

ANEJO N° 11 BALSAS DE REGULACIÓN. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO	1
2. JUSTIFICACIÓN DE LOS VOLÚMENES REGULADOS.....	1
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TIPOLOGÍA DE LAS BALSAS Y CONSIDERACIONES FRENTE A LA NORMATIVA VIGENTE	2
3.1. ANCHO DE CORONACIÓN	3
3.2. CAMINO PERIMETRAL.....	4
3.3. IMPERMEABILIZACIÓN.....	4
4. Balsa P.K. 23+055	4
4.1. RESGUARDO	4
4.2. CAPACIDAD DE EMBALSE	5
4.3. DRENAJE	7
4.4. CAUDALES DE TOMA Y LLENADO	8
4.5. OBRA DE ENTRADA Y SALIDA A LA Balsa	8
4.6. CÁMARA DE VÁVULAS	15
4.7. ALIVIADERO DE SEGURIDAD.....	15
4.8. DESAGÜE DE FONDO.....	17
5. Balsa P.K. 30+871	19
5.1. RESGUARDO	19
5.2. CAPACIDAD DE EMBALSE	20
5.3. DRENAJE	21
5.4. CAUDALES DE DERIVACIÓN	22
5.5. OBRA DE ENTRADA A Balsa	23
5.6. OBRA DE SALIDA	25

5.7. ALIVIADERO DE SEGURIDAD	27
5.8. DESAGÜE DE FONDO.....	29

APENDICES

APENDICE 1. ESTUDIO DE LOS VOLÚMENES NECESARIOS DE REGULACIÓN EN BALSAS	
--	--

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El objeto del presente anejo es la justificación del diseño y el cálculo de los parámetros más significativos de las balsas de regulación B-1 y B-2 (designadas también con el punto kilométrico de derivación del canal) para apoyo a la regulación del Canal de las Aves.

2. JUSTIFICACIÓN DE LOS VOLÚMENES REGULADOS

En el anejo de regulación del canal se establece los criterios y bases establecidos para la regulación general del canal. Resumiéndose en este apartado algunas de las conclusiones de mismo.

La capacidad mínima necesaria de las balsas será aquella que suministre con garantía la dotación de la zona de riego asociada a cada una, durante 6 días del mes de máxima demanda por lo que la regulación de las balsas es semanal.

Los datos de partida iniciales que permiten adoptar esos valores son los siguientes:

- La simulación se realiza con un aporte de caudal continuo en cabecera
- La superficie de riego agua arriba de las balsas se riega directamente desde el canal. Concretamente se riegan 1635,77 ha correspondientes a las acequias:
 - Las Cabezadas
 - Quemadero
 - La Flamenca
 - Artilleros y Acequia 1
 - Acequia 1 bis
- La superficie de riego que riega desde el canal aguas abajo de la balsa 1 es de 189,10 ha correspondientes a las acequias:
 - Acequia F
 - Acequia H e I
- La superficie de riego que riega desde el canal aguas abajo de la balsa 2 es de 90,30 ha correspondientes a la acequia K.

- El resto de la superficie necesita para su riego con garantía el apoyo de regulación mediante balsa.

Las balsas previstas tiene la finalidad de almacenar el caudal circulante por el canal en las horas de no riego. De esta manera se consigue aprovechar toda el agua derivada del Tajo hacia la zona regable, almacenándola en las horas de no consumo, lo que permite disponer del recurso almacenado, en las horas de riego.

El dimensionamiento del volumen de las balsas se ha realizado teniendo en cuenta los parámetros de riego empleados en el diseño de la red. Estos son los siguientes:

- El riego se realiza todos los días de la semana excepto el domingo. El período diario de riego son 16 horas que transcurre entre las 7:00 horas y las 23:00 horas. Por tanto la duración semanal de riego es de 96 horas.
- caudal ficticio continuo: 0,862 l/s/Ha.
- Duración de riego diario: 16 h
- Días de riego a la semana: 6 días (el domingo no se riega)

Por tanto el caudal continuo de distribución en la jornada efectiva de riego es:

$$0,862 \text{ l/s/ha} \times (24/16) \times (7/6) = 1,509 \text{ m}^3/\text{s}$$

Que aplicando el grado de libertad de regante tenemos:

$$Q \text{ distribución} = 1,810 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con estas premisas se ha realizado un cálculo del volumen de regulación necesario para cada una de las dos balsas, en función de la superficie regable a abastecer desde las mismas.

Para ello se ha utilizado la ayuda de una hoja de cálculo cuyos resultados se presentan en el apéndice 1 de esta anejo, resumiéndose a continuación los volúmenes necesarios en cada una para la regulación semanal del recurso.

El volumen necesario de regulación en cada balsa depende de la estrategia de llenado de las dos balsas.

Con estas premisas se ha realizado el llenado de la balsa B1 en las horas de no riego dejando pasar el caudal sobrante hacia la balsa B2 en las horas de riego. De esta manera se hace circular por el canal, agua en las horas de riego hacia el sector entre las dos balsas, que riega directamente desde el canal. Reforzando así su garantía, de tal manera que sea menos vulnerable a la misma, ya que teóricamente por definición, al estar los volúmenes servidos para esta zona regulados desde el canal en una posición aguas abajo, podría ser más vulnerable su garantía de suministro, aunque es de esperar que esto no sea así ya que está previsto la colocación de módulos de máscara en las tomas de cabecera con la finalidad de regular los máximos caudales derivados por las mismas.

BALSA1: P.K. 23+055

Volumen necesario	230.056 m ³
Volumen de diseño	238.074 m ³

Por las características geométricas del terreno sobre el que se asienta la balsa, respecto de la zona regable, es necesario disponer un volumen muerto en la misma que se ha cifrado en 144.396 m³ lo cual supone tener un volumen de embalse total de 382.470 m³.

BALSA2: P.K. 30+871

Volumen necesario	223.281 m ³
Volumen adicional balsa de cola	145.749 m ³
Volumen de diseño	369.570 m ³

Con las dimensiones de partida expuestas y adoptando una superficie de embalse con la forma más regular posible, se determinan las dimensiones necesarias para garantizar el volumen necesario.

La capacidad real de las balsas se ha obtenido mediante el programa de trazado ISTRAM/ISPOL desarrollado por Buhodra Ingeniería, S.A., que es la herramienta que se ha utilizado para diseñarlas, y se ha comprobado que esta capacidad que hemos llamado volumen de diseño es mayor que la mínima necesaria.

En este punto es necesario aclarar que el volumen de regulación conjunto es suficiente para abastecer a la zona regable con garantía, independientemente de la estrategia de llenado de las balsas, ya que estas se han realizado con la suficiente holgura.

Igualmente las obras de toma de entrada a las balsas se han realizado con un margen de capacidad suficiente para adaptarse a los posibles cambios de explotación o incluso posibles fluctuaciones de caudal debido a posibles cortes bruscos por falsas maniobras.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TIPOLOGÍA DE LAS BALSAS Y CONSIDERACIONES FRENTE A LA NORMATIVA VIGENTE

En este capítulo se justifica la tipología adaptada para cada una de las balsas y sus consideraciones frente a la normativa vigente.

En el anejo de soluciones se justifica la solución de la balsa del P.K. 30+871 en la que se propone el emplazamiento elegido en la margen izquierda del canal por condicionantes geológicos-geotécnicos y de materiales y especialmente los condicionantes de seguridad.

El primer condicionante nos permite realizar una solución más económica, ya que nos permite compensar materiales de forma global en el proyecto, que de otra manera sería inviable. Ya que el volumen de los materiales excavados en la balsa 30+871, se utilizará para el dique se relleno de la balsa del P.K. 23+055. De esta manera se consigue reducir tanto el coste global de la obra como el impacto ambiental producido por la nueva infraestructura.

El segundo condicionante el de seguridad frente a una potencial rotura. Dada las características geométricas de la balsa, dique excavado, hace que la misma no tenga riesgo de rotura pues no dispone de dique de relleno o terraplén.

Ya que las balsas son embalses de agua, serán de aplicación la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil frente al Riesgo de Inundaciones y, en algunos casos, la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas o el

Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (Orden Ministerial de 12 de marzo de 1996) actualmente en vigor.

Según el citado reglamento tienen consideración de gran presa las presas que cumplan, al menos una de las siguientes condiciones:

- altura superior a 15 metros, medida desde la parte más baja de la superficie general de cimentación hasta la coronación.
- altura comprendida entre 10 y 15 metros, siempre que tengan algunas de las siguientes características :
 - longitud de coronación superior a 500 metros.
 - Capacidad de embalse superior a 1.000.000 de metros cúbicos
 - Capacidad de desagüe superior a 2.000 metros cúbicos por segundo.

Por otra parte y más recientemente a través del REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, quedan incluidas en el ámbito de aplicación de la seguridad de presas, embalses y balsas, además de todas las consideradas como gran presa, aquellas presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m³, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estando obligados a solicitar su clasificación y registro.

Dada las características de las balsas proyectadas y teniendo en cuenta las limitaciones fijadas en la citada normativa, las balsas diseñadas en el presente proyecto:

- balsa en P.K. 23+055 debe clasificarse ya que está considerada como gran presa. En el anejo n° 21 de este proyecto se presenta la propuesta de clasificación de la balsa, en la que se justifica que la categoría asignada es C.
- balsa en P.K. 30+871, es una balsa excavada por lo que no presenta dique de cierre y por lo tanto éste no es susceptible de rotura. En el anejo n° 22 de este proyecto se presenta la propuesta de clasificación de la balsa, en la que se justifica que la categoría asignada es C.

En los siguientes sub-apartados se describen los criterios generales del diseño de las dos balsas particularizándose posteriormente los cálculos y diseños de cada una de las balsas.

3.1. ANCHO DE CORONACIÓN

La reserva de altura entre el nivel más alto del agua y la coronación de los taludes del embalse, es función de la longitud existente en el plano del agua en la dirección de los vientos dominantes (fetch) y de la velocidad de propagación de las mismas.

El resguardo o cresta de seguridad resulta esencial puesto que constituye un elemento de protección frente al oleaje y en general, a subidas accidentales del agua. Es necesario remarcar que los casos más graves de rotura se deben a desbordamientos por encima de coronación, de ahí su importancia.

De forma generalizada, para fetch iguales o inferiores a 500 metros, como es el caso, sea cual sea la fuerza del viento, deben preverse resguardos de seguridad en torno a 1 metro.

De acuerdo con el artículo 55.2 de la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas (IPCEGP), la anchura mínima de coronación correspondiente a las zonas de sismicidad baja y para alturas superiores a 15 m viene dada por la expresión:

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

Siendo C el ancho de la coronación en metros y A la altura de la balsa. Cuando esta altura sea inferior a 15 m, la anchura de la coronación será como mínimo 3 m.

En nuestro caso tenemos que A con valores menores de 15 metros, por tanto, como la altura de la presa es inferior a 15 metros, la anchura mínima sería 3 m, adoptamos una anchura de la coronación de C = 5,0 m.

3.2. CAMINO PERIMETRAL

En cada balsa también se construirá un camino perimetral de 5,0 m de ancho con cuneta de 1,00 m de ancho y 0,30m de profundidad en la parte del desmonte ó bordillo en la parte de terraplén, para recoger el agua de escorrentía y evitar que entre a la balsa.

La capa superior del camino será de un todo uno de zahorra artificial de 20 cm. de grueso para facilitar el paso de los posibles vehículos, y se proyecta con una pendiente del 2% hacia el exterior para evitar que haya aportación de materiales hasta hacia el embalse.

Esta capa tiene una anchura de 3,80 m, ó 3,40, esta última en la sección con bordillo luego se dispone de un margen de seguridad de 0,80 ó 0,40 m de ancho hasta el borde del embalse.

En estos caminos perimetrales se colocará una valla metálica para evitar la entrada de fauna al embalse.

Finalmente se ha dotado a la falsa de una rampa de bajada, para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza.

3.3. IMPERMEABILIZACIÓN

El sistema de impermeabilización en la totalidad de la balsa se asegura mediante la colocación en el paramento de aguas arriba de una lámina impermeabilizante de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) de 2 mm. de espesor. Bajo esta lámina se colocará un geotextil antipunzonamiento y un filtro dren de 25 cm. de espesor.

El geotextil está fabricado a base de fibras sintéticas de polipropileno 100%, no tejido, de filamentos continuos unidos mecánicamente por un proceso de agujado, de resistencia a perforación CBR no menor de 2850 N (norma UNE-EN 12236), de perforación a caída libre de cono no mayor de 20 mm. (Norma EN 918), y peso no inferior a 300 gr/m².

Tanto la lámina como el geotextil irán ancladas con piezas prefabricadas de hormigón para evitar su movimiento.

En el paramento de aguas abajo se prevé la plantación de especies autóctonas en una capa de tierra vegetal de 30 cm. de espesor, mediante el sistema de hidrosiembra.

4. Balsa P.K. 23+055

4.1. RESGUARDO

Se denomina resguardo (R) a la diferencia entre el nivel de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa (Z_{cor}). A los efectos de la definición de resguardo, se entenderá como cota de coronación la cota más elevada de la estructura resistente del cuerpo de la balsa.

El resguardo se define para las dos situaciones principales de la balsa:

a) Resguardo normal (RN): Es el relativo al Nivel Máximo Normal (NMN) o máximo nivel que puede alcanzar el agua de la balsa en un régimen normal de explotación. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero (r_1) más la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

b) Resguardo mínimo (Rm): Es el relativo al Nivel Máximo Extraordinario (NME) o nivel correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

La comprobación del resguardo se puede realizar mediante la expresión siguiente:

En nuestro caso la altura más alta del dique está 10 cm. más alta que la coronación de la presa debido a los 10 cm. del dado de anclaje del elemento de impermeabilización. Tomaremos esta cota para determinar los resguardos.

$$RN (m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NMN \geq r_1 + 1,5 r_2$$

Siendo:

$$r_1 = NME - NMN$$

$$r_2 : \text{Altura de ola (m)}$$

$$r_2 = 0,6 \cdot \sqrt[4]{F}$$

F: Fetch (Km.)

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tiene un valor suficiente se puede realizar mediante la expresión siguiente:

$$Rm(m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NME \geq 1,5 r_2$$

Además, el resguardo normal no debe ser inferior a 1 m.

Aplicando lo anterior tenemos:

La altura de ola se evalúa por la formula de Iribarren:

$$h = 0,6 \sqrt[4]{F}$$

Siendo:

h = Altura de la ola, en metros

(F = Fetch en kilómetros, en nuestro caso adoptamos 0,290 Km.)

En nuestro caso:

$$h = 0,6 \sqrt[4]{0,390} = 0,44 m$$

Por tanto:

$$RN(m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NM.N \geq r1+1,5 r2$$

Siendo,

- r1=N.M.E. -N.M.N
- r2= altura de ola

En nuestro caso:

- r1=N.M.E. -N.M.N = 482,85-482,55 =0,30
- r2= altura de ola =0,44
- Luego

$$RN(m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NMN \geq r1+1,5 r2$$

$$RN(m) = 483,60 - 482,55 \geq 0,30+0,66$$

$$RN(m) = 1,05 \geq 0,96$$

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tienen un valor suficiente se puede realizar mediante:

$$Rm(m) = Z_{\text{más alta del dique}} - N.M.E. \geq 1,5 r_2$$

$$Rm(m) = 483,60 - 482,85 \geq 1,5 \times 0,47$$

$$Rm(m) = 0,75 \geq 0,66$$

Luego se adopta un resguardo normal hasta la cota de coronación de la balsa, sobre el Nivel Máximo Normal, de 1,05 m. y un resguardo mínimo de 0,75.

Resumiendo:

Cota de coronación (cota más alta de la estructura 483,50+0.10)	483,60
Cota N.M.N	482,55
Cota N.M.E	482,85
Resguardo normal	1,05
Resguardo mínimo	0,75

4.2. CAPACIDAD DE EMBALSE

Para calcular la capacidad del embalse se aplica la curva de llenado que da el programa de trazado ISTRAM.

En la tabla siguiente se representa el área y el volumen acumulado en la balsa para las diferentes alturas de agua en la misma.

COTA	VOLUMEN	Área
471.20	417.50	2387.70
471.40	1051.30	4487.30
471.60	2834.40	12615.00
471.80	5793.30	15065.10
472.00	9081.30	17198.70
472.20	12827.80	18576.40
472.40	16919.60	22967.70
472.60	22050.10	26214.80
472.80	27431.30	26768.60
473.00	32920.30	27245.20
473.20	38493.80	27689.10
473.40	44128.00	28113.00
473.60	49834.80	28524.80
473.80	55710.30	28924.90
474.00	61633.40	29317.20
474.20	67527.10	29706.80
474.40	73434.30	30095.70
474.60	79482.10	30484.40
474.80	85563.20	30873.30
475.00	91868.00	31263.00
475.20	98256.40	31653.60
475.40	104593.10	32048.00
475.60	111075.70	32445.90
475.80	117677.80	32844.40
476.00	124300.90	33243.90
476.20	131006.40	33645.50
476.40	137712.50	34049.90
476.60 cota volumen muerto	144396.60	34459.00
476.80	151349.90	34869.80
477.00	158417.40	35279.90
477.20	165547.50	35690.50
477.40	172690.40	36102.70

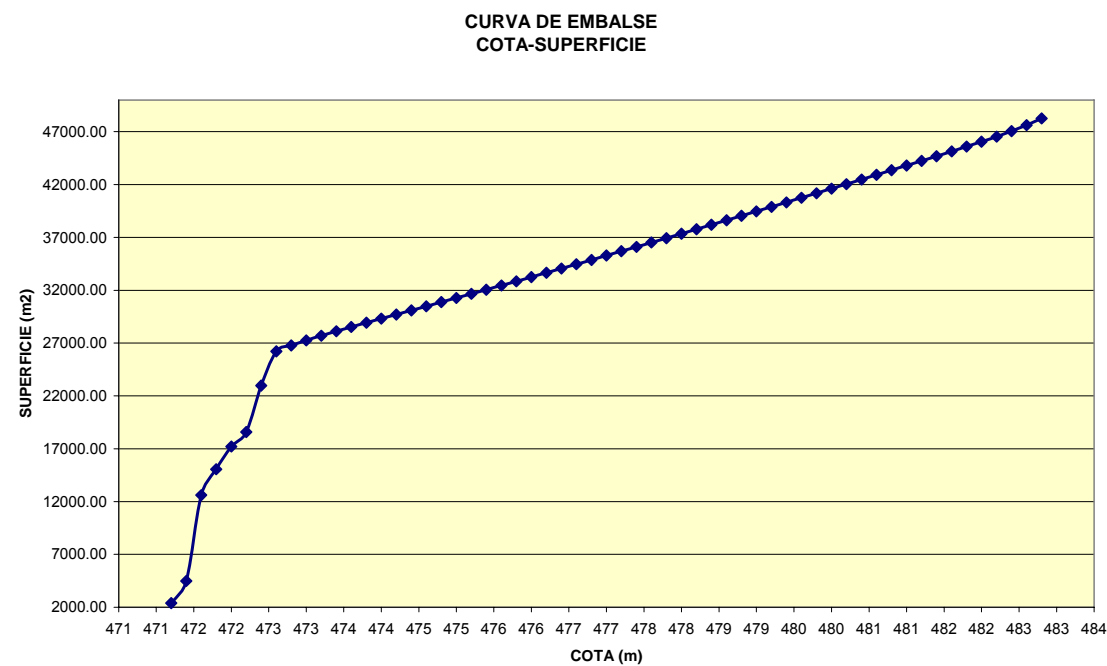
COTA	VOLUMEN	Área
477.60	180020.70	36515.70
477.80	187464.80	36931.30
478.00	194882.20	37349.00
478.20	202410.70	37768.20
478.40	209933.50	38189.00
478.60	217536.00	38611.30
478.80	225349.90	39034.30
479.00	233236.10	39458.30
479.20	241105.60	39884.60
479.40	249173.60	40313.10
479.60	257355.50	40743.20
479.80	265572.60	41174.50
480.00	273924.10	41607.20
480.20	282313.50	42041.00
480.40	290604.60	42476.40
480.60	299070.00	42914.10
480.80	307651.60	43353.80
481.00	316424.30	43795.30
481.20	325187.30	44238.40
481.40	334139.30	44683.80
481.60	343197.20	45132.50
481.80	352292.20	45587.50
482.00	361575.10	46053.20
482.20	370884.50	46536.00
482.40	380109.90	47052.70
482.55 cota N.M.N.	382470.45*	47193.58
482.60	389552.10	47616.20
482.80.	399184.40	48251.20
482.85 cota N.M.E.	401592.47**	48409,95

(*) volumen N.M.N= 382470.45- Vmuerto = 238073.85

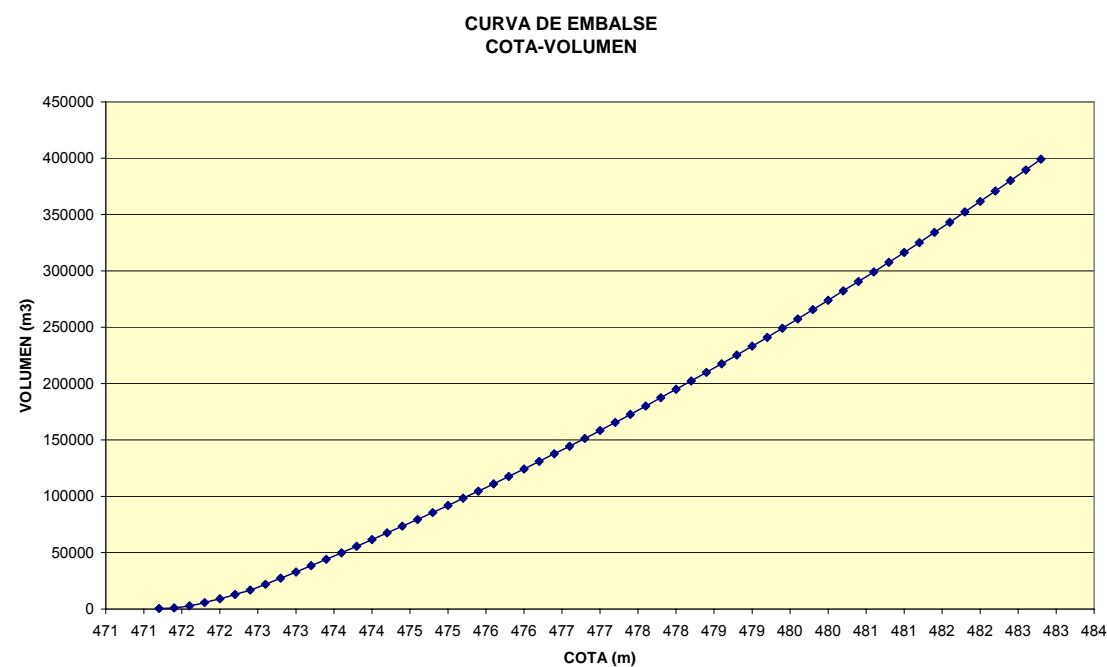
(**) volumen N.M.E= 401592.47- Vmuerto = 257195.87

A continuación y de forma gráfica se representa las curvas de embalse de la balsa:

Curva Cota-Superficie



Curva Cota-Volumen



4.3. DRENAJE

Aún habiendo dispuesto un sistema de impermeabilización para la balsa, se estudian todas las posibilidades de paso del agua a través de ella, tanto en la filtración normal como en posibles defectos y averías, y se proyectan las disposiciones necesarias para que la evacuación de estas filtraciones se haga sin el menor peligro para la estabilidad del dique y sin posibilidad de arrastres. Además permitirá rebajar el freático en las proximidades de la balsa. Por lo tanto el sistema de drenaje bajo la lámina tendrá una doble finalidad:

- 1) Detectar posibles fugas en la lámina impermeabilizante
- 2) Evitar posibles subpresiones de aguas bajo la lámina, cuando la balsa se encuentre vacía.

Para ello se proyecta una red de drenaje sectorizado con dos líneas centrales de conductos de drenaje formado por ramas en forma de espina de pez, separados 20 metros, que evacuen al exterior los posibles caudales filtrados de la balsa en la zona central y otra red de conductos en el perímetro que recogen los posibles caudales de los taludes. De esta manera se sectoriza o zonifica la balsa en cuatro zonas y se puede identificar la zona de donde provienen las fugas de aguas recogidas por el sistema de drenaje.

Para dimensionar los drenajes de la balsa se considera un caudal de filtración que resulta de un descenso de la lámina de agua de 5 Mm. en 1 hora, siguiendo el criterio de la publicación: "Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas" publicada por la Consejería de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Canarias.

Para el nivel máximo de explotación situado en el a cota 482,85 y el caudal de filtración anterior, el caudal de agua a recoger en la balsa asciende al siguiente valor:

$$\text{Volum} = 48409,95\text{m}^2 \times 0,05 \text{ m} = 2.420,50 \text{ m}^3$$

$$Q \text{ drenaje} = 2.420,50 / (24 \times 3.600) = 0,02801 \text{ m}^3/\text{s} = 28,01 \text{ l/s}$$

Estos drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada de 160 mm de diámetro que son capaces de transportar el caudal de 20 l/s con un pendiente del 0,5 % y un coeficiente

de Manning de 0,010 con un grado de llenado del 75 %, para las tuberías de salida y perimetrales de los cuatro sectores y de 110 mm. para las de drenaje del fondo de balsa.

Input Data		
Mannings Coefficient	0.010	
Channel Slope	0.010000 m/m	
Depth	0.15	m
Diameter	200.00	mm

Results		
Discharge	0.04	m ³ /s
Flow Area	0.03	m ²
Wetted Perimeter	0.42	m
Top Width	0.17	m
Critical Depth	0.17	m
Percent Full	75.00	
Critical Slope	0.007946	m/m
Velocity	1.54	m/s
Velocity Head	0.12	m
Specific Energy	0.27	m
Froude Number	1.29	
Maximum Discharge	0.05	m ³ /s
Full Flow Capacity	0.04	m ³ /s
Full Flow Slope	0.008315	m/m
Flow is supercritical.		

Las tuberías irán alojadas en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 300 gr/m² para evitar la contaminación y colmatación del filtro por el terreno circundante del dren. La salida de las aguas de drenaje de la balsa se realizará mediante cuatro tuberías de PVC de 200 mm de diámetro embebidas en un bloque de hormigón, que evacuen a una arqueta de desagüe en condiciones tales que permitan su vigilancia y aforo.

El drenaje de la balsa se completa con bordillo en la coronación con pendiente de bombeo en el camino del 2 % hacia el mismo y con cuneta de pie de talud exterior.

4.4. CAUDALES DE TOMA Y LLENADO

En el estudio de regulación realizado se refleja que el caudal de alimentación a la balsa en las horas de no riego está en torno a los 2,00 m³/s.

Por lo que el caudal de diseño adoptado para la obra de entrada a la balsa es de 2,00 m³/s, mayorado en un 20 % para imprevistos. Si bien la obra debe ser capaz de derivar el caudal máximo que es capaz de derivar el canal en este tramo cifrado en 4 m³/s.

En cuanto a los caudales de salida serán los correspondiente a la superficie de riego que domina, optimizado con el estudio hidráulico de la red por Clément.

4.5. OBRA DE ENTRADA Y SALIDA A LA Balsa

La entrada en la balsa se realiza mediante un codo, que hace que la conducción alcance la balsa por su solera, emergiendo en un macizo de hormigón que le sirve de fijación.

Para la obra de salida se aprovecha la tubería de entrada en la que se dispone de una arqueta de derivación de donde saldrán dos tuberías de distribución. La primera hacia el noreste para suministro de la acequia B y segunda hacia el suroeste para suministro de las acequias C, D, E y F.

Como decíamos para realizar el llenado de la balsa se ha proyectado una obra de entrada, cuya toma se realiza en el canal de de las aves a la altura del P. K.23+055.

Esta obra está compuesta por los siguientes elementos:

- Aliviadero de seguridad
- Compuerta mixta de regulación y aliviaderos móviles
- Aforador de pared gruesa
- Tubería de llenado

A continuación se describe y dimensiona cada elemento:

Aliviadero de seguridad

La obra de toma en el canal hacia la balsa en la colocación de una compuerta hidráulica mixta de regulación. Esta compuerta derivará el agua circulante por el canal hacia la balsa, lo que permitirá almacenar el volumen circulante por el canal en la balsa y por tanto su reutilización posterior.

Para proteger al canal de caudales excesivos procedentes de aguas arriba, así como de falsas maniobras en el canal ó en la propia compuerta, se coloca un aliviadero de seguridad.

Para la ejecución del aliviadero lateral así como la obra de toma, se realiza una transición en el canal pasando de sección trapezoidal al rectangular, lo que permite realizar las obras del canal de derivación a la balsa y las obras del aliviadero lateral.

El aliviadero, este se ha diseñado de tal manera que desagüe el caudal máximo de cabecera 4 m³/s sin agotar el resguardo del canal cifrado en 0,30 metros por lo que el umbral del vertedero se sitúa a la cota 482,60.

Para la colocación del aliviadero y de la obra de toma se ha realizado una transición en el canal a sección rectangular de ancho 3,50.

El cálculo hidráulico de aliviadero se realiza con la siguiente formulación, correspondiente al vertedero de pared delgada:

$$q = \mu \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}} = 4,429 \cdot \mu \cdot L \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

$$\mu = 0,410 \cdot \left[1 + \frac{1}{1000 \cdot h + 1,6} \right] \cdot \left[1 + 0,5 \cdot \frac{h^2}{(h + p)^2} \right]$$

Donde,

Q= Caudal de descarga en m³/s

L= Longitud del aliviadero en m

h= Altura de agua sobre aliviadero en m

μ= Coeficiente de desagüe

p= Altura de solera a aliviadero

Con coeficiente de desagüe de 0,4289

Como el aliviadero de seguridad de la balsa diseñado para el agua de lluvia (ver apartado 4.6) se dispone a la misma cota, en realidad tenemos un aliviadero de longitud total:

L canal+ L balsa, siendo el aliviadero de la balsa de 9,70 metros y el caudal total a desaguar
 Q toma + Q lluvia = 4+ 0,64 = 4,61.

La longitud del vertedero del canal de ha diseñado con 12 metros por lo que la lámina de vertido cuando venga todo el caudal es

$$4,64 = 1,9 (12 h^{\frac{3}{2}} + 9,70 h^{\frac{3}{2}})$$

Despejando h es igual 0,23 cm. Luego está del lado de la seguridad ya que el resguardo es menor de 0,25 (diferencia ente N.M.E. y el N.M.N.).

Luego la longitud de 12 metros del aliviadero del canal desaguan 2,51 m³/s y el aliviadero de la balsa permite desaguar hasta un caudal de 2,12 m³/s con una altura de lámina de 0,23 metros Lo que suponen un resguardo en el canal de 17 cm. y en la balsa de 27 cm.

Los caudales desagados por el aliviadero se incorporan mediante una canal de by-pass al canal principal aguas abajo de la compuerta de nivel aguas arriba constante.

Las dimensiones del canal de by-pass son de 2 metros de ancho con pendiente de 0,5%.

Para el diseño del labio de vertido del vertedero, como el que nos ocupa, se utilizan perfiles Creager. De esta forma el labio adopta una curva cuyos valores dependen únicamente del valor Ho ó altura de vertido.

Tomando como origen de coordenadas el punto más alto del vertedero, el perfil Creager queda definido mediante la siguiente tabla, en función de la altura de vertido:

X	Y
-0,284.Ho	0,127.Ho
-0,147.Ho	0,021.Ho
0	0
0,217.Ho	0,029.Ho.
0,583.Ho	0,187.Ho
1,230.Ho	0,734.Ho
1,840.Ho	1,556.Ho
2,758.Ho	3,336.Ho

Teniendo en cuenta que la altura de vertido con la que se han diseñado el vertido es $H_o=0,25$ m, el perfil Creager del labio de vertido queda definido mediante la siguiente tabla:

X	Y
-0.071	0.03175
-0.03675	0.00525
0	0
0.05425	0.00725
0.14575	0.04675
0.3075	0.1835
0.46	0.389

En el documento de planos del presente proyecto se puede observar el resultado gráfico del labio de vertido. Concretamente en el plano 4.4.2 hoja 1 de 2.

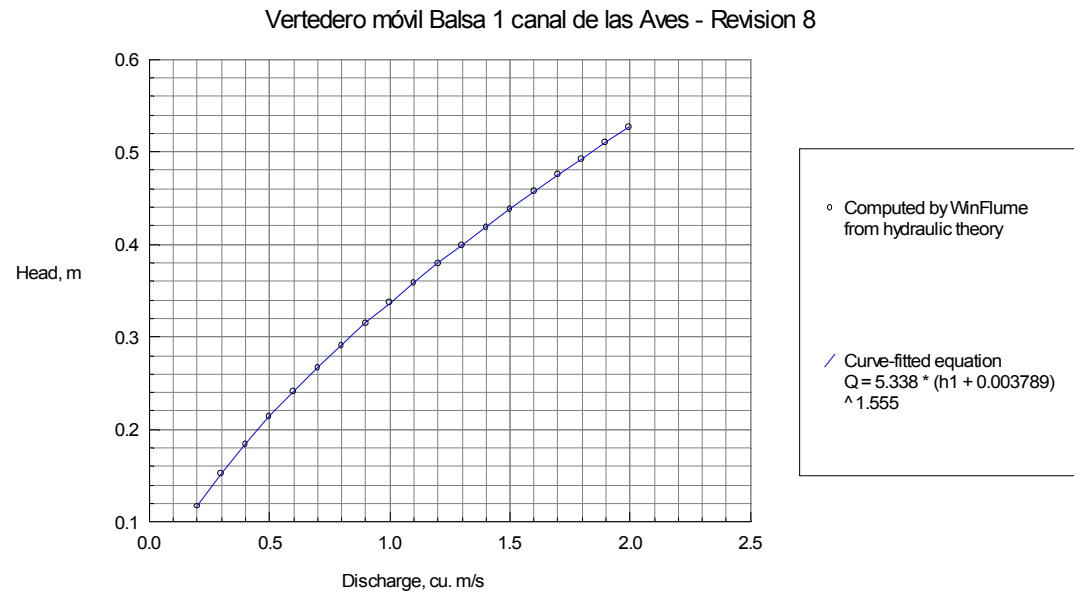
Compuerta de regulación mixta y aliviadero móviles

Esta compuerta junto con los aliviaderos móviles situados a la entrada de la balsa será la que permita regular los caudales de entrada a la balsa y por consiguiente los caudales derivados hacia la progresiva del canal aguas abajo de la misma.

Las funciones de esta compuerta son las siguientes:

- Nivel mínimo aguas arriba: Permite fijar la prioridad sobre el agua circulante, puesto que si se fija por debajo de la arista de vertido de los aliviaderos móviles de entrada a la balsa, todo el agua que venga por el canal pasará hacia aguas abajo (en tanto en cuanto no se satisfaga la condición de nivel regulado aguas abajo), pero fijado por encima de la arista de vertido de los aliviaderos móviles, garantizará una lámina de vertido mínima sobre estos (y por lo tanto un caudal derivado hacia la balsa) y sólo a partir de que esta condición se cumpla, la compuerta abrirá dejando pasar el exceso de agua hacia aguas abajo.
- Nivel regulado aguas abajo: Asociado a un umbral aforador de 3 m de anchura ubicado justo aguas abajo de la compuerta de regulación, permite fijar un caudal circulante hacia aguas abajo variable desde cero (haciendo coincidir el nivel regulado aguas abajo por debajo de la cresta de dicho umbral) hasta el máximo que se desee (la curva de descarga de dicho aforador es conocida así como las necesidades de pérdida de carga para que no quede sumergido).
- Nivel máximo aguas arriba: Permite, en conjunción con los aliviaderos móviles de entrada a la balsa, limitar el caudal que entre hacia la balsa 1, y así poder repartir el exceso de agua entre ambas balsas. Por ejemplo, fijando dicho nivel máximo a la lámina de vertido correspondiente a "x" m^3/s , podemos limitar a ese caudal el máximo que entre en la balsa 1; en caso de que circulase más caudal, la compuerta se olvida de regular el nivel aguas abajo y abre buscando impedir que el nivel aguas arriba suba por encima de la cota de consigna.

En cuanto a los vertederos móviles de entrada a la balsa, se han diseñado dos aliviaderos móviles de 3 m de anchura cada uno, dimensionados para 2 m^3/s cada uno, de tal forma que sea más fácil e intuitivo limitar a 2 m^3/s el caudal a derivar hacia la balsa 1, sin perder la capacidad de introducir todo el sobrante hacia esta balsa. La curva de vertido se muestra a continuación:



Cada aliviadero móvil por tanto estaría dimensionado para 2 m³/s con una lámina de vertido de 53 cm.

Para pasar 1 m³/s, la lámina de vertido necesaria es de 34 cm. La cota de la arista de vertido podrá fijarse a voluntad entre 482,00 y 483,00, pudiendo aislar la balsa totalmente.

En caso de que se quisiera dar prioridad al caudal circulante hacia aguas abajo, la posición más baja que debería adoptar sería la del nivel de energía mínimo necesaria para que circulase dicho caudal, considerando la geometría propia del canal, la pérdida de carga del umbral aforador y la pérdida de carga de la compuerta mixta. El nivel de energía necesario para 2 m³/s es de 482,21; para 1 m³/s es de 481,89.

Aforador de pared gruesa

Permite conocer el caudal circulante por el canal en función de los niveles alcanzados en el mismo, por lo que permite explotar el canal conjuntamente con los niveles regulados aguas abajo de la compuerta, a través de la siguiente curva de gasto.

Umbral aforador P60	
Mínimo:	84.5 l/s
Máximo:	1977 l/s
Cota umbral:	481.52 m
Longitud umbral:	3000 mm
Sección medida:	2100 mm
Anchura mínima:	150 cm
Anchura máxima:	600 cm

Altura de vertido (mm)	Cota AAR (m)	Pérdida de carga necesaria (mm)	Caudal (l/s)
120	481.64	102	254
140	481.66	132	330
160	481.68	162	405
180	481.70	192	480
200	481.72	228	570
220	481.74	264	660
240	481.76	300	749
260	481.78	342	855
280	481.80	384	960

Tubería de llenado

Por último se sitúa la toma hacia la balsa en la margen derecha del canal en la que se dispone una arqueta de derivación de donde sale la tubería de llenado de la balsa.

La ley de caudales por esta tubería de llenado depende del nivel de llenado de la balsa ya que los niveles en el canal fluctuarán poco debido a la compuerta de regulación mixta.

Estableciendo Bernoulli entre la lámina de agua en el canal (consideramos una carga de agua a la cota 482.55), y la salida en la entrega, considerando como cota de agua en la balsa variable, tendremos:

$$H_1 = H_2 + \text{Pérdidas}$$

Consideramos las pérdidas localizadas como un 10% de las continuas, por tanto obtenemos, calculando las pérdidas por la fórmula de Manning-Strickler:

$$h_1 + P_1/\gamma + v_1^2/2g = h_2 + P_2/\gamma + v_2^2/2g + IL = h_2 + v_2^2/2g + 1,1 \frac{n^2 v^2}{Rh^3} L$$

Suponemos $P_1 = P_2$ y $v_1 = 0$, por lo tanto se obtiene:

$$h_1 - h_2 = \left(\frac{1}{2g} + \frac{n^2 L}{R_h^{\frac{4}{3}}} \right) v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{h_1 - h_2}{\frac{1}{2g} + 1,1 \frac{n^2 L}{R_h^{\frac{4}{3}}}}$$

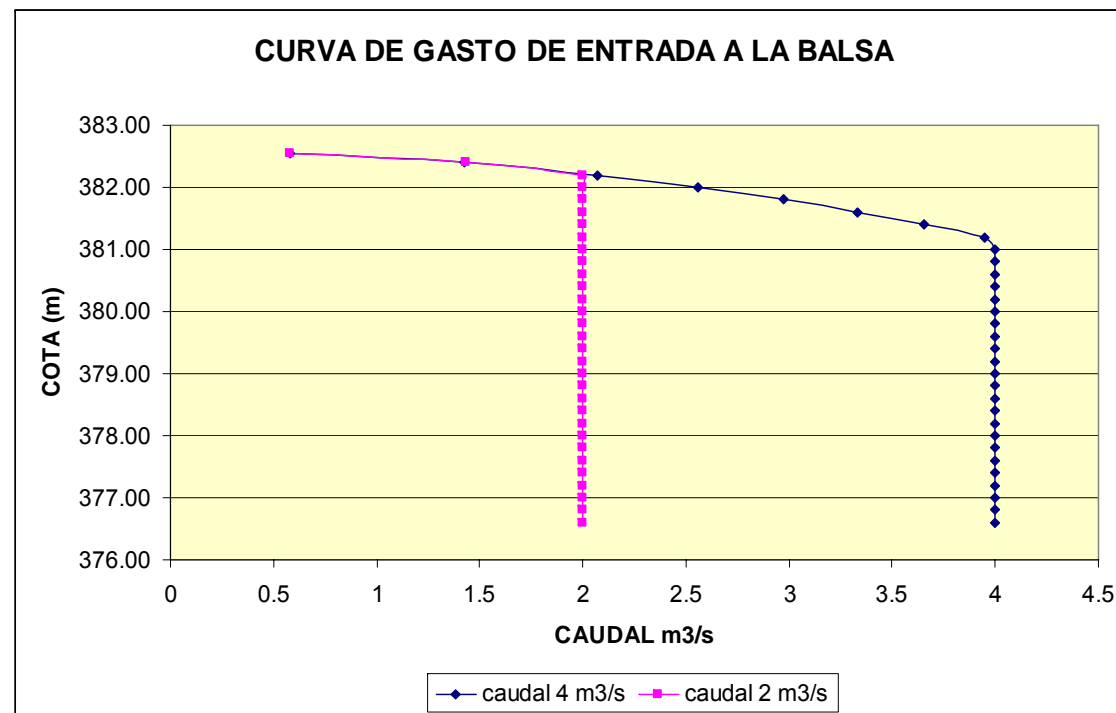
El caudal de la obra de toma desde el canal se cifra en 2,00 m³/s, que para una tubería de 1200 mm de diámetro velocidad próxima a 1,77 m/s.

En estas condiciones la balsa se llenará por gravedad con un caudal de aportación de 2 m³/s, hasta la cota 382,40, a partir de la cual el caudal y la velocidad serán menores debido a la poca diferencia de carga del canal de alimentación, y la balsa.

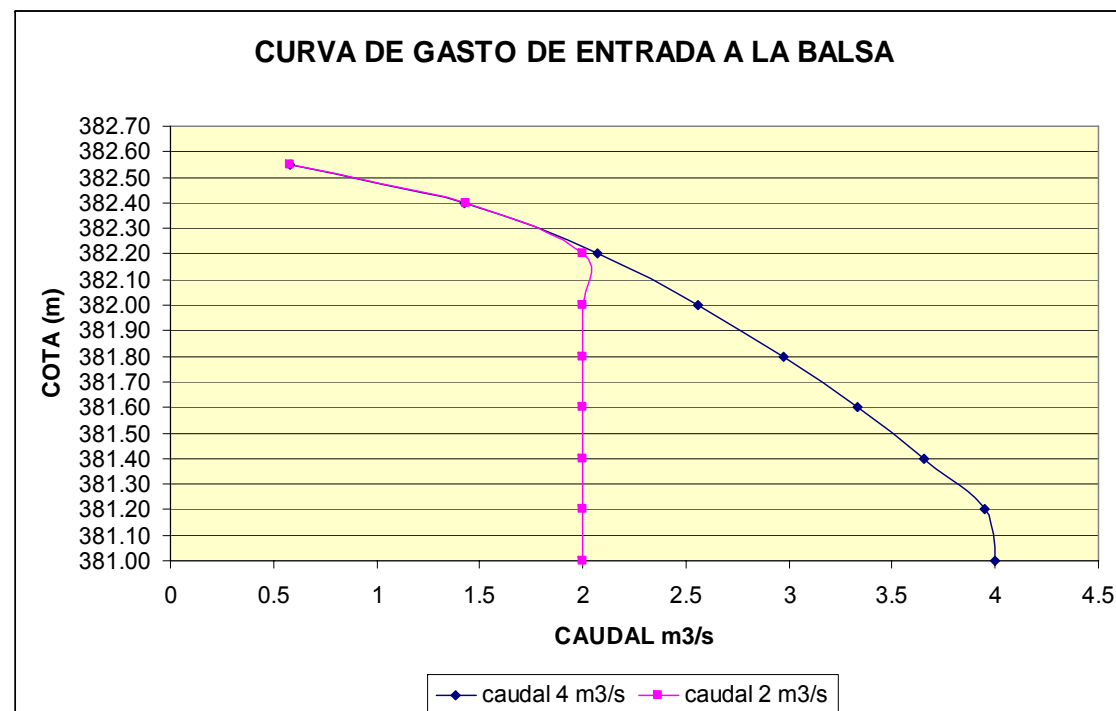
cota en el canal	382.58	
diametro tubería	1.2	
cota en la balsa	v	q
376.60	1.77	2.00
376.80	1.77	2.00
377.00	1.77	2.00
377.20	1.77	2.00
377.40	1.77	2.00
377.60	1.77	2.00
377.80	1.77	2.00
378.00	1.77	2.00
378.20	1.77	2.00
378.40	1.77	2.00
378.60	1.77	2.00
378.80	1.77	2.00
379.00	1.77	2.00
379.20	1.77	2.00
379.40	1.77	2.00
379.60	1.77	2.00
379.80	1.77	2.00
380.00	1.77	2.00
380.20	1.77	2.00
380.40	1.77	2.00
380.60	1.77	2.00
380.80	1.77	2.00
381.00	1.77	2.00
381.20	1.77	2.00
381.40	1.77	2.00
381.60	1.77	2.00
381.80	1.77	2.00
382.00	1.77	2.00
382.20	1.77	2.00
382.40	1.26	1.43
382.55	0.52	0.58

Para valores máximos de 4m³/s en situaciones extraordinarias se tiene velocidades en torno a 2,50 m/s según se justifica a continuación:

cota en el canal	382.58	
diametro tubería	1.2	
cota en la balsa	v	q
376.60	3.54	4.00
376.80	3.54	4.00
377.00	3.54	4.00
377.20	3.54	4.00
377.40	3.54	4.00
377.60	3.54	4.00
377.80	3.54	4.00
378.00	3.54	4.00
378.20	3.54	4.00
378.40	3.54	4.00
378.60	3.54	4.00
378.80	3.54	4.00
379.00	3.54	4.00
379.20	3.54	4.00
379.40	3.54	4.00
379.60	3.54	4.00
379.80	3.54	4.00
380.00	3.54	4.00
380.20	3.54	4.00
380.40	3.54	4.00
380.60	3.54	4.00
380.80	3.54	4.00
381.00	3.54	4.00
381.20	3.49	3.95
381.40	3.23	3.65
381.60	2.94	3.33
381.80	2.63	2.97
382.00	2.26	2.56
382.20	1.83	2.07
382.40	1.26	1.43
382.55	0.52	0.58



En la gráfica siguiente se ha realizado un zoon de la curva, que nos muestra los caudales máximos de entrada a la balsa en función de la cota de nivel de la balsa, cuando el nivel en el canal está a la cota 382.58.



Cálculo de la sumergencia mínima de la toma

A continuación se calcula la sumergencia mínima de la tubería en la embocadura para que no se produzcan vórtices en la misma.

Aplicando la siguiente formulación:

$$Ht/D = F$$

Siendo,

Ht = altura de agua sobre la generatriz superior

D= diámetro de la tubería

F= número de de Fraude= $v/(gD)^{(1/2)}$

Sustituyendo para tenemos:

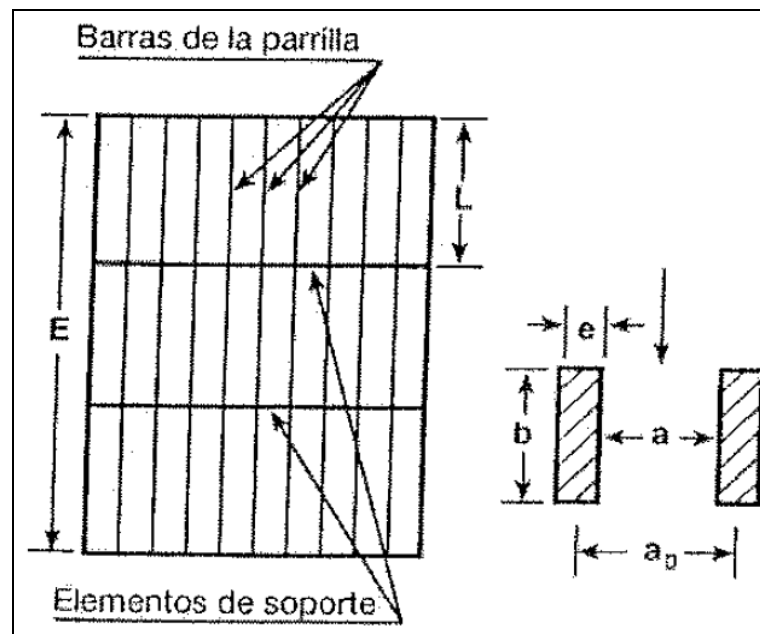
-para el caso de caudal 2,2 Ht= 0,51

-para el caso de caudal 4,0 Ht=1,03

Dimensionamiento de la reja del desagüe de fondo

La obra de entrada y/o salida se efectúa por el fondo de la balsa mediante una tubería. En la boca del tubo se proyecta una reja de forma cilíndrica del diámetro del tubo con la cara superior ciega y enrejado lateral formado por pletinas de acero de 40x5mm con un espaciado de 50mm, que supone un coeficiente de reducción de $50 \text{ mm} / 55 \text{ mm} = 0,91$. En la parte inferior tiene una faja de 50cm para disponer de un volumen de almacenamiento de sólidos en el fondo de la balsa.

La obra por lo tanto es reversible, vamos a comprobar las condiciones hidráulicas más desfavorables, que se producen para la entrada.



Si se fija una velocidad de paso por las rejas de 0,5 m/s se requiere una altura de reja de:

DATOS INICIALES

Diámetro obra de entrada:	1,200 mm
Caudal	2.0 l/s
Coefficient de reducción de paso por reja (Cr):	0.91
Velocidad máxima permitida:	0.50 m/s
Altura faja retención sedimentos:	0.50 m

CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA REJA

Perímetro:	3.77 m
Perímetro útil:	3.43 m
Altura necesaria reja:	0.00 m
Altura adoptada reja:	1.65 m (peces de 30cm)
Altura total reja:	2.15 m

Se realiza una comprobación de la velocidad de paso de la reja considerando una colmatación del 70 %

COMPROBACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PASO PARA UN 70% COLMATACIÓN

Colmatación por sedimentación:	70 %
Superficie efectiva de paso:	1.70 m ²
Velocidad de paso por la reja:	0.00 m/s
Velocidad máxima permitida:	1.20 m/s
Validación:	VÁLIDO

Finalmente a caudales punta, la velocidad de paso a través de las barras no tiene que ser superior a 0,9-1,5m/s (según diferentes publicaciones y recomendaciones) para evitar el arrastre de elementos depositados a través de las rejas. En consecuencia, se adopta un valor límite de 1,5 m/s.

La pérdida de carga a través de la reja:

A continuación se determinan las pérdidas de carga ocasionadas por el paso del agua a través de la reja. La pérdida de carga producida viene dada por la fórmula de Berezinski modificada por Levin:

$$\Delta h = K_d \cdot K_f \cdot P^{1.6} \cdot f(L/b) \cdot \sin \sigma \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- Δh pérdida de carga (m)
- K_d coeficiente por disminución de sección debido a la acumulación de sedimentos
 $K_d = 1,1$ a $1,2$ para rejas con limpieza automática
 $K_d = 1,5$ para rejas normales
 $K_d = 2$ a 4 para rejas en cursos de agua de difícil limpieza
- K_f coeficiente de forma de la barra de la reja
 $K_f = 0,51$ para secciones rectangulares alargadas
 $K_f = 0,35$ para secciones circulares
 $K_f = 0,32$ para secciones alargadas redondeadas por los extremos
- P coeficiente de reducción

$$P = \frac{S_{bruta} - S_{neta}}{S_{bruta}}, \text{ donde } S \text{ (m}^2\text{) es la superficie de la reja}$$

$$f(L/b) = 8 + 2,3 \frac{L}{b} + 2,4 \frac{b}{L}$$

- L anchura de la barra medida en la dirección del flujo (mm)
- b separación entre barras (mm)
- σ ángulo de la reja respecto a la horizontal
- v velocidad del agua sin reja (m/s)
- g aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²

En nuestro caso:

$$K_d = 1,5$$

$$K_f = 0,51$$

$$P = 0,09 = 1 - \frac{50\text{mm}}{55\text{mm}} = 1 - 0,91$$

$$L = 40 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$\sigma = 90^\circ$$

A continuación se aplica los datos a la fórmula de pérdida de carrera, comprobándose que éstas son prácticamente despreciables.

PÉRDIDA DE CARRERA A TRAVÉS DE LA REJA

Coefficiente por disminución de sedimentos (Kd):	1.50
Coefficiente de forma de la barra de la reja (Kf):	0.51
Superficie bruta:	6.22 m ²
Superficie neta:	5.65 m ²
Coefficiente de reducción (P):	0.09 = 1-Cr
Anchura de la barra en la dirección del flujo (L):	40.00 mm
Separación entre barras (b):	50.00 mm
f (L/b):	12.84
Angulo de la reja respecto a la horizontal (σ):	90°
Área de la tubería sin reja:	1.13 m ²
Velocidad del agua sin reja (v):	0.00 m/s
Δh:	0.000 m

4.6. CÁMARA DE VÁLVULAS

Aguas abajo del dique la conducción de toma y entrada dispone de una cámara de válvulas motorizada que alberga una derivación en té con cuatro válvulas. Una procedente del canal, dos con dirección a la red de distribución y una hacia la balsa.

Las conducciones procedentes del canal y las que se dirigen hacia la red de distribución disponen de válvulas de mariposa. La conducción de toma y entrega hacia la balsa, dispone de una válvula de compuerta. De esta forma se asegura siempre el cierre del agua procedente de la balsa a pesar de cualquier elemento extraño que se presente en el agua y pudiese impedir el cierre de la lenteja de las válvulas de mariposa. Estas tres válvulas estarán motorizadas y se accionarán desde la caseta de mando.

Habitualmente las válvulas se dispondrán completamente abiertas fluyendo el agua hacia la red indistintamente desde la balsa o desde la toma del canal, según sea el estado de la toma del canal y del nivel de la balsa.

Normalmente la balsa se repondrá durante las horas nocturnas, y esta aportará agua a la red durante el día, o en el momento en el que se demande.

Con la cámara de válvulas se podrá anular a la balsa, y permitir el abastecimiento directo desde el canal a la red, o mantener este mientras se repare o mantiene la obra de toma y desbaste.

4.7. ALIVIADERO DE SEGURIDAD

A pesar de disponer la balsa de un aliviadero de seguridad en la obra de entrada, se ha dispuesto otro en la propia balsa para evitar el riesgo de desbordamiento por el agua de lluvia. Dicho aliviadero, tiene la función de evacuar los caudales sobrantes hacia el río Tajo.

Se ha diseñado para cubrir dos necesidades:

- Evacuar una lluvia intensa con la balsa llena
- Evacuar el máximo caudal que pueda aportar el canal.

Se diseña adosado al camino de coronación, donde se dispone la caseta de instalaciones. Así se diseña un aliviadero de pared delgada situado a la cota de N.M.E + 0,05 = 482,60 cuya longitud sea capaz de aliviar el caudal de la hipótesis pésima. Dicha hipótesis consiste en considerar el caudal máximo que se podría producir en el caso de coincidencia de la precipitación máxima previsible para un período de retorno de 500 años, balsa llena y un fallo de parada en el sistema de vaciado de la balsa.

Para el cálculo de las precipitaciones máximas en diversos períodos de retorno se va a utilizar la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" (Madrid, 2001).

De la observación del mapa de máximas lluvias obtenemos para nuestra zona un valor medio P de la máxima precipitación diaria anual de 40 mm/día y un coeficiente de variación C_v de 0,41. Para cada periodo de retorno deseado T y con el valor de C_v , entrando en la tabla adjunta al mapa, obtenemos un factor de ampliación K_T . La precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado P_T resulta de multiplicar P por K_T .

De esta forma se obtiene el siguiente valor:

T (años)	K_T	P_T (mm/día)
500	2,785	128,11

El aguacero máximo para una hora de duración correspondiente a este período de retorno tendrá una intensidad:

$$I_h = 0,386 X_{24} = 0,386 \times 128,11 = 49,45 \text{ mm/h}$$

La superficie de lámina libre a la cota de Nivel Máximo Normal (+482,40), se toma la cota 483,55 es de 46268,38 m², que equivale a un caudal de:

$$Q_1 = 49,45 \times 81.425,14 \times 10^{-3}/3600 = 0,64 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal total a evacuar por el aliviadero será:

El caudal vertido por el aliviadero responde a la siguiente expresión:

$$q = \mu \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}} = 4,429 \cdot \mu \cdot L \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

$$\mu = 0,410 \cdot \left[1 + \frac{1}{1000 \cdot h + 1,6} \right] \cdot \left[1 + 0,5 \cdot \frac{h^2}{(h + p)^2} \right]$$

Donde,

Q= Caudal de descarga en m³/s

L= Longitud del aliviadero en m

h= Altura de agua sobre aliviadero en m

μ = Coeficiente de desagüe

p= Altura de solera a aliviadero

Para una altura de agua sobre el labio del vertedero de h=0,23 m y una p= (482,6-483,45)= 1,15m se obtiene un coeficiente de desagüe de 0,42816 lo que da una longitud de 9,70 para desaguar el caudal de q=2,12 m³/s.

En cuanto a la tubería de conexión y evacuación se diseña en PRFV y tiene una longitud estimada de 700 metros hasta llegar al río Tajo.

En los cálculos siguientes se obtiene la justificación del diámetro necesario de la conducción, para que esta sea capaz de transportar el caudal de diseño para la seguridad de la balsa, calculado en 2,858 m³/s correspondiente al caudal de entrada más la tormenta de diseño.

Estableciendo Bernoulli entre la lámina de agua en la arqueta (consideramos una carga de agua a la cota 481,00), y la salida en la entrega, considerando como cota de agua la cota de la cota de la lámina de agua en el río Tajo. (Cota 465,10)

Para que desagüe por gravedad, tendremos:

$$H_1 = H_2 + \text{Pérdidas}$$

Consideramos las pérdidas localizadas como un 10% de las continuas, por tanto obtenemos, calculando las pérdidas por la fórmula de Manning-Strickler:

$$h_1 + P_1/\gamma + v_1^2/2g = h_2 + P_2/\gamma + v_2^2/2g + iL = h_2 + v_2^2/2g + \frac{n^2 v^2}{R h^{\frac{4}{3}}} L$$

Suponemos $P_1 = P_2$ y $v_1 = 0$, por lo tanto se obtiene:

$$h_1 - h_2 = \left(\frac{1}{2g} + \frac{n^2 L}{R h^{\frac{4}{3}}} \right) v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{h_1 - h_2}{\frac{1}{2g} + \frac{n^2 L}{Rh^3}}}$$

Siendo la conducción de PRFV, con $n = 0,009$ y una longitud total $L=700$ m.

- Para $\Phi = 0,8$ m
 $S = 0,50$ m²
 $v_2 = 5,21$ m/s
 $Q = 2,62$ m³/s

Por lo tanto se demuestra que el caudal obtenido para ese diámetro de conducción está por encima de 2,12 m³/s necesario, por lo que tendríamos un resguardo de carga hidráulica por lo tanto se asegura el desagüe por gravedad.

4.8. DESAGÜE DE FONDO

El dimensionamiento del desagüe de fondo está condicionado por sus funciones:

- conseguir el vaciado de la balsa en situación normal en un tiempo prudencial que permita, en caso necesario, poder proceder sin mucha demora a su inspección, mantenimiento y trabajos de reparación.
- Permitir un vaciado rápido de la balsa en situación de emergencia.

En nuestro caso particular, la tubería de fondo servirá como tubería de salida de agua del aliviadero y a su vez de desagüe de fondo. Se proyectará, en el tramo bajo el dique de balsa, con tubería de PRFV DN-600, envuelta en un dado de hormigón. Partirá del fondo de la balsa y llegará a la arqueta de conexión a desagüe de fondo ubicada, aguas abajo de la balsa, desde donde se conecta con la conducción procedente del aliviadero y saliendo una tubería de desagüe de 900 mm. hasta su vertido libre a un desagüe natural que en este caso es el propio río Tajo.

Los desagües profundos, constan de los siguientes elementos:

- Estructura de rejas. Se calculan de 2,40 x 2,20 m y por lo tanto con un área bruta total de 5,50 m².
- Embocadura sin abocinamiento de un conducto circular de 600 m de diámetro con el eje a la cota 469,91 m.s.n.m. y una longitud de unos 80,75 m.
- Un tramo de tubería de 900 m de diámetro y una longitud de 670,44 m.
- Válvula de Compuerta (seguridad y regulación) de diámetro 900 m.
- Codos
- Descarga al río a la cota +466,50

Se trata de determinar la ley de desagüe del conducto en función de la cota de agua en el embalse.

Por ello se establecerá la ecuación de Bernouilli según la línea de corriente a lo largo del desagüe entre un punto de la superficie libre del embalse y el punto de salida.

$$H_1 = H_2 + \sum h_i + \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

H_1 = Cota de agua en el embalse (variable entre 482.55 m.s.n.m cota del aliviadero y 469,91 m.s.n.m cota de la rasante del desagüe de fondo.)

H_2 = Cota del eje en la salida = +466,50, esta cota puede estar dominada por el nivel del río Tajo, considerándose una altura de 1,5 m por encima de la cota de la rasante.

h_i = Pérdidas de carga a lo largo del conducto

v = Velocidad del agua (m/s) = $\frac{Q}{S}$

A continuación se expone la tabla correspondiente a la aplicación de la expresión anterior a toda la carrera de la balsa para un intervalo de 1 m.

El tiempo de vaciado de la balsa completo, obtenido como suma de los tiempos parciales correspondientes a cada metro, es de 3,5 horas, cifra que se considera aceptable para este tipo de obras.

**CÁLCULO DEL TIEMPO DE VACIADO DE LA Balsa
DESAGÜE DE FONDO**

Proyecto: Canal de las Aves

Balsa Balsa P.K.23+055

Tubería de salida: PRVF DN 600mm PN 6-5 y DN900 PN 6-5

CARACTERÍSTICAS DE LA Balsa

Volumen de agua al nivel máximo extraordinario (Vo):	401,592.5 m3
Nivel mínimo de explotación (Zi):	470.80 m
Nivel máximo normal (Zs):	482.55 m
Máxima altura de agua (h):	11.75 m
Decremento altura por iteración (Dz):	1.00 m

CARACTERÍSTICAS DEL DESAGÜE DE FONDO

	Tubería 1	Tubería 2
Cota de desagüe (Zd):	468.00 m	466,50+1.5 lámina de agua
Diámetro nominal del desagüe (DN):	600 mm	900 mm
Grueso tubería (e):	10.5 mm	17 mm
Diámetro interior del desagüe (D):	579.0 mm	866 mm
coeficiente de pérdidas a la salida (K)	0.50 (sortida de dipòsit)	0.5 (sortida de dipòsit)
Material tuberías de desagüe:	PRFV	PRFV
Coeficiente de Manning (n):	0.009	0.009
Longitud de la tubería de desagüe (L):	80.8 m	670.44 m
Pendiente de la tubería de desagüe (p)	0.5 %	0.4539 %

VALOR GENERAL

Constante proporcional altura-velocidad (C): 0.580

EVOLUCIÓN VACIADO DE LA TUBERÍA

Altura de agua (m)	cota (m.s.n.m)	Volumen acumulado (m³)	Volum parcial (m³)	Velocidad de salida (m/s)	desguedo (m³/s)	Tiempo vaciado parcial (s)	Tiempo vaciado acumulado (s)	Tiempos vaciado acumulado		
								Días	Horas	Minutos
11.75	482.4	380109.90	45,970.6	5.56	1.465	31,383	31,383	0	8	43
10.75	481.4	334139.30	43,534.7	5.41	1.423	30,583	61,966	0	17	12
9.75	480.4	290604.60	41,431.0	5.24	1.381	30,004	91,970	1	1	32
8.75	479.4	249173.60	39,840.1	5.08	1.337	29,800	121,770	1	9	49
7.75	478.4	209333.50	36,643.1	4.90	1.291	28,374	150,144	1	17	42
6.75	477.4	172690.40	34,977.9	4.73	1.244	28,110	178,253	2	1	30
5.75	476.4	137712.50	33,119.4	4.54	1.195	27,707	205,960	2	9	12
4.75	475.4	104593.10	31,158.8	4.35	1.144	27,230	233,190	2	16	46
3.75	474.4	73434.30	29,306.3	4.14	1.091	26,866	260,055	3	0	14
2.75	473.4	44128.00	27,208.4	3.93	1.035	26,298	286,353	3	7	32
1.75	472.4	16919.60	15,868.3	3.70	0.975	16,272	302,625	3	12	3
0.75	471.4	1051.30	1,051.3	3.46	0.912	1,153	303,778	3	12	22
0.00	470.8	0.00	0.0	3.27	0.861	0	303,778	3	12	22

3.5

5. BALSA P.K. 30+871

En el presente apartado se presentan los cálculos hidráulicos de los dispositivos de entrada y salida de la balsa, su aliviadero y elementos auxiliares, justificándose sus dimensiones.

5.1. RESGUARDO

Se denomina resguardo (R) a la diferencia entre el nivel de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa (Z_{cor}). A los efectos de la definición de resguardo, se entenderá como cota de coronación la cota más elevada de la estructura resistente del cuerpo de la balsa.

El resguardo se define para las dos situaciones principales de la balsa:

a) Resguardo normal (RN): Es el relativo al Nivel Máximo Normal (NMN) o máximo nivel que puede alcanzar el agua de la balsa en un régimen normal de explotación. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero (r_1) más la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

b) Resguardo mínimo (Rm): Es el relativo al Nivel Máximo Extraordinario (NME) o nivel correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

La comprobación del resguardo se puede realizar mediante la expresión siguiente:

$$RN (m) = Z_{cor} - NMN \geq r_1 + 1,5r_2$$

Siendo:

$$r_1 = NME - NMN$$

r_2 : Altura de ola (m)

$$r_2 = 0,6 \cdot \sqrt[4]{F}$$

F: Fetch (Km)

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tiene un valor suficiente se puede realizar mediante la expresión siguiente:

$$Rm (m) = Z_{cor} - NME \geq 1,5r_2$$

Además, el resguardo normal no debe ser inferior a 1 m.

Aplicando lo anterior tenemos:

La altura de ola se evalúa por la formula de Iribarren:

$$h = 0,6 \sqrt[4]{F}$$

Siendo:

h = Altura de la ola, en metros

(F = Fetch en kilómetros, en nuestro caso adoptamos 0,390 Km.)

En nuestro caso:

$$h = 0,6 \sqrt[4]{0,390} = 0,47 \text{ m}$$

$$RN (m) = Z_{cor} - NM.N \geq r_1 + 1,5 r_2$$

Siendo,

- $r_1 = N.M.E. - N.M.N$
- $r_2 =$ altura de ola

En nuestro caso:

- $r_1 = N.M.E. - N.M.N = 477,80 - 477,55 = 0,25$
- $r_2 =$ altura de ola $= 0,47$

Luego

$$RN (m) = Z_{cor} - NMN \geq r_1 + 1,5 r_2$$

$$RN (m) = 478,55 - 477,55 \geq 0,25 + 0,705$$

$$RN (m) = 1 \geq 0,955$$

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tienen un valor suficiente se puede realizar mediante:

$$R_m(m) = Z_{cor} - N.M.E. \geq 1,5 r_2$$

$$R_m(m) = 478,55 - 477,80 \geq 1,5 \times 0,47$$

$$R_m(m) = 0,75 \geq 0,71$$

Balsa 1

$$RN(m) = Z_{cor} - N.M.N \geq r_1 + 1,5 r_2$$

Siendo,

- $r_1 = N.M.E. - N.M.N$
- $r_2 =$ altura de ola

En nuestro caso:

- $r_1 = N.M.E. - N.M.N = 482,80 - 482,50 = 0,30$
- $r_2 =$ altura de ola $= 0,44$
- Luego

$$RN(m) = Z_{cor} - N.M.N \geq r_1 + 1,5 r_2$$

$$RN(m) = 483,50 - 482,50 \geq 0,30 + 0,66$$

$$RN(m) = 1 \geq 0,96$$

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tienen un valor suficiente se puede realizar mediante:

$$R_m(m) = Z_{cor} - N.M.E. \geq 1,5 r_2$$

$$R_m(m) = 483,50 - 482,80 \geq 1,5 \times 0,47$$

$$R_m(m) = 0,70 \geq 0,66$$

Resumiendo:

Cota de coronación (cota más alta de la estructura 478,45+0.10)	478,55
Cota N.M.N	477,55
Cota N.M.E	477,80
Resguardo normal	1,00
Resguardo mínimo	0,75

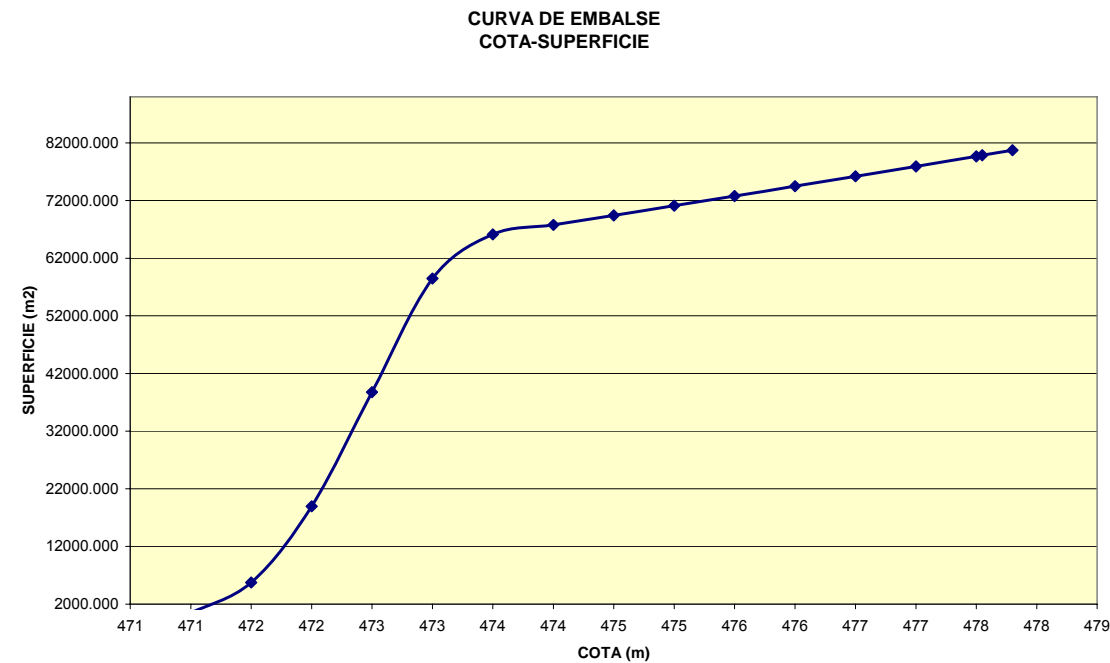
5.2. CAPACIDAD DE EMBALSE

En la tabla siguiente se representa el área y el volumen acumulado en la balsa para las diferentes alturas de agua en la misma.

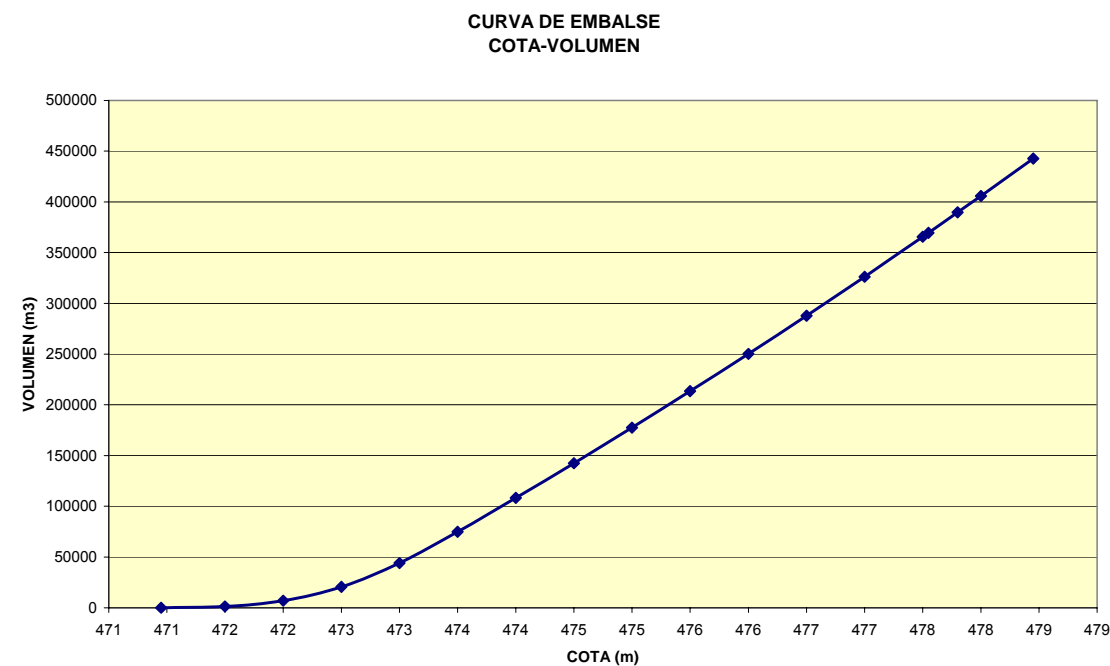
COTA	VOLUMEN	Área
470.95	0.000	0.000
471.5	1314.583	5736.360
472.00	6937.657	18959.853
472.50	20541.347	38753.919
473.00	44028.186	58481.341
473.50	74861.041	66123.823
474.00	108265.319	67767.184
474.50	142494.262	69424.867
475.00	177554.985	71096.659
475.50	213454.561	72782.638
476.00	250200.067	74482.739
476.50	287798.567	76196.962
477.00	326257.118	77925.302
477.50	365582.807	79667.884
477.55 cota N.M.N.	369569.846	79842.801
477.80 cota N.M.E.	389621.928	80720.070
478.00	405824.645	81424.508
478.45 cota de coronación	442764.362	83017.513

A continuación y de forma gráfica se representa las curvas de embalse de la balsa:

Curva Cota-Superficie



Curva Cota-Volumen



5.3. DRENAJE

Aún habiendo dispuesto un sistema de impermeabilización para la balsa, se estudian todas las posibilidades de paso del agua a través de ella, tanto en la filtración normal como en posibles defectos y averías, y se proyectan las disposiciones necesarias para que la evacuación de estas filtraciones se haga sin el menor peligro para la estabilidad del dique y sin posibilidad de arrastres. Además permitirá rebajar el freático en las proximidades de la balsa. Por lo tanto el sistema de drenaje bajo la lámina tendrá una doble finalidad:

- 3) Detectar posibles fugas en la lámina impermeabilizante
- 4) Evitar posibles subpresiones de aguas bajo la lámina, cuando la balsa se encuentre vacía.

Para ello se proyecta una red de conductos de drenaje formado por ramas en forma de espina de pez, separados 20 metros, que evacuen al exterior los posibles caudales filtrados de la balsa en la zona central y otra red de conductos en el perímetro que recojan los posibles caudales de los taludes. De esta manera se sectoriza o zonifica la balsa en cuatro zonas y se puede identificar la zona de donde provienen las fugas de aguas recogidas por el sistema de drenaje.

Para dimensionar los drenajes de la balsa se considera un caudal de filtración que resulta de un descenso de la lámina de agua de 5 mm en 1 hora, siguiendo el criterio de la publicación: "Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas" publicada por la Consejería de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Canarias.

Para el nivel máximo de explotación situado en el a cota 478,50 y el caudal de filtración anterior, el caudal de agua a recoger en la balsa asciende al siguiente valor:

$$\text{Volum} = 59.399,80 \text{ m}^2 \times 0,05 \text{ m} = 2.969,99 \text{ m}^3$$

$$Q \text{ drenaje} = 4.071,26 / (24 \times 3.600) = 0,034375 \text{ m}^3/\text{s} = 34,37 \text{ l/s}$$

Los drenes finales de transporte se proyectan con tubería de PVC lisa de 250 mm de diámetro que son capaces de transportar el caudal de 50 l/s con un pendiente del 0,5 % y un coeficiente de Manning de 0,010 con un grado de llenado del 84 %.

Los drenes intermedios se proyectan con tubería de se PVC ranurada de 200 mm de diámetros.

Input Data		
Mannings Coefficient	0.010	
Channel Slope	0.005000	m/m
Diameter	230.80	mm
Discharge	0.04	m ³ /s

Results		
Depth	0.19	m
Flow Area	0.04	m ²
Wetted Perimeter	0.53	m
Top Width	0.17	m
Critical Depth	0.18	m
Percent Full	83.76	
Critical Slope	0.005972	m/m
Velocity	1.20	m/s
Velocity Head	0.07	m
Specific Energy	0.27	m
Froude Number	0.82	
Maximum Discharge	0.05	m ³ /s
Full Flow Capacity	0.04	m ³ /s
Full Flow Slope	0.005189	m/m
Flow is subcritical.		

Para las tuberías de salida y perimetrales de los cuatro sectores y de 160 mm para las de drenaje del fondo de balsa. Las tuberías irán alojadas en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 300 gr/m² para evitar la contaminación y colmatación del filtro por el terreno circundante del dren. La salida de las aguas de drenaje de la balsa se realizará mediante cuatro tuberías de PVC de 250 mm de diámetro embebidas en un bloque de hormigón, que evacuen a una arqueta de desagüe en condiciones tales que permitan su vigilancia y aforo.

El drenaje de la balsa se completa con cuneta en la coronación con pendiente de bombeo en el camino del 2 % hacia la misma y con cuneta de pie de talud exterior.

5.4. CAUDALES DE DERIVACIÓN

Entrada a la balsa

La balsa por su disposición en el sistema del canal, tiene las funciones de balsa de cola, por tanto todos los caudales circulantes por el canal, que no se capten en las tomas directas anteriores o en la balsa previa, deberá destinarse al llenado de la balsa, de esta manera se consigue optimizar el recurso.

En el estudio de regulación realizado se refleja que el caudal de alimentación a la balsa en las horas de no riego está en torno a los 2,0 m³/s.

En este caso, y dado que la balsa se ha concebido con una segunda finalidad, funcionar como balsa de cola se ha mayorado la obra de entrada de la balsa haciéndola coincidir con la capacidad de transporte del canal en este tramo. De esta manera se asegura el funcionamiento integral del sistema, de tal manera que se hace imposible derivar caudales fuera del mismo.

Con estas premisas se adopta un caudal de 3,00 m³/s para la obra de entrada o llenado a la balsa B-2, que coincide por otra parte con la capacidad de transporte del canal principal en este tramo.

Es de señalar en este punto que la capacidad de derivación conjunta de ambas balsas cifrada en:

$$4 \text{ m}^3/\text{s} + 3 \text{ m}^3/\text{s} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Es superior al caudal de derivación del canal en cabecera estimado 4 m³/s.

Salida de la balsa

Domina una superficie de riego de unas 867 ha por lo que le caudal mínimo a derivar del canal será de:

$Q = \text{caudal ficticio de distribución JER} \times \text{superficie}$

Siendo el caudal ficticio continuo de 0,8626 l/s/ha

El caudal continuo de distribución durante la jornada efectiva de riego, sabiendo que se riega 16 horas al día de lunes a sábado:

$$0,862 \times (24/16) \times (7/6) = 1,5085 \text{ m}^3/\text{s}/\text{Ha}$$

$$Q = 1,5085 \times 867 = 1,308 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si mayoramos este caudal para cubrir un posible grado de libertad del regante:

$$G.L. = 1,2$$

$$Q = 1,308 \times 1,2 = 1,569 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.5. OBRA DE ENTRADA A BALSA

Para realizar el llenado de la balsa se ha proyectado una obra de entrada, cuya toma se realiza en el Canal de de las Aves a la altura del P. K.30+871

Esta obra está compuesta por tres elementos:

- Toma en el canal
- Canal de llenado
- Cuenco amortiguador

A continuación se describe y dimensiona cada elemento:

Toma en el canal

La obra de toma del canal hacia la balsa viene condicionada por dos premisas:

- 1) debe atender la demanda de la acequia K desde el canal
- 2) debe ser capaz de funcionar como balsa de cola.

Su ubicación permitirá almacenar los caudales transportados por el canal en caso de fallo y falsa maniobra, ya sea por anulación de la demanda, absorber una punta, un fallo en los cierres de compuertas, etc. En definitiva esta nueva infraestructura además de mejorar la zona regable que domina, evitará que los caudales circulantes por el canal debido a falsas maniobras se desaprovechen almacenándolo en la balsa.

Para el cumplimiento de las dos premisa anteriores, se ha diseñado la toma, con la disposición de una compuerta hidráulica de nivel aguas abajo constante, que nos permitirá derivar los caudales demandados por la acequia K. Dicha compuerta viene complementada por unos módulos de máscara con la finalidad de modular el caudal de salida de la misma.

De esta manera se controla el caudal necesario para la derivación de la toma de la acequia K, el resto del caudal se derivará hacia la balsa permitiendo almacenar el volumen circulante por el canal en la balsa y por tanto su reutilización posterior.

Para proteger al canal de caudales excesivos procedentes de aguas arriba, así como de falsas maniobras en el canal, se coloca un aliviadero lateral.

Para la ejecución del aliviadero lateral así como la obra de toma, se realiza una transición en el canal pasando de sección trapezoidal al rectangular, lo que permite realizar las obras del canal de derivación a la balsa y las obras del aliviadero lateral.

Como se ha justificado en el apartado 5.4 el caudal de diseño de la obra de entrada es de 3,00 m³/s que se corresponde con la máxima capacidad del canal principal en este tramo.

En cuanto al aliviadero, este se ha diseñado de tal manera que desagüe el caudal máximo de la toma 3 m³/s sin agotar el resguardo del canal cifrado en 0,30 metros por lo que el umbral del vertedero se sitúa a la cota 477,60.

El cálculo hidráulico de aliviadero se realiza con la siguiente formulación, correspondiente al vertedero de pared delgada:

$$q = \mu \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}} = 4,429 \cdot \mu \cdot L \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

$$\mu = 0,410 \cdot \left[1 + \frac{1}{1000 \cdot h + 1,6} \right] \cdot \left[1 + 0,5 \cdot \frac{h^2}{(h + p)^2} \right]$$

Donde,

Q= Caudal de descarga en m³/s

L= Longitud del aliviadero en m

h= Altura de agua sobre aliviadero en m

μ= Coeficiente de desagüe

p= Altura de solera a aliviadero

Para h=0,20 m y p= (477,60-476,30)=1,30 m se obtiene un coeficiente de desagüe de 0,4207.

q= 3,0m³/s

L=15,99 m

Adoptándose una longitud de aliviadero de 18,00 m lo que permite desaguar hasta un caudal de 3,00 m³/s con un resguardo de 0,10 metros.

Los caudales desaguados por el aliviadero se incorporan mediante una canal de by-pass al canal principal aguas abajo de la compuerta plana. Dicha compuerta es de dimensiones 4,0 x 0,40.

Las dimensiones del canal de by-pass son de 2,20 metros de ancho con pendiente de 0,5 %, lo que significa que es capaz de desaguar el caudal de diseño de 3,0 m³/s con un calado de 0,40 m., considerando un coeficiente de Manning de 0,020.

Por último se sitúa la toma hacia la balsa (canal de llenado) en la margen izquierda del canal en la que se dispone de una reja de desbaste, una compuerta plana de dimensiones 2,6 m por 0,90 metros, que independiza la balsa del canal en las labores de mantenimiento.

Para el diseño del labio de vertido en vertederos de pared delgada, como el que nos ocupa, se utilizan perfiles Creager. De esta forma el labio adopta una curva cuyos valores dependen únicamente del valor Ho ó altura de vertido.

Tomando como origen de coordenadas el punto más alto del vertedero, el perfil Creager queda definido mediante la siguiente tabla, en función de la altura de vertido:

X	Y
-0,284.Ho	0,127.Ho
-0,147.Ho	0,021.Ho
0	0
0,217.Ho	0,029.Ho.
0,583.Ho	0,187.Ho
1,230.Ho	0,734.Ho
1,840.Ho	1,556.Ho
2,758.Ho	3,336.Ho

Teniendo en cuenta que la altura de vertido con la que se han diseñado el vertido es Ho=0,20 m, el perfil Creager del labio de vertido queda definido mediante la siguiente tabla:

X	Y
-0.060	0.027
-0.031	0.004
0.000	0.000
0.046	0.006
0.123	0.039
0.260	0.155
0.388	0.328

En el documento de planos del presente proyecto se puede observar el resultado gráfico del labio de vertido. Concretamente en el plano 4.4.2 hoja 1 de 2.

Canal de llenado

Como se ha comentado anteriormente, este canal de entrada a la balsa, deriva del canal principal aguas arriba de la compuerta transversal del canal. Y consiste en un canal rectangular de 2,60 metros de ancho y de unos 28 m de longitud hasta llegar a la rampa de la balsa. Al final de la cual se diseña un cuenco amortiguador.

Cuenco amortiguador

Para proteger la lámina de la balsa en la zona de descarga, se realiza un cuenco amortiguador cuyas dimensiones se justifican a continuación:

Q	caudal (m ³ /s)	3.00
b	ancho vertedero (m)	2.60
q	caudal específico (m ³ /s/m)	1.15
h	lámina vertiente (m)	0.67
p	altura del azud (m)	5.35
p+h	H (m)	6.02
vr	velocidad a la entrada del cuenco (m/s)	7.60
y1	calado de entrada al cuenco (m)	0.15
F	número de Froude	6.24
y2	calado conjugado y2 (m)	1.26
y	calado de aguas abajo (m)	0.00
e	profundidad mínima necesaria (m)	1.26
L	Longitud del cuenco (m)	6.45

Por lo que se adopta una longitud de cuenco de 7 metros, profundizándolo en el terreno 1,30 metros por debajo de la solera de la balsa.

5.6. OBRA DE SALIDA

La obra de salida de la balsa se diseña fija, en la solera de la balsa, mediante una tubería con codo de 90 ° protegiendo su embocadura con una reja.

La tubería de se dimensiona con un diámetro de 1200 mm y material PRFV, a la que se protege con un dado de hormigón de 0,40 metros de espesor. En la embocadura se protege en forma de cubo. Esta tubería se bifurca en sus correspondientes arquetas en dos tuberías de distribución.

La primera de ellas se dimensiona con un diámetro de 500 mm y material PRFV, esta tubería deriva de la arqueta de seccionamiento, donde van ubicadas las válvulas de corte de

la misma y donde se ha dispuesto también otra válvula en la tubería principal, que funcionará como dispositivo de seguridad, en caso de tener que aislar la tubería bajo el terraplén de cierre. Esta válvula complementaría a la situada en el extremo de la conducción situada en la segunda arqueta de derivación, que se utilizaría como dispositivo de regulación.

En esta segunda arqueta, también se deriva la tubería de desagüe de fondo, la cual conecta posteriormente con a tubería de desagüe del aliviadero, de esta manera se aprovecha las tuberías de las tomas diseñadas, permitiendo que ésta puedan funcionar en situación de emergencia, como desagüe de fondo.

Todos los elementos descritos se representan en el capítulo 4 del documento planos.

A continuación se justifica los calibres de las tuberías diseñadas:

- Tubería de salida:

Esta tubería debe de ser capaz de transportar un caudal de 1,6 m³/s, según se ha justificado en el apartado 5.4 de este anejo.

A continuación se dimensionamos la misma con velocidades menores de 1,5 m/s para que las pérdidas de carga sean pequeñas. Por lo que tenemos, que con un DN 1200 mm la velocidad de transporte es de 1,38 m/s según se justifica en el cálculo siguiente.

Pérdida de carga	
Datos de entrada:	k= 0.009 mm
	D= 1.200 m
	Q= 1.569 m ³ /s
	L= 1.0 m
Temperatura agua 10 °C	

f= 0.01137602	V= 1.387 m/s
Δh= 0.0009 m	

Fórmula de Darcy-Weisbach:

$$i = f \times \frac{v^2}{2 \times g \times D}$$

$$\Delta h = i \times L$$

Donde:

