ANEJO Nº5: JUSTIFICACIÓN DEL VOLUMEN REGULADO

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE BARRADO (CÁCERES).

Índice

1. Esquema general de la zona regable 3
2. Entradas a la balsa 7
   2.1. Llenado por precipitación 7
   2.2. Llenado mediante las tomas en el cauce 9
3. Salidas de las balsas 11
   3.1. Cálculo de la evaporación 11
   3.2. Salidas de las infraestructuras de riego a las redes de riego 15
4. Balance hídrico de las infraestructuras 16
5. Conclusiones 17

1. Esquema general de la zona regable

El alcance y objetivo de la Comunidad de Regantes del Barrado es la modernización de la superficie de regadío tradicional que abarca en la actualidad unas 406,5614 ha, garantizando la disponibilidad de agua en los meses de la campaña de riego del cerezo, cultivo principal de la zona.

Como ya se expuso en la memoria el objeto del presente proyecto es abordar la ejecución de la modernización de regadío de 87,1499 ha. y el aumento de la garantía de recurso hídrico de unas 130,4845 ha existentes y actualmente modernizadas ajustándose a las limitaciones definidas por el organismo de cuenca.

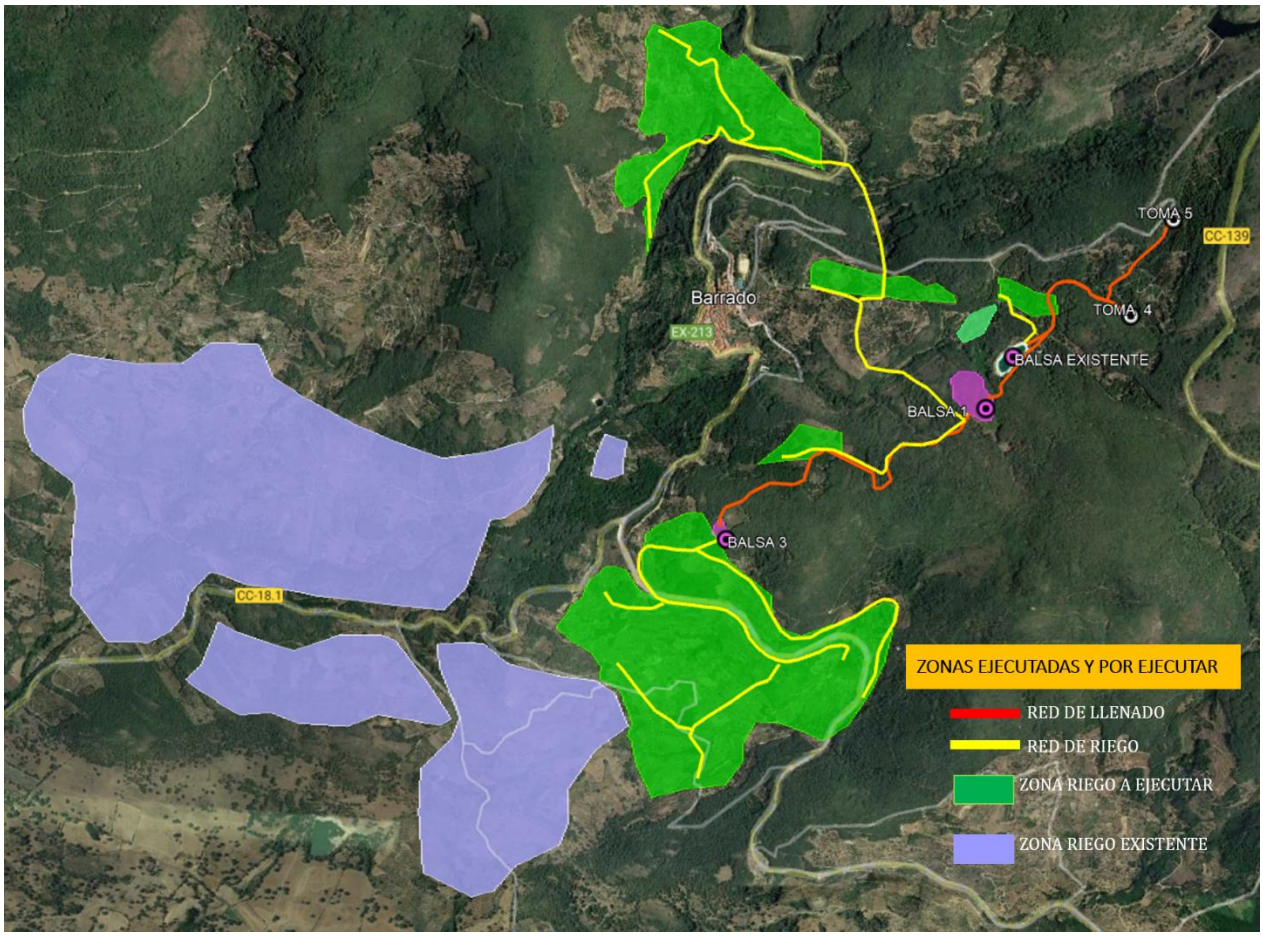


Ilustración 1: Zonas en Riego Modernizada y a Modernizar

Según prescripciones de la Confederación Hidrográfica del Tajo y en cumplimiento del Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo, no se podrá detraer agua de las gargantas ni arroyos durante los meses de junio a septiembre, y la dotación máxima a derivar no puede superar la dotación de 600 m^3/ha.

Actualmente para el riego de las 130,4845 has modernizada, cuenta con infraestructuras de almacenamiento para una capacidad de 52.629,65 m^3:

TIPO	FUNCION	CAPACIDAD (m^3)
BALSA DE GEOMENBRANA (BE)	Balsa de Almacenamiento	48.737,71
DEPOSITO RECT. HORMIGON (DH)	Depósito de Regulación	140,00
DEPOSITO CIRCULAR (D1)	Deposito Regulación Turno Riego	2.772,04
DEPOSITO CIRCULAR (D2)	Deposito Regulación Turno Riego	979,90
	CAPACIDAD TOTAL (m3)	**52.629,65**

Tabla 1: Infraestructuras existentes



Ilustración 2: Ubicación de las infraestructuras existentes

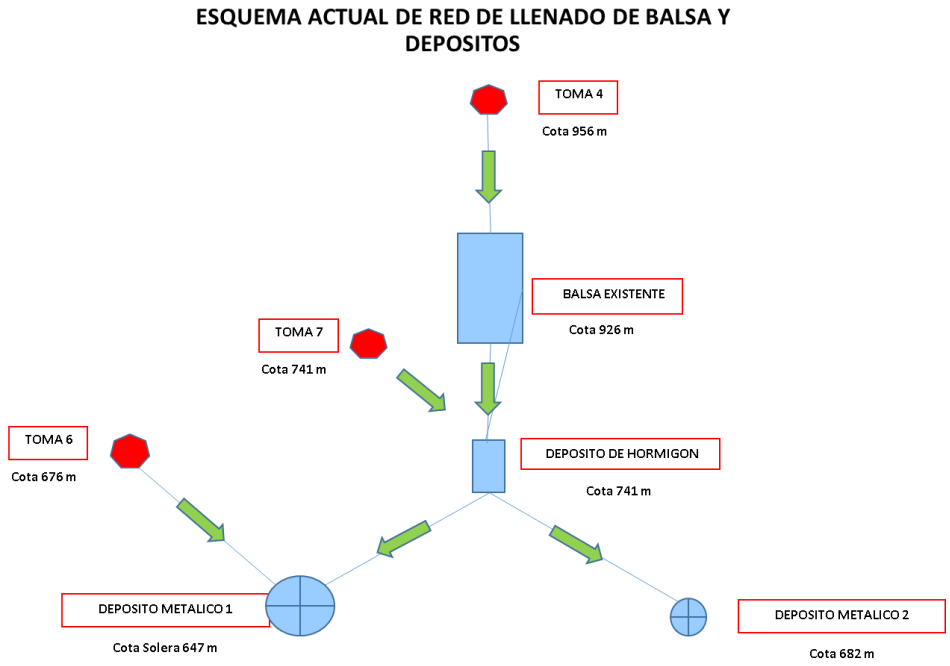


Ilustración 3: Esquema de red de Riego Existente

Esta infraestructura no es capaz de almacenar todo el volumen dotacional asignado, por lo que es necesario incrementar en el presente proyecto la capacidad de almacenamiento.

