ANEJO Nº9: OBRA DE TOMA

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

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

Índice

1. Elección del tipo de obra 3
2. Dimensionado en función del caudal máximo a derivar 5
3. Arqueta de regulación de las captaciones 10
4. Batimetría de la sección del cauce del río 11
5. Diseño de accesos y urbanización del entorno de la obra de toma 12

1. Elección del tipo de obra

Se proyecta la construcción de dos tomas por gravedad, coordenadas X: 268.982 m / Y: 4.453.868 m, en el arroyo innominado afluente de la Garganta de los Tres Cerros, para el llenado de la balsa del sector Infiernos y coordenadas X: 268.737 m / Y: 4.460.210 m, en la Garganta de Beceda, para el llenado de la balsa del sector Papúos.
El volumen total de captación solicitado asciende a 61.100 m^3 al año para el sector Infierno y a 45.769 m^3 al año para el sector Papúos, lo cual incluye las necesidades agrícolas, abastecimiento de ganado y pérdidas por evaporación en la balsa.

Se proyecta la captación en la margen izquierda del cauce, ejecutada en hormigón armado, consistente básicamente en una arqueta a la que entrará el agua y desde la cual partirá la tubería de llenado de la balsa tras arqueta de regulación. El agua se conducirá directamente a la arqueta mediante un pequeño canal que recogerá directamente parte del caudal del cauce, cuando el calado en éste se encuentre por encima de la cota de solera de dicho canal. Concretamente, se pretende asegurar que esta cota esté 20 cm por debajo del calado mínimo estimado para la época de los meses húmedos, aquellos en los que se permitirá la captación.

No se ejecutará ninguna barrera que eleve o retenga el agua en el cauce.

La estructura tendrá unas dimensiones exteriores en planta de 1,60 m de longitud (perpendicular al cauce) por 0,95 m de anchura (paralela al cauce). Un canal de longitud 0,90 m (que habrá que ajustar a la forma concreta del cauce en el punto exacto de la obra) llevará el agua a la arqueta de entrada en la tubería de llenado de la balsa. Dicha arqueta tendrá unas dimensiones interiores en planta de 0,75 x 0,40 metros, y una altura que se estima inicialmente en torno a 0,60 metros, aunque ésta también deberá ajustarse una vez definidas con precisión las características del cauce.

Tanto la solera del canal y de la arqueta como los muros, contarán con un espesor de 0,10 m, y se armarán con ME 15 x 15 ϕ10.

Finalmente, para adaptar el área circundante a la obra y proteger la superficie del cauce y del terreno, se colocará una capa de protección mediante piedras colocadas sobre una lámina de geotextil.

En el apartado siguiente se justifican las dimensiones indicadas más arriba.

Los detalles de esta estructura pueden observarse en el plano 5.2, *Obra de captación*.

2. Dimensionado en función del caudal máximo a derivar

La balsa se llenará por gravedad desde la toma con un caudal de 2,91 l/s hasta el punto de vertido por debajo de la coronación.

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPTACIÓN-TOMA INFIERNOS	
Procedencia del agua	Arroyo Innominado de la Garganta de los Tres Cerros
Tipo de captación	Toma directa mediante arqueta lateral
Días de Detracción	243 días
Caudal máximo instantáneo l/s	2,91
Potencia instalada C.V.	Sin mecanismos de extracción. Gravedad.
Término Municipal	Jerte (Cáceres)
Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X,Y)	268.982/4453.868/ HUSO: 30
Cota del canal de captación	998,46
Cota mínima prevista del agua en el cauce	998,26

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPTACIÓN-TOMA PAPUOS	
Procedencia del agua	Garganta de Becedas
Tipo de captación	Toma directa mediante arqueta lateral
Días de Detracción	243 días
Caudal máximo instantáneo l/s	2,18
Potencia instalada C.V.	Sin mecanismos de extracción. Gravedad.
Término Municipal	Jerte (Cáceres)
Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X,Y)	268.737/ 4.460.210/ HUSO: 30
Cota del canal de captación	1.011
Cota mínima prevista del agua en el cauce	1.010,80

El cálculo hidráulico debe realizarse en el conjunto *tubería + obra de toma*, ya que hay que comprobar que el caudal pasa por ambas en las condiciones previstas.

En primer lugar, se comprueba el funcionamiento de la tubería de transporte y llenado de la balsa, que será de polietileno de alta densidad PE-100 DN-75 PN-10 (diámetro interior 66 mm) para el Sector Infiernos y PE-100 DN-90 PN-10 (diámetro interior 79,2 mm), y tendrán una longitud de 3.503,38 m y 1612,49 m, respectivamente.

En el Sector Infiernos, en un tramo intermedio del recorrido, aproximadamente en el PK se instala una arqueta de rotura de carga que divide el tramo en dos. Se realiza el cálculo hidráulico de ambas partes por separado.

Para ello, se utilizan las ecuaciones de Darcy y Colebrook, recurriendo a hoja Excel. El cálculo se muestra a continuación. Para el caso del sector Infiernos se tiene:

	TRAMO	INFIERNOS-TRAMO 1
GEOMETRIA	PK INICIO	0+000,00
	PK FIN	2+853,56
	LONGITUD (m)	2853,56
	COTA INICIO (m)	998,26
	COTA FIN (m)	958,06
	DIF COTA (m)	-40,20
TUBERIA	MATERIAL	PE-100
	RUGOSIDAD (mm)	0,0015
	PN (bar)	10
	DN (mm)	75
	e (mm)	4,5
	Dint (mm)	66,00
CALCULOS HIDRAULICOS	Q (l/s)	2,91
	V (m/s)	0,85
	Re	5,61E+04
	rug relativa	2,27E-05
	f	2,03E-02
	Perd. Unit (m/km)	11,37
	hf (m)	32,44
	h sing (10% hf) (m)	3,24
	h perd total (m)	**35,69**
	H (mca)	4,51

	TRAMO	INFIERNOS-TRAMO 2
GEOMETRIA	PK INICIO	2+853,56
	PK FIN	3+503,38
	LONGITUD (m)	649,82
	COTA INICIO (m)	958,06
	COTA FIN (m)	912,00
	DIF COTA (m)	-46,06
TUBERIA	MATERIAL	PE-100
	RUGOSIDAD (mm)	0,0015
	PN (bar)	10
	DN (mm)	75
	e (mm)	4,5
	Dint (mm)	66,00
CALCULOS HIDRAULICOS	Q (l/s)	2,91
	V (m/s)	0,85
	Re	5,61E+04
	rug relativa	2,27E-05
	f	2,03E-02
	Perd. Unit (m/km)	11,37
	hf (m)	7,39
	h sing (10% hf) (m)	0,74
	h perd total (m)	**8,13**
	H (mca)	37,93

Como puede comprobarse, la energía consumida es muy inferior a la disponible por diferencia de cotas, lo que significa que la tubería transportará sin problemas el caudal de diseño, con una razonable velocidad de 0,85 m/s. Ese exceso de carga será disipado por la válvula limitadora de caudal que se colocará al final de la conducción, antes de la entrada en la balsa.

El dimensionado de la tubería de captación para el sector Papúos cuenta con un solo tramo y quedaría como sigue:

	TRAMO	SECTOR PAPÚOS
GEOMETRIA	PK INICIO	0+000,00
	PK FIN	1+612,49
	LONGITUD (m)	1612,49
	COTA INICIO (m)	1010,80
	COTA FIN (m)	975,05
	DIF COTA (m)	-35,75
TUBERIA	MATERIAL	PE100
	RUGOSIDAD (mm)	0,0015
	PN (bar)	10
	DN (mm)	90
	e (mm)	5,4
	Dint (mm)	79,20
CALCULOS HIDRAULICOS	Q (l/s)	2,18
	V (m/s)	0,44
	Re	3,50E+04
	rug relativa	1,89E-05
	f	2,26E-02
	Perd. Unit (m/km)	2,85
	hf (m)	4,60
	h sing (10% hf) (m)	0,46
	h perd total (m)	**5,05**
	H (mca)	30,70

A continuación, se comprueba cuál tendría que ser el calado mínimo, equivalente en ambas captaciones, en el paso del canal de entrada a la arqueta a la propia arqueta, si la entrada se produjese mediante salto. En el borde del escalón, o labio vertiente, de 0,75 m de longitud, se produciría el régimen crítico, al que correspondería el siguiente calado:

$$h_c = (Q^2/b^2g)^{1/3} = (0{,}00291^2 / 0{,}75^2g)^{1/3} = 0{,}0093 \text{ m} = 0{,}81 \text{ cm}$$

Con este resultado, queda claro que, con el calado previsto en el cauce en relación con el canal de entrada a la arqueta de carga (20 cm), el caudal previsto entrará sin problemas en dicha arqueta.

Debe comprobarse también la pérdida de carga en la malla que se colocará antes de la entrada al canal. Esta malla estará conformada por un entramado ortogonal de varillas de acero inoxidable de 4 mm de diámetro, que dejarán un tamaño de paso de 15 x 15 mm.

El cálculo de la pérdida de carga se realiza como se muestra a continuación, mediante hoja Excel, suponiendo una reja no mallada, es decir, con los barrotes colocados únicamente en la dirección vertical. Puesto que también habrá barrotes colocados en dirección horizontal (malla), se puede estimar que la pérdida será el doble que la obtenida en el cálculo mostrado. Se estima, por otra parte, un atascamiento del 90 % en la malla, aunque se espera y se

propone que ésta esté correctamente mantenida para asegurar que el atascamiento esté por debajo de este valor.

Se supone también, por seguridad, que el calado sobre el canal de entrada es 10 cm, en lugar de los 20 cm de diseño, en cuyo caso, la velocidad de paso por la malla será la que se obtiene a continuación (con el diseño propuesto de la malla y un 90 % de obturación, se estima una luz total de paso del 7,9 % de la superficie total de la malla: 1,50·0,10/ (1,50+0,40) = 0,079):

$$V = Q/S = 0{,}00291 / (0{,}75 \cdot 0{,}10 \cdot 0{,}079) = 0,5 \text{ m/s}$$

Este es el valor, como puede comprobarse en el cuadro siguiente, que se ha introducido para el cálculo.

CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN UNA REJA DE DESBASTE

Proyecto: Reja de desbaste para la entrada a la arqueta de carga de la tubería de llenado de la balsa del sector IV, "Obispo", de la C.R. de El Piornal.

$h_f = K_1 K_2 K_3 V^2/2g$

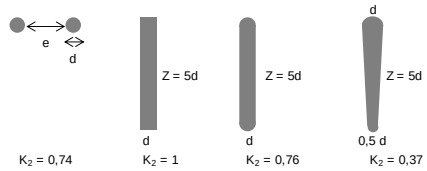
h_f: pérdida de carga (m)
V: velocidad de acercamiento en el canal (m/s): V = 0,500 m/s
K_1: coeficiente de atascamiento
K_2: coeficiente según tipo de barrote; con barrote rectangular de ancho ≥ 5 x espesor, K_2 = 1
K_3: coeficiente según paso de barrotes

Cálculo de K_1

Reja limpia: K_1 = 1
Reja atascada: K_1 = 100/C
C: porcentaje de sección de paso que subsiste en el atascamiento máximo tolerado (60-90%)
(la velocidad de paso debe estar comprendida entre 0,60 y 1,20 m/s)
Atascamiento máximo tolerado: 90 % ⟶ C = ***10*** % ⟶ K_1 = ***10,0***

Cálculo de K_2

Según tipo de sección de barrotes:



K_2 = 0,74 K_2 = 1 K_2 = 0,76 K_2 = 0,37

Selección: K_2 = 0,74

Cálculo de K_3

Espacio entre barrotes: e = 1,5 cm
Anchura de barrotes: d = 0,4 cm
Espesor de barrotes: Z = 0,4 cm
Altura sumergida de los barrotes (vertical u oblicua): h = 0,1 cm
⟶ 1/4 (2/e + 1/h) = ***2,83***
e/(e+d) = ***0,79***

K_3 (tabla) = 0,30

Resultado final: h_f = 0,0283 m

1/4 (2/e + 1/h)	e/(e+d)									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	245	51,5	18,2	8,25	4,00	2,00	0,97	0,42	0,13	0,00
0,2	230	48,0	17,4	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
0,4	221	46,0	16,6	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
0,6	199	42,0	15,0	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
0,8	164	34,0	12,2	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
1,0	149	31,0	11,1	5,00	2,40	1,20	0,61	0,29	0,11	0,02
1,4	137	28,4	10,3	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
2,0	134	27,4	9,90	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
3,0	132	27,5	10,0	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

El resultado final aporta unas pérdidas de 2,83 centímetros, que se estima, como se ha comentado, serán el doble, es decir, 5,66 cm.

Este valor está por debajo de la carga disponible, considerada de modo conservador de 10 cm.

3. Arqueta de regulación de las captaciones

Para la regulación de los caudales entrantes en la arqueta mediante el canal de derivación, es necesaria la proyección de una arqueta adicional que contenga los elementos de regulación necesarios para limitar los caudales sustraídos y establecer una programación estacional de las captaciones. La cota de captación de la toma evita sustraer caudales en los meses secos, pero no limita el caudal entrante al valor de diseño de 2,91 l/s y 2,18 l/s. Por ello y ante la variabilidad de caudales posibles en el cauce, son necesarios elementos adicionales de regulación y control.

Para ello, la arqueta contará con los siguientes elementos expuestos a continuación.

DISPOSITIVO	FUNCIÓN	CANTIDAD
Válvula de corte	Corte de suministro en caso de rotura de la conducción	1 Ud.
Válvula limitadora de caudal con piloto de paletas	Proporciona un caudal real acorde al que se solicita	1 Ud.
Sistema de medición de caudal	Mide el gasto volumétrico a efectos de control de la concesión	1 Ud.
Ventosa	Purga, admisión y expulsión de aire	1 Ud.

4. Batimetría de la sección del cauce del río

Mediante la toma de datos en campo y replanteo de los puntos para conocer las márgenes exteriores que delimitan el cauce, se define la sección transversal del mismo, correspondiente a la localización exacta donde se alojará la obra de captación para el llenado de la balsa.

Se obtiene así la cota de captación de la toma, que se adaptará a la sección del cauce sin afectar al caudal ecológico.

5. Diseño de accesos y urbanización del entorno de la obra de toma

Los puntos de captación solicitados son de muy difícil acceso. Se propone su acceso desde la balsa a través de un camino rural de aproximadamente 3,50 km hacia el Este. Dicho camino puede realizarse en cualquier vehículo exceptuando los últimos 600 m. Este último tramo puede realizarse a pie o con maquinaria con orugas tales como retroexcavadoras o cargadoras.



Figura 1. Croquis de camino de acceso a obra de toma desde balsa Sector Infiernos.



Figura 2. Croquis de camino de acceso a obra de toma desde balsa Sector Papúos.



Figura 3. Camino de acceso a obra de toma en sector Infiernos.

Se trata de un camino pavimentado con zahorra compactada de anchura variable en función del tramo de recorrido.