simple
- Compuerta tipo caudalímetro
- Compuerta tipo mural + caudalímetro en la parte frontal
- Compuerta tipo sumergible
- Compuerta tipo punto de servicio con medidor integrado

6.2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

6.2.1. Balsa de Castellserà (BS1-001)

Una vez estudiadas ambas alternativas, se derivan las siguientes conclusiones en cuanto a ventajas e inconvenientes de cada propuesta:

BS1-001 ALTERNATIVA 1		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Acceso	Bien comunicada, se sitúa junto a un camino de tierras.	

BS1-001 ALTERNATIVA 1		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Movimiento de tierras		Al estar situada en una zona de afloramiento rocoso, existe un excedente de tierras elevado.
Superficie de ocupación	Forma romboide, la superficie de ocupación es la esperada por el volumen útil mínimo necesario.	
Criterios ambientales	Ubicada sin afectar al espacio protegido Red Natura 2000 Bellmunt - Almenara	
Otros	Gracias al desnivel del Salto de Castellserà, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera se produce a pie de embalse. Además, la CGRCU podría aprovechar la obra de salida para conectar con la futura tubería red de riego que parte directamente de la acequia	

Tabla 5. Cuadro resumen de la alternativa 1.

BS1-001 ALTERNATIVA 2		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Acceso	Bien comunicada, se sitúa junto a un camino de tierras.	
Movimiento de tierras		Al estar situada en una zona elevada, existe un excedente de tierras muy elevado.
Superficie de ocupación	Forma romboide, la superficie de ocupación es la esperada por el volumen útil mínimo necesario.	
Criterios ambientales	Ubicada causando una afección directa al espacio protegido Red Natura 2000 Bellmunt - Almenara	
Otros	Gracias al desnivel del Salto de Castellserà, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera se produce a pie de embalse.	La obra en este caso para conectar directamente la futura tubería red de riego que parte directamente de la acequia con la balsa será mucho más costosa.

Tabla 6. Cuadro resumen de la alternativa 2.

6.2.2. Balsa de Penelles (BS1-004)

Una vez estudiadas ambas alternativas, se derivan las siguientes conclusiones en cuanto a ventajas e inconvenientes de cada propuesta:

BS1-004 ALTERNATIVA 1		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Acceso	Bien comunicada, se sitúa junto a un camino de tierras.	
Movimiento de tierras	Al estar situada en una zona deprimida, el excedente de tierras se puede utilizar para hacer rellenos entre la balsa y el camino de acceso.	El movimiento de tierras no está suficientemente compensado, hay más volumen de desmonte que de terraplén.
Superficie de ocupación	Forma romboide, la superficie de ocupación es la esperada por el volumen útil mínimo necesario.	
Propuesta de clasificación	La onda de rotura afecta a 6 instalaciones rústicas de Penelles y de forma leve, en casas del oeste del núcleo urbano de Penelles. Su clasificación sería C.	
Criterios ambientales	Ubicada mayoritariamente en zona de sensibilidad baja y moderada.	Afecta a una zona de sensibilidad alta asociada a la proximidad con la Acequia Primera.
Otros	Gracias al desnivel del Salto de Penelles, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera se produce a pie de embalse. Además, la CGRCU podría aprovechar el salto instalando una turbina en la salida de la balsa.	La tubería primaria DN 1.500 que alimenta al Sector C-03 debe cruzar la Acequia Primera.

Tabla 7. Cuadro resumen de la alternativa 1.

BS1-004 ALTERNATIVA 2		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Acceso	Bien comunicada, se sitúa junto a un camino de tierras.	
Movimiento de tierras		El movimiento de tierras no está suficientemente compensado. Su coste puede ser elevado porque existe un déficit de volumen de tierras que deberá ser de préstamo.
Superficie de ocupación	Forma trapezoidal, la superficie de ocupación es la esperada por el volumen útil mínimo necesario.	
Propuesta de clasificación	La onda de rotura afecta a 5 instalaciones rústicas de Penelles y Castellserà. Su clasificación sería C.	
Criterios ambientales	Ubicada mayoritariamente en zona de sensibilidad baja y moderada.	Afecta a una zona de sensibilidad alta asociada a la proximidad con la Acequia Primera y con el cementerio de Penelles.

BS1-004 ALTERNATIVA 2		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Otros		Balsa situada en una finca que dispone ya de riego presurizado modernizado por aspersión (la Quadreta de Castellserà). La tubería de retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera tendría un 550 m de longitud y estaría a unos 6-8 m de profundidad, con el punto de conexión aguas abajo del Salt de Penelles .

Tabla 8. Cuadro resumen de la alternativa 2.

6.2.3. Balsa de Juneda (BS4-003)

BS4-003 ALTERNATIVA 1		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Acceso	Bien comunicada, se sitúa junto a un camino de tierras.	
Movimiento de tierras		Al estar situada en una zona deprimida, existe un faltante de tierras.
Superficie de ocupación	Forma romboide, la superficie de ocupación es la esperada por el volumen útil mínimo necesario.	
Viabilidad económica		Se encuentra en una zona donde hay un soporte metálico de tendido eléctrico A.T.
Criterios ambientales	Ubicada en zona de sensibilidad baja.	
Otros	Gracias al desnivel del Les 9 Salts, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Cuarta se produce a pie de embalse.	

Tabla 9. Cuadro resumen de la alternativa 1.

BS4-003 ALTERNATIVA 2		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Acceso	Bien comunicada, se sitúa junto a un camino de tierras.	
Movimiento de tierras	Al estar situada en una zona elevada, existe un mejor balance de tierras.	
Superficie de ocupación	Forma romboide, la superficie de ocupación es la esperada por el volumen útil mínimo necesario.	

BS4-003 ALTERNATIVA 2		
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Viabilidad económica		Se encuentra en una zona donde hay un huerto solar fotovoltaico y un soporte metálico de tendido eléctrico A.T.
Criterios ambientales	Ubicada en zona de sensibilidad baja.	
Otros	Gracias al desnivel del Les 9 Salts, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Cuarta se produce a pie de embalse.	

Tabla 10. Cuadro resumen de la alternativa 2.

6.2.4. Regulación dinámica de los canales

Las características técnicas de las compuertas analizadas son las siguientes:

- Compuerta tipo vertedera.
 - Medición ultrasónica de nivel hídrico.
 - Cálculo de caudal y software de control.
 - Sistema de baterías cargadas por energía solar o de 110-240V CA.
 - Sistema de comunicación lista para conectar a plataformas scada.
 - Construcción robusta y de operaciones diarias frecuentes.
 - Compuerta de forma vertedera o aliviadera para aumentar el control del nivel hídrico.
 - No se ve afectada por la arena, el sedimento u otras sustancias contaminantes.
 - Opción a un pasillo con barandillas para aumentar la seguridad del personal de trabajo.
- Compuerta tipo deslizante simple
 - Sofisticado software de control.
 - Diseño apto para integrarse con un sensor de nivel o caudalímetro (medidor).
 - Sistema de comunicación lista para conectar a plataformas SCADA.
 - Baterías cargadas por energía solar o de CA.
 - No se ve afectado por la carga de asiento y desasiento.
 - Ciclos de alto rendimiento y de bajo mantenimiento.
 - Construcción de alta resistencia.
 - Robusto mecanismo de accionamiento.

- Compuerta tipo caudalímetro
 - Precisión de medición de caudal Sonaray de $\pm 2,5\%$.
 - Se puede montar en tomas parcelarias existentes.
 - Sistema de baterías recargadas por energía solar.
 - No requiere calibración.
 - Hace lecturas precisas parcialmente lleno cuando está equipado con un sensor.
 - No hay partes móviles que puedan atrapar residuos.
- Compuerta tipo mural + caudalímetro en la parte frontal
 - Precisión de la medición de caudal Sonaray® de $\pm 2,5\%$.
 - Baterías recargadas por energía solar o alimentación externa.
 - Sistema de comunicaciones listo para usar con SCADA: se puede integrar a muchas plataformas SCADA.
 - Medición a mitad de carga.
 - Construcción robusta y de operaciones diarias frecuentes.
- Compuerta tipo sumergible
 - Diámetros grandes para evitar pérdida de carga.
 - Sumergible.
 - Amplio rango de caudal de 12 l/s a 600 l/s.
 - Precisión de la medición de caudal Sonaray® de $\pm 2,5\%$.
 - Sistema de baterías cargadas por energía solar o por corriente alterna.
 - Sistema de comunicaciones lista.
- Compuerta tipo punto de servicio con medidor integrado
 - Precisión de la medición de caudal Sonaray de $\pm 2,5\%*$.
 - Baterías recargadas por energía solar.
 - Construcción compacta y ligera para una fácil instalación.
 - Sistema de comunicaciones listo para usar SCADA: se puede integrar a muchas plataformas SCADA.

6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.3.1. Balsa de Castellserà (BS1-001)

Se propone como alternativa escogida la alternativa 1. La principal ventaja de esta alternativa es por estar situada sin causar afectación a la Red Natura 2000 Bellmunt – Almenara y presentar un mejor balance de tierras en esta alternativa.

6.3.2. Balsa de Penelles (BS1-004)

Al ser las dos alternativas clasificables como categoría C, se propone como alternativa escogida la alternativa 1. La principal ventaja de esta alternativa es por estar situada al lado del Salt de Penelles, hecho que hace que el trazado de la tubería de retorno del agua a la Acequia Primera sea óptimo y, además, exista la opción de seguir aprovechando el salto hidroeléctrico.

6.3.3. Balsa de Juneda (BS4-003)

Se propone como alternativa escogida la alternativa 1. La principal ventaja de esta alternativa frente a la segunda es la viabilidad económica, ya que se encuentra situada en una zona que no resulta viable económicamente, por el gasto asociado en expropiaciones.

6.3.4. Regulación dinámica de los canales

Para la elección de las compuertas de automatización se ha buscado un equilibrio entre los modelos que presentan mayor modernización acompañada de mayor robustez, durabilidad y sencillez a la hora de la puesta en marcha, además de permitir al personal operar las labores que sean necesarias con la suficiente seguridad. Se trata de sistemas de compuertas muy utilizados en sistemas de distribución de agua en alta como son canales y acequias. Por lo tanto, se han optado por los siguientes tipos de compuertas

- Compuerta tipo vertedera.
- Compuerta tipo mural + caudalímetro en la parte frontal.

6.4. SITUACIÓN A LA QUE SE TIENDE CON LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Con la ejecución del proyecto se tiende a un mayor ahorro del recurso agua, llevándose a cabo un uso más sostenible y automatización de la red de riego de la Comunidad General de Regantes de los Canales de Urgel

Se estima en un 12% el valor de pérdidas de agua por infiltración causada por el mal estado de la infraestructura de los canales y acequias.

Si toda la red de canales y acequias de la CCRR de los Canales de Urgell se encontrara impermeable, supondría un ahorro de 1.080 m³/ha y año. Por lo tanto, supone esta actuación un ahorro de agua estimado de **21 m³/ha y año** frente a la no actuación.

El ahorro estimado de agua para las balsas frente a la no actuación se toma como el volumen que es capaz de almacenar cada una de las balsas.

Balsa BS1-001: 453.659 m³

Balsa BS1-004: 134.631 m³

Balsa BS4-003: 348.448 m³

7. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA A MODERNIZAR

7.1. LOCALIZACIÓN

7.1.1. REGULACIÓN DINÁMICA DEL CANAL

En la siguiente figura se muestra la localización del emplazamiento de las obras de regulación de mayor a menor prioridad que se plantean llevar a cabo en los Canales de Urgell.

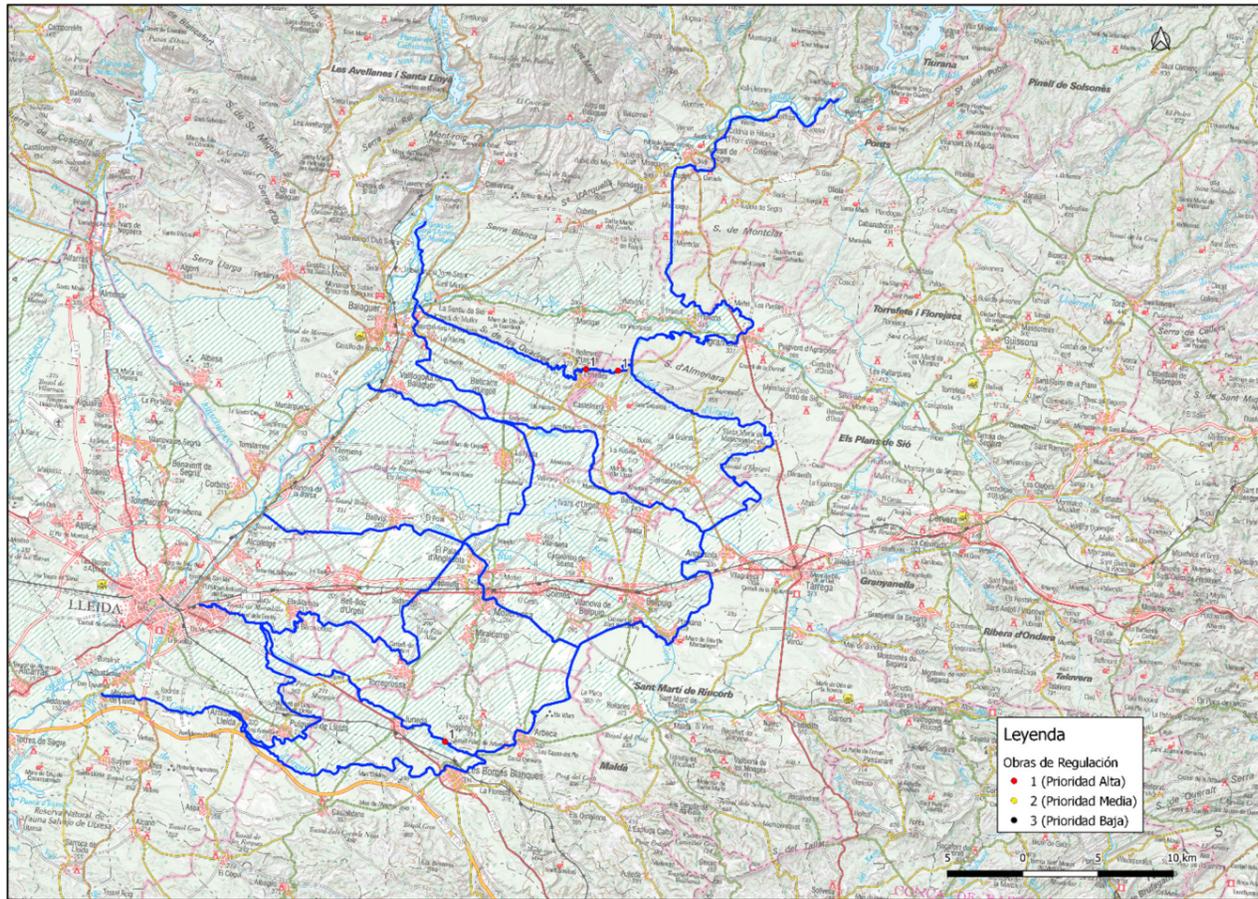


Figura 8. Localización Obras de Regulación por prioridad.

7.1.2. CANAL PRINCIPAL P.K. 0+000 – 0+298.

El tramo objeto de revestimiento se encuentra situado en el término municipal de Ponts. El tramo se encuentra localizado lindando al norte con la Sierra de Rialb, al sur con la carretera C-14, al oeste con la carretera L-512 y al este con el embalse de Rialb. El tramo se encuentra situado entre las siguientes coordenadas marcadas por el punto inicial y final de este. Coordenadas UTM. Sistema de Referencia ETRS 89/UTM ZONE 31 N. EPSG:25831

- Inicio: Coord X: 347727,807 Coord Y: 4643588,180
- Final: Coord X: 347495,029 Coord Y: 4643414,946

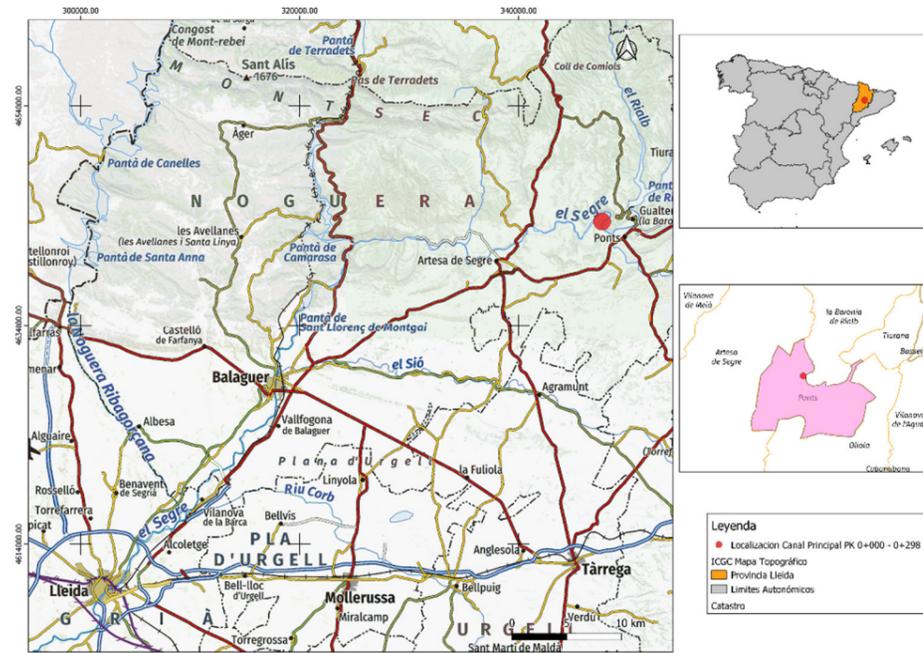


Figura 9. Localización Canal Principal P.K. 0+000 - 0+298.

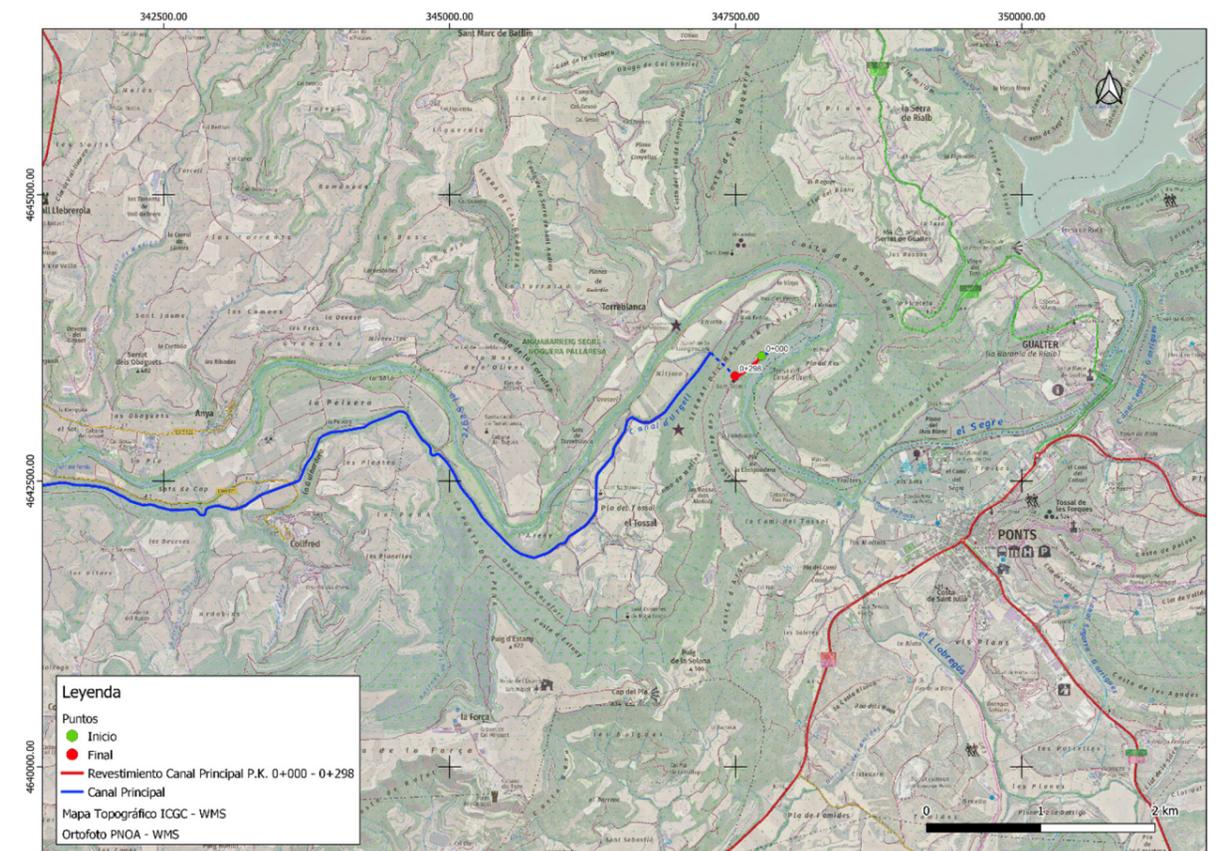


Figura 10. Emplazamiento Revestimiento Canal Principal.

7.1.3. ACEQUIA 1ª P.K. 5+735 – 9+500.

La Acequia 1ª se encuentra en la provincia de Lleida (Cataluña), concretamente discurre por la comarca de Noguera. Situada recorriendo el límite al norte con la Sierra de les Quadres. Esta acequia atraviesa los siguientes términos municipales desde el origen hasta el final: Agramunt, Castellserà, Penelles, Bellmunt d'Urgell, Bellcaire d'Urgell, La Sentiu de Sió, Vallgofona de Balaguer y Balaguer.

Concretamente el tramo objeto de revestimiento se encuentra situado en los términos municipales de Penelles, Bellmunt d'Urgell. El tramo se encuentra localizado lindando al norte con la Sierra de Bellmunt y a continuación la carretera LV-3025, al sur con la carretera C-53, al oeste con la carretera C-26 y al este con la carretera C-14. El tramo se encuentra situado entre las siguientes coordenadas marcadas por el punto inicial y final de este. Coordenadas UTM. Sistema de Referencia ETRS 89/UTM ZONE 31 N. EPSG:25831

- Inicio: Coord X: 330354,815 Coord Y: 4625065,221
- Final: Coord X: 328533,444 Coord Y: 4625911,126

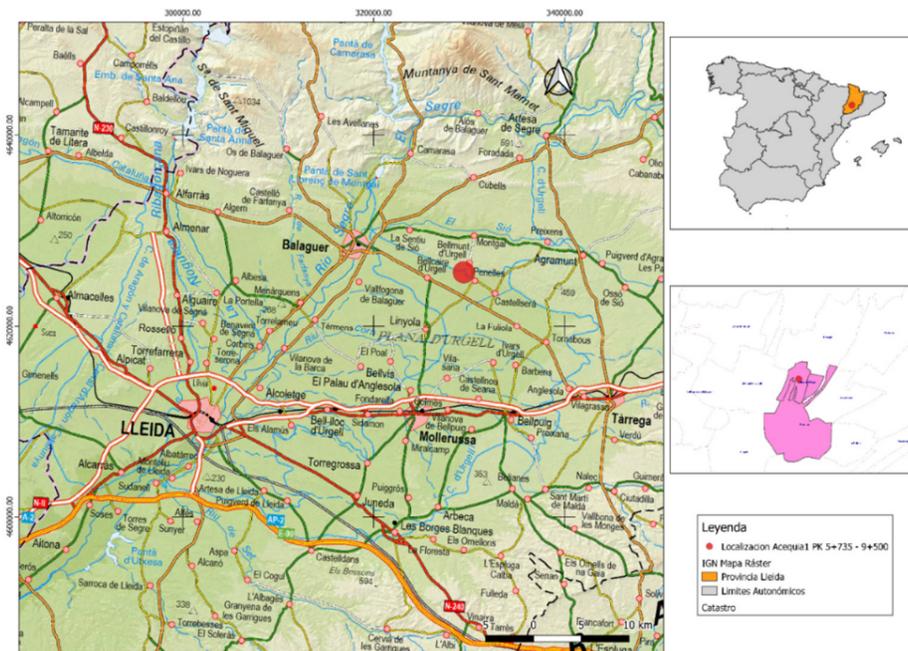


Figura 11. Localización Acequia 1ª. P.K. 5+735 - 9+500.

MEMORIA

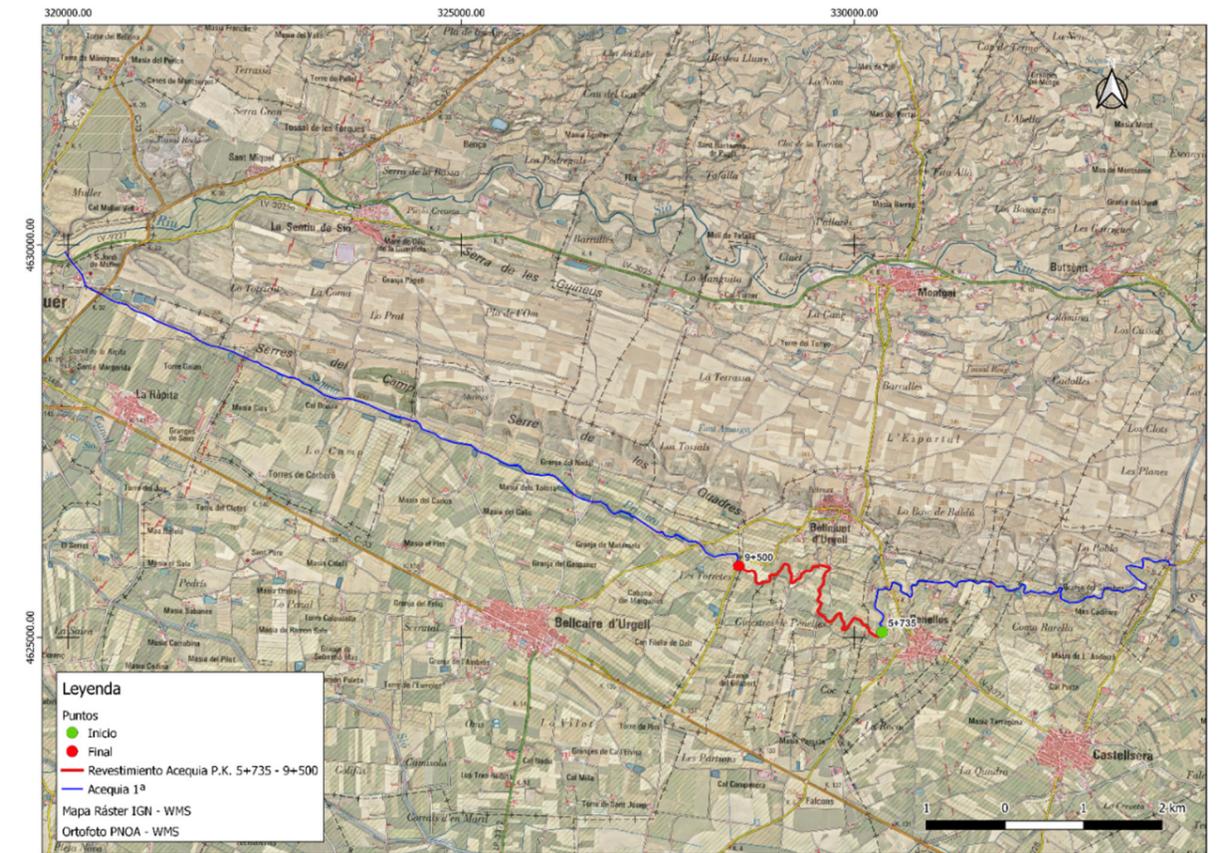


Figura 12. Emplazamiento revestimiento Acequia 1ª.

7.1.4. ACEQUIA 4ª. TRAMO 1 P.K. 0+000 – 0+800. TRAMO 2 P.K. 1+600 – 3+000.

El tramo 1 (P.K. 0+000 – 0+800) se encuentra situado en el término municipal de Les Borges Blanques. Éste se encuentra localizado lindando al norte con la carretera L-200, al sur con la carretera N-240, al oeste con la carretera LV-2001 y al este con la carretera C-233.

El tramo se encuentra situado entre las siguientes coordenadas marcadas por el punto inicial y final de este. Coordenadas UTM. Sistema de Referencia ETRS 89/UTM ZONE 31 N. EPSG:25831

- Inicio: Coord X: 323721,769 Coord Y: 4600034,026
- Final: Coord X: 323009,589 Coord Y: 4600155,248

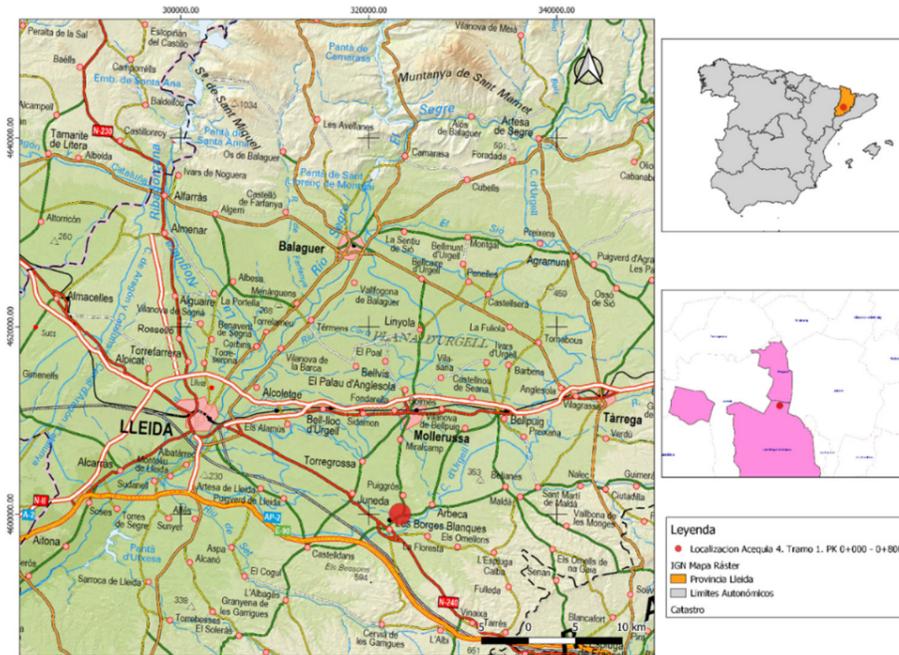


Figura 13. Localización Acequia 4ª. Tramo 1— P.K. 0+000 - 0+800.

El tramo 2 (P.K. 1+600 – 3+000) se encuentra situado en el término municipal de Juneda. Éste linda, al norte, con la carretera L-200, al sur con la carretera N-240, al oeste con la carretera LV-2001 y al este con la carretera C-233. El tramo se encuentra situado entre las siguientes coordenadas marcadas por el punto inicial y final de Coordenadas UTM. Sistema de Referencia ETRS 89/UTM ZONE 31 N. EPSG:25831

- Inicio: Coord X: 322254,877 Coord Y: 4600463,456
- Final: Coord X: 321291,738 Coord Y: 4601114,834

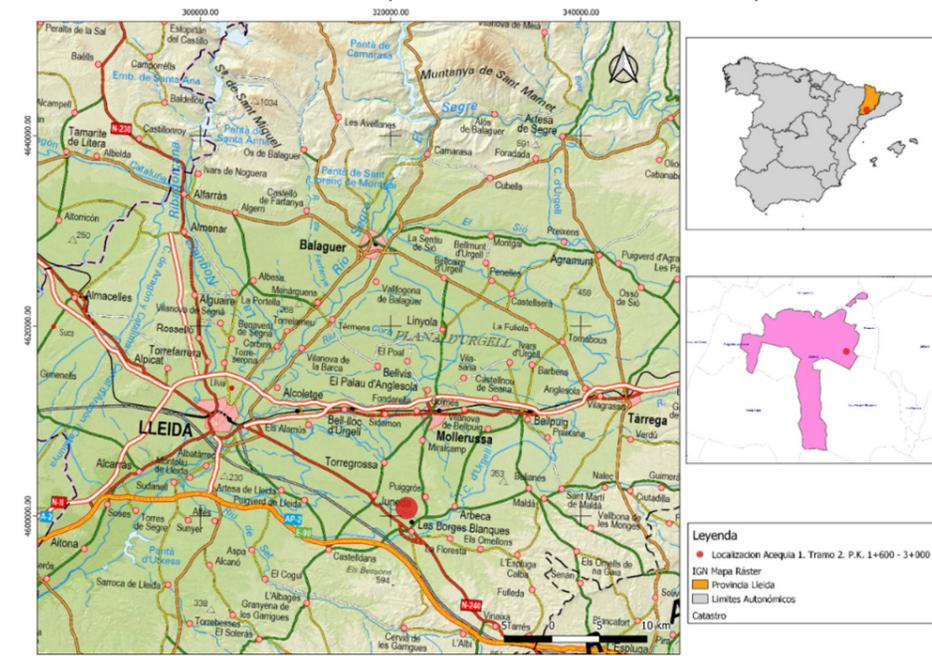


Figura 14. Localización Acequia 4ª. Tramo 2— P.K. 1+600 – 3+000

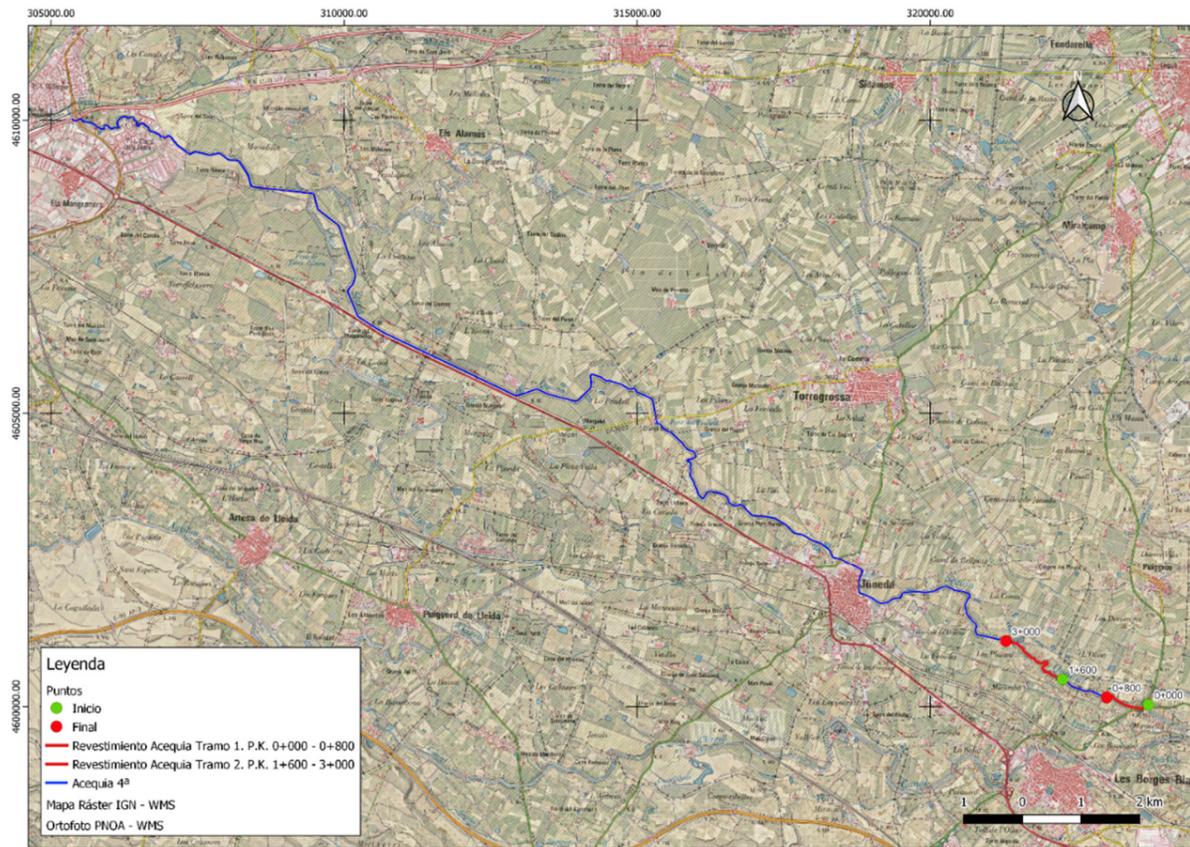


Figura 15. Ubicación de los dos tramos de revestimiento de la Acequia 4ª.

7.1.5. Balsa de Castellserà (BS1-001)

La balsa se encuentra proyectada en el término municipal de Castellserà, municipio perteneciente a la comarca de L'Urgell, provincia de Lleida (Cataluña).

Esta balsa se ubicará al sur de la 1ª Acequia Principal de los Canales de Urgell a la altura del P.K. 1+100. Su futura localización, mediante las siguientes coordenadas UTM, se establecen escogiendo un punto central de la balsa, con Sistema de Referencia ETRS 89/UTM ZONE 31 N. EPSG:25831

- Coord X: 333285,464
- Coord Y: 4625484,061

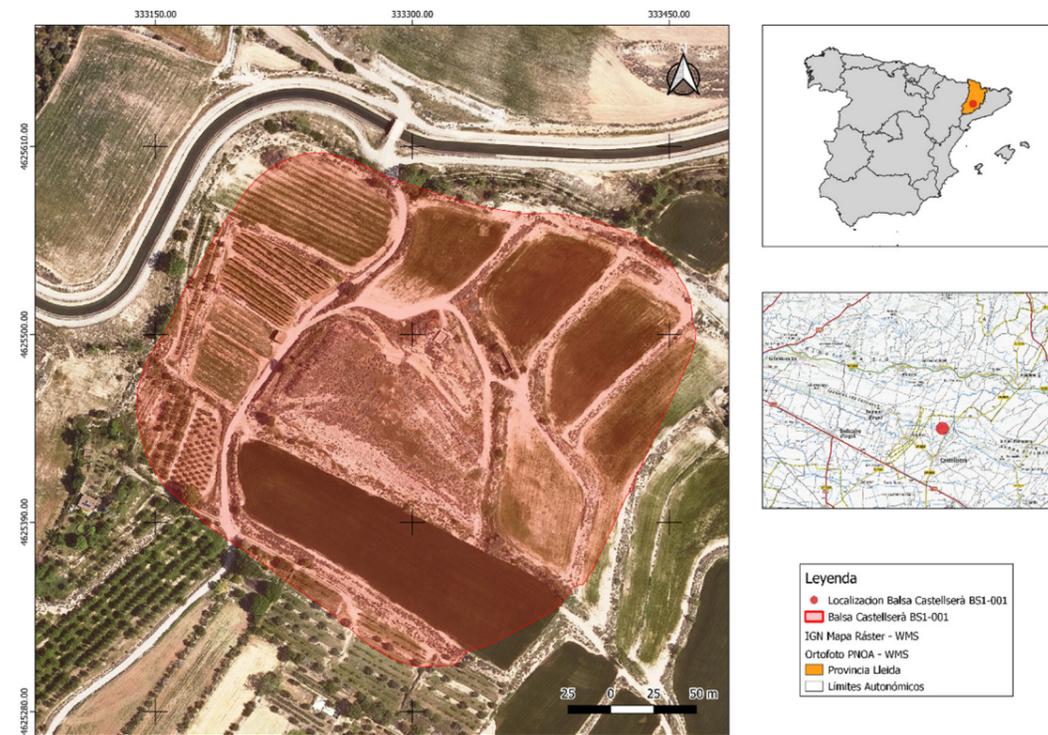


Figura 16. Localización balsa Castellserà (BS1-001).

7.1.6. Balsa de Penelles (BS1-004)

Esta balsa se proyecta en el término municipal de Penelles, municipio perteneciente a la comarca de La Noguera, provincia de Lleida (Cataluña).

La balsa, con un volumen total de 134.631 m³, se ubicará al norte de la 1ª Acequia Principal de los Canales de Urgell a la altura del P.K. 4+200. La podemos situar mediante sus coordenadas UTM establecidas escogiendo un punto central de la balsa. Sistema de Referencia ETRS 89/UTM ZONE 31 N. EPSG:25831

- Coord X: 330917,053
- Coord Y: 4625807,213+

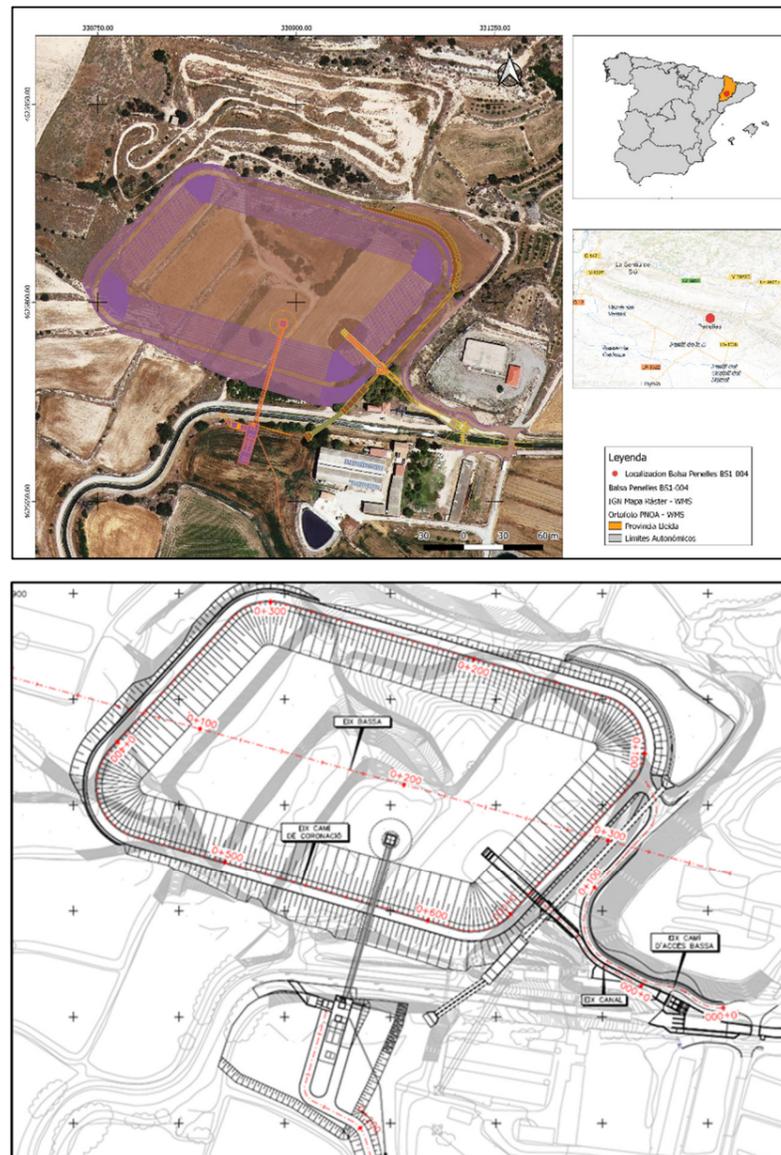


Figura 17. Localización balsa Penelles (BS1-004).

7.1.7. Balsa de Juneda (BS4-003)

Esta balsa se encuentra proyectada en el término municipal de Juneda. Municipio perteneciente a la comarca de Las Garrigas, provincia de Lleida (Cataluña).

Esta balsa se encuentra situada al sur de la 4ª Acequia Principal de los Canales de Urgell a la altura del P.K. 2+700. La podemos situar mediante sus siguientes coordenadas UTM, establecidas escogiendo un punto central de la balsa. Sistema de Referencia ETRS 89/UTM ZONE 31 N. EPSG:25831

- Coord X: 321514,898
- Coord Y: 4600868,196

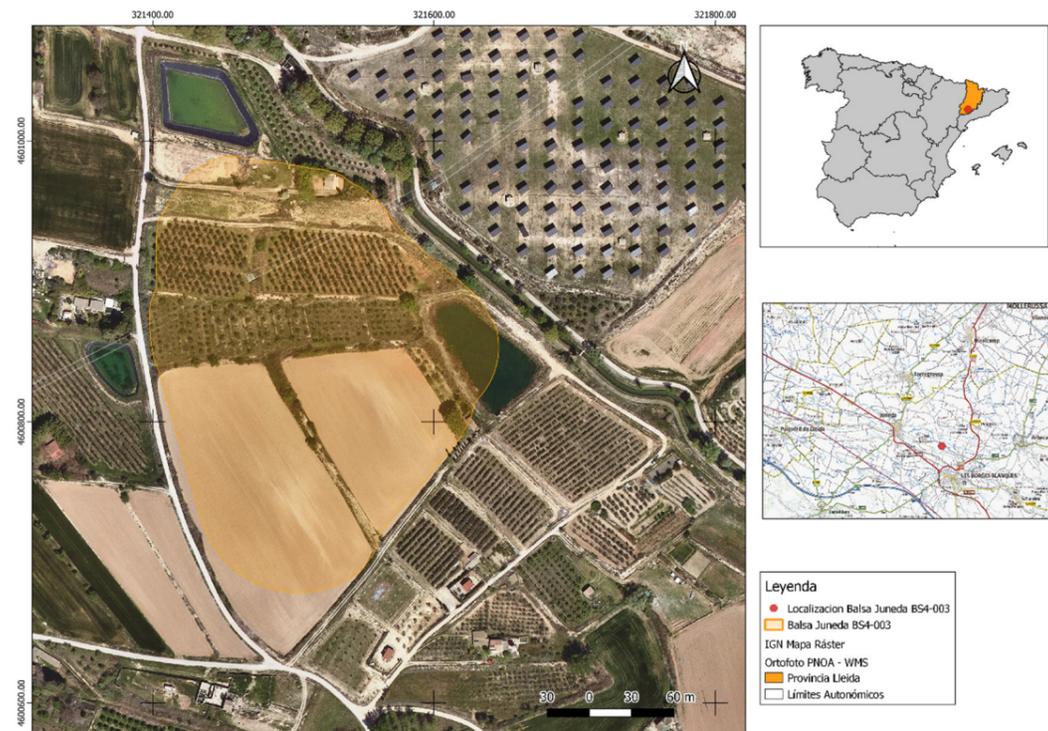


Figura 18. Localización balsa Juneda (BS4-003).

7.2. CLIMATOLOGÍA

Los datos para llevar a cabo el estudio climatológico del anejo 3 son los de Estación Meteorológica de Lleida. La precipitación es típica del clima semiárido frío, propio de las zonas del Valle del Ebro con una media anual de 342 mm. Caracterizado por veranos cálidos e inviernos fríos y húmedos, la precipitación se encuentra concentrada principalmente en las estaciones de otoño y primavera (Figura 4).

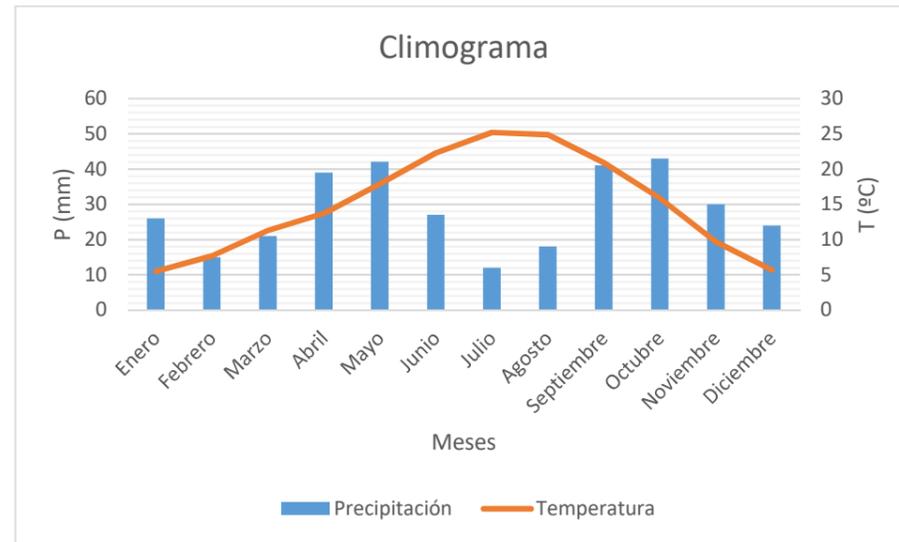


Figura 19. Climograma de la zona (Estación de Lleida).

7.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La parte catalana de la depresión del Ebro está constituida por una potente serie sedimentaria, poco deformada tectónicamente y relacionada de forma muy directa con el levantamiento de los Pirineos a lo largo de la orogenia alpina. Las rocas sedimentarias que llenan la depresión son esencialmente continentales, teniendo su origen en los abanicos aluviales procedentes de las cordilleras circundantes. Sin embargo, el conjunto de sucesiones estratigráficas se puede dividir en tres grandes ciclos o conjuntos sedimentarios, relacionados con eventos estructurales que cambiaron el régimen de deposición del estanque. Así, las condiciones ambientales (clima, profundidad de la cuenca, régimen de alimentación), han producido diferentes tipos de formaciones que van desde las margas grises marinas a los sedimentos de tipo continental pasando por las formaciones salinas de cuencas endorreicas.

En concreto, en la zona del Pla d'Urgell, los materiales que afloran pertenecen principalmente a la Formación Urgell de lutitas con intercataciones de areniscas de edad oligocénica. La Formación de Urgell se encuentra depositada sobre las tizas de la Formación Barbastro, que aflora más al norte, en el anticlinal de Barbastro-Balaguer (sierra de Bellmunt) y en la sierra de Almenara. Hacia el este, la Formación Urgell pasa lateralmente a las calizas de Talladell, de la Formació Tàrrrega, procedentes de un ambiente lacustre de centro de cuenca. Y hacia el sur, pasa lateralmente a calcilutitas con influencias terrígenas del sistema Mediterráneo, y en rocas formadas por sedimentos de abanico aluvial. Por último, al oeste, la formación Urgell es sustituida por formaciones detríticas más recientes.

Los sedimentos post-oligocénicos son esencialmente gravas, limos y arcillas, correspondientes a depósitos de terrazas aluviales del Segre y de la influencia de las rieras del propio plan. Además, en la llanura central de la zona regable, pueden encontrarse tizas de tamaño limo.

Se ha llevado a cabo la reseña de los materiales geológicos presentes en la zona de estudio a través del sistema WMS – Instituto Geológico y Minero de España.

7.3.1. Acequia 1ª P.K. 5+735 – 9+500 y Balsas de Castellserà (BS1-001) y Penelles (BS1-004).

El material geológico presente en estos suelos es el siguiente (Ver Figura 15):

- 10. Areniscas, limos y arcillas.
- 11. Calizas.
- 14. Areniscas, arcillas y conglomerados.
- 21. Depósitos de glaciés. Cantos calizos angulosos en matriz limosa.
- 22. Cuaternario indiferenciado. Depósitos aluviales y coluviales en general.

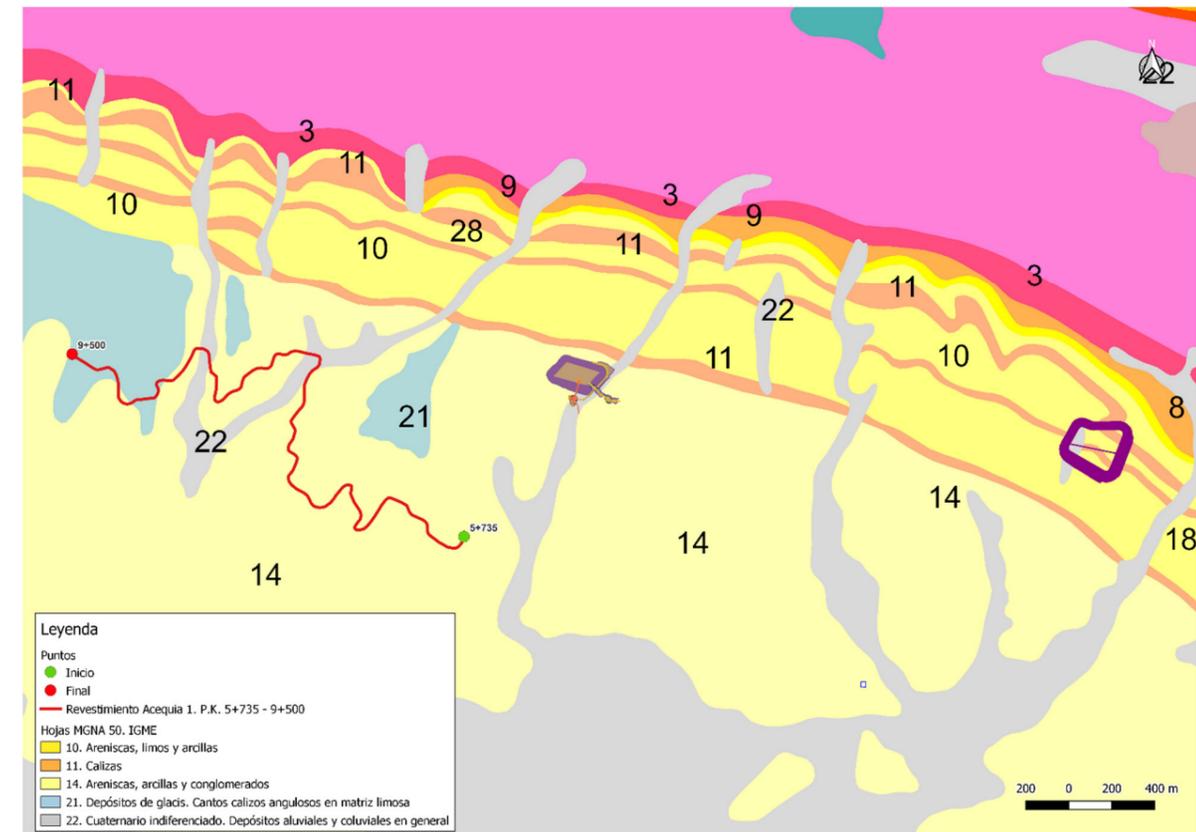


Figura 20. Geología revestimiento Acequia 1ª y balsas.

7.3.2. Acequia 4ª. Tramo 1 P.K. 0+000 – 0+800. Tramo 2 P.K. 1+600 – 3+000. Balsa de Juneda (BS4-003).

El material geológico presente en estos suelos es el siguiente (Ver Figura 17):

17. Pelitas rojizas con intercalaciones de areniscas.

26. Limos con cantos predominantemente calizos. Coluviones.

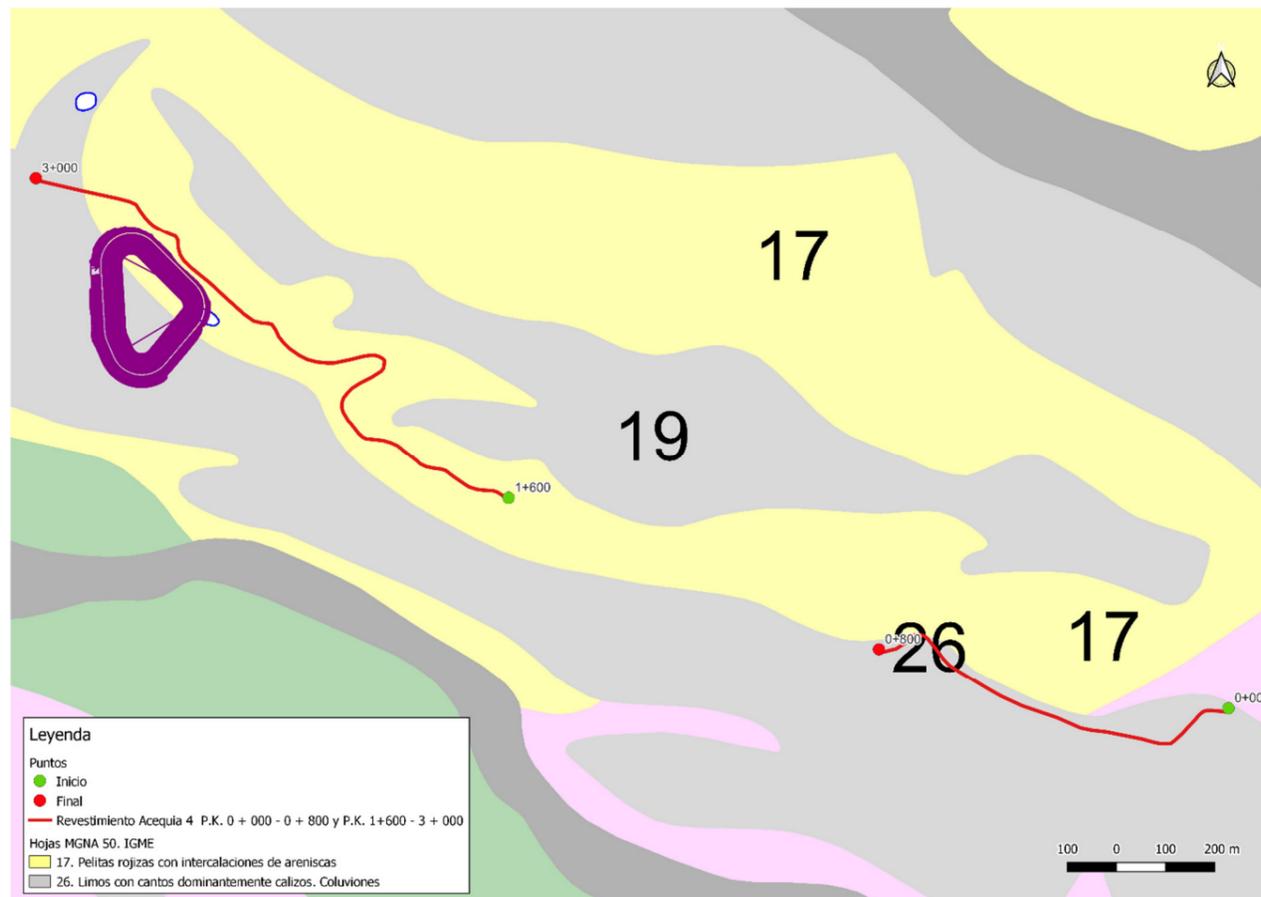


Figura 21. Geología revestimiento Acequia 4ª y balsa.

8. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

8.1. Revestimiento de acequias.

Las obras consisten en la construcción de un canal a cielo abierto de nueva planta en diferentes tramos de las Acequias Principales 1ª y 4ª.

En la 1ª Acequia Principal se revestirá el tramo comprendido entre el P.K. 5+735 – 9+500, con una longitud total de 3.765 metros, pendiente media de 0,00035 m/m y una capacidad de transporte de 8 m³/s.

En la 4ª Acequia Principal se revestirán dos tramos diferenciados, comprendidos entre el P.K. 0+000 - 0+800 (800 metros de longitud) y el P.K. 1+600 – 3+000 (1400 metros de longitud), con una pendiente media de 0,00035 m/m y una capacidad de transporte 8 m³/s de caudal.

8.2. Balsas.

Los criterios de diseño de las balsas han sido;

PARÁMETRO	Balsa BS1-004	Balsa BS1-001	Balsa BS4-003
Volumen útil	134.631 m³	453.659 m³	348.448 m³
Talud interior	2,5H/1V	2,5H/1V	2,5H/1V
Talud exterior en terraplén	3H/2V	3H/2V	3H/2V
Talud exterior en desmorte	1H/1V	1H/1V	1H/1V
Caudal de entrada	4,410 m³/s	5,93 m³/s	5,32 m³/s
Caudal de salida	4,249 m³/s	2,99 m³/s	2,54 m³/s
Caudal retorno a canal	1,500 m³/s	5,26 m³/s	2,41 m³/s
Ancho total camino de coronación	5,00 m	5,00 m	5,00 m

Tabla 11. Cuadro resumen de criterios de diseño de las balsas.

9. INGENIERÍA DEL PROYECTO

9.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO

El estudio geotécnico se encuentra recogido en su correspondiente Anejo 7. Estudio Geotécnico. Este anejo está formado por 5 estudios; 1 para la reposición de la acequia existente, 3 para la construcción de balsas y 1 en el tramo inicial canal principal.

• TRAMO INICIAL CANAL PRINCIPAL

Materiales existentes:

Unidad 0: Suelo vegetal superficial con una profundidad media de 25 cm.

Unidad 1: Unidad formada por arcillas limosas con algunas gravas pequeñas. Limos arenosos con gravas y algún bolo. Limos arcillosos con algunas gravas pequeñas. Gravas y arenas. Arcillas con tramos más limosos. Alcanza una profundidad media de 5,25 metros.

Unidad 2: Unidad formada por gravas y bolos con matriz de arenas limosas. Alcanza una profundidad media de 5,5 metros.

Unidad 3: Unidad formada por Areniscas. Lutitas con alguna intercalación de muy poca potencia de areniscas, color rojizo. Material con ligera humedad. Alcanza una profundidad media de 3,5 metros.

- **ACEQUIA PRIMERA PRINCIPAL**

Se realizó el reconocimiento geotécnico de una traza de unos 5 Km de longitud donde se proyecta la actual traza de la 1ª Acequia Principal del Canal de Urgell, en los términos municipales de Bellmunt d'Urgell y Penelles.

La traza de la zona estudiada sigue el curso de la 1ª Acequia Principal del Canal de Urgell, en esta zona se observan numerosos afloramientos formados por tizas, intercalaciones calcáreas margosas, areniscas y lutitas. Su relieve está determinado por la Sierra de Almenara, que determina la orografía de la zona.

Se detecta dos niveles de materiales desde el punto de vista geológico/geotécnico en el subsuelo de la zona de estudio. El primer nivel está formado mayoritariamente por arenas y gravas y gravas y arenas, con intercalaciones de tramos más puntuales limo-arcillosos. Los materiales presentan unas coloraciones marrones. Y puntualmente más rojizos, asociados a la alteración de los niveles de sustrato subyacentes. Este nivel se ha identificado como materiales cuaternarios asociados a los niveles, Qga – Qr, por tanto, asociados a niveles de glaciares y de camas de los cursos actuales. Estos materiales se detectan en todas las catas, excepto en la cata C-3, con una potencia máxima de 5,40 metros en el punto P-3.

Desde el punto de vista geomecánico los materiales presentan un comportamiento mayoritario granular, aunque se detecta algún tramo de limos arcillosos puntuales. Por lo general los materiales presentan una densidad baja y muy baja, con capacidad portante baja.

El segundo nivel está formado por una intercalación de lutitas y areniscas con niveles de color ocre rojizo (las lutitas tienen pasadas verdosas). Este nivel se ha identificado como materiales del Sustrato de Edad Oligocena, unidad POmgc3 según plano geológico de ICGC.

Estos materiales se detectan superficialmente en la zona de la cata C-3, y por debajo de los materiales del primer nivel en todos los ensayos, excepto en las calas C-2 (aunque en la base parece interceptarse estos materiales, pero la presencia de nivel freático no nos deja describir estos materiales) y en la C-4. A partir de los ensayos realizados se puede detectar un tramo de 1.50 metros, aunque a partir del estudio de la geología regional

de la zona se le podría atribuir una potencia de decenas de metros. Desde el punto de vista geomecánico se trata de unos materiales con un comportamiento roca, con una compacidad dura y una elevada capacidad portante.

Por último, a partir de las litologías observadas, se ha asociado al nivel descrito unas características geológicas y geotécnicas que quedan resumidas en el siguiente cuadro:

Nivel	Nb	Densidad ⁽¹⁾	Cohesión ⁽²⁾	Ángulo de rozamiento interno ⁽³⁾	E ⁽⁴⁾
1er nivel: Arenas y gravas, limos arcillosos	4	1.90	0.0	28°	50
2do nivel: Lutitas y greses Sustrato	25-R	2.20	2.0	38°	>1000

Tabla 12. Características geológicas y geotécnicas de los materiales del subsuelo.

(1) Densidad está dada en gr/cm³.

(2 y 3) La cohesión está expresada en Kg/cm². Tan la cohesión como el ángulo de rozamiento interno son valores efectivos o largo plazo.

(4) Módulo de deformación, Kg/cm²

- **BALSA DE CASTELLSERÀ (BS1-001)**

Materiales existentes:

Nivel 0: Se detecta una media de 46 cm de suelos vegetales, de media en todos los ensayos realizados. Estos materiales se tendrán que eliminar totalmente. Estos materiales serán fácilmente excavables.

Nivel R: Asociado al margen de la zona dónde se ejecuta la C-3 y en el margen del campo de la zona del P-9, con una potencia entre 1.60 metros. Y una potencia de 2.70 metros en el S-6, realizado en el vial junto al canal. Estos materiales están formados por arenas con lutitas y fragmentos de areniscas con aspecto caótico.

Presentan una estabilidad media. Estos materiales serán fácilmente excavables.

Nivel 1: Se asocian a materiales formados por limos arcillosos con gravillas, de colores marrones y se incluyen aquí los materiales los tramos más alterados de niveles subyacentes. Estos materiales presentan una potencia máxima de 1.20 metros, excepto en el P-7, con 1.60 metros de potencia. Presentan una estabilidad media. Estos materiales serán fácilmente excavables.

Nivel 2. Sustrato: Se trata de materiales formados principalmente por lutitas de colores rojizos, ocres y puntualmente verdosos-grisáceos con intercalaciones de hasta 1.0-1.50 metros de areniscas con aspecto carbonatado. Los materiales se pueden perforar con coronas de widia, y con inyección de agua. Presentan valores de RQD, variados según el tramo, y el tipo de perforación realizada, con agua o sin, pero con una media de 40-50%, calidad media. En general la proporción detectada de lutitas/areniscas sería un 60/40.

Estos materiales presentan una elevada resistencia, pero se han encargado ensayos para valorar su resistencia, capacidad de ripabilidad y los necesarios para poder reutilizarlos como pedraplén para el relleno de los diques previstos. Presentan una buena estabilidad media. Estos materiales no serán fácilmente excavables, sobretodo cuando se intercepte los niveles de areniscas.

Las recomendaciones de cimentación son:

Capa vegetal a sanear: Los materiales asociados a suelos vegetales presentan una potencia de 46 cm, de potencia media en todos los ensayos realizados.

Clasificación de los materiales según PG3: Los materiales asociados los niveles R y 1, se deberían considerar suelos tolerables, a modo de seguridad, aunque se han enviado a ensayar. Los materiales del nivel 2 se presentarán rocosos, pero se han enviado a ensayar para valorar su idoneidad para reutilización como pedraplén.

Nivel freático y permeabilidad: En fecha de la realización de los trabajos de campo, y hasta la cota estudiada no se detectó presencia de nivel freático en dos de los ensayos realizados. Sólo en el caso de la calicata C-7, se ha detectado una fuerte humedad entre 0.60-1.60 metros en los materiales cuaternarios.

Los materiales asociados los niveles R y 1, se le podrá asociar permeabilidades de 10^{-3} o 10^{-4} m/s. Los materiales del nivel 2, se le podrá asociar permeabilidades de 10^{-7} o 10^{-8} m/s.

Capacidad portante del vaso y apoyo de diques: Se prevé que una vez realizados los movimientos de tierras y saneos superficiales, aflore superficialmente los materiales del sustrato, nivel 2, teniendo en cuenta que se descargará la zona con excavaciones se considera que la tensión mínima de trabajo a considerar sería de $Q_a = 5.0 \text{ Kg/cm}^2$ con un factor de seguridad incluido de $F=3$. Los asientos máximos previstos para la carga recomendada anteriormente serán menospreciable o bien inferiores a 0.50 cm.

Como valor de coeficiente de balasto, referido a una placa de 30x30, K_{30} se podrá adoptar un valor de 15.0 Kg/cm^3 .

Ripabilidad de los materiales: Los materiales asociados los niveles 0, R y 1, se excavarán con maquinaria convencional fácilmente. Los materiales del nivel 2 presentarán ripabilidad más complicada, se valorará el tipo de maquinaria cuando se tengan los resultados de laboratorio, pero el rendimiento de excavación será menor a los niveles anteriores comentados.

Excavaciones: Los materiales asociados los niveles 0, R y 1, presentan una estabilidad media, por lo que se considera que, teniendo en cuenta que presentará potencias de no más de 2.0 metros, un perfil 1:1. Los materiales del nivel 2 presentarán una buena estabilidad con perfiles de excavación verticales y subtercales a corto plazo, a nivel constructivo. Cabe destacar que los materiales del nivel 2 de sustrato a largo plazo presentarán buena estabilidad, pero una fuerte erosión regresiva y meteorización, sobretodo afectando a los niveles de lutitas, que acaban descalzando los tramos de areniscas y produciendo pequeñas caídas sin mucho desplazamiento, de los fragmentos de areniscas. Por lo tanto, si se hubieran que dejar taludes en roca del nivel 2, de forma definitiva, se debería valorar la posibilidad de realizar taludes de como máximo 60º, o bien una protección adicional, para evitar la meteorización que se producirá.

- **BALSA DE PENELLES (BS1-004)**

En cuanto al aprovechamiento del material excavado en la zona de la balsa BS1_004, que será mayoritariamente de la unidad PO, es necesario que durante la fase de obra se separe por lotes el material excavado para poder distinguir los tramos marginales (IN) de argilitas con presencia vetas de yesos (como el localizado en la cala C-1) de los tramos tolerables (O) de argilitas y areniscas. De esta forma se recomienda utilizar este material tolerable como fundamento y núcleo de los terraplenes que forman el dique de cierre de la balsa, y extender material tolerable de la obra o adecuado (1) de préstamo en los espalderos y en coronación, tal y como se recomienda al "Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3" vigente y se indica en los planos de secciones tipo de la balsa.

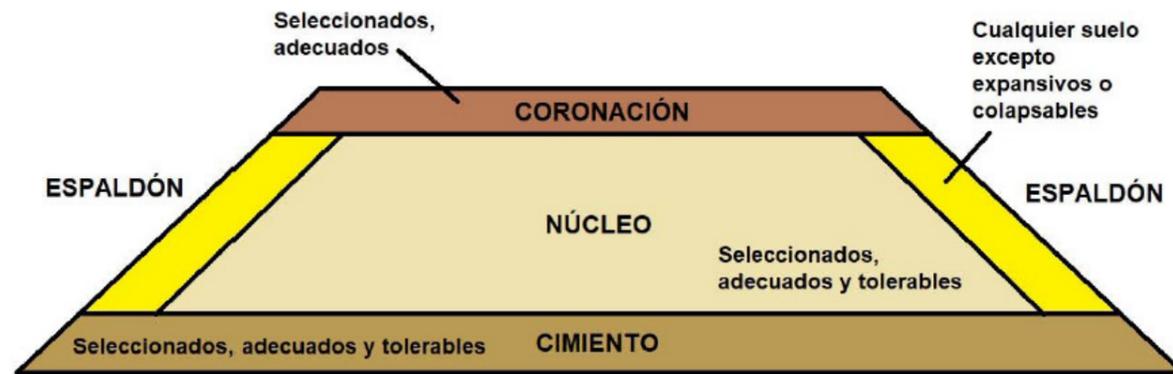


Figura 22. Uso del suelo en función de la zonificación del terraplén (PG-3).

El siguiente cuadro resume la excavabilidad de los materiales de la zona de proyecto:

Unidad	Grosos	Excavabilidad
H. Suelo superficial	< 0,4 – 0,6 m	Fácil con maquinaria habitual de movimiento de tierras
Q. Limos arenosos y arcillas limosas	1,5 a 2,0 m (pudiendo llegar hasta 3,0 – 4,0 m)	Fácil con maquinaria habitual de movimiento de tierras
PO. Lutitas y areniscas	Primeros 0,5 a 1,0 m.	Fácilmente excavable y ripable
	Tramos de lutitas y areniscas alteradas y fracturadas	Terreno de ripabilidad marginal
	Terreno rocoso, sano y fuertemente cementado	Ripaduras de tipo D11 o voladura

Tabla 13. Excavabilidad de los terrenos.

Sabiendo que la profundidad media de zanja es de 2,0 m, se puede concluir que en general se podrá excavar con maquinaria habitual y, sólo en algunos tramos con presencia de la unidad PO más cementada, puede que sea necesario ripar.

En cuanto a la zona de la balsa BS1-004, los desmontes en la unidad PO serán mayoritariamente fácilmente excavables y ripables y también de ripabilidad marginal. Puntualmente pueden aparecer tramos de difícil ripabilidad o voladura, correspondiente a las areniscas del sustrato rocoso.

- BALSA DE JUNEDA (BS4-003)**

Materiales existentes:

En base a los resultados de la campaña de campo efectuada el perfil geotécnico de la zona donde se implanta la balsa está formado por un tramo superior de relleno y tierra vegetal, con una potencia inferior a 6,0 m. Por debajo del relleno aparece un nivel cuaternario superior (C1), constituido por limos con una potencia que

oscila entre 0,8 m y más de 12,0 m (en algún reconocimiento no aparece esta unidad). A continuación se detecta un nivel cuaternario inferior constituido por gravas (C2) con una potencia inferior a 4,0 m. En profundidad aparece el sustrato terciario formado principalmente por lutitas y areniscas (ST). La parte superior del sustrato terciario se encuentra alterada.

Relleno (R): Se trata de una unidad constituida por una mezcla de arcilla, limos y arena de grano fino de color marrón- rojizo con cantos heterométricos dispersos. Los primeros cm corresponden a tierra vegetal. La potencia de este nivel oscila entre 0,2 y 6,0 m.

Unidad geotécnica	Φ' (°)	C' (T/m ²)	$\gamma_{aparent}$ (T/m ³)	E (T/m ²)	q_u (kg/cm ²)	C_u (kg/cm ²)
Relleno (R)	24 - 26	0,5 -1,0	1,75 - 1,85	450 - 900	0,4 - 1,0	0,2 - 0,5

Sedimentos cuaternarios (C1): Limos arcillosos: Por debajo del relleno (R) aparece un nivel cuaternario formado por limos arcilloso de color marrón. Se detectan horizontes arenosos intercalados y de forma aislada lentejones de grava. Estos materiales aparecen en la zona de la balsa con espesores de hasta 12 m, según la muestra extraída del sondeo S-4. En algunos puntos este tramo no se encuentra definido.

Unidad geotécnica	Φ' (°)	C' (T/m ²)	$\gamma_{aparent}$ (T/m ³)	E (T/m ²)	q_u (kg/cm ²)	C_u (kg/cm ²)
Limo arcilloso (C1)	25 - 28	0,5 -1,0	1,8 - 1,9	600 - 1500	0,6 - 1,2	0,3 - 0,6

Sedimentos cuaternarios (C2): Gravitas: En algunos puntos por debajo del nivel de limo arcilloso (C1) se ha detectado un nivel cuaternario inferior (C2) formado por gravitas de color marrón claro. Los cantos son heterométricos, subredondeados y envueltos en matriz arena limosa. Estos materiales aparecen en la zona de la balsa con espesores superiores a 4 m, según los ensayos realizados, aunque, en algunos puntos no aparecen. Este nivel presenta morfologías lenticulares, por tanto, la cota de inicio y el grosor del mismo pueden variar de un punto a otro llegando incluso a desaparecer.

Unidad geotécnica	Φ' (°)	C' (T/m ²)	$\gamma_{aparent}$ (T/m ³)	E (T/m ²)
Grava (C2)	32 - 35	0,0	1,85 - 1,95	2500 - 4000

Sustrato terciario alterado (ST_{ALT}): Lutitas y areniscas: Bajo los suelos cuaternarios aflora el sustrato terciario constituido por lutita marrón rojiza y arenisca de grano fino a grueso. El horizonte más superficial de esta unidad está meteorizado y va adquiriendo mayor consistencia en profundidad dando lugar al sustrato terciario sano.

Unidad geotécnica	Φ' (°)	C' (T/m ²)	$\gamma_{aparent}$ (T/m ³)	E (T/m ²)	q_u (kg/cm ²)	C_u (kg/cm ²)
Lutita y arenisca alterada (ST _{Alt})	25 - 27	2,5 - 4,0	2,0 - 2,1	4000 - 7500	3,5 - 6,0	1,75 - 3,0

Sustrato terciario sano (ST_{SA}): Por debajo del sustrato terciario sano (ST_{Alt}) es decir, a partir de profundidades superiores a 1,4 – 13,0 m y hasta la profundidad máxima investigada, se detecta el sustrato terciario sano (ST_{sa}), constituido por lutitas marrón rojizas y areniscas de grano fino a grueso, versicolores.

Se trata de una litología de carácter rocoso con grado de fracturación moderado-bajo tal y como se observa en el registro de del índice RQD medido en los sondeos que oscilan entre el 33 y el 85%.

Unidad geotécnica	Φ' (°)	C' (T/m ²)	$\gamma_{aparent}$ (T/m ³)	E (T/m ²)	q_u (kg/cm ²)
Lutita y arenisca sana (ST _{sa})	28 - 30	5,0 - 10	2,2 - 2,3	10000 - 50000	10,0 - 50,0

Las recomendaciones de cimentación son:

- Excavabilidad y taludes**

En base a los resultados de la campaña efectuada se concluye que tanto el relleno (R) como los suelos cuaternarios (Limos arcillosos (C₁) y Gravas (C₂)) son excavables por medios mecánicos tipo retroexcavadora.

Para la excavación del sustrato terciario (ST) será necesario el uso de maquinaria pesada apoyada con el uso de martillo neumático.

La excavación de las catas no ha presentado problemas de estabilidad durante la ejecución de las mismas.

Con carácter general se podrá adoptar, para taludes temporales con alturas iguales o inferiores a 4,0 m las siguientes inclinaciones:

Unidad	Inclinación taludes
Relleno (R)	3H:2V
Limos (C ₁)	1H:1V
Gravas (C ₂)	3H:2V
Lutita y arenisca (ST)	2H:3V

La coronación de los taludes debe quedar libre de cargas puntuales; en este sentido es necesario dejar un margen de seguridad de 2 m. Debe realizarse un análisis específico de estabilidad de taludes y de su factor de seguridad cuando se conozca la situación donde se excavan los taludes y la altura que alcanzarán.

- Aprovechamiento**

Tanto los limos cuaternarios (C₁) como las lutitas y areniscas alteradas (StAlt) se clasifican según el artículo 330 del PG-3 como suelos tolerables mientras que las gravas (C₂) se clasifican como suelos seleccionados.

Los materiales clasificados como Tolerables podrán ser usados para la ejecución de la cimentación, núcleo y espaldones de terraplenes según el pliego de prescripciones generales (PG-3) mientras que los seleccionados podrán ser usados en la coronación si cumplen que el CBR>5.

9.2. ESTUDIO ARQUEOLÓGICO

El estudio arqueológico se encuentra recogido en su correspondiente Anejo 5. Estudio Arqueológico.

Los elementos arqueológicos presentes en las zonas de actuación y medidas correctoras a llevar a cabo son las siguientes;

- BALSA DE CASTELLSERÀ (BS1-001)**

Si observamos el espacio ocupado por la balsa, el campo donde hemos localizado el yacimiento arqueológico inédito y la cabaña de bóveda E.A. 8 quedan directamente afectados. En consecuencia, en relación con el yacimiento arqueológico, se cree necesario efectuar un control arqueológico durante los movimientos de tierra (desbroce, excavaciones) del área afectada por la balsa.

Por lo que respecta al E.A. 8, sería conveniente un levantamiento topográfico y la documentación fotográfica de la construcción y solicitar su correspondiente desmontaje a los Servicios Territoriales de Cultura en Lleida.

Por último, se han documentado cuatro márgenes de piedra, E.A. 14, E.A. 15,

E. A. 16 y E.A. 17, que quedan afectados por la construcción de esta balsa. En cualquier intervención en la que se localicen construcciones antiguas, se aconseja su preservación. En tal caso, no es posible su conservación. Sin embargo, dadas las características de estos márgenes, no será necesaria una documentación más exhaustiva ni tramitar ningún permiso de desmontaje de estructuras en los Servicios Territoriales de Cultura en Lleida.

- **BALSA DE PENELLES (BS1-004)**

La prospección arqueológica en los campos afectados por la balsa se ha efectuado a nivel superficial. La vegetación ha dificultado la prospección del terreno prospectado. Por tanto, recomendamos efectuar un control arqueológico durante los movimientos de tierra del área afectada, ya que no se puede descartar la posibilidad de que aparezcan restos arqueológicos bajo el subsuelo.

En esta área de la obra se han localizado dos tramos de lo que podría ser un único margen el E.A. 13. Como en el caso anterior, la documentación realizada durante este trabajo en relación con este margen ya es suficiente antes de proceder a su desmontaje.

- **BALSA DE JUNEDA (BS4-003)**

La prospección arqueológica en los campos afectados por la balsa se ha efectuado a nivel superficial. No debe descartarse la aparición de nuevos restos durante la realización de las obras. En consecuencia, se cree necesario efectuar un control arqueológico durante los movimientos de tierra (desbroce, excavaciones) del área afectada por la balsa.

- **ACEQUIA PRIMERA PRINCIPAL**

La reparación de la acequia no afecta a ningún yacimiento arqueológico conocido y pensamos que no es necesario control arqueológico, ya que no se modifica la anchura de la acequia.

En el tramo a intervenir se han identificado los módulos E.A. 5, E.A. 6, y los puentes E.A. 7, E.A. 8 y el E.A. 9. La intención con los módulos, como hemos comentado, es rehabilitarlos y no desmontarlos. Si fuera necesario desmontarlos, se desplazarían pocos metros de su ubicación y se remodelarían de la misma forma que se ha hecho con el módulo del Salto de Penelles o el Módulo de la Avenida del Canal de Mollerussa. En este caso, sería conveniente una correcta documentación gráfica y planimétrica. Además, debería solicitarse el correspondiente permiso de desmontaje a los Servicios Territoriales de Cultura en Lleida.

Por lo que respecta a los puentes, parece que los tres podrían ser desmontados. El E.A. 9 es de piedra y sería conveniente realizar una correcta documentación gráfica y planimétrica y debería solicitarse el correspondiente permiso de desmontaje a los Servicios Territoriales de Cultura en Lleida. Por las características constructivas de los otros dos puentes no habría que seguir este procedimiento.

Estas medidas se establecen en base a la legislación del patrimonio cultural sin perjuicio de las medidas que puedan establecer otros departamentos de la Generalidad, la Comunidad de Regantes y la propiedad.

- **ACEQUIA CUARTA PRINCIPAL**

Los tramos a reparar se sitúan en los términos municipales de Borges Blanques y Juneda. La sustitución del revestimiento de la acequia no afecta a ningún yacimiento arqueológico y a juicio del estudio arqueológico del anejo nº 5 no necesita de seguimiento arqueológico, ya que el proyecto contempla sustituir el revestimiento sin modificar el ancho de la acequia. Hemos documentado en el segundo tramo de la acequia el módulo E.A. 1 y el puente E.A. 2.

El E.A. 1 no será desmontado por la reparación de la acequia, según nos informa la Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell. En caso de que finalmente fuera necesario hacerlo, este se desplazaría unos metros y se remodelaría de la misma forma que se ha hecho con el módulo del Salto de Penelles o el Módulo de la Avenida del Canal de Mollerussa.

Ante esta situación, sería conveniente una correcta documentación planimétrica y gráfica. Además, debería solicitarse el correspondiente permiso de desmontaje a los Servicios Territoriales de Cultura en Lleida.

En relación al E.A. 2, el proyecto contempla su desmontaje. Por este motivo, se aconseja la conservación y reutilización de sus frontales en caso de que sea posible. También se aconseja que se lleve a cabo una correcta documentación gráfica y planimétrica. También debería solicitarse el correspondiente permiso de desmontaje a los Servicios Territoriales de Cultura en Lleida.

Estas medidas que se establecen, tienen que verificarse en una resolución de la Dirección General de Patrimonio.

9.3. INGENIERÍA DE DISEÑO

9.3.1. Revestimiento de acequias.

El revestimiento de las acequias se llevará a cabo mediante una sección rectangular en "U", teniendo las siguientes dimensiones:

- Ancho de solera interior: 4,00 metros.
- Calado de explotación: 1,5 metros (1,85 metros como desagüe).
- Altura total: 2,00 metros.

En la actualidad los canales están revestidos con un gunitado que presenta un alto nivel de deterioro, provocando notables pérdidas de agua por filtraciones, además de tener limitada capacidad de transporte. Por estas razones, es necesaria e imprescindible la reparación de este tramo.

El objetivo del revestimiento es el de eliminar las filtraciones y dotar el tramo, objeto de proyecto, de la suficiente sección hidráulica para transportar un caudal superior a los 8m³/s a fin de atender las demandas del riego, las demandas de abastecimiento de otros usuarios y actuar como elementos de descarga del Canal Principal y Auxiliar en caso de necesidad.

En primer lugar, se realizará la demolición y machaqueo del hormigón que reviste actualmente las acequias, para su reciclado y uso posterior como relleno. Seguidamente se procederá a la excavación del terreno para llegar a la rasante del proyecto, disponiendo una capa de regularización de unos 10 cm de hormigón de limpieza sobre la que se apoyará la nueva sección proyectada.

9.3.2. Balsas.

- **Sección tipo**

Los diques de tierra de la balsa adoptan en el interior taludes 2,5H/1V, mientras que en el exterior el talud es 3H/2V en terraplén y 1H/1V en desmante. En la balsa también se construye un camino de coronación de 5,00 m de ancho que alojará la zanja de anclaje de la lámina, un pretil de coronación y el camino de servicio. El camino se proyecta con una pendiente del 2,0% hacia el exterior para evitar que haya aportación de materiales finos hacia el embalse.

Cuando los taludes están en desmante se dispone de una cuneta de hormigón remontable de 1,00 m de ancho y 0,15 m de profundidad, más un banquillo de 0,50 m y 8,0% de pendiente hacia la cuneta.

En los taludes de la balsa y en una franja de 5 m junto a ésta se extenderá un mínimo de 20 cm de tierra vegetal y se hidrosembrará con especies herbáceas adaptadas a la climatología de la zona.

- **Obra de entrada**

Las tres balsas de proyecto están enrasadas con la Acequia Primera o Acequia Cuarta y situadas a pie de canal, por lo que el agua llega al embalse mediante una conducción con el diámetro adecuado para salvar el camino de servicio. La obra de entrada a la balsa está configurada por un cajón inicial de transición, un espacio amortiguador de caudal, un bajante de disipación de entrada a la balsa y finalmente, un cuenco amortiguador.

- **Aliviadero**

En las balsas enrasadas en canales se evita la construcción de un aliviadero de seguridad en la balsa ya que la coronación de ésta coincide con la del canal de llegada y de este modo, llegado el caso, el agua retornaría a la Acequia Primera o al Canal Auxiliar.

- **Obra de salida**

En el interior de la balsa se ubica una arqueta de fondo con una reja de desbaste de elementos groseros que conecta a una tubería de acero que pasa por debajo del dique hasta la arqueta de las válvulas de corte.

A la salida de la balsa se dispone una arqueta accesible donde se encuentran las válvulas de corte y las salidas de los drenajes de fondo de la balsa, que se conectarán a una bandeja de recogida de las aguas.

- **Drenaje de fondo**

Se dispone en el fondo del embalse una red de drenaje con tuberías de PVC ranurado corrugado de doble pared, con líneas perimetrales en la línea de intersección entre fondos de balsa y taludes y una arteria central con ramas (estilo espina de pescado), que recogerán las posibles filtraciones que se puedan producir.

- **Sistema de impermeabilización**

La impermeabilización de la balsa consta de un revestimiento con material geotextil de 285 g/m² y una lámina impermeable de polietileno (PE) de 2 mm de espesor en todo el vaso del embalse. Éstas dos láminas van ancladas en el fondo de la balsa con piezas de hormigón prefabricado.

- **Camino perimetral**

El dique de la balsa forma un camino perimetral de 5,00 m de ancho en coronación que sirve para hacer la zanja de anclaje de la lámina impermeabilizante y alojar un pretil prefabricado de hormigón. Encima del dique se prevé una capa superior de zahorra artificial de 20 cm de espesor más un doble tratamiento superficial para facilitar el paso de los posibles vehículos. Esta capa de zahorra corresponde a la parte transitable del camino perimetral y tiene una anchura de 4,10 m.

9.4. SUPERFICIE OBJETO DEL PROYECTO

- **Canal Principal. P.K. 0+000 + 0+298**

Teniendo en cuenta que la longitud total del tramo es de 298 metros longitudinales y la anchura media de canal es de 14,25 metros, la superficie objeto del proyecto en este tramo es de 4.246,5 m².

- **Acequia 1ª. P.K. 5+735 – 9+500.**

Teniendo en cuenta que la longitud total del tramo es de 3.765 metros longitudinales y la anchura de la acequia es de 4 metros, la superficie objeto del proyecto en este tramo es de 15.060 m².

- **Acequia 4ª. Tramo 1 P.K. 0+000 – 0+800.**

Teniendo en cuenta que la longitud total del tramo es de 800 metros longitudinales y la anchura de la acequia es de 4 metros, la superficie objeto del proyecto en este tramo es de 3.200 m².

- **Acequia 4ª. Tramo 2 P.K. 1+600 – 3+000.**

Teniendo en cuenta que la longitud total del tramo es de 1.400 metros longitudinales y la anchura de la acequia es de 4 metros, la superficie objeto del proyecto en este tramo es de 5.600 m².

- **Balsa Castellserà (BS1-001)**

La superficie ocupada por la balsa es de 72.743 m².

- **Balsa Penelles (BS1-004)**

La superficie ocupada por la balsa es de 36.210 m².

- **Balsa Juneda (BS4-003)**

La superficie ocupada por la balsa es de 61.058 m².

9.5. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

En el anejo núm. 4 "Datos del levantamiento topográfico. Replanteo" se encuentran toda la toma de datos y planos llevados a cabo mediante levantamiento topográfico.

Para lo toma de datos de todos los trabajos topográficos se ha usado el sistema de posicionamiento GNSS de la red CATNET del ICC con sus bases de referencia (geodesicas) y el sistema NTRIP en RTK para solución centimétrica en tiempo real de la Generalitat de Cataluña.

Se ha usado la corrección: VRS3M*3 Xarxa GPS + GLO + GAL + BDS RTCM 3.2 MSM5.

Basada en GPS, GLONASS, GALILEO Y BEIDOU, la de mayor precisión.

Sistema de Coordenadas: UTM ETRS89 EPSG: 25831 Huso: 31N de la red GNSS del Gob de Cataluña.

Excepto para el levantamiento topográfico de la balsa de Penelles (BS1-004), que se empleó topografía clásica y GPS (metodología VRS). Utilizando las siguientes cartografías:

- Cartografía 1:50.000, 1:5.000 y 1:1000 del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC).
- Ortofotos 1:25.000 y 1:2.500 del ICGC.
- Modelo de elevaciones del terreno (MDT) de malla regular 2x2 m del ICGC, basado en datos LiDAR.

Estas cartografías se han obtenido a partir de un vuelo y de la posterior restitución fotogramétrica.

El sistema de referencia utilizado es el de coordenadas UTM 31N/ETRS89.

Se ha procedido a la realización de un levantamiento topográfico de detalle escala 1/200

9.6. SISTEMAS DE RIEGO. PARÁMETROS DEFINITORIOS

9.6.1. SISTEMA DE RIEGO TIPO

El sistema de riego mayoritario en los Canales de Urgell es por gravedad, con riego por inundación.

9.6.2. NECESIDADES DE AGUA

Las necesidades hídricas promedio de las comarcas en función del tipo de cultivo son las siguientes.

	Noguera	Plà d'Urgell	Les Garrigues	Promedio comarcas
Cultivo	Necesidad hídrica (m³/ha y año)			
Maíz	4.175	4.390	4.270	4.278
Alfalfa	5.630	6.040	5.740	5.803
Frutales	4.965	5.395	5.144	5.168
Cereal de invierno	2.767	3.880	2.963	3.203
Otros	2.994	2.796	3.357	3.049

Tabla 14. Necesidades hídricas promedio por comarcas y cultivo.

La necesidad bruta de riego en función del tipo de cultivo y superficie ocupada se refleja en la siguiente tabla;

Cultivo	Porcentaje	Promedio comarcas necesidad hídrica (m ³ /ha y año)	Superficie por cultivos (ha)	Necesidad hídrica bruta. (m ³ /año)
Maíz	33,10%	4.278	28.767,28	123.075.996,68

Alfalfa	21,50%	5.803	18.685,69	108.439.305,04	
Frutales	17,80%	5.168	15.470,02	79.947.751,45	
Cereal de invierno	24,70%	3.203	21.466,82	68.765.378,14	
Otros	2,90%	3.049	2.520,40	7.683.977,35	
			86.910,20	387.912.408,67	Totales

Tabla 15. Necesidades brutas de riego Comunidad General de Regantes de los Canales de Urgel.

La necesidad bruta de riego para toda la superficie que comprende la Comunidad General de Regantes de los Canales de Urgel, es de aproximadamente **388 hm³**.

9.6.3. ORGANIZACIÓN DE LOS RIEGOS

La explotación del Canal tiene dos períodos muy diferenciados:

- 1) La campaña de riegos que se inicia en marzo y finaliza en septiembre, en el que se distribuyen los caudales de riego conjuntamente con los caudales destinados a abastecimientos a poblaciones, industrias, explotaciones agropecuarias y viviendas que se distribuyen bien a la demanda o bien por prorrateo
- 2) El período de invierno, que comprende los meses de octubre a febrero, en los que el Canal conduce caudales únicamente una semana cada mes, para satisfacer básicamente los caudales de abastecimientos y los riegos de invierno. En este segundo período, los caudales circulantes son muy superiores a los caudales realmente necesarios, ya que la infraestructura existente y el modelo de explotación del Canal requiere un caudal mínimo de funcionamiento de en torno a los 12 m³/s.

10. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS E INSTALACIONES PROYECTADAS

10.1. REVESTIMIENTO DE ACEQUIAS

10.1.1. COLECTIVIDADES Y SÍNDICOS

La Comunidad General de Regantes de los Canales de Urgel (CGRCU), está formada por 21 colectividades y 128 demarcaciones de riego. En estas 21 colectividades encontramos un total de 18.000 regantes y 48.600 parcelas de regadío.

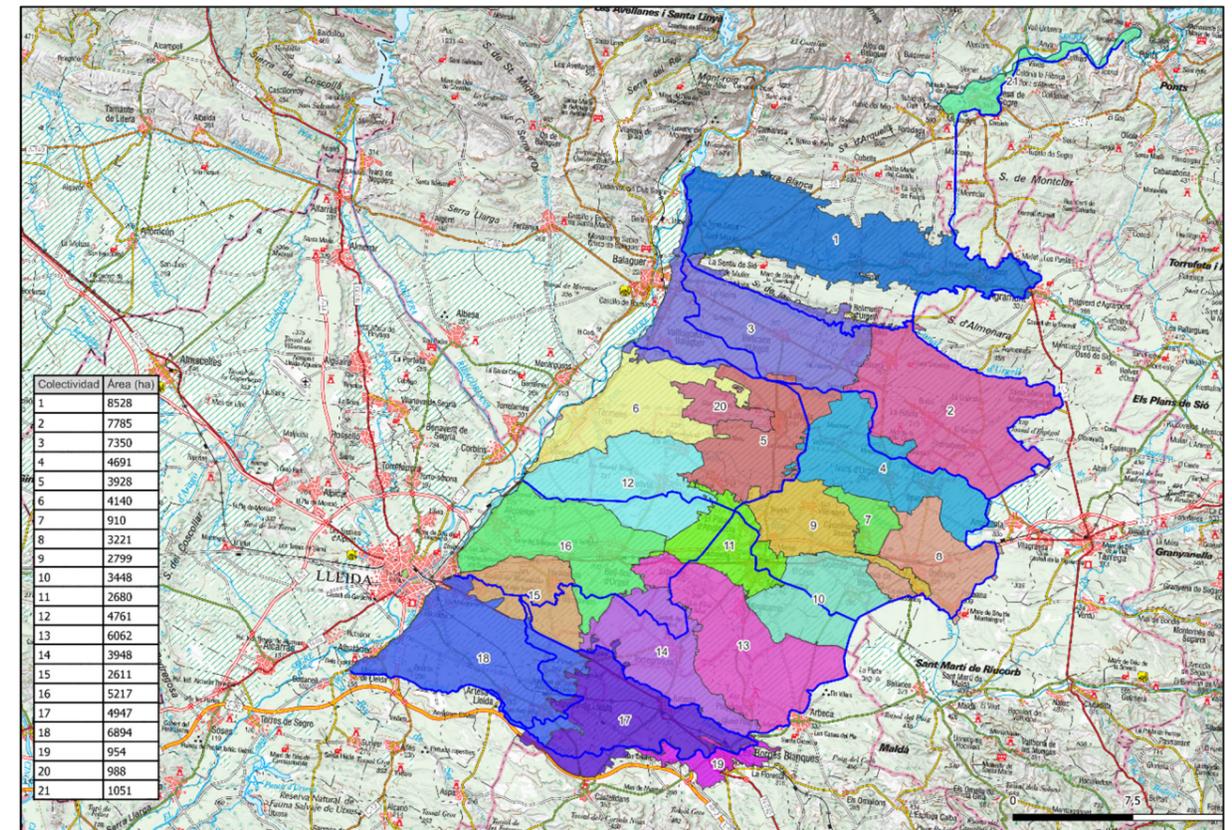


Figura 23 – Colectividades de los Canales de Urgel.

En la Tabla 1 se detallan las superficies de uso de agua de los Canales de Urgel por colectividades.

Colectividad	Hectáreas	
	Hectáreas Totales	Hectáreas Regadío
1	8.527,78	7.372,38
2	7.784,14	6.729,49
3	7.347,98	6.352,42
4	4.690,13	4.054,68
5	3.927,78	3.395,62
6	4.140,90	3.579,86
7	909,85	786,58
8	3.220,33	2.784,02
9	2.799,14	2.419,89
10	3.447,58	2.980,48
11	2.679,81	2.316,73
12	4.761,42	4.116,31
13	6.062,23	5.240,88
14	3.947,71	3.412,85
15	2.611,65	2.257,81
16	5.217,20	4.510,34

17	4.947,53	4.277,20
18	6.895,29	5.961,07
19	953,65	824,44
20	987,54	853,74
21	1.050,56	908,22
Sup. Total	86.910,20	75.135,00

Tabla 16. Superficies regadío por colectividades.

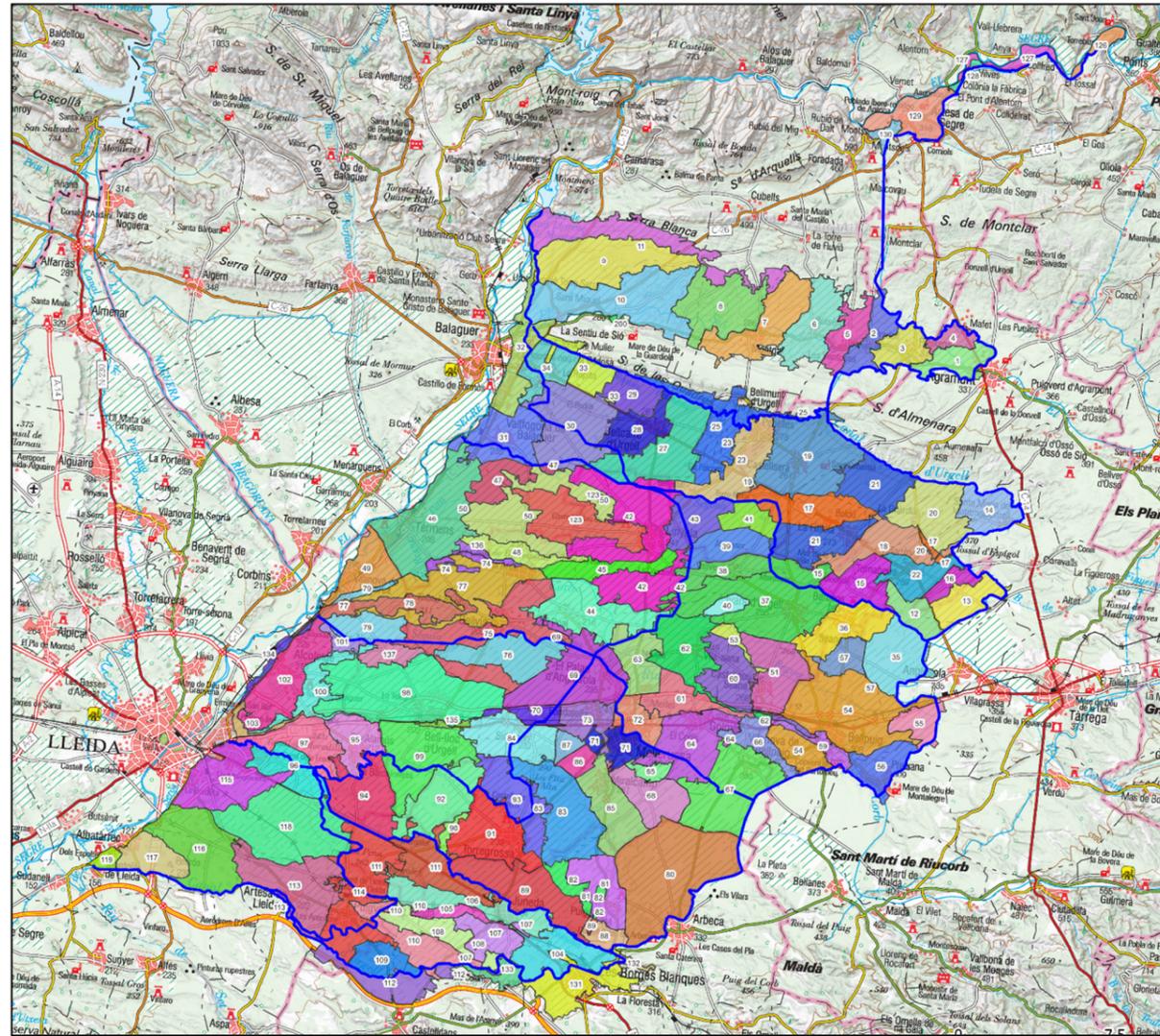


Figura 24 – Distribución de Síndicos en los Canales de Urgell.

Las colectividades a las que este proyecto darán servicio serán las mostradas en la tabla siguiente:

Ubicación	Colectividad	Área	
		Superficie (Ha)	(%)
Acequia 1ª	2	7.784,14	17,01%
	3	7.347,98	16,06%
Acequia 4ª	13	6.062,23	13,25%
	14	3.947,71	8,63%
	15	2.611,65	5,71%
	16	5.217,20	11,40%
	17	4.947,53	10,81%
	18	6.895,29	15,07%
	19	953,65	2,08%
TOTAL		45.767,40	100,00%

Tabla 17 – Colectividades relacionadas con el proyecto

Ubicación	Síndicos	Superficie	
		(Ha)	(%)
Acequia 1ª	12	346,63	0,61%
	13	479,95	0,84%
	14	523,03	0,92%
	15	569,56	1,00%
	16	206,13	0,36%
	17	836,68	1,47%
	18	682,80	1,20%
	19	1430,66	2,52%
	20	872,73	1,54%
	21	1356,98	2,39%
	22	478,98	0,84%
	23	788,06	1,39%
	25	904,34	1,59%
	27	1110,53	1,95%
Acequia 4ª	28	547,46	0,96%
	29	416,40	0,73%
	30	1264,45	2,22%
	31	808,29	1,42%
	32	668,37	1,18%
	33	379,88	0,67%
	34	460,20	0,81%
	80	2194,79	3,86%
	81	607,80	1,07%
	82	224,72	0,40%
	83	1184,91	2,08%
	84	778,80	1,37%
	85	755,61	1,33%
	86	176,15	0,31%
87	135,60	0,24%	
88	196,58	0,35%	
89	1091,25	1,92%	
90	107,62	0,19%	
91	1030,12	1,81%	

Ubicación	Síndicos	Superficie	
		(Ha)	(%)
Acequia 4ª	92	1818,76	3,20%
	93	1629,77	2,87%
	94	1691,92	2,98%
	95	1426,46	2,51%
	96	1037,03	1,82%
	97	1185,19	2,08%
	98	2718,06	4,78%
	99	3237,78	5,70%
	100	1614,61	2,84%
	101	584,94	1,03%
	102	1110,83	1,95%
	103	1092,13	1,92%
	104	811,24	1,43%
	105	876,44	1,54%
	106	890,53	1,57%
	107	448,29	0,79%
	108	463,48	0,82%
109	390,11	0,69%	
110	634,87	1,12%	
111	799,00	1,41%	
112	618,20	1,09%	
113	1167,83	2,05%	
114	1346,70	2,37%	
115	1029,19	1,81%	
116	1148,55	2,02%	
117	497,00	0,87%	
118	1599,45	2,81%	
119	106,56	0,19%	
131	717,50	1,26%	
132	48,39	0,09%	
133	187,77	0,33%	
135	55,50	0,10%	
137	246,86	0,43%	
TOTAL		56847,01004	100,00%

Tabla 18 – Síndicos relacionados con el proyecto

10.1.2. TRAZADO DEL CANAL Y ACEQUIAS A REVESTIR

El trazado y los radios de curvatura se adaptarán al canal existente, puesto que no se modifica su trazado y se expone en los planos de definición geométrica.

10.1.3. DOTACIONES DE RIEGO

La dotación del mes de máxima demanda (julio) está establecido en 1.800 m³/ha.

Las dotaciones actuales de riego del Canal Principal en el período de máxima circulación de caudal en origen alcanzan valores superiores a los 0,80 litros por segundo y hectárea. En circunstancias de riego restringido, bien sea por circulación de agua en período de invierno o bien por restricciones de agua en los canales, las dotaciones mínimas de funcionamiento oscilan entre 0,38 y 0,41 l/s/ha.

La dotación de riego objetivo en el funcionamiento de los canales prevé una mejora de los caudales y por tanto un incremento hasta niveles de reparto de agua de 1 litro por segundo y hectárea. Por eso, el diseño del sistema de regulación se ajusta a esa dotación.

Sin embargo, se considerará una capacidad de diseño superior a la de explotación, en previsión de actuaciones o funcionamiento extraordinario como elemento de descarga.

Los caudales de suministro, según la superficie a la que dan servicio, son los que se muestran en la siguiente tabla:

Superficie (Ha)	Caudal (l/s)
S ≤ 0,2	1
0,2 < S ≤ 0,8	3,75
0,8 < S ≤ 5	7,5
5 < S ≤ 10	15
S > 5	1,5 * S

Tabla 19 – Caudales de suministro

10.1.4. CAUDALES DE DISEÑO

Actualmente, el Canal Principal de Urgell suministra riego a 46.241 hectáreas y a 1.910 hectáreas equivalentes de abastecimientos, con un caudal máximo concesional de 33 m³/s (en proceso de revisión y ampliación hasta 37 m³/s) y una capacidad de transporte máxima superior a los citados 37 m³/s. Distribuye sus aguas a través de 134 km, mediante las derivaciones de cuatro Acequias Principales y un total de 267 tomas de

riego. El reparto se realiza de forma homogénea, a partir de una dotación de riego establecida, según el caudal de origen, midiendo los caudales derivados mediante aforadores Parshall.

La regulación del Canal permite nuevos regímenes de explotación manteniendo un mismo nivel de servicio a partir de la optimización de las capacidades de éstos. Los problemas de la explotación de los canales de riego surgen puesto que, si bien los canales son tradicionalmente proyectados para resolver una situación estacionaria, la realidad es que el régimen hidráulico real no corresponde con esta hipótesis, ya que en el canal se pueden producir cambios continuos en causa a variaciones en las demandas solicitadas, en los recursos disponibles o las diferentes necesidades de los cultivos, según la época del año, incidencias puntuales o accidentales, que aunque no provoquen cambios repentinos obligan a mantener niveles en los canales en distintos puntos para caudales circulantes distintos.

El Canal Principal de Urgell suministra a un total de 48.151 hectáreas, de las que 46.241 corresponden a hectáreas de superficie de riego y el resto a hectáreas equivalentes de equiparación de abastecimientos. El Canal Principal está revestido con hormigón desde su origen hasta el P.K. 109, a partir del cual la su sección está estabilizada con un gunitado de los laterales y solera de hormigón. En el tramo revestido, la capacidad de transporte del canal no es limitante, mientras que a partir del P.K. 109, su capacidad está limitada actualmente a poco más de 3 m³/s.

El caudal máximo de explotación de riego se establece por una dotación de riego de 1 l/s/ha, sabiendo que la dotación actual se establece en 0,80 l/s/ha y que tiene tendencia al alza dadas las mejoras e incrementos de caudal punta previstos en el Canal Principal. También se establece un caudal mínimo de funcionamiento en condiciones restrictivas que se corresponderá con una dotación de 0,41 l/s/ha. El caudal máximo de proyecto, por dimensionamiento del revestimiento, se establece en un valor de hasta 8 m³/s, casi el doble del caudal máximo de explotación, para así poder absorber caudales de descarga o desagüe en situaciones de excepcionalidad, para atender averías o situaciones totalmente anómalas del Canal Principal, que se conducirá a través de las Acequias.

Los valores de cada uno de los caudales de diseño se muestran a continuación:

Primera y Cuarta Acequia Principal	
Caudal Actual de Explotación:	4,5 m ³ /s
Caudal de Explotación tras la Modernización:	5,26 m ³ /s
Caudal de Desagüe:	8 m ³ /s

10.1.5. MATERIALES

Los materiales considerados son los siguientes:

- | | | |
|---|------------------------|-------|
| - | Hormigón en estructura | HA-25 |
| - | Acero pasivo | B500S |

• Acequia 1ª Principal

La solera del canal tendrá un grosor de 25 cm de hormigón armado, con acero de \varnothing 12 mm, y un ancho total de 4,5 metros (se realizará un talón de 15 cm en hormigón en masa a ambos lados de la solera para apoyar el encofrado de los muros). Los muros verticales tendrán una altura de 2,00 metros, un grosor de 25 cm de hormigón armado, con acero de los mismos diámetros que la solera.

Considerando los cálculos estructurales del anejo 9 se propone el armado de la sección, consistente en:

- Armadura horizontal formada por barras 12c/25.
- Armadura en el trasdós, formada por barras 12c/15.
- Armadura en el intradós, formada por barras 12c/25.

Transversalmente, tanto en los alzados como en la solera, se dispondrán de juntas de dilatación del tipo "Water-Stop N-25" y láminas de poliestireno expandido. En la unión de la solera con los dos paramentos verticales, y para garantizar su estanqueidad, se colocará una junta hidroexpansiva de 20 x 5 mm. La evacuación de las humedades del terreno y la detección de posibles fugas puntuales se realizará con la construcción de un drenaje longitudinal a base de tubo ranurado de PVC de 160 mm de \varnothing por cada lado, ubicado junto a la solera, con gravilla en rodea y gravas en cama, y una lámina de geotextil no tejido de polipropileno. La sección la completa un banquillo de 4,5 metros de ancho útil afianzado con material granular en la coronación del canal, en el margen derecho del mismo, y un desbroce y limpieza del margen izquierdo.

• Acequia 4ª Principal

La solera del canal tendrá un grosor de 25 cm de hormigón armado, con acero de \varnothing 12 mm cada 20 cm, y un ancho total de 4,5 metros (se realizará un talón de 15 cm en hormigón en masa a ambos lados de la solera para apoyar el encofrado de los muros). Los muros verticales tendrán una altura de 2,00 metros, un grosor de 25 cm de hormigón armado, con acero de los mismos diámetros que la solera.

Considerando los cálculos estructurales del anejo 9 se propone el armado de la sección, consistente en:

- Armadura horizontal formada por barras 12c/20.
- Armadura en el trasdós, formada por barras 12c/20.
- Armadura en el intradós, formada por barras 12c/20.

Transversalmente, tanto en los alzados como en la solera, se dispondrán de juntas de dilatación del tipo "Water-Stop N-25" y láminas de poliestireno expandido. En la unión de la solera con los dos paramentos verticales, y para garantizar su estanqueidad, se colocará una junta hidroexpansiva de 20 x 5 mm. La evacuación de las humedades del terreno y la detección de posibles fugas puntuales se realizará con la construcción de un drenaje longitudinal a base de tubo ranurado de PVC de 160 mm de \varnothing por cada lado, ubicado junto a la solera, con gravilla en rodea y gravas en cama, y una lámina de geotextil no tejido de polipropileno. La sección la completa un banquillo de 4,5 metros de ancho útil afianzado con material granular en la coronación del canal, en el margen derecho del mismo, y un desbroce y limpieza del margen izquierdo.

• Canal Principal

El canal comienza en su sección A con unas dimensiones de 6,5x3,5 m, los muros tienen un espesor de 30 cm y la losa 35 cm.

La sección B se trata de la transición de la sección A hacia la sección C, esta transición mide 54 m de longitud aumentando la anchura del canal desde los 6,5 m hasta los 22 m. Para el análisis de la sección B se realizan 2 modelizaciones, la sección B1 donde comienza el ensanchamiento desde los 6,50 m y la sección B2 donde existe una anchura total de 22 m (los resultados aparecen en el documento anexo). Los muros y la losa continúan con un espesor de 30 cm y 35 cm, respectivamente.

En la sección C se dispone una sección de 22 metros de anchura para permitir la instalación de 7 compuertas de regulación y 1 compuerta de drenaje. Estas compuertas se instalan entre muros de hormigón armado de 7 m de longitud. Los muros exteriores continúan con el espesor del canal de 30 cm y la losa de 35 cm. Los muros interiores entre los que se encuentran las compuertas son de 25 cm.

Considerando los cálculos estructurales del anejo 10 se propone el armado de la sección, consistente en:

La sección A se disponen los armados como se muestra en la figura 6. Tanto los muros como la losa se arman con Ø16 cada 20 cm en ambas caras y direcciones. La sección B1 y B2 continúan el armado de losa y muros correspondientes a la sección A.

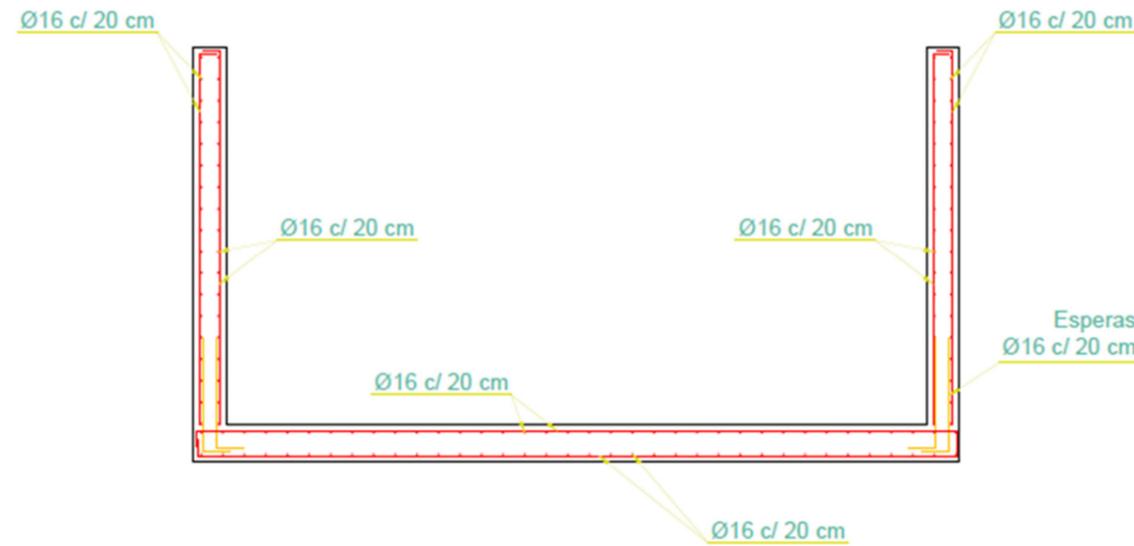


Figura 25. Armado sección A y B.

En la sección C, los armados son los que aparecen en la figura 7. Los muros exteriores en contacto con el terreno de espesor 30 cm y la losa se arman con Ø16 cada 20 cm en cada cara y dirección. El resto de muros de espesor 25 cm se arma con Ø12 cada 20 cm en ambas caras y direcciones.

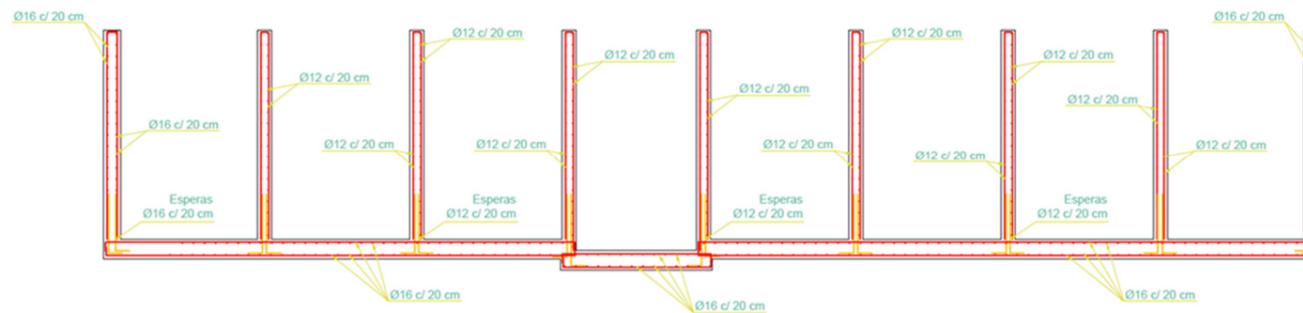


Figura 26. Armado sección C.

10.1.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ACEQUIAS

Se ha establecido una altura de revestimiento de 2,00 metros, considerando un resguardo mínimo de 0,50 m, para su régimen normal. Resulta un calado en condiciones normales de desagüe de 1.50 m. Sin embargo, se considera que, en casos extremos, podría reducirse este resguardo en 35 cm para poder conducir caudales

superiores. A continuación, mostramos los valores resultantes del caudal circulante, aplicando la fórmula de Manning, con un calado de 1.50 metros:

Ancho Solera (m)	Coefficiente de rozamiento de Manning (n)	Caudal (m³/s)
3,5	0,017	5,0
	0,019	4,5
4,0	0,017	6,0
	0,019	5,3
4,5	0,017	6,9
	0,019	6,2

Tabla 20. Resumen cálculo Caudal (m³/s) para diferentes anchuras de solera mediante fórmula de Manning.

Con el caudal de dimensionado de desagüe requerido de 5,26 m³/s y un calado de 1,50 metros, resulta una anchura necesaria de 4,00 metros. En el caso extremo de reducir el resguardo en 0,35 m, el caudal circulante alcanzaría los 8 m³/s, lo que da mayores garantías de funcionamiento.

Por tanto, la sección constructiva en el revestimiento de estos tramos de la Primera y Cuarta Acequia será de 4,00 x 2,00 m (base x altura).

10.1.7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS ACEQUIAS

El revestimiento de las acequias se llevará a cabo mediante una sección rectangular "en U", teniendo las siguientes dimensiones:

- Ancho de solera interior: 4,00 metros.
- Calado de explotación: 1,5 metros (1,85 metros como desagüe).
- Altura total: 2,00 metros.

La geometría de la sección del canal se muestra en la siguiente figura.

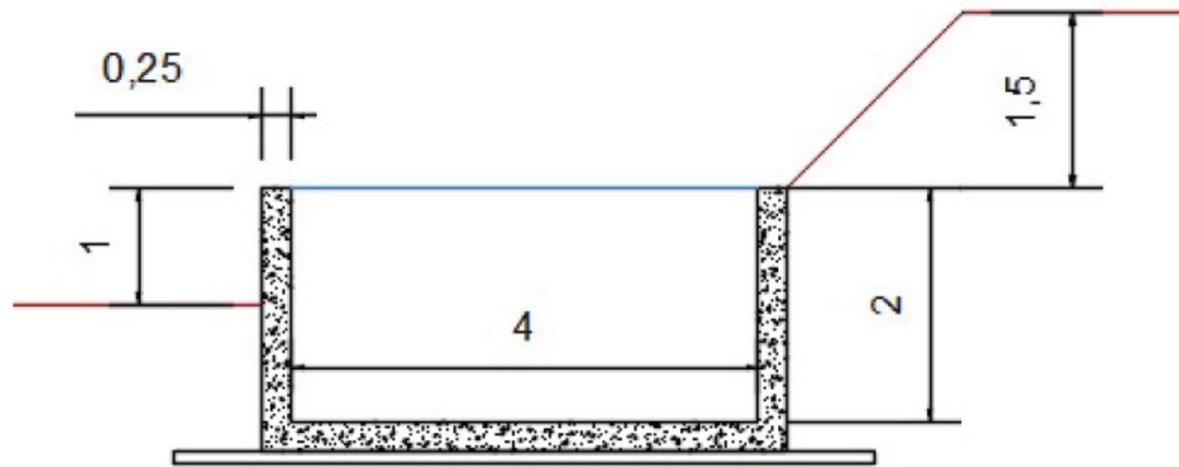


Figura 27. Geometría del canal. (Sección).

10.1.8. ELEMENTOS SINGULARES

En este apartado se definen las piezas que se instalan en el canal o acequias, donde se especifica el material, geometría, tipo de acero, espesor de los elementos.

- Boqueras.
 - Material: Tubo de hormigón.
 - Geometría: Circular, de \varnothing 40 – 60 cm.
 - Espesor: 30 mm.
- Tajaderas o palas.
 - Material: Acero de fundición.
 - Geometría: Rectangular, de 90 cm de anchura y 80 cm de altura.
 - Espesor: 20 mm.
- Descargas.
 - Material: Tubo de hormigón.
 - Geometría: Circular, de \varnothing 40 – 60 cm.

- Espesor: 30 mm.
- Pasarelas.
 - Material: Pasarela metálica con tramex. Barandilla de acero galvanizado con pintura esmaltada.
 - Geometría: Longitud 450 cm, anchura 80 cm.
 - Estructura: Perfil en T de 60 mm, UPN 120 mm, placa de anclaje en L de 15 x 15 cm.
- Puentes.
 - Material: Pasarela metálica con tramex. Barandilla de acero galvanizado con pintura esmaltada.
 - Geometría: Longitud 600 cm, anchura 450 cm.
 - Estructura: Cajón prefabricado de hormigón. Losa de hormigón HA-25. Malla electrosoldada de \varnothing 12 c 20.

10.1.9. OBRAS SINGULARES

Como obras puntuales, en las acequias objeto de este proyecto, encontramos:

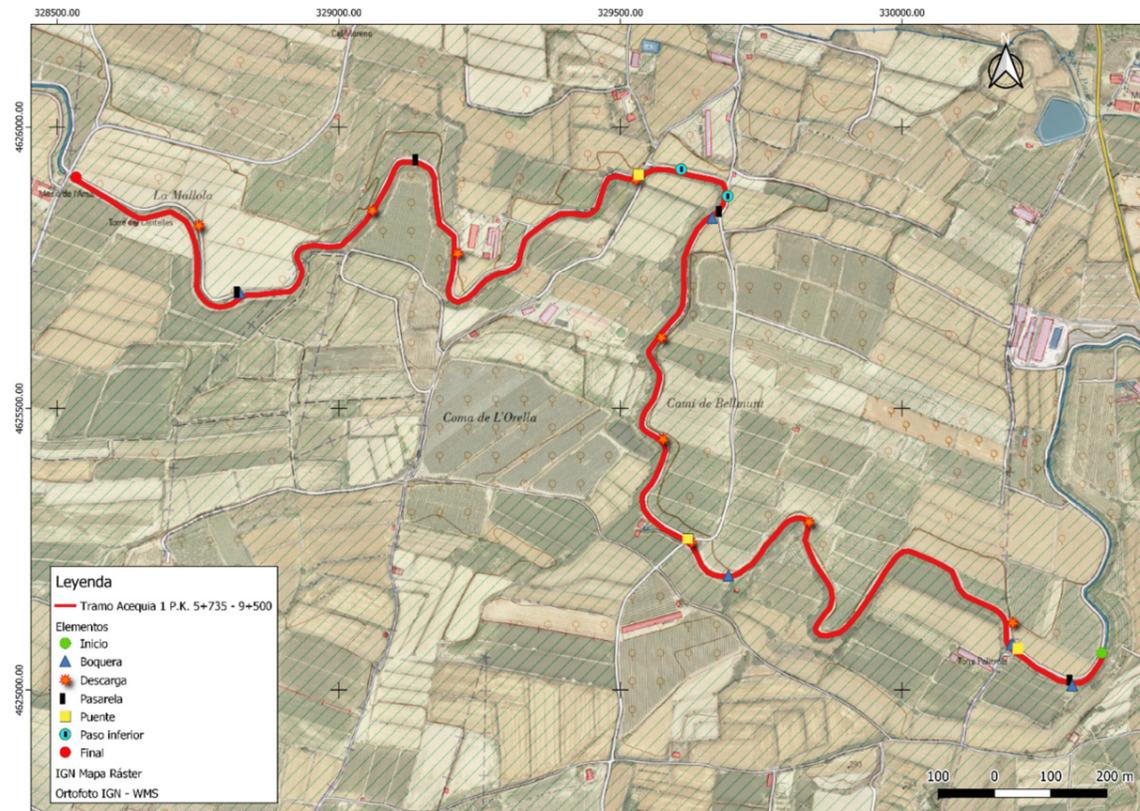


Figura 28. Emplazamiento elementos Acequia 1ª P.K. 5+735 - 9+500.

Acequia Principal 1ª

• Boqueras

- Boquera 209 → P.K. 5+816
- Boquera 210 (BOQUERA A ANULAR) → P.K. 5+950
- Boquera 211 → p.k. 6+855
- Boquera 212 → P.K. 7+688
- Boquera 213 → P.K. 9+086

• Pasarelas

- P.K. 5+819
- P.K. 7+671
- P.K. 8+620

- P.K. 9+089

• Cruces inferiores

- P.k. 7+715
- P.k. 7+815
- P.k. 8+630

• Descargas

- P.K. 5+985
- P.K. 6+665
- P.K. 6+955
- P.K. 7+197
- P.K. 7+422
- P.K. 7+905
- P.K. 8+430
- P.K. 8+805
- P.K. 9+286

• Puentes a restituir

- P.K. 5+935 → Puente de 6 m. de longitud.
- P.K. 6+960 → Puente de 6 m. de longitud.
- P.K. 7+887 → Puente de 7,5 m. de longitud.

Acequia Principal 4ª

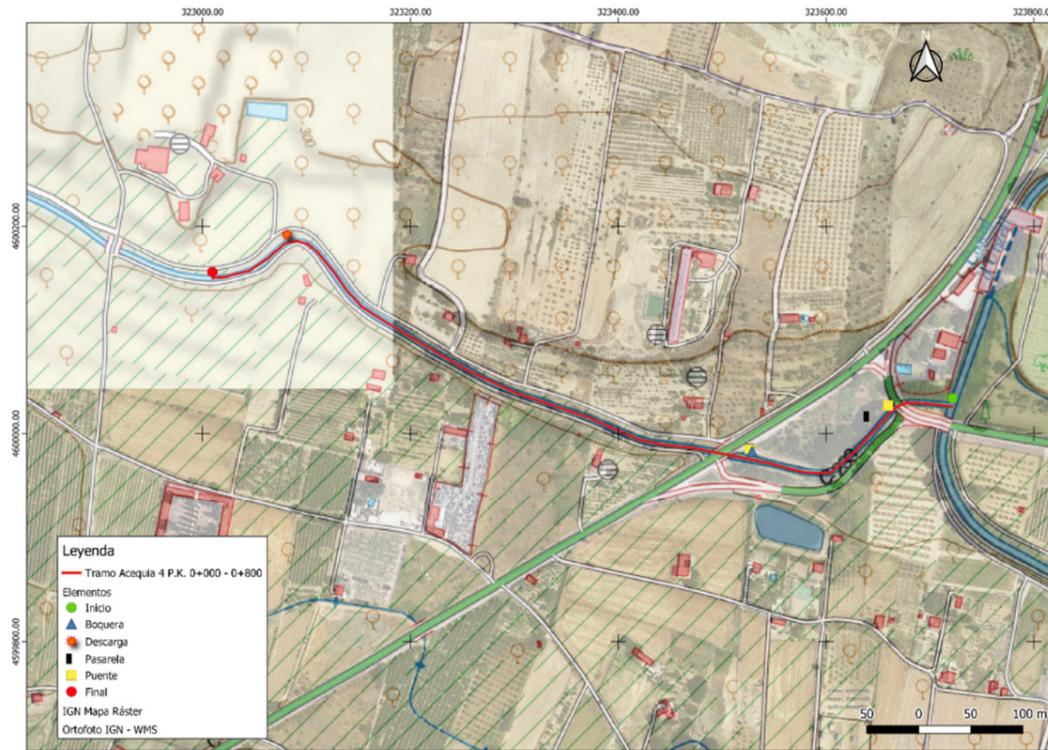


Figura 29. Emplazamiento elementos Acequia 4ª P.K. 0+000 - 0+800.

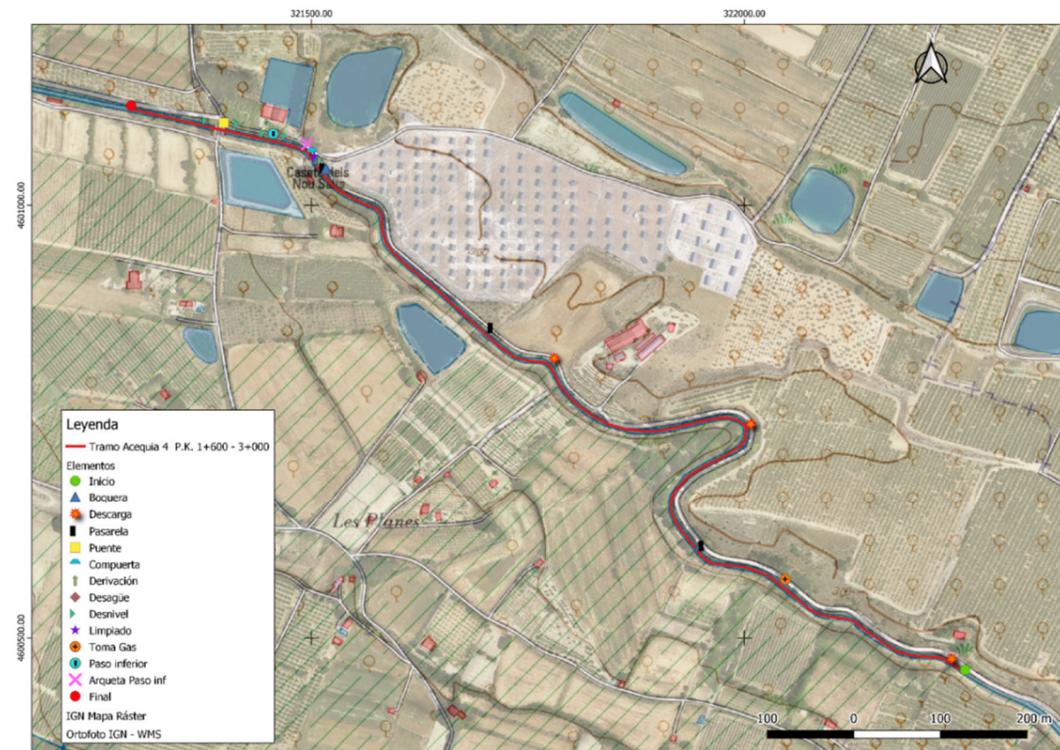


Figura 30. Emplazamiento elementos Acequia 4ª P.K. 1+600 - 3+000.

- Boqueras
 - Boquera XXX → P.K. 0+240
 - Boquera XXX → P.K. 1+950
 - Boquera XXX → P.K. 2+835
- Pasarelas
 - P.K. 0+095 (previo a caída hidráulica)
 - P.K. 1+940
 - P.K. 2+480
- Cruces inferiores
 - P.K. 0+760
 - P.K. 1+620
 - P.K. 2+130
 - P.K. 2+400

- Puentes a restituir
 - P.K. 0+070 → Puente de X m. de longitud sobre C-233
 - P.K. 0+245 → Puente de X m. de longitud sobre C-233

10.2. BALSAS

10.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

En el presente proyecto constructivo se calculan y diseñan tres balsas a pie de canal, con funciones de regulación o de reserva y que se definen a nivel proyecto constructivo:

- Proyecto constructivo:
 - Balsa de Penelles (BS1-004), balsa a pie de canal (Acequia Primera) con función de regulación del sector C-03. Tiene regreso de agua hacia la Acequia Primera.
 - Balsa de Castellserà (BS1-001),
 - Balsa de Juneda (BS4-003),

El siguiente cuadro resume las capacidades útiles necesarias:

Balsa	Capacidad útil necesaria (m ³)
BS1-004	134.631
BS1-001	453.659
BS4-003	348.448

Tabla 21. Capacidad útil necesaria de las balsas.

10.2.2. Balsa de Penelles (BS1-004)

La balsa BS1-004 es la balsa de regulación del sector C-03, de unas 3.777 ha. La balsa está situada en las inmediaciones del PK 4+000 de la Acequia Primera de los Canales de Urgell, concretamente al norte de esta acequia y al oeste del Salt de Penelles, en el TM de Penelles.

Se accede mediante el camino del Depósito, camino asfaltado de unos 3,5 m de ancho que parte del norte del casco urbano de Penelles hasta la Acequia Primera. A partir de allí y hasta la zona del depósito y la Masia dels Salts, el camino pasa a ser de tierras.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel del Salt de Penelles, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera se produce a pie de embalse.

10.2.2.1. Sección tipo

Los diques de tierra de la balsa adoptan en el interior taludes 2,5H/1V, mientras que en el exterior el talud es 3H/2V en terraplén y 1H/1V en desmante. En la balsa también se construye un camino de coronación de 5,00 m de ancho que alojará la zanja de anclaje de la lámina, un pretil de coronación y el camino de servicio. El camino se proyecta con una pendiente del 2,0% hacia el exterior para evitar que haya aportación de materiales finos hacia el embalse.

Cuando los taludes están en desmante se dispone de una cuneta de hormigón remontable de 1,00 m de ancho y 0,15 m de profundidad, más un banquillo de 0,50 m y 8,0% de pendiente hacia la cuneta.

En los taludes de la balsa y en una franja de 5 m junto a ésta se extenderá un mínimo de 20 cm de tierra vegetal y se hidrosebrará con especies herbáceas adaptadas a la climatología de la zona.

El dique de la balsa forma un camino perimetral de 5,00 m de ancho en coronación que sirve para realizar la zanja de anclaje de la lámina impermeabilizante y alojar una barrera New Jersey prefabricada de hormigón. Encima del dique se prevé una capa superior de zahorra artificial de 20 cm de espesor más un doble tratamiento superficial para facilitar el paso de los posibles vehículos. Esta capa de zahorra corresponde a la parte transitable del camino perimetral y tiene una anchura de 4,10 m.

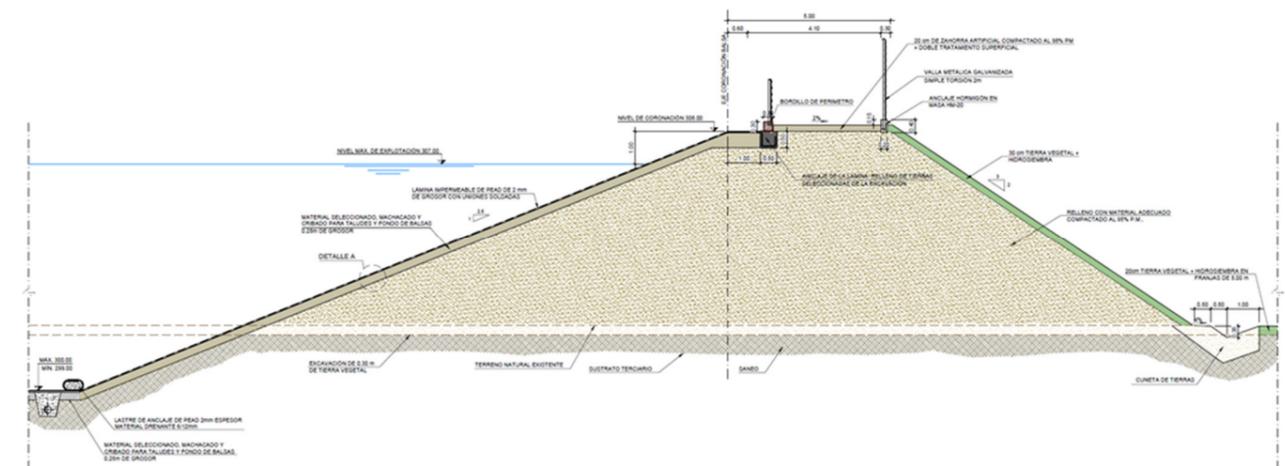


Figura 31. Sección tipo de las balsas en terraplén

En las balsas enrasadas en canales se evita la construcci3n de un aliviadero de seguridad en la balsa ya que la coronaci3n de ésta coincide con la del canal de llegada y de este modo, llegado el caso, el agua retornaría a la Acequia Primera o al Canal Auxiliar.

En la balsa BS1-004, sin embargo, se diseña un aliviadero en el canal de entrada, que sería el que descargue el caudal en caso de que las compuertas de la obra de derivaci3n fallen y el nivel de agua en el canal supere el NMNE de la balsa, definido en la cota 307,00.

Así, se proyecta un aliviadero de labio fijo con capacidad suficiente para desag&uere el caudal de entrada. Este aliviadero estí situado en un lateral del canal de entrada a la balsa y derrama hacia el canal de entrada del Salto de Penelles. En este caso, no se trataría de un aliviadero lateral como tal, ya que este aliviadero funciona tanto para cuando el agua entre desde la Acequia Primera (en sentido la pendiente del canal) como para el agua circulante en sentido inverso, proveniente de la balsa. Este tipo de aliviadero correspondería a un aliviadero lateral de caudal total de 20,0 m de longitud.

Para dar un mínimo resguardo al canal de entrada a la balsa respecto al aliviadero, la cota del labio se fija 10 cm por encima del NMNE, situíndose así el nivel míximo extraordinario en la cota 307,10.

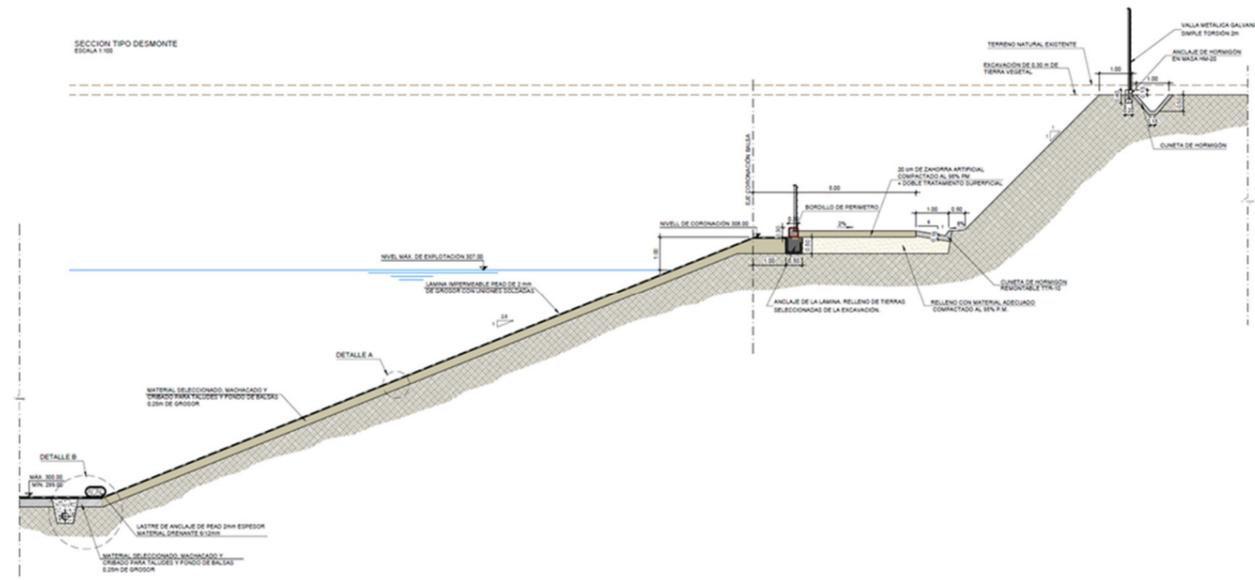


Figura 32. Secci3n tipo de las balsas en desmonte.

10.2.2.2. Obra de entrada

La balsa BS1_004 estí enrasada con la Acequia Primera y situada a pie de canal, de forma que el agua llega al embalse mediante un canal de 2,20 m de ancho y 0,50% de pendiente que comienza a continuaci3n de la obra de captaci3n del PK 4+063. Seguidamente salva con marcos prefabricados 4,00x2,00 m el camino de servicio para a continuaci3n entrar en la balsa mediante una bajante de disipaci3n y, por último, un cuenco amortiguador.

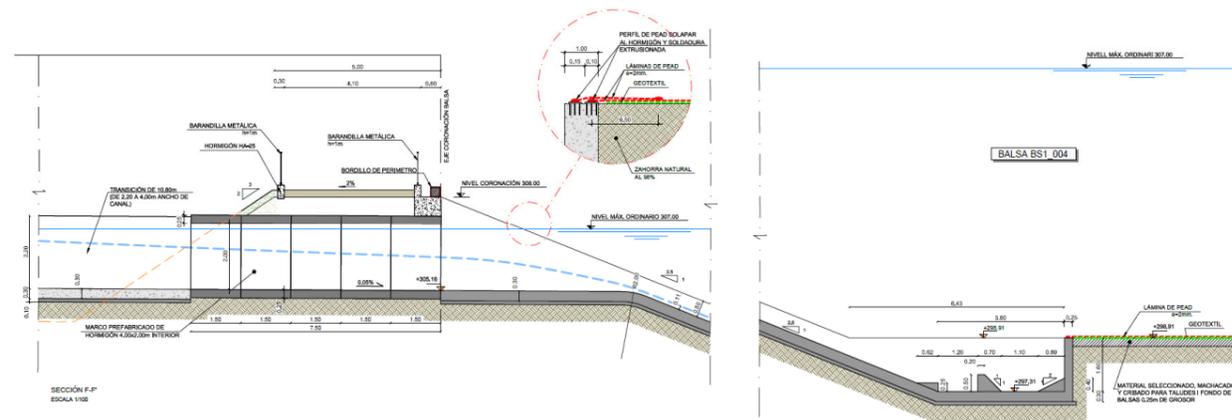


Figura 33. Obra de entrada a la balsa BS1-004.

10.2.2.3. Aliviadero

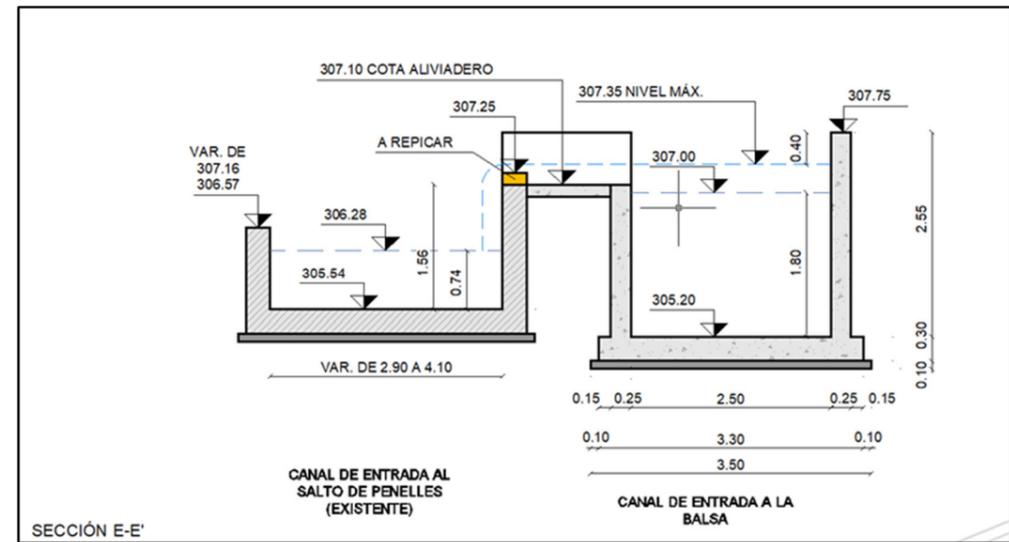


Figura 34. Secci3n transversal del aliviadero de la balsa BS1-004 definido en el canal de entrada.

10.2.2.4. Obra de salida y estaci3n de filtraje

En esta obra de salida también se define la obra de retorno del agua a la Acequia Primera, que se diseña agua abajo del Salto de Penelles, pudiendo así vaciar toda la balsa hacia este canal.

La obra de salida está ubicada en el margen derecho de la Acequia Primera, a los pies de la balsa BS1-004 y agua abajo del Salt de Penelles y está formada por las siguientes partes:

- Obra de regreso al canal: se diseña un canal que permitirá devolver el caudal derivado de 4,259 m³/s en la Acequia Primera. Esta obra está formada por un canal de 4,45 a 2,75 m de ancho con tres válvulas de salida tipo BladeMeter DN600 mm de Rubicon que hacen perder la carga del agua antes de verterla en este canal de retorno.
- Tubería de vaciado de la balsa: tubería dimensionada anteriormente, de DN400 mm que permite vaciar la balsa en menos de 3 días.
- Válvulas mariposa de la obra de salida: que permite independizar las diferentes partes para poder tener las siguientes opciones:
 - Vaciado de la balsa hacia la Acequia Primera.
 - Vaciado de la balsa hacia la tubería de DN400 mm.
 - Impulsión desde la futura estación de bombeo del sector C-03 hacia la balsa.
 - Impulsión desde la futura estación de bombeo del sector C-03 hacia la Acequia Primera.
- Estación de filtrado del futuro sector C-03: formada por dos filtros de malla online autolimpiables DN1.400 mm más un caudalímetro electromagnético W10 0xDN de Endress-Hauser DN1.000 mm. Esta obra no forma parte de este proyecto constructivo.

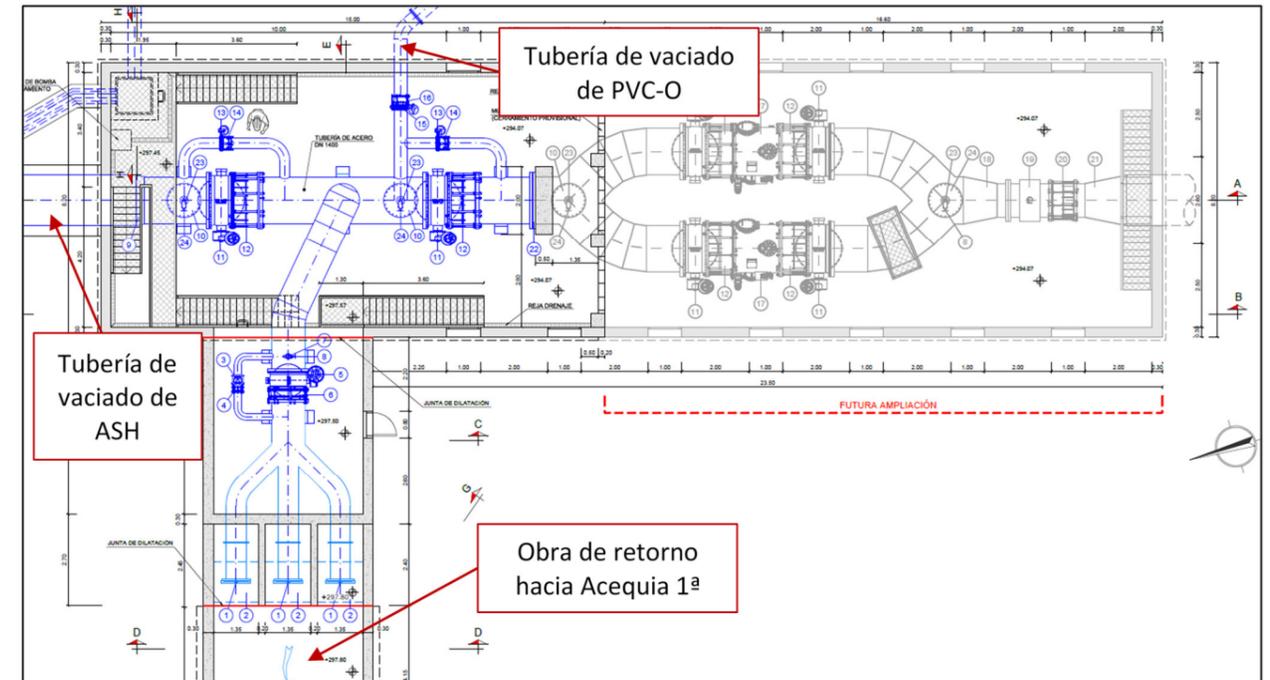


Figura 35. Obra de salida y futura estación de filtrado de la balsa BS1-004.

10.2.2.5. Sistema de vacío

Para la balsa BS1-004 y como datos de partida, se supone que al instante inicial del vaciado, la lámina de agua de la balsa se encuentra en el NMNE (cota 307,00) y que el seccionamiento, formado por una válvula mariposa situada en la arqueta de la obra de salida está cerrado. La tubería de desagüe tiene un primer tramo de ASH hasta la cámara de válvulas y un segundo tramo de PVC-O desde la cámara de válvulas hasta el punto de desagüe.

Se obtiene que es necesario un desagüe de fondo de PVC-O DN400 mm, donde todo el volumen de la balsa desde el NMNE se vaciaría en 2,9 días.

10.2.2.6. Drenaje de fondo

El drenaje de fondo tiene una pendiente según la solera de la balsa del 1,0 al 0,50%, según planos, y se ha considerado que la balsa tiene dos líneas longitudinales perimetrales, aparte de las centrales de refuerzo.

Se considera por los cálculos y como factor de seguridad que el máximo calado permitido es el 85% del diámetro interior ($y_{\text{máx}} = 0,85D$).

De esta forma, mediante la ecuación de Manning se determina el diámetro del drenaje de fondo necesario.

Como criterios de validación de la solución, se comprueba que:

- La capacidad de desagüe de la tubería sea mayor que el caudal de cálculo.
- La velocidad mínima sea de 0,50 m/s.
- La velocidad de circulación sea menor que la que provoca erosión en la tubería, fijada en 3,0 m/s.

Para la balsa BS1-004 resultan necesarios tubos de PVC corrugado ranurados de DN160 mm, tanto por la línea central como por las dos líneas perimetrales.

10.2.2.7. Reja de fondo

La toma de fondo de la balsa BS1_004 será tanto de salida como de entrada del caudal de riego del sector C-03, $Q=3,399 \text{ m}^3/\text{s}$. Así, en el interior de la balsa se sitúa codo de acero con una reja de desbaste de elementos groseros que conecta a una tubería de acero de DN1.500 mm que pasa por debajo del dique de la balsa y de la Acequia Primera hasta la obra de salida y estación de filtrado del sector C-03, que es donde están las válvulas de corte.

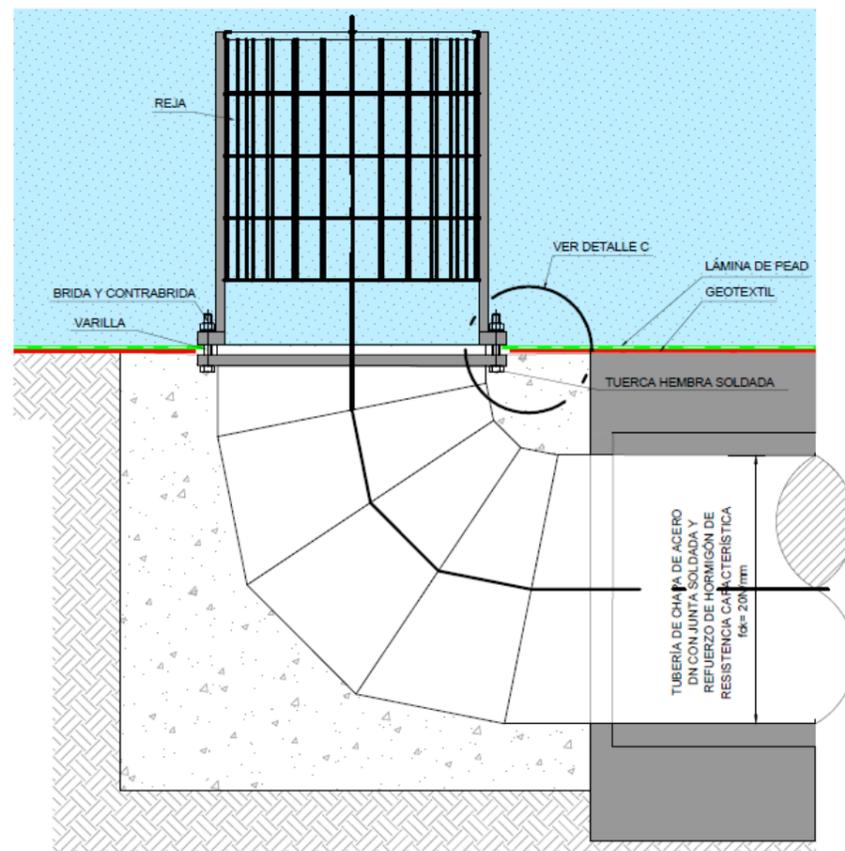


Figura 36. Toma de agua y vaciado de la balsa BS1-004.

10.2.2.8. Sistema impermeabilización

La impermeabilización de la balsa consta de un revestimiento con material geotextil de 285 g/m^2 y una lámina impermeable de polietileno (PE) de 2 mm de espesor en todo el vaso del embalse. Éstas dos láminas van ancladas en el fondo de la balsa con piezas de hormigón prefabricado.

10.2.2.9. Cálculo de los anclajes de la lámina de PE

Para prevenir los efectos perjudiciales del viento, es conveniente lastrar o anclar convenientemente la lámina. El lastrado es el peso auxiliar a colocar estratégicamente sobre la geomembrana para asegurar, o en cualquier caso atenuar, los efectos de la succión del viento sobre ella durante toda la vida de servicio.

Normalmente distinguimos el lastrado permanente, que es el que se queda en la balsa una vez terminada, del lastrado provisional, que es lo que se hace con sacos terruños durante la instalación con el mismo propósito y que se va retirando cuando la lámina queda soldada.

Del mismo modo distinguimos entre lastrado y anclaje. Un anclaje es la fijación de la geomembrana en el borde exterior, normalmente por zanja o pletina, mientras que un lastre es el peso auxiliar a colocar estratégicamente sobre la geomembrana.

Para la determinación de las dimensiones de la sección de anclaje de lámina en coronación se ha consultado la Norma UNE 104427, concretamente en el punto 3.2.4.2 a) Anclaje en coronación.

Para dimensionar el anclaje de la lámina se ha seguido el procedimiento de cálculo propuesto en el Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas" (Amigó, E. y Aguiar, E., 2006).

Así, se propone la colocación de 3 u/m bordillos prefabricados T3 a lo largo de todo el perímetro de la solera de la balsa.

10.2.2.10. Vaciado de la balsa y de los filtros

Como datos de partida, se supone que, al instante inicial del vaciado, la lámina de agua de la balsa se encuentra en el NMNE (cota 307,00) y que el seccionamiento, formado por una válvula mariposa situada en la arqueta de la obra de salida está cerrada. La tubería de desagüe tiene un primer tramo de ASH hasta la cámara de válvulas y un segundo tramo de PVC-O desde la cámara de válvulas hasta el punto de desagüe.

Se obtiene así que es necesario un desagüe de fondo de PVC-O DN400 mm, donde todo el volumen de la balsa desde el NMNE se vaciaría en 2,8 días. Esta tubería se conecta a una acequia de riego existente formada por una tubería de hormigón de DN400 mm.

Por otra parte, el agua recogida por el drenaje de fondo de la balsa y del drenaje de la propia estación de filtrado del sector C-03 desagua al pie del talud de la plataforma donde se ubica toda la obra de salida mediante tubería de PVC-O DN400 mm.

10.2.2.11. Automatización y control

Se prevé instalar un sensor analógico de nivel que llevará los datos recogidos hasta el cuadro de la obra de captación del PK 4+063 de la Acequia Primera.

10.2.2.12. Urbanización

Las balsas se delimitarán con una valla que irá por la cabeza de desmonte y, en sección en terraplén, por la berma límite entre el camino perimetral de coronación y el talud. Al mismo tiempo se han proyectado caminos de acceso de 3,00 m de ancho hasta el camino de coronación de la balsa y finaliza en la obra de salida y estación de filtrado del sector C-03. Estos caminos se proyectan con 20 cm de todo uno más un doble tratamiento superficial.

Para facilitar el drenaje de la balsa y no estropear el talud de tierras que forma el dique de cierre, se proyectan bajantes cada 40 m, así como cunetas de hormigón de cabeza de desmonte y cunetas de suelos de pie de terraplén.

10.2.3. Balsa de Castellserà (BS1-001)

La balsa BS1-001 es la balsa de regulación del sector A-04 y C-03 y garantía del sector B-02 y C-03 de unas 6439 ha. La balsa está situada en las inmediaciones del PK 1+600 de la Acequia Primera de los Canales de Urgell, concretamente al sur de esta acequia aguas arriba del Salt de Castellserà, en el TM de Castellserà.

Se accede mediante el camino que parte de la carretera LV-3028. Camino de tierra de unos 3,5 m.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel del Salt de Castellserà, el retorno del agua desde lacota de fondo de la balsa hasta la Acequia Primera se produce a pie de embalse.

10.2.3.1. Sección tipo

Los diques de tierra de la balsa adoptan en el interior taludes 2,5H/1V, mientras que en el exterior el talud es 3H/2V en terraplén y 1H/1V en desmonte. En la balsa también se construye un camino de coronación de 5,00 m de ancho que alojará la zanja de anclaje de la lámina, un pretil de coronación y el camino de servicio. El camino se proyecta con una pendiente del 2,0% hacia el exterior para evitar que haya aportación de materiales finos hacia el embalse.

Cuando los taludes están en desmonte se dispone de una cuneta de hormigón remontable de 1,00 m de ancho y 0,15 m de profundidad, más un banquillo de 0,50 m y 8,0% de pendiente hacia la cuneta.

En los taludes de la balsa y en una franja de 5 m junto a ésta se extenderá un mínimo de 20 cm de tierra vegetal y se hidrosembra con especies herbáceas adaptadas a la climatología de la zona.

El dique de la balsa forma un camino perimetral de 5,00 m de ancho en coronación que sirve para realizar la zanja de anclaje de la lámina impermeabilizante y alojar un bordillo de perímetro. Encima del dique se prevé una capa superior de zahorra artificial de 20 cm de espesor más un doble tratamiento superficial para facilitar el paso de los posibles vehículos. Esta capa de zahorra corresponde a la parte transitable del camino perimetral y tiene una anchura de 4,10 m.

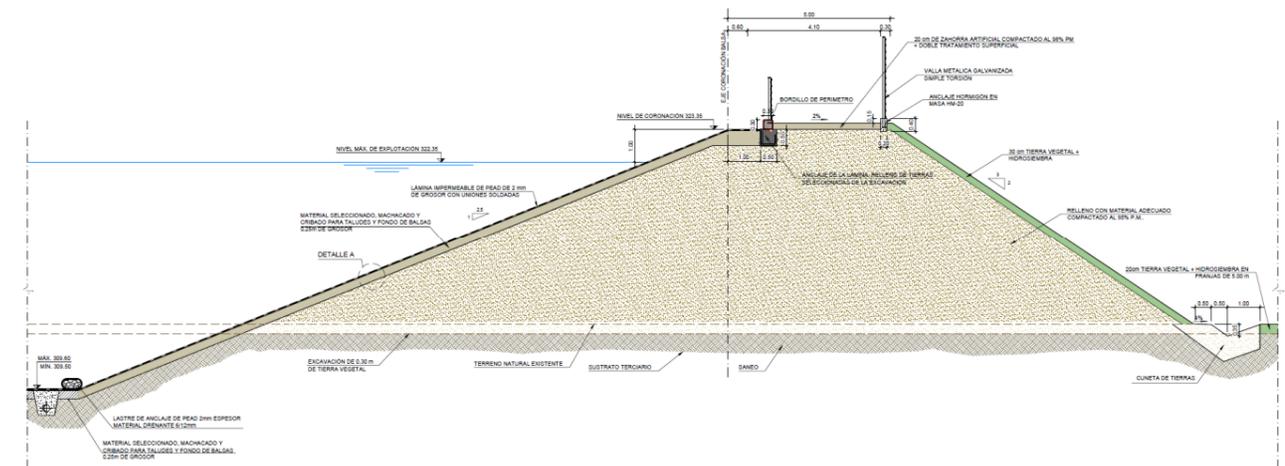


Figura 37. Sección tipo de las balsas en terraplén

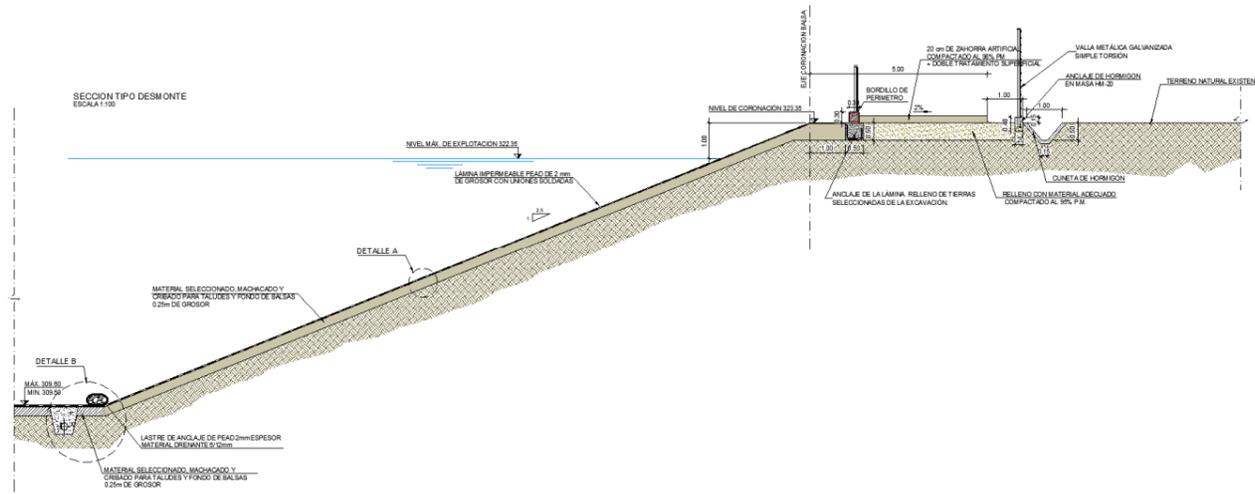


Figura 38. Sección tipo de las balsas en desmonte.

10.2.3.2. Obra de entrada

La balsa BS1-001 está enrasada con la Acequia Primera y situada a pie de canal, de forma que el agua llega al embalse mediante un canal de 4,50 m de ancho. Seguidamente salva con marcos prefabricados 4,00x2,00 m el camino de servicio para a continuación entrar en la balsa mediante una bajante de disipación y, por último, un cuenco amortiguador.

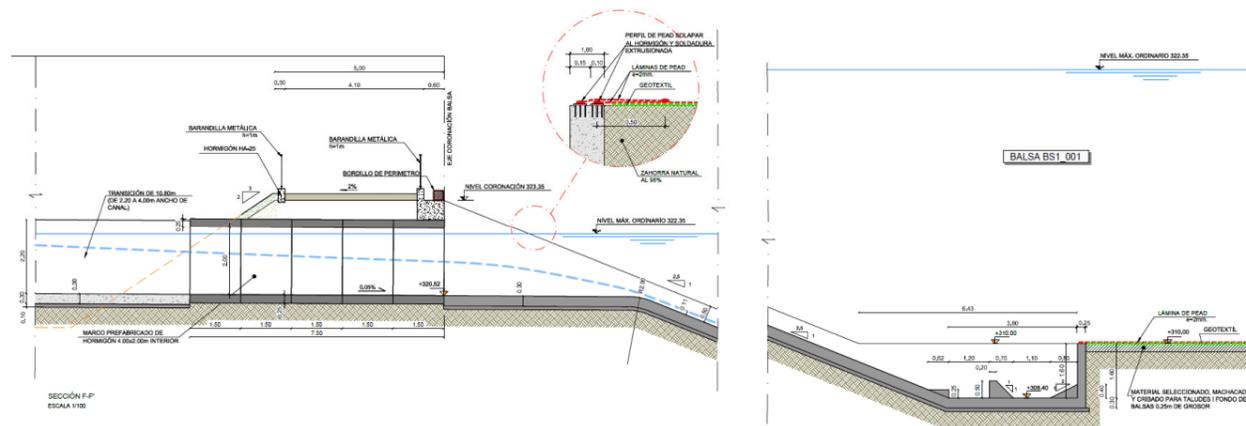


Figura 39. Obra de entrada a la balsa BS1-001.

10.2.3.3. Aliviadero

En las balsas enrasadas a canales se evita la construcción de un aliviadero de seguridad en la balsa ya que la coronación de ésta coincide con la del canal de llegada y de este modo, llegado el caso, el agua volvería a la Acequia Primera

Sin embargo, en la balsa BS1-001 se diseña un aliviadero en el canal de entrada, que será el que descargue el caudal en caso de que las compuertas de la obra de derivación fallen y el nivel de agua en el canal supere el NMNE de la balsa, definido en la cota 322,35.

Se proyecta un aliviadero de labio fijo con capacidad suficiente para desaguar el caudal de entrada. Este aliviadero está situado en un lateral del canal de entrada a la balsa, vertiendo de nuevo hacia la Acequia 1ª Principal y actuando en caso que las compuertas del canal de captación fallasen, provocando que el nivel del canal de entrada a la balsa empezase a superar el NMNE, definido en la cota 322,35. Del mismo modo también se diseña un aliviadero en la ubicación de las obras de regulación situadas en la obra de toma.

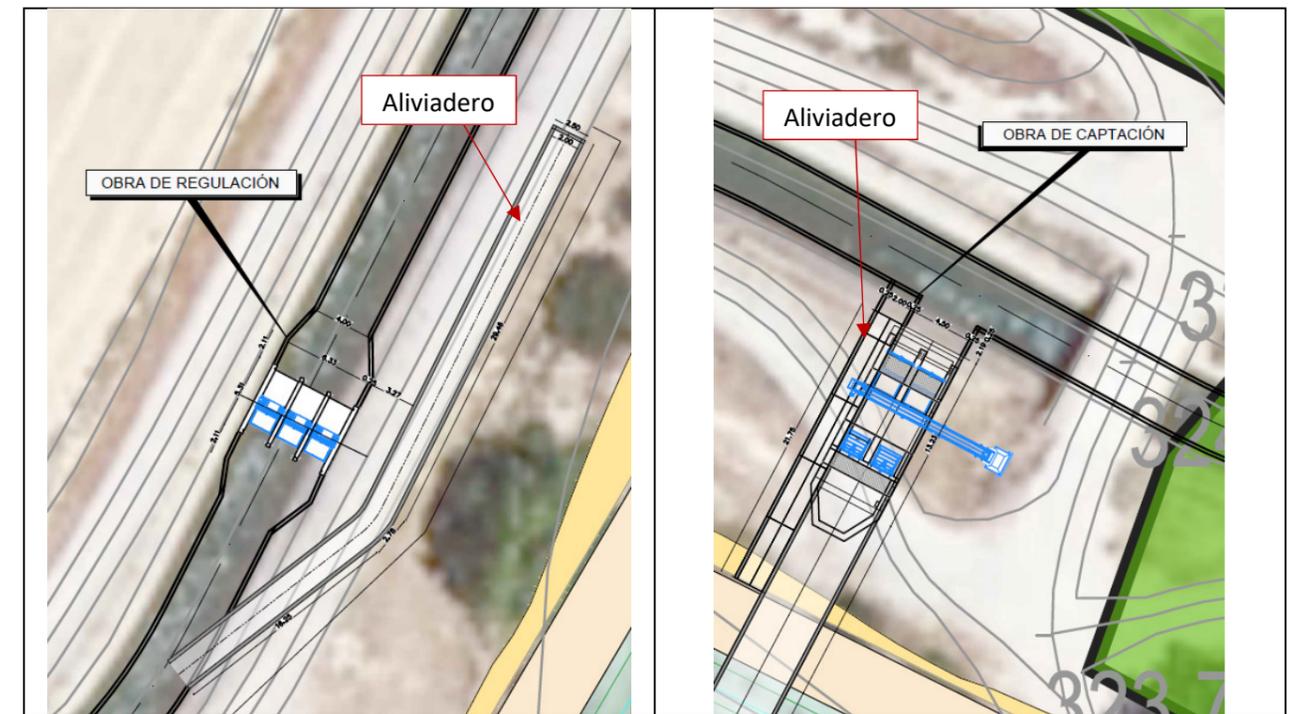


Figura 40. Aliviaderos de la balsa BS1-001

10.2.3.4. Obra de salida

La obra de salida está ubicada en el margen izquierdo de la Acequia Primera, a los pies de la balsa BS1-001 y aguas abajos del Salt de Castellserà.

La obra de salida está formada por las siguientes partes:

- Obra de retorno al canal: se diseña un canal que permitirá devolver el caudal derivado de 5,26 m³/s a la Acequia 1ª. Esta obra está formada por un canal de 4,45 a 2,75 m de ancho con tres (3)

válvulas de salida con control remoto y medición de caudal, que permiten la reducción de carga antes de verterla a la Acequia 1ª.

- Tubería de vaciado de la balsa: tubería de PVC-O dimensionada anteriormente, de DN 400 mm, que permite vaciar la balsa en menos de 3 días.
- Válvulas mariposa de la obra de salida: que permite independizar las diferentes partes para poder tener las siguientes opciones:
 - o Vaciado de la balsa hacia la Acequia Primera.
 - o Riego por gravedad al sector C-02

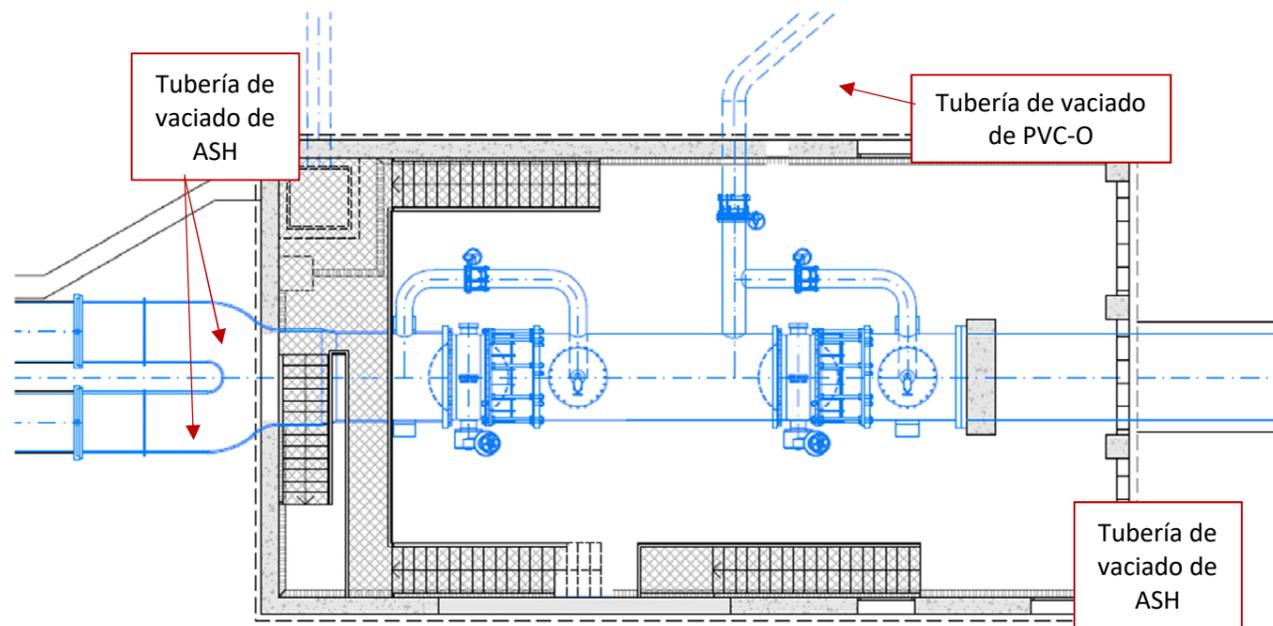


Figura 41. Obra de salida de la balsa BS1-001.

10.2.3.5. Sistema de vacío

Para la balsa BS1-001 y como datos de partida, se supone que al instante inicial del vaciado, la lámina de agua de la balsa se encuentra en el NMNE (cota 322,35) y que el seccionamiento, formado por una válvula mariposa situada en la arqueta de la obra de salida está cerrado. La tubería de desagüe tiene un primer tramo de ASH hasta la cámara de válvulas y un segundo tramo de PVC-O desde la cámara de válvulas hasta el punto de desagüe.

Se obtiene que es necesario un desagüe de fondo de PVC-O DN400 mm, donde todo el volumen de la balsa desde el NMNE se vaciaría en menos de 3 días.

10.2.3.6. Drenaje de fondo

El drenaje de fondo tiene una pendiente según la solera de la balsa del 1,0 al 0,05%, según planos. La tipología seleccionada para los mismos es perimetral a pie de talud, para el dique, y en espina de pez para el fondo del vaso.

Se considera por los cálculos y como factor de seguridad que el máximo calado permitido es el 85% del diámetro interior ($\gamma_{\text{máx}} = 0,85D$).

De esta forma, mediante la ecuación de Manning se determina el diámetro del drenaje de fondo necesario.

Como criterios de validación de la solución, se comprueba que:

- La capacidad de desagüe de la tubería sea mayor que el caudal de cálculo.
- La velocidad mínima sea de 0,50 m/s.
- La velocidad de circulación sea menor que la que provoca erosión en la tubería, fijada en 3,0 m/s.

Para la balsa BS1-001 resultan necesarios tubos de PVC corrugados y ranurados de DN 160 mm, tanto para los drenajes perimetrales de fondo del talud como para los drenajes de fondo en espina de pez.

10.2.3.7. Reja de fondo

La toma de fondo de la balsa BS1-001 circulará un caudal de, $Q=5,26 \text{ m}^3/\text{s}$. Así, en el interior de la balsa se sitúa codo de acero con una reja de desbaste de elementos groseros que conecta a una tubería de acero de DN1.500 mm hasta la obra de salida.

Por motivos de seguridad al tratarse de una balsa clasificable como B, se realizan 2 órganos de desagüe, ambas tomas de fondo de DN 1.500 mm

En esta balsa se diseña una tercera toma de fondo DN 1.067 mm, situada al este de la balsa para en un futuro ser utilizada para abastecer de riego al sector C-02 de la Comunidad de Regantes de los Canals d'Urgell

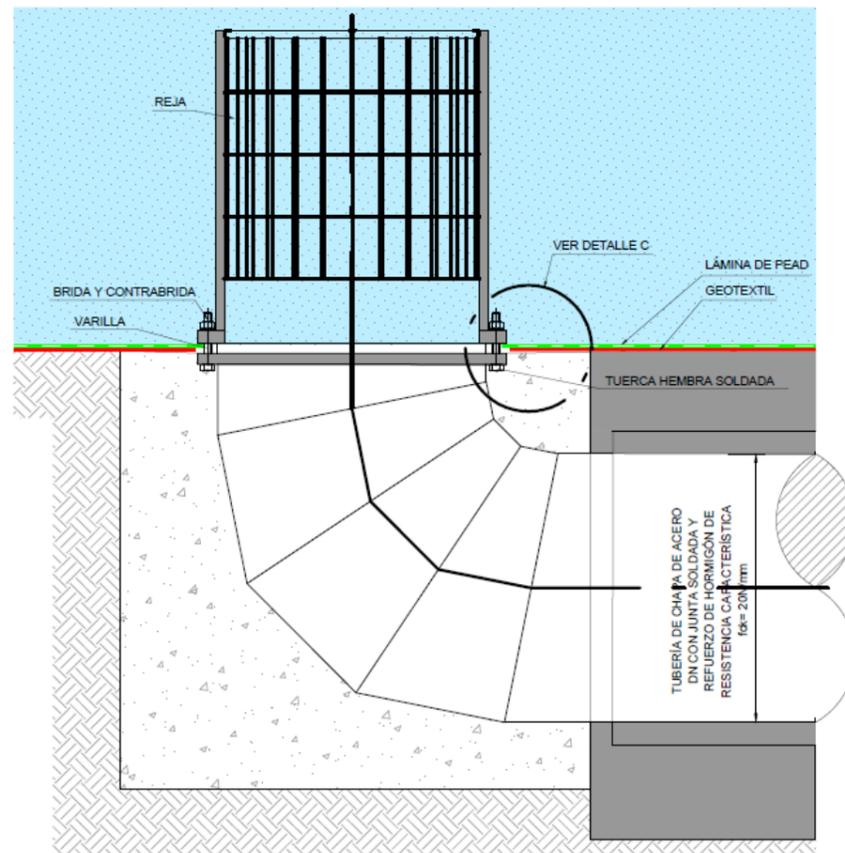


Figura 42. Toma de agua y vaciado de la balsa BS1-001.

10.2.3.8. Sistema impermeabilización

La impermeabilización de la balsa consta de un revestimiento con material geotextil de 285 g/m² y una lámina impermeable de polietileno (PE) de 2 mm de espesor en todo el vaso del embalse. Éstas dos láminas van ancladas en el fondo de la balsa con piezas de hormigón prefabricado.

10.2.3.9. Cálculo de los anclajes de la lámina de PE

Para prevenir los efectos perjudiciales del viento, es conveniente lastrar o anclar convenientemente la lámina. El lastrado es el peso auxiliar a colocar estratégicamente sobre la geomembrana para asegurar, o en cualquier caso atenuar, los efectos de la succión del viento sobre ella durante toda la vida de servicio.

Normalmente distinguimos el lastrado permanente, que es el que se queda en la balsa una vez terminada, del lastrado provisional, que es lo que se hace con sacos terruños durante la instalación con el mismo propósito y que se va retirando cuando la lámina queda soldada.

Del mismo modo distinguimos entre lastrado y anclaje. Un anclaje es la fijación de la geomembrana en el borde exterior, normalmente por zanja o pletina, mientras que un lastre es el peso auxiliar a colocar estratégicamente sobre la geomembrana.

Para la determinación de las dimensiones de la sección de anclaje de lámina en coronación se ha consultado la Norma UNE 104427, concretamente en el punto 3.2.4.2 a) Anclaje en coronación.

Para dimensionar el anclaje de la lámina se ha seguido el procedimiento de cálculo propuesto en el Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas" (Amigó, E. y Aguiar, E., 2006).

Así, se propone la colocación de 3 u/m bordillos prefabricados T3 a lo largo de todo el perímetro de la solera de la balsa.

10.2.3.10. Vaciado de la balsa

Como datos de partida, se supone que, al instante inicial del vaciado, la lámina de agua de la balsa se encuentra en el NMNE (cota 322,35) y que el seccionamiento, formado por una válvula mariposa situada en la arqueta de la obra de salida está cerrada. La tubería de desagüe tiene un primer tramo de ASH hasta la cámara de válvulas y un segundo tramo de PVC-O desde la cámara de válvulas hasta el punto de desagüe.

Se obtiene así que es necesario un desagüe de fondo de PVC-O DN400 mm, donde todo el volumen de la balsa desde el NMNE se vaciaría en menos de 3 días.

10.2.3.11. Automatización y control

Se prevé instalar un sensor analógico de nivel que llevará los datos recogidos hasta el cuadro de la obra de captación del PK 1+600 de la Acequia Primera.

10.2.3.12. Urbanización

Las balsas se delimitarán con una valla que irá por la cabeza de desmonte y, en sección en terraplén, por la berma límite entre el camino perimetral de coronación y el talud. Al mismo tiempo se han proyectado caminos de acceso de 3,00 m de ancho hasta el camino de coronación de la balsa y finaliza en la obra de salida. Estos caminos se proyectan con 20 cm de todo uno más un doble tratamiento superficial.

Para facilitar el drenaje de la balsa y no estropear el talud de tierras que forma el dique de cierre, se proyectan bajantes cada 40 m, así como cunetas de hormigón de cabeza de desmonte y cunetas de suelos de pie de terraplén.

10.2.4. Balsa de Juneda (BS4-003)

La balsa BS4-003 es la balsa de regulación y garantía del sector C-07 y C-08 de unas 4395 ha. La balsa está situada en las inmediaciones del PK 2+600 de la Acequia Cuarta de los Canales de Urgell, concretamente al sur de esta acequia aguas arriba de Les 9 Salts, en el TM de Juneda.

Se accede mediante el camino de Les Borges Blanques. Camino de tierra de unos 3,5 m.

Esta situación es óptima porque gracias al desnivel de Les 9 Salts, el retorno del agua desde la cota de fondo de la balsa hasta la Acequia Cuarta se produce a pie de embalse.

10.2.4.1. Sección tipo

Los diques de tierra de la balsa adoptan en el interior taludes 2,5H/1V, mientras que en el exterior el talud es 3H/2V en terraplén y 1H/1V en desmonte. En la balsa también se construye un camino de coronación de 5,00 m de ancho que alojará la zanja de anclaje de la lámina, un pretil de coronación y el camino de servicio. El camino se proyecta con una pendiente del 2,0% hacia el exterior para evitar que haya aportación de materiales finos hacia el embalse.

Cuando los taludes están en desmonte se dispone de una cuneta de hormigón remontable de 1,00 m de ancho y 0,15 m de profundidad, más un banquillo de 0,50 m y 8,0% de pendiente hacia la cuneta.

En los taludes de la balsa y en una franja de 5 m junto a ésta se extenderá un mínimo de 20 cm de tierra vegetal y se hidrosembrará con especies herbáceas adaptadas a la climatología de la zona.

El dique de la balsa forma un camino perimetral de 5,00 m de ancho en coronación que sirve para realizar la zanja de anclaje de la lámina impermeabilizante y alojar un bordillo de perímetro. Encima del dique se prevé una capa superior de zahorra artificial de 20 cm de espesor más un doble tratamiento superficial para facilitar el paso de los posibles vehículos. Esta capa de zahorra corresponde a la parte transitable del camino perimetral y tiene una anchura de 4,10 m.

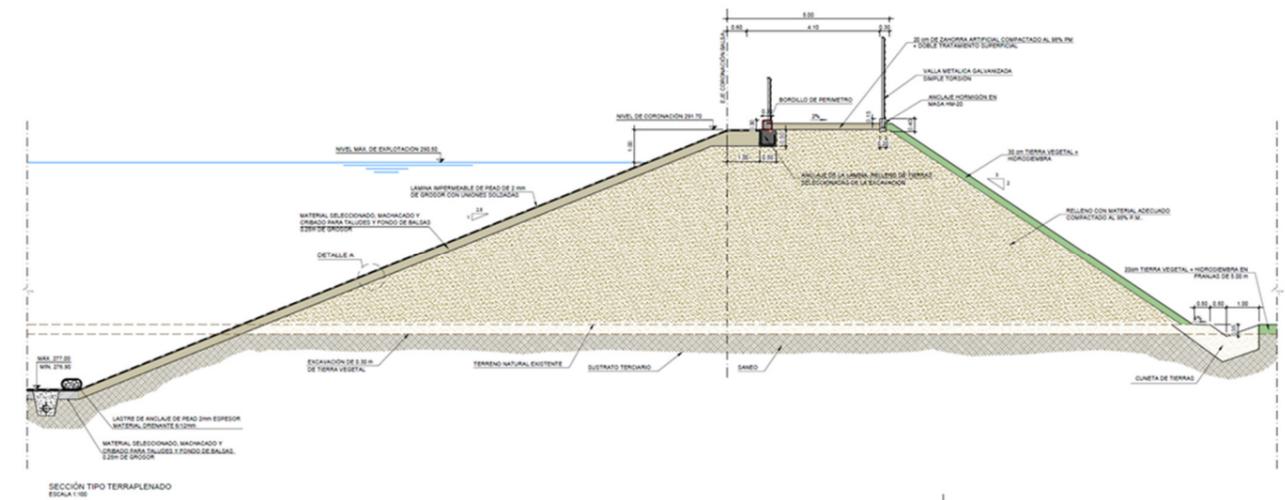


Figura 43. Sección tipo de las balsas en terraplén

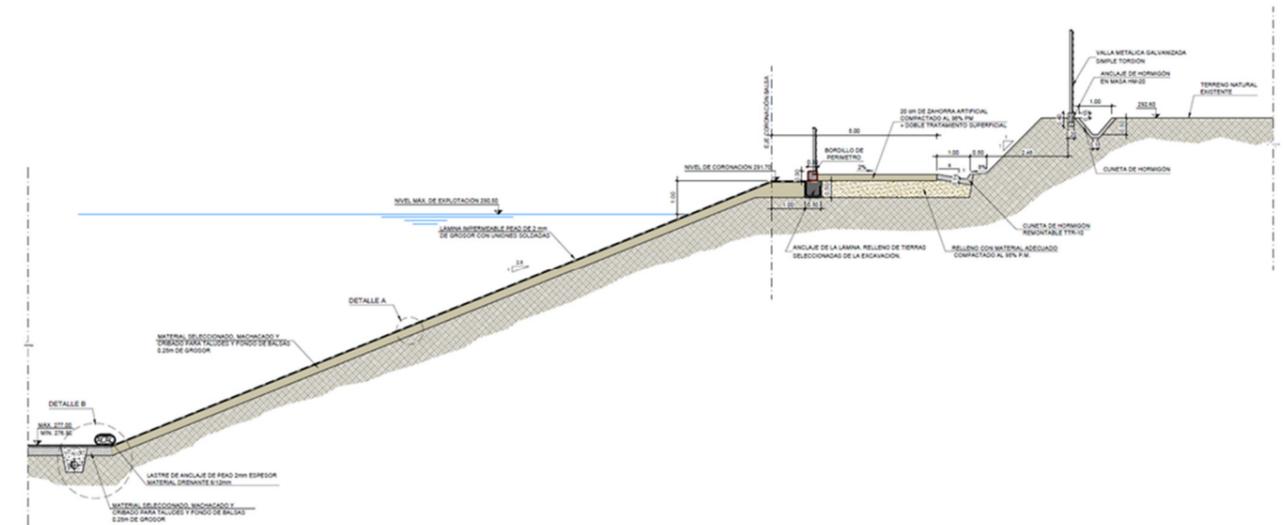


Figura 44. Sección tipo de las balsas en desmonte.

10.2.4.2. Obra de entrada

La balsa BS4-003 está enrasada con la Acequia Cuarta y situada a pie de canal, de forma que el agua llega al embalse mediante un canal de 4,50 m de ancho. Seguidamente salva con marcos prefabricados 4,00x2,00 m el camino de servicio para a continuación entrar en la balsa mediante una bajante de disipación y, por último, un cuenco amortiguador.

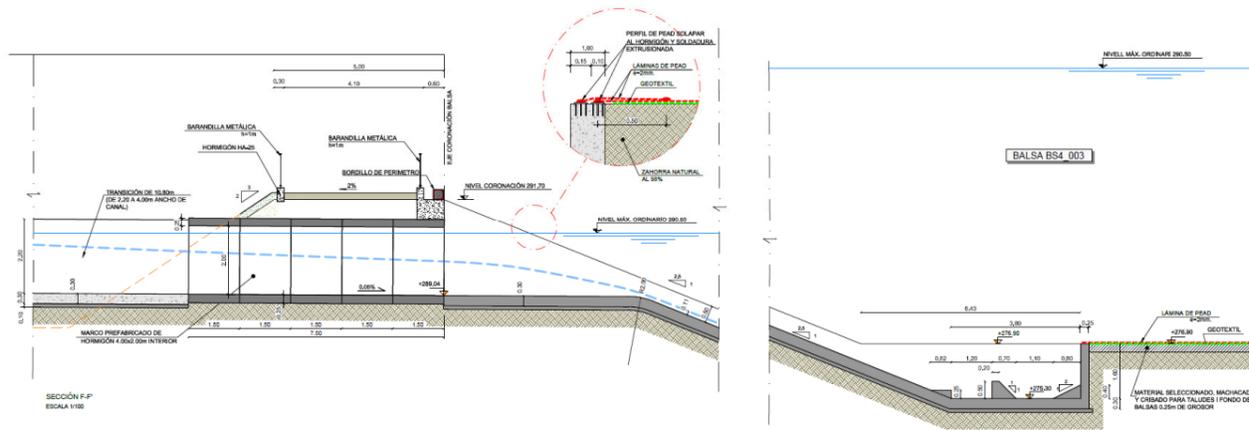


Figura 45. Obra de entrada a la balsa BS4-003.

10.2.4.3. Aliviadero

En las balsas enrasadas a canales se evita la construcción de un aliviadero de seguridad en la balsa ya que la coronación de ésta coincide con la del canal de llegada y de este modo, llegado el caso, el agua volvería a la Acequia Cuarta

Sin embargo, en la balsa BS4-003 se diseña un aliviadero en el canal de entrada, que será el que descargue el caudal en caso de que las compuertas de la obra de derivación fallen y el nivel de agua en el canal supere el NMNE de la balsa, definido en la cota 290,50.

Se proyecta un aliviadero de labio fijo con capacidad suficiente para desaguar el caudal de entrada. Este aliviadero está situado en un lateral del canal de entrada a la balsa, vertiendo de nuevo hacia la Acequia 4ª Principal y actuando en caso que las compuertas del canal de captación fallasen, provocando que el nivel del canal de entrada a la balsa empezase a superar el NMNE, definido en la cota 290,50. Del mismo modo también se diseña un aliviadero en la coronación de la balsa

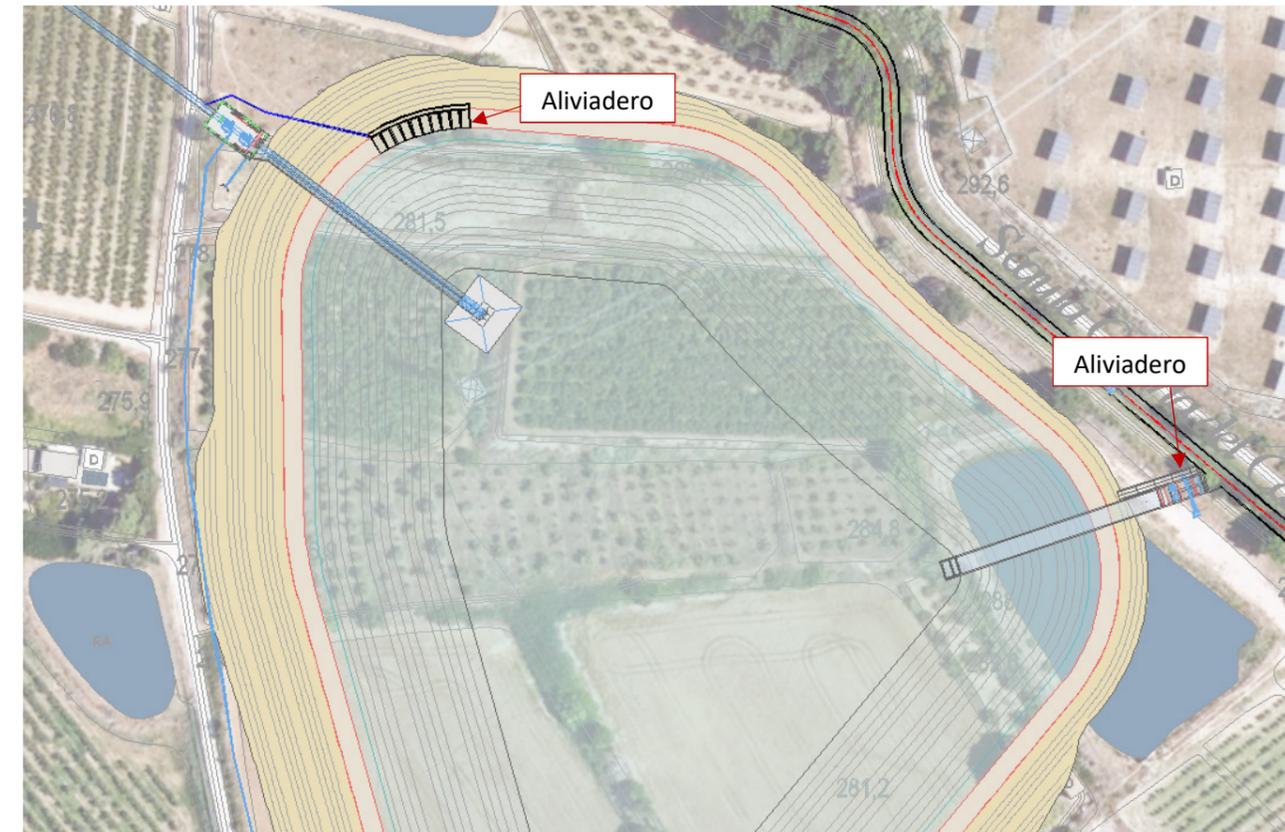


Figura 46. Aliviaderos de la balsa BS4-003

10.2.4.4. Obra de salida

La obra de salida está ubicada en el margen izquierdo de la Acequia Cuarta, a los pies de la balsa BS4-003 y aguas abajos de Les 9 Salts.

La obra de salida está formada por las siguientes partes:

- Obra de retorno al canal: se diseña un canal que permitirá devolver el caudal derivado de 2,41 m³/s a la Acequia 4ª. Esta obra está formada por un canal de 4,45 a 2,75 m de ancho con tres (3) válvulas de salida con control remoto y medición de caudal, que permiten la reducción de carga antes de verterla a la Acequia 4ª.
- Tubería de vaciado de la balsa: tubería de PVC-O dimensionada anteriormente, de DN 400 mm, que permite vaciar la balsa en menos de 3 días
- Válvulas mariposa de la obra de salida: que permite independizar las diferentes partes para poder tener las siguientes opciones:

- Vaciado de la balsa hacia la Acequia Cuarta.
- Riego por gravedad al sector C-07

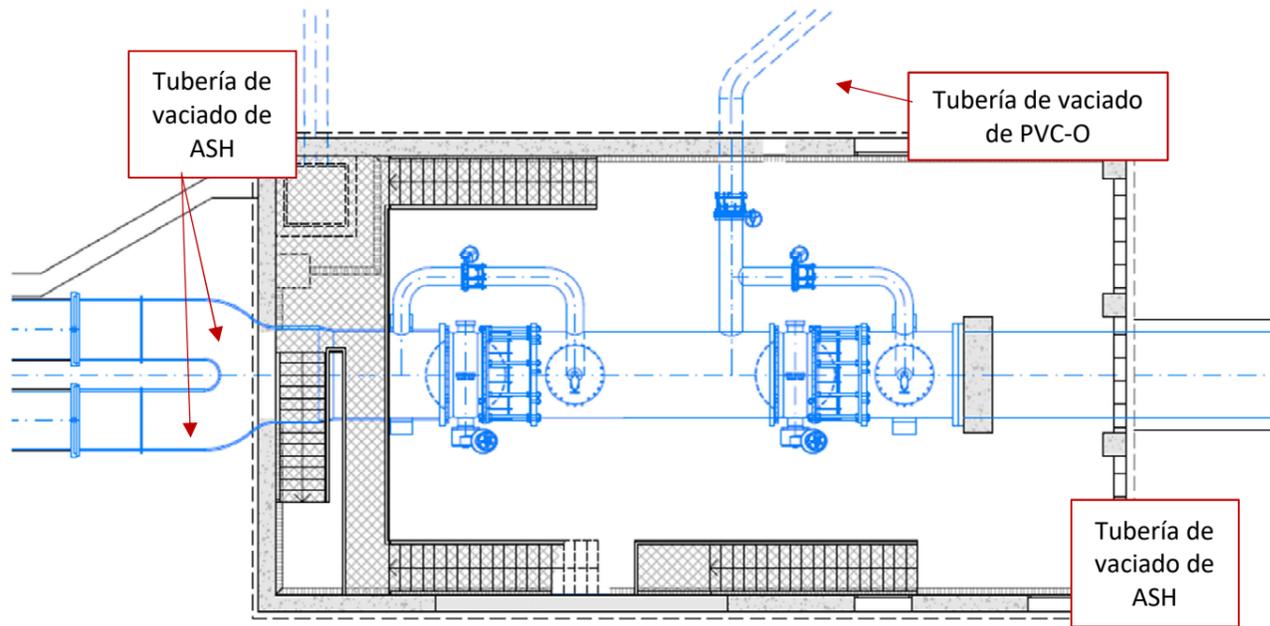


Figura 47. Obra de salida de la balsa BS4-003.

10.2.4.5. Sistema de vacío

Para la balsa BS4-003 y como datos de partida, se supone que al instante inicial del vaciado, la lámina de agua de la balsa se encuentra en el NMNE (cota 290,50) y que el seccionamiento, formado por una válvula mariposa situada en la arqueta de la obra de salida está cerrado. La tubería de desagüe tiene un primer tramo de ASH hasta la cámara de válvulas y un segundo tramo de PVC-O desde la cámara de válvulas hasta el punto de desagüe.

Se obtiene que es necesario un desagüe de fondo de PVC-O DN400 mm, donde todo el volumen de la balsa desde el NMNE se vaciaría en menos de 3 días.

10.2.4.6. Drenaje de fondo

El drenaje de fondo tiene una pendiente según la solera de la balsa del 1,0 al 0,06%, según planos. La tipología seleccionada para los mismos es perimetral a pie de talud, para el dique, y en espina de pez para el fondo del vaso.

Se considera por los cálculos y como factor de seguridad que el máximo calado permitido es el 85% del diámetro interior ($y_{\text{máx}} = 0,85D$).

De esta forma, mediante la ecuación de Manning se determina el diámetro del drenaje de fondo necesario.

Como criterios de validación de la solución, se comprueba que:

- La capacidad de desagüe de la tubería sea mayor que el caudal de cálculo.
- La velocidad mínima sea de 0,50 m/s.
- La velocidad de circulación sea menor que la que provoca erosión en la tubería, fijada en 3,0 m/s.

Para la balsa BS4-003 resultan necesarios tubos de PVC corrugados y ranurados de DN 160 mm, tanto para los drenajes perimetrales de fondo del talud como para los drenajes de fondo en espina de pez.

10.2.4.7. Reja de fondo

La toma de fondo de la balsa BS4-003 circulará un caudal de, $Q=2,41 \text{ m}^3/\text{s}$. Así, en el interior de la balsa se sitúa codo de acero con una reja de desbaste de elementos groseros que conecta a una tubería de acero de DN1.500 mm hasta la obra de salida.

Por motivos de seguridad al tratarse de una balsa clasificable como A, se realizan 2 órganos de desagüe, ambas tomas de fondo de DN 1.500 mm

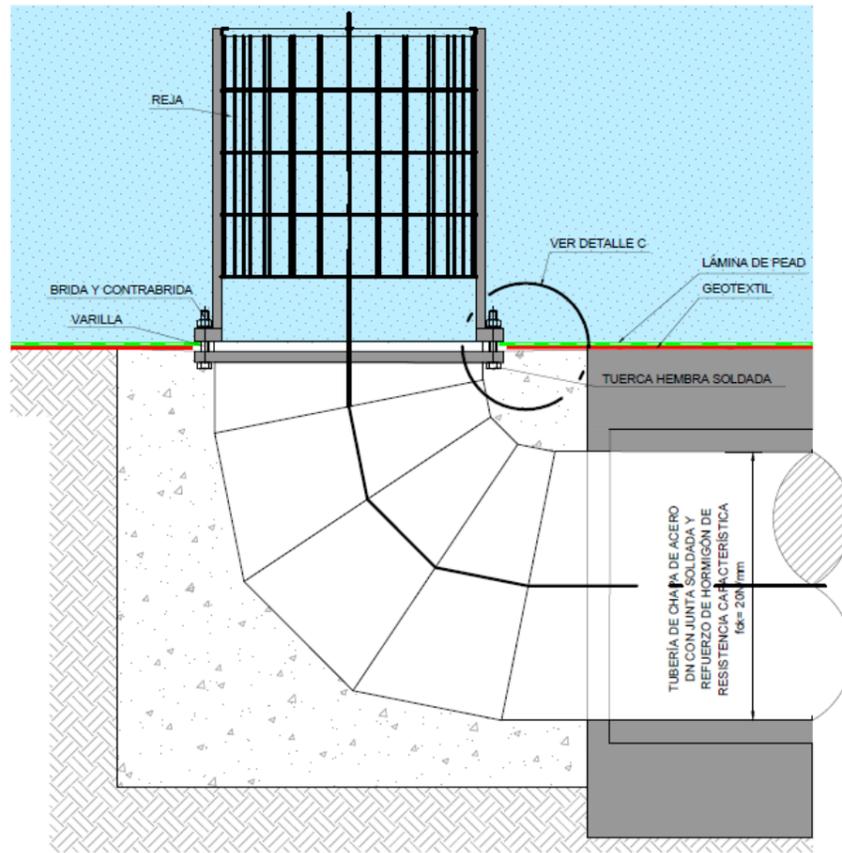


Figura 48. Toma de agua y vaciado de la balsa BS4-003.

10.2.4.8. Sistema impermeabilización

La impermeabilización de la balsa consta de un revestimiento con material geotextil de 285 g/m² y una lámina impermeable de polietileno (PE) de 2 mm de espesor en todo el vaso del embalse. Éstas dos láminas van ancladas en el fondo de la balsa con piezas de hormigón prefabricado.

10.2.4.9. Cálculo de los anclajes de la lámina de PE

Para prevenir los efectos perjudiciales del viento, es conveniente lastrar o anclar convenientemente la lámina. El lastrado es el peso auxiliar a colocar estratégicamente sobre la geomembrana para asegurar, o en cualquier caso atenuar, los efectos de la succión del viento sobre ella durante toda la vida de servicio.

Normalmente distinguimos el lastrado permanente, que es el que se queda en la balsa una vez terminada, del lastrado provisional, que es lo que se hace con sacos terruños durante la instalación con el mismo propósito y que se va retirando cuando la lámina queda soldada.

Del mismo modo distinguimos entre lastrado y anclaje. Un anclaje es la fijación de la geomembrana en el borde exterior, normalmente por zanja o pletina, mientras que un lastre es el peso auxiliar a colocar estratégicamente sobre la geomembrana.

Para la determinación de las dimensiones de la sección de anclaje de lámina en coronación se ha consultado la Norma UNE 104427, concretamente en el punto 3.2.4.2 a) Anclaje en coronación.

Para dimensionar el anclaje de la lámina se ha seguido el procedimiento de cálculo propuesto en el Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas" (Amigó, E. y Aguiar, E., 2006).

Así, se propone la colocación de 3 u/m bordillos prefabricados T3 a lo largo de todo el perímetro de la solera de la balsa.

10.2.4.10. Vaciado de la balsa

Como datos de partida, se supone que, al instante inicial del vaciado, la lámina de agua de la balsa se encuentra en el NMNE (cota 290,50) y que el seccionamiento, formado por una válvula mariposa situada en la arqueta de la obra de salida está cerrada. La tubería de desagüe tiene un primer tramo de ASH hasta la cámara de válvulas y un segundo tramo de PVC-O desde la cámara de válvulas hasta el punto de desagüe.

Se obtiene así que es necesario un desagüe de fondo de PVC-O DN400 mm, donde todo el volumen de la balsa desde el NMNE se vaciaría en menos de 3 días.

10.2.4.11. Automatización y control

Se prevé instalar un sensor analógico de nivel que llevará los datos recogidos hasta el cuadro de la obra de captación del PK 2+600 de la Acequia Cuarta.

10.2.4.12. Urbanización

Las balsas se delimitarán con una valla que irá por la cabeza de desmonte y, en sección en terraplén, por la berma límite entre el camino perimetral de coronación y el talud. Al mismo tiempo se han proyectado caminos de acceso de 3,00 m de ancho hasta el camino de coronación de la balsa y finaliza en la obra de salida. Estos caminos se proyectan con 20 cm de todo uno más un doble tratamiento superficial.

Para facilitar el drenaje de la balsa y no estropear el talud de tierras que forma el dique de cierre, se proyectan bajantes cada 40 m, así como cunetas de hormigón de cabeza de desmorte y cunetas de suelos de pie de terraplén.

10.3. REGULACIÓN DINÁMICA DEL CANAL

En la siguiente figura se muestra la localización del emplazamiento de las obras de regulación de mayor a menor prioridad que se plantean llevar a cabo en los Canales de Urgell.

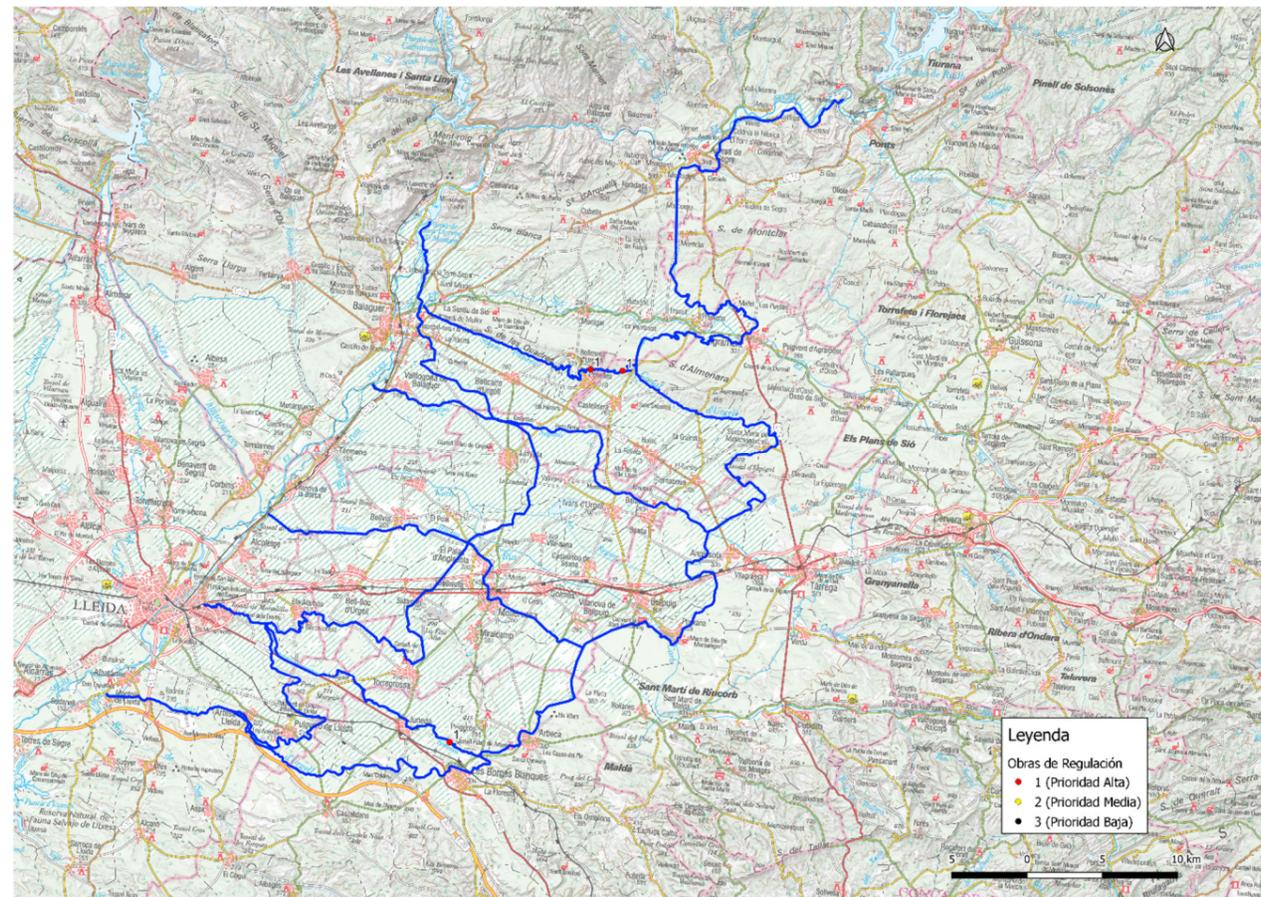


Figura 49. Localización Obras de Regulación por prioridad.

10.3.1. OBRA CIVIL CANAL PRINCIPAL

En el interior del actual canal el hormigón se encuentra fracturado e incluso, en algunas zonas, hay ausencia de hormigón que dejan a la vista las gravas que forman parte del cimiento del canal e incluso afloramientos de roca que conforma el subsuelo.

MEMORIA

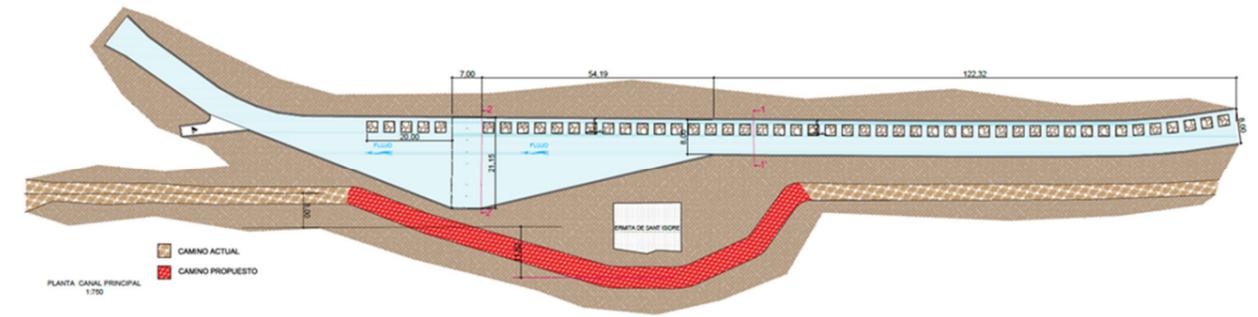


Figura 50. Propuesta de actuación.

Se analizan 3 tipos de secciones distintas:

- Sección A: inicio del canal principal.
- Sección B: ensanche.
- Sección C: sección de baterías de compuertas de regulación (Obra futura).

El canal comienza en su sección A con unas dimensiones de 8,0x3,0 m, los muros tienen un espesor de 30 cm y la losa 35 cm.

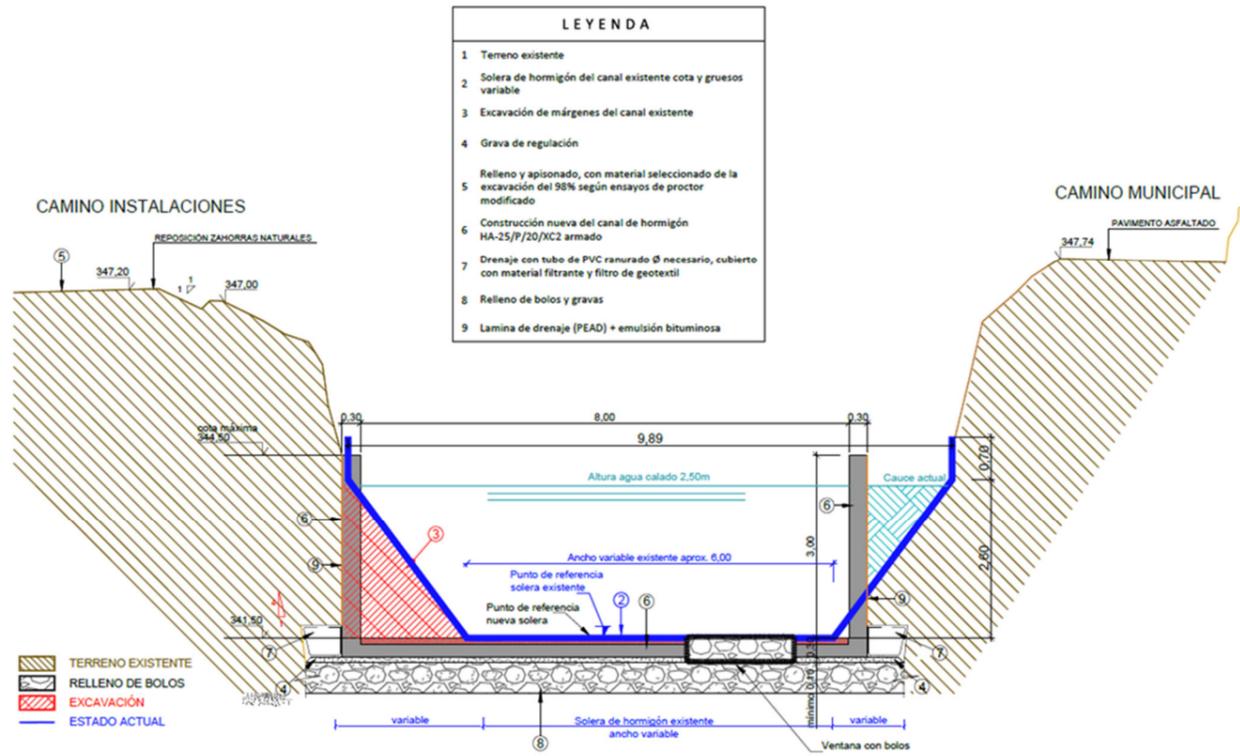


Figura 51. Sección A.

La sección B se trata de la transición de la sección A hacia la sección C, esta transición mide 54 m de longitud aumentando la anchura del canal desde los 8,0 m hasta los 22 m. Para el análisis de la sección B se realizan 2 modelizaciones, la sección B1 donde comienza el ensanchamiento desde los 8,0 m y la sección B2 donde existe una anchura total de 22 m (los resultados aparecen en el documento anexo). Los muros y la losa continúan con un espesor de 30 cm y 35 cm, respectivamente.

En la sección C se dispone una sección de 22 metros de anchura para permitir la instalación de 7 compuertas de regulación y 1 compuerta de drenaje. Estas compuertas se instalan entre muros de hormigón armado de 7 m de longitud. Los muros exteriores continúan con el espesor del canal de 30 cm y la losa de 35 cm. Los muros interiores entre los que se encuentran las compuertas son de 25 cm.

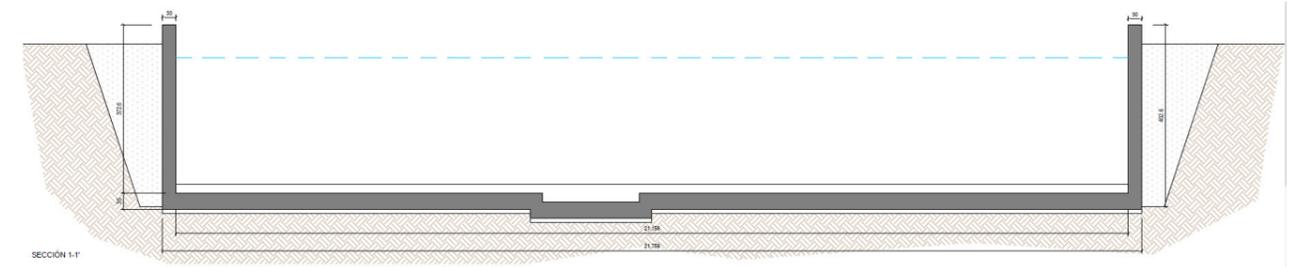


Figura 52. Sección C.

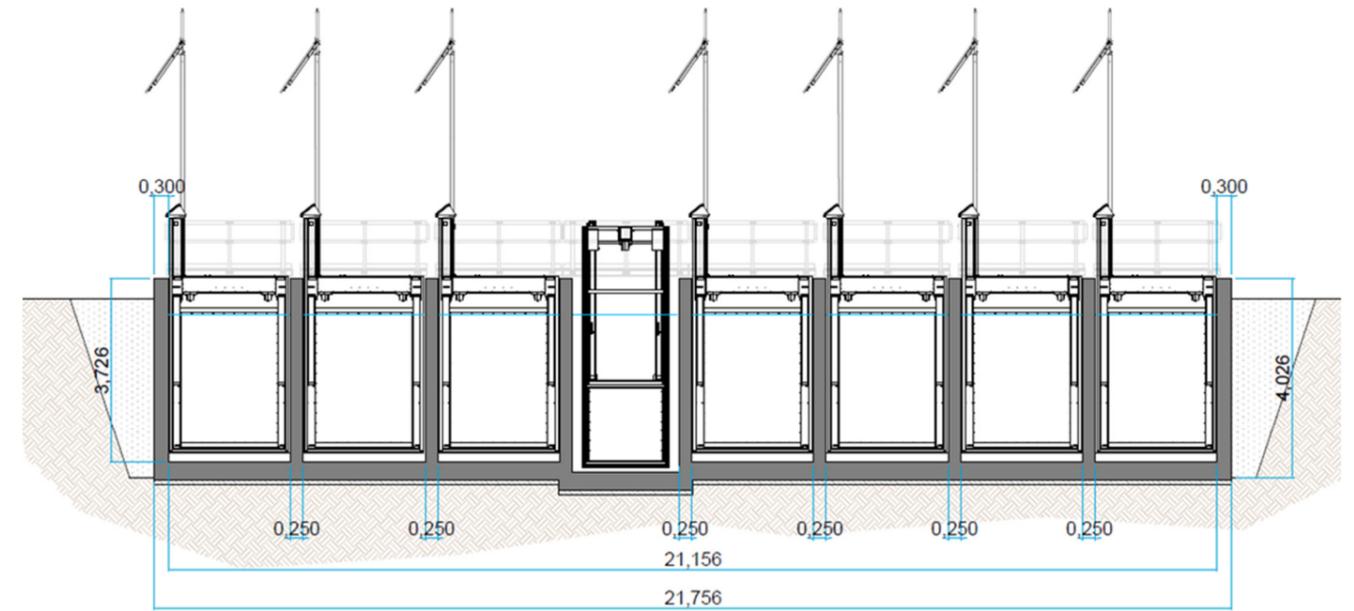


Figura 53. Sección C (Obra futura).

El tramo sobre el que se va a realizar la actuación se encuentra totalmente saturado por lo que se proponen una serie de ventanas de 2,5x2,5 m en la solera que permita reducir la influencia del nivel freático del río Segre.

El nuevo canal se ejecutará sobre la sección actual tras una actuación de saneado que permita llevar a cabo la cimentación de la losa sobre los niveles de roca.

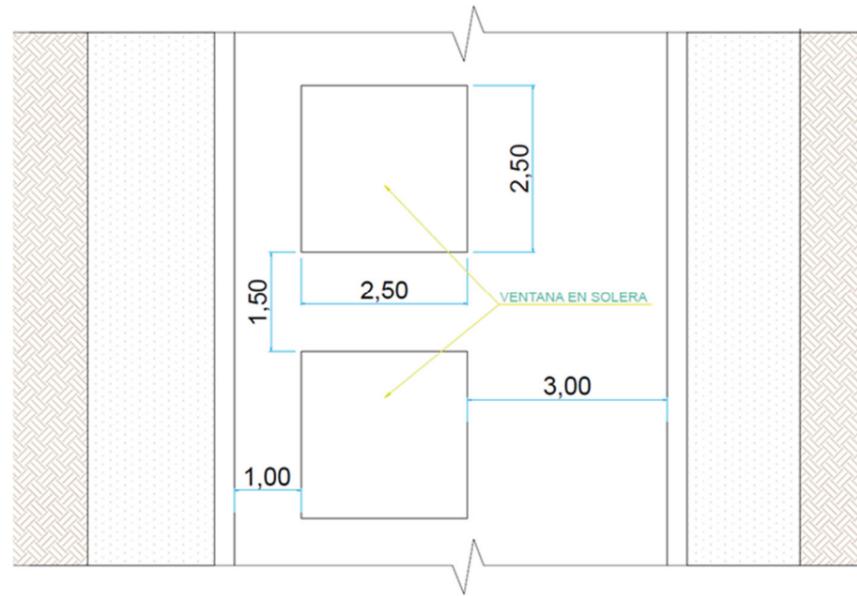


Figura 54. Planta del canal.

10.3.2. COMPUERTAS

Se proponen la implantación de 3 instalaciones de compuertas automatizadas, cada una de ellas situadas en puntos distintos de la zona de actuación en la red de riego de la comunidad asociadas a las balsas, se encuentran ubicadas en las siguientes localizaciones Sistema de referencia ETRS 89 Huso 31 N.

Canal	P.K.	Prioridad	Coord X	Coord Y	Compuertas	Obra
Acequia 1ª	1 + 700	Alta	333.171	4.625.602	3 compuertas tipo vertedera	Regulación
					2 compuertas tipo deslizante simple	Entrada
					2 compuertas tipo mural + caudalímetro	
Acequia 1ª	4 + 040	Alta	331.039	4.625.696	3 compuertas tipo sumergible	Salida
					3 compuertas tipo vertedera	Regulación
					2 compuertas tipo deslizante simple	Entrada
2 compuertas tipo mural + caudalímetro						
Acequia 4ª	2 + 600	Alta	321.661	4.600.882	2 compuertas tipo vertedera	Regulación
					2 compuertas tipo deslizante simple	Entrada
					2 compuertas tipo mural + caudalímetro	

Tabla 22. Localización elementos de control.

- **Compuerta tipo vertedera**

Compuerta con medidor de caudal, medidor de nivel aguas arriba y aguas abajo, motorización, automatización, alimentación solar, baterías y telecomunicaciones totalmente integrado.



Figura 55. Ejemplo de compuerta tipo vertedera.

Compuerta programable de formato remota para mantener de forma automática las consignas escogidas y según el modo de control. La compuerta se mueve de forma automática las veces necesarias para entregar el caudal exigido o mantener un nivel determinado tanto para aguas arriba como para aguas abajo en el canal. También pueden ser operadas de manera manual mediante el pedestal.

La compuerta permite consultar el caudal y las consignas de forma remota en cualquier momento y dispone de un archivo informático automático con el histórico de medidas de caudal que se solicite.

La compuerta también es un medidor de caudal muy preciso y por ello, se puede disponer de información de caudal en el canal en tiempo real.

- **Compuerta tipo mural + caudalímetro**

Compuerta con medidor de caudal, medidor de nivel, motorización, automatización, alimentación solar, baterías y telecomunicaciones totalmente integrado.



Figura 56. Ejemplo de compuerta tipo mural + caudalímetro.

Compuerta programable de formato remoto para mantener de forma automática las consignas escogidas, de manera que la compuerta se mueve de forma automática las veces necesarias para entregar el caudal exigido. También pueden ser operadas de manera manual mediante el pedestal.

La compuerta permite consultar el caudal y las consignas de forma remota en cualquier momento y dispone de un archivo informático automático con el histórico de medidas de caudal que se solicite.

- **Compuerta tipo deslizante simple**

Compuerta con posibilidad de instalación de medidor de caudal o medidor de nivel, motorización, automatización, alimentación solar, baterías y telecomunicaciones totalmente integrado.



Figura 57. Ejemplo de compuerta tipo deslizante simple.

Compuerta programable de forma remota para mantener de forma automática las consignas escogidas, de manera que la compuerta se mueve de forma automática las veces necesarias para entregar el caudal exigido. También pueden ser operadas de manera manual mediante el pedestal.

La compuerta permite consultar el caudal y las consignas de forma remota en cualquier momento y dispone de un archivo informático automático con el histórico de medidas de caudal que se solicite.

- **Compuerta tipo sumergible**

Compuerta con medidor de caudal, suministro preciso de caudal y volumen de agua, motorización, automatización, alimentación solar, baterías y telecomunicaciones totalmente integrado.



Figura 58. Ejemplo de compuerta tipo sumergible.

Compuerta programable de forma remota para mantener de forma automática las consignas escogidas, de manera que la compuerta permita el paso del caudal y volumen de agua preciso establecido. También pueden ser operadas de manera manual mediante el pedestal.

La compuerta permite consultar el caudal y las consignas de forma remota en cualquier momento y dispone de un archivo informático automático con el histórico de medidas de caudal que se solicite.

11. REQUISITOS ADMINISTRATIVOS

11.1. MARCO NORMATIVO

- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre (B.O.E. n.º 269 de 10 de enero de 1995), de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero (B.O.E. n.º 27 de 13 de diciembre de 1997), por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. –
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre (B.O.E. n.º 256 de 25 de octubre de 1997), por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. –
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre (B.O.E. n.º 298 de 13 de diciembre de 2003), de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo (B.O.E. n.º 127 de 29 de mayo de 2006), por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero (B.O.E. n.º 38 de 13 de febrero de 2008), por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Real Decreto 244/2019 de 5 de abril por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Ley 54/1997 de 27 de Noviembre del Sector Eléctrico
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Ley 16/1985 de 25 de junio de Patrimonio Histórico Español.
- Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

11.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

En cumplimiento con la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, con el Real Decreto 1.627/1.997 de 24 de octubre, el presente Proyecto debe contar, como parte de la documentación técnica necesaria, con un Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Este Estudio de Seguridad y Salud, incluido como documento nº 5 del presente proyecto, establece durante la ejecución de esta obra, las previsiones respecto a prevención de riesgo de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Por lo tanto, las indicaciones reflejadas en el citado estudio servirán para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.

11.3. TRAMITACIÓN AMBIENTAL

La gestión ambiental del Proyecto se ha ceñido a cumplir con la legislación vigente en materia de Protección Ambiental, en este caso la Ley 9/2018 de 5 de diciembre por la que se modifica la Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental.

El proyecto y el Estudio de Impacto Ambiental redactado en este momento serán remitidos al Órgano Sustantivo, en este caso, la Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria (Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras Rurales), para que dé traslado al Órgano Ambiental, en este caso, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, dependiente de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, para que emita su pronunciamiento sobre el procedimiento de evaluación ambiental del proyecto.

Según el Artículo 7.2.a, Ley 21/2013, este proyecto queda enmarcado dentro del Anexo II, Grupo 1.c.1 “Proyectos de consolidación y mejora de regadíos en una superficie superior a 100 ha”, completado con el Artículo 47.2 de la Ley 9/2018 de 5 de diciembre, por lo que deberá ser sometido a Evaluación de Impacto Simplificada por parte de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, dependiente de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Según el Artículo 7.1.d, Ley 21/2013, los proyectos que deben ser objeto de una Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada, pueden ser objeto de una a Evaluación de Impacto Ambiental Ordinaria por decisión del Promotor del Proyecto. Atendiendo a las particularidades de la actuación, en este caso el Promotor del Proyecto, la Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias S.A, y los beneficiarios de las actuaciones, la Comunidad de Regantes del Rec del Molí de Pals, plantea realizar una Evaluación de Impacto Ambiental Ordinaria. En este sentido se desarrolla un Estudio de Impacto Ambiental del proyecto para su tramitación.

En el anejo núm. 22 “Documentación ambiental”, del presente proyecto se encuentra el estudio detallado.

11.4. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

El Pliego de prescripciones técnicas es el documento nº 3 del proyecto y tiene por objeto, en primer lugar, estructurar la organización general de la obra y, en segundo lugar, fijar las características de los materiales a utilizar; igualmente, establece las condiciones que debe cumplir el proceso de ejecución de la obra y, por último, organizar el modo y forma en que deben realizarse las mediciones y abonos de las obras.

11.5. OCUPACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE TERRENOS. EXPROPIACIONES

En el Anejo nº 15 “Expropiaciones y servidumbres” se ha realizado un estudio de las afecciones para las obras del proyecto. En él se recogen los criterios usados para la delimitación y valoración de los terrenos afectados, las características catastrales de las parcelas y la valoración global de las expropiaciones, servidumbres y ocupaciones temporales. También se incluye una “Relación de Bienes y Derechos Afectados” con la identificación del titular y las principales características de cada parcela, así como una valoración económica de dichas fincas.

11.6. SERVICIOS AFECTADOS, PERMISOS Y LICENCIAS

Para analizar la afección de la obra sobre posibles servicios existentes se han realizado las siguientes consultas:

- Web de información de servicios afectados (<http://www.acefat.com>).
- Ayuntamiento de Penelles.
- Ayuntamiento de Juneda.
- Ayuntamiento de Castellserà.
- Comunidad de General de Regantes de los Canales de Urgell.
- Red Eléctrica Española

En el anejo núm. 17 “Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias” se analizan si existen afecciones sobre los servicios existentes provocadas para la ejecución de las obras y la posterior explotación de la infraestructura y se determinan las reposiciones consideradas en caso de que resulte necesario.

A continuación, se describen los servicios afectados presentes en las actuaciones del proyecto;

- **Balsa de Penelles (BS1-004)**

En el ámbito de la balsa BS1-004 Endesa dispone de red eléctrica de media y baja tensión en aéreo con diversos soportes de madera y dos centros de distribución (21199 y 21520).

Desvíos de línea eléctrica aérea de baja tensión y desplazamiento de 2 soportes de hormigón. Y desplazamiento de 1 (Pf+Cs).

- **Balsa de Juneda (BS4-003)**

En el ámbito de la balsa BS4-003, existe una red eléctrica de media - alta tensión en aéreo con soporte metálico.

Desvío de línea eléctrica aérea de media – alta tensión y desplazamiento del soporte metálico.

- **Acequia 4ª Principal**

Presencia de instalaciones de una canalización de gas clasificada como Alta B, de acero de 8”, atraviesa perpendicularmente la acequia de norte a sur.

Se localiza en las siguientes coordenadas UTM:

- Sistema de referencia: ETRS89 HUSO 31N (EPSG: 25831)
 - Coord X: 322.047,087 m
 - Coord Y: 4.600.567,351 m

Reposición de la conducción de gas si resulta dañada durante la realización de la obra.

11.7. GESTIÓN DE RESIDUOS

En Cumplimiento de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados., por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, y el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. El proyecto incluye un Estudio de Gestión de los residuos de construcción y demolición, dicho estudio se incluye en el Anejo nº 17 “Estudio gestión de residuos construcción y demolición”

11.8. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA Y FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS

En base a la siguiente legislación:

- Ley 9/20017 de Contratos del Sector Público, publicada en el BOE nº 272 de 09/11/2017
- Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas aprobado por Real Decreto 1098/2001 de 12 de octubre y publicado en el B.O.E. nº 257 de 26 de Octubre de 2.001, que modifica las categorías de los grupos y subgrupos para las clasificaciones
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican preceptos del Reglamento General de la ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001

Se propone la siguiente clasificación del contratista atendiendo a los principales grupos y subgrupos de obra, y al importe anualizado de dichos subgrupos de obra.

GRUPO	SUBGRUPO	CATEGORÍA
E. HIDRACULICAS	Subgrupo 4. Acequias y desagües.	4
E. HIDRACULICAS	Subgrupo 7. Obras hidráulicas sin cualificación específica	6

Y en relación a la revisión de precios será preceptivo lo estipulado en el PLIEGO DE CLAUSULAS ADMINISTRATIVAS DE LA ADJUDICACIÓN DEL PROYECTO Y EL CONTRATO DE EJECUCION DE LAS OBRAS.

11.9. PLAZO DE EJECUCIÓN, PLAN DE OBRA Y PERIODO DE GARANTÍA

En cumplimiento de la normativa en el anexo núm. 14 “Programa de ejecución de obras” se incluye un plan de trabajos para cada una de las dos fases.

El desarrollo esquemático de los trabajos previstos para la realización de las obras definidas en este proyecto contempla su ejecución en:

- Acequia 1ª Principal: 12 meses (Octubre 2024 – Marzo 2025 y Octubre 2025 – Marzo 2026)
- Acequia 4ª Principal: 10 meses (Octubre 2024 – Marzo 2025 y Octubre 2025 – Enero 2026)
- Balsa de Penelles BS1-004: 273 días (Enero 2025- Septiembre 2025)
- Balsa de Castellserà (BS1-001): 273 días (Junio 2025- Febrero 2026)
- Balsa de Juneda (BS4-003): 273 días (Marzo 2026- Noviembre 2026)
- Tramo inicial del Canal principal: 41 días (Octubre –Noviembre 2024)

El plazo global de la obra es de 26 meses.

En el Anejo nº 14 “Programa de ejecución de las obras” se presentan los planes de trabajos, teniendo en cuenta la forma en que se ejecutarán las obra y las mediciones y los rendimientos de los equipos constructivos relativos a cada actividad.

Respecto al periodo de garantía, se propone un período de garantía de DOS (2) AÑOS, excepto que el Pliego de Condiciones Administrativas y Económicas para la adjudicación indique alguna cosa diferente.

Durante este periodo, el contratista está obligado a la conservación, mantenimiento y reparación de las obras hasta su recepción definitiva. Para esta conservación, no se prevé el abono independiente ya que se considera que los gastos ocasionados por estas reparaciones y cualquier gasto derivado de las mismas, queda incluida en los precios unitarios correspondientes a las diferentes unidades de obra.

11.10. PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD

En el anejo nº. 19 “Control de calidad” se ha realizado el plan de control de calidad de la obra donde se señalan las unidades de objeto de control, el tipo, la frecuencia y la cantidad de ensayos a realizar. Se ha elaborado a partir de las partidas de obra presentes en este proyecto y de sus mediciones.

12. OBRA COMPLETA

El presente proyecto constituye una obra completa, entendiéndose por tal la susceptible de ser entregada al uso general o al servicio correspondiente, sin perjuicio de las ulteriores ampliaciones de que posteriormente pueden ser objeto, y comprender todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de la obra.

13. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

DOCUMENTO NÚM. 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS

- Anejo núm. 1: Listado de parcelas y superficie afectada.
- Anejo núm. 2: Características de la obra. Ficha técnica
- Anejo núm. 3: Estudio agronómico
- Anejo núm. 4: Datos del levantamiento topográfico. Replanteo.
- Anejo núm. 5: Estudio arqueológico
- Anejo núm. 6: Estudio de alternativas. Justificación de la solución adoptada
- Anejo núm. 7: Estudio geotécnico
- Anejo núm. 8: Análisis de la calidad del agua para riego
- Anejo núm. 9: Cálculos hidráulicos y mecánicos de los canales y acequias
- Anejo núm. 10: Balsas
- Anejo núm. 11: Cálculo de estructuras
- Anejo núm. 12: Sistema de telecontrol
- Anejo núm. 13: Programa de ejecución de las obras
- Anejo núm. 14: Justificación de precios
- Anejo núm. 15: Expropiaciones y servidumbres
- Anejo núm. 16: Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias
- Anejo núm. 17: Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición
- Anejo núm. 18: Control de calidad
- Anejo núm. 19: Puesta en marcha de las instalaciones
- Anejo núm. 20: Estudio de viabilidad económica

Anejo núm. 21: Información y documentación relacionada con el PRTR

Anejo núm. 22: Documentación ambiental

DOCUMENTO NÚM. 2: PLANOS

1. Situación y emplazamiento
2. Planta general infraestructuras sobre zona regable
3. Plano Director
4. Planos de planta
5. Obra de revestimiento y regulación del canal principal
6. Balsa de Penelles (BS1-004).
7. Balsa de Castellserà (BS1-001).
8. Balsa de Juneda (BS4-003).
9. Revestimiento primera acequia principal
10. Revestimiento cuarta acequia principal
11. Detalles de revestimiento de las acequias.
12. Telecontrol
13. Servicios afectados

DOCUMENTO NÚM. 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

DOCUMENTO NÚM. 4: PRESUPUESTO

Mediciones auxiliares

Mediciones generales

Cuadro de precios nº 1

Cuadro de precios nº 2

Presupuestos parciales

Resumen general de presupuestos

DOCUMENTO NÚM. 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Memoria

Planos

Pliego de condiciones

Presupuesto

DOCUMENTO NÚM. 6: SEPARATA ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

Memoria y anejos

Planos

Presupuesto

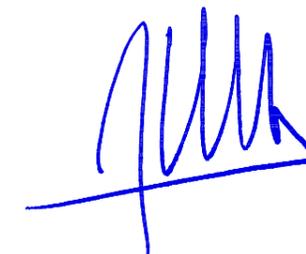
14. PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE EUROS
01	TRAMO INICIAL CANAL D'URGELL_PRINCIPAL (298 ML)..... PK0+000 a PK0+298	938,593.72
02	REVESTIMIENTO 1ª ACEQUIA (3.790 ML) PK 5+735 a PK... 9+525	4,748,721.85
03	REVESTIMIENTO 4ª ACEQUIA (2.200 ML) PK 0+000 a PK... 0+800 y PK1+600 a PK3+000.....	2,762,415.36
04	BALSA BS1-001 (CASTELLSERÀ) (453.659 M3)	3,861,774.06
05	BALSA BS1-004 (PENELLES) (134.631 M3).....	1,405,359.26
06	BALSA BS4-003 (JUNEDA) (348.448 M3).....	2,549,133.46
07	ELEMENTOS CAPTACIÓN, CONTROL Y REGULACIÓN..... DINÁMICA CANALES , ACEQUIAS Y BALSAS	3,790,364.13
08	REPOSICIÓN SERVICIOS AFECTADOS	184,753.48
09	GESTION DE RESIDUOS	184,346.55
10	SEGURIDAD Y SALUD DE LA OBRA	202,246.39
11	MEDIDAS CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL Y ARQUEOLOGÍA.....	242,710.55
12	CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA.....	208,720.70
13	SEÑALIZACIÓN PRTR	1,651.19
	Costes Directos Totales	21,080,790.70
	7.50 % Costes Indirectos s/21,080,790.70.....	1,581,059.30
	6.00 % Gastos Generales s/22,661,850.00	1,359,711.00
	Total Presupuesto de Ejecución Material	24,021,561.00
	I.V.A.21.00% s/ 24,021,561.00	5,044,527.81
	Total Presupuesto de Ejecución por Administración	29,066,088.81

Asciende el presupuesto de Ejecución por Administración a la expresada cantidad de **VEINTINUEVE MILLONES SESENTA Y SEIS MIL OCHENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS.**

Lleida, abril de 2023

El autor del proyecto,



Josep María Hernández Carmen

Responsable territorial de Obras y Regadíos. Servicios Territoriales en Lleida. Departamento de Acción Climática,
Alimentación y Agenda Rural