Por todo ello y tal y como se ha indicado en el Anejo nº3, las necesidades de riego de 217,6344 ha de superficie modernizada, deben ajustarse y distribuirse en la campaña de riego:

	PRECOSECHA			POSCOSECHA					CAMPAÑA RIEGO	
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct		
m³/ha				71	180	217	132	0	600	m³/ha
Necesidades Superficie Modernizada	-	-	0	15.452,04	39.174,19	47.226,66	28.727,74	-	130.580,63	m³/regadio modernizado

Tabla 2: istribución mensual sobre la superficie modernizada de riego

Conlleva que la capacidad de almacenamiento del sistema debe ser capaz de aprovechar para acumular la dotación asignada, en este caso para la superficie modernizada, lo que supone volumen mínimo de 130.580,63 m³.

Partiendo de un diseño previo ajustado a terreno de dos balsas, se estudia el balance hídrico que garantice las necesidades mínimas, y determine los caudales a derivar de cada toma.

2. Entradas a la balsa

La entrada de agua a las balsas será por varias vías:

- Agua captada de la precipitación caída
- Agua captada desde las tomas o Agua de Balsa de Regulación

Para determinar el llenado de la balsa 3 (solo se suministra a través de la Balsa 1), considerando pues el llenado por captación el mismo que el considerado en la Balsa 1

2.1. Llenado por precipitación

La precipitación media mensual registrada en la estación meteorológica de Valdastillas es de 1.106,13 mm:

Meses	Precipitación Media (mm)
Octubre	59,90
Noviembre	167,79
Diciembre	152,59
Enero	144,58
Febrero	128,81
Marzo	114,05
Abril	130,52
Mayo	106,49
Junio	60,28
Julio	19,76
Agosto	7,82
Septiembre	13,53
TOTAL …….	**1.106,13**

Tabla 3: Precipitación media mensual

Sin embargo, tal y como recoge el Anejo nº2 del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (2022-2027), debido al cambio climático, los modelos de precipitación son más dispersos, lo que refleja menor certeza sobre la evolución futura de las precipitaciones sometidas al cambio climático. Por este motivo, se ha decido considerar

la situación más desfavorable que sería la reducción de la precipitación en un 30%, tal y como refleja el citado anejo.

Teniendo en cuenta que la superficie de coronación exterior de cada balsa es

Infraestructura Almacenamiento	Superficie de Coronación (m^2)
Balsa Existente	10.995,23
Balsa 1	14.242,49
Balsa 3	5.905,96
Deposito Hormigón	60
Depósito Metálico 1	797,58
Deposito Metálico 2	267,58

Tabla 4: Superficie Coronación Balsas-Depósitos

Por tanto, la precipitación almacenada estimada sería:

Infraestructura Almacenamiento	Superficie de Coronación (m^2)	Volumen Acumulado
Balsa Existente	10.995,23	8.513,51
Balsa 1	14.242,49	11.027,83
Balsa 3	5.905,96	4.572,93
Depósito Metálico 1	797,58	617,56
Deposito Metálico 2	267,58	207,18

Tabla 5: Volumen mensual de lluvia caído sobre las balsas y los depósitos

2.2. Llenado mediante las tomas en el cauce

El llenado de las balsas desde las tomas del cauce no influye en la determinación del volumen necesario de las balsas ni en el balance hídrico al no coincidir el periodo de llenado con las salidas de riego.

El volumen a derivar de cada toma viene marcado por la Confederación Hidrográfica del Tajo y los condicionantes impuestos a la concesión, donde como se indicaba, no se podrá detraer agua de las gargantas ni arroyos durante los meses de junio a septiembre, y el volumen máximo a derivaren cada arroyo en diferentes puntos.

En el expediente concesional C-0148/2021 se identificaban 4 cauces, con 8 puntos de captación y fijando inicialmente el volumen máximo a detraer en el año, hasta completar un total de 260.526,32 m^3.:

	NUMERO TOMAS	X	Y	Z	Volumen máximo anual (m^3)	Volumen máximo anual (m^3)
Arroyo Innominado	1	255246	4442737	950	104.343,92	104.343,92
Arroyo de las Cañas	5	256519	4441185	1042	38.287,41	115.122,95
		256093	4441287	955	24.366,36	
		256223	4441505	974	24.366,36	
		254436	4440848	734	1.155,58	
		255116	4440849	882	26.947,24	
Garganta Tejeda	1	256921	4440821	1100	38.287,41	38.287,41
Garganta del Obispo	1	253961	4441135	656	2.772,04	2.772,04

Tabla 6: Características de las captaciones

En el presente proyecto se aprovecharán 5 de las captaciones definidas en el expediente concesional, 3 de ellas ya existentes, que se corresponden con las tomas nº4, 6, y 7, y dos nuevas tomas, nº5 y nº8.

La toma nº5 se ubica sobre el Arroyo innominado, en un punto del cauce más elevado del existente en el expediente de concesión para permitir el llenado por gravedad de la balsa 1.

La toma nº8 coincide con la captación nº8 del expediente que se ubica sobre el arroyo de las Cañas y permite una derivación de un volumen máximo de 26.947,24 m^3:

TOMA	Coordenada X	Coordenada Y	Cota (m)	Cauce	Infraestructura de Llenado	Volumen máximo anual (m3)	Volumen Máximo Mensual (m3)
Nº 4	256188	4441210	970	Arroyo de Las Cañas	Balsa existente	24.366,36	6.200
Nº 5	256337	4441706	998	Arroyo Innominado	Balsa1	104.343,92	12.000
Nº 6	253956	4441134	656	Garganta del Obispo	Depósito metálico 1	2.772,04	2.772,04
Nº 7	254518	4440937	775	Arroyo de Las Cañas	Depósito hormigón	1.155,58	1.155.58
Nº 8	255113	4440838	881	Arroyo de Las Cañas	Balsa 3	26.947,24	8.000

Tabla 7: Volumen acumulado desde las captaciones

En la medida de lo posible el diseño de las redes de llenado a proyectar en la toma nº5 y sobre todo la nº8, se intentará definir las infraestructuras de llenado para permitir concentrar los volúmenes en los meses de mayor precipitación.

3. Salidas de las balsas

3.1. Cálculo de la evaporación

La construcción de las balsas viene justificada por la necesidad de almacenar una cierta cantidad de agua para dar cobertura de riego localizado durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, a una superficie de 217,6344 hectáreas. De acuerdo al Anejo nº2: Estudio Agronómico, el volumen mínimo a almacenar (agua consumida entre los meses de junio y septiembre) asciende a unos 134.147,67 m^3/año. Sin embargo, debido a la alta radiación, existirán pérdidas por evaporación.

La Estación Meteorológica de Valdastillas no recoge los datos de evaporación pero sí de radiación, por lo que es necesario recurrir al Método del Balance de Energía, cuya expresión es:

$$E_r = \frac{R_N}{L_V \cdot \rho_w}$$

Siendo:

R_N radiación neta en W/m^2

L_v calor latente de vaporación en J/kg

ρ_w densidad del agua, 997 kg/m^3

La radiación neta se obtiene directamente de la estación de Valdastillas y es:

MES	Rad Neta Med. R_N (MJ/m² y día)
Octubre	3,17
Noviembre	1,73
Diciembre	1,78
Enero	3,18
Febrero	6,01
Marzo	8,67
Abril	11,98
Mayo	14,02
Junio	14,58
Julio	12,88
Agosto	9,67
Septiembre	6,02

Tabla 8: Radiación neta

El calor latente de evaporación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_v = 2500 - 2{,}36 \cdot T$$

Siendo T la temperatura máxima media mensual en ºC, por tanto, el calor latente de evaporación es:

MES	T.Max.Mens. (ºC)	Calor Lat. Evap. L_v (kJ/kg)
Octubre	28,38	2.433,02
Noviembre	21,82	2.448,50
Diciembre	15,29	2.463,92
Enero	12,79	2.469,82
Febrero	12,21	2.471,18
Marzo	14,29	2.466,28
Abril	16,87	2.460,19
Mayo	19,17	2.454,76
Junio	23,93	2.443,53
Julio	29,94	2.429,34

MES	T.Max.Mens. (ºC)	Calor Lat. Evap. L_v (kJ/kg)
Agosto	33,31	2.421,39
Septiembre	32,94	2.422,26

Tabla 9: Calor latente de evaporación mensual

Introduciendo estos valores en la fórmula del balance de energía, se obtiene la siguiente tasa de evaporación:

MES	Rad Neta Med. R_N (MJ/m² y día)	T.Max.Mens. (ºC)	Calor Lat. Evap. L_v (kJ/kg)	Evap. Refer. (mm/día)
Octubre	3,17	28,38	2.433,02	1,31
Noviembre	1,73	21,82	2.448,50	0,71
Diciembre	1,78	15,29	2.463,92	0,72
Enero	3,18	12,79	2.469,82	1,29
Febrero	6,01	12,21	2.471,18	2,44
Marzo	8,67	14,29	2.466,28	3,53
Abril	11,98	16,87	2.460,19	4,88
Mayo	14,02	19,17	2.454,76	5,73
Junio	14,58	23,93	2.443,53	5,98
Julio	12,88	29,94	2.429,34	5,32
Agosto	9,67	33,31	2.421,39	4,01
Septiembre	6,02	32,94	2.422,26	2,49

Tabla 10: Tasa de evaporación

Una vez calculada la tasa de evaporación, se puede calcular la evaporación potencial. Se podría pensar que, para obtener datos exactos, se debería tener en cuenta la superficie media de la lámina de agua de cada mes. Sin embargo, no se puede conocer a ciencia cierta el volumen de agua que existirá exactamente en las balsas cada mes, sino simplemente se podría partir de una hipótesis ideal en la que cual se cumplirían los siguientes supuestos:

- El comienzo del año hidrológico natural sería el 1 de octubre de cada año.
- El régimen de caudales del cauce sería normal, siguiendo los datos estadísticos.
- No se producen episodios meteorológicos extremos.

Por este motivo, se toma como superficie de evaporación para todos los meses la superficie a Nivel Máximo Normal (NMN) de la balsa, ya que sería la situación más desfavorable para la Comunidad de Regantes al producirse la evaporación máxima durante todo el año.

Teniendo en cuenta que las superficies de las balsas a NMN son:

SUPERFICIE NMN (m^2)	
BALSA 1	13.146,86
BALSA 3	5.270,26
BALSA EXISTENTE	9.221,99
DEPOSITO METALICO 1	797,58
DEPOSITO METALICO 2	267,58

Tabla 11: Superficie de las balsas a NMN

El depósito de hormigón al estar cubierto no hay evaporación motivo por el cual no se ha tenido en cuenta.

La evaporación de cada una de ellas será:

	SUPERFICIE NMN (m^2)	Evaporación (m^3)
BALSA 1	13.146,86	16.540,81
BALSA 3	5.270,26	6.630,82
BALSA EXISTENTE	9.221,99	11.602,71
DEPOSITO METALICO 1	797,58	1003,48
DEPOSITO METALICO 2	267,58	336,65

Tabla 13: Evaporación Balsas y Depósitos

Para determinar la evaporación real, habrá que tener en cuenta el agua existente en las infraestructuras en cada momento, ya que la evaporación real no puede ser mayor que el agua almacenada.

3.2. Salidas de las infraestructuras de riego a las redes de riego

Se establece el volumen total demandado directamente de las infraestructuras de almacenamiento, por cada una de la superficie dependiente directamente de cada una de las redes de riego:

- Red HBO es abastecida por la balsa Existente: 5,6466 ha
- Red HB1 es abastecida por la balsa 1: 47,3343 ha
- Red HB2 es abastecida por la balsa 3: 34,169. ha
- Red S2-S4 es abastecida por el depósito metálico 1: 110,1406 ha
- Red S3 es abastecida por el depósito metálico 2: 19,7050 ha

Infraestructura Almacenamiento	Superficie Riego (m^2)	Salidas Riego (m^3)
Balsa Existente	5,6466	3.387,96
Balsa 1	47,3343	28.400,58
Balsa 3	34,169	20.501,40
Depósito Metálico 1	110,1406	66.084,36
Deposito Metálico 2	19,705	11.823,00

Tabla 12: Salidas Riego

4. Balance hídrico de las infraestructuras

Infraestructura Almacenamiento	Volumen Almacenamiento (m^3)	Entradas Precipitación (m^3)	Salidas Evaporación (m^3)	Salidas Riego (m^3)	Balance (m^3)
Balsa Existente	48.737,71	8.513,51	16.540,81	3.387,96	37.322,45
Balsa 1		11.027,83	6.630,82	28.400,58	-24.003,57
Balsa 3		4.572,93	11.602,71	20.501,40	-27.531,18
Deposito Hormigón	140				140,00
Depósito Metálico 1	2.772,04	617,56	1003,48	66.084,36	-63.698,24
Deposito Metálico 2	979,9	207,18	336,65	11.823,00	-10.972,57

Tabla 135: Balance hídrico

El balance de las infraestructuras actuales es deficitario es necesario 88.743,11 m^3.

Atendiendo a las ubicaciones existentes, cota disponibilidad de terrenos y estableciendo una reserva en torno al 15% se establece un volumen de diseño de regulación de unos 105.000 m^3, repartidos en unos 85.000 m^3 para la balsa 1y en la balsa 3, 20.000 m^3.

Infraestructura Almacenamiento	Volumen Almacenamiento (m^3)	Entradas Precipitación (m^3)	Entradas Tomas (m^3)	Salidas Evaporación (m^3)	Salidas Riego (m^3)	Balance (m^3)
Balsa Existente	48.737,71	8.513,51	24.366,36	16.540,81	3.387,96	37.322,45
Balsa 1	85.000,00	11.027,83	96.000,00	6.630,82	28.400,58	60.996,43
Balsa 3	20.000,00	4.572,93	2.772,04	11.602,71	20.501,40	-7.531,18
Deposito Hormigón	140,00					140,00
Depósito Metálico 1	2.772,04	617,56	26.947,24	1.003,48	66.084,36	-63.698,24
Deposito Metálico 2	979,90	207,18	24.366,36	336,65	11.823,00	-10.972,57
TOTAL	**157.629,65**	**24.939,01**	**174.452,00**	**36.114,47**	**130.197,30**	**16.256,89**

Tabla 146: Volumen Almacenamiento

5. Conclusiones

Como conclusión se resumen los datos esenciales que se han obtenido:

- Es necesario la proyección de dos balsas con una capacidad de unos 105.000 m^3.
- El volumen total acumulado por las infraestructuras diseñadas alcanza los 157.629,65 m^3.
- Las tomas tienen capacidad suficiente para derivar surtir del volumen necesario de almacenamiento, con un volumen máximo anual de derivación en los meses de invierno de 174.452m^3.
- La balsa 1, tendrá un volumen mínimo de 85.000 m^3, que permita la regulación de volúmenes demandados entre las balsas y depósitos para el riego de las distintas zonas modernizadas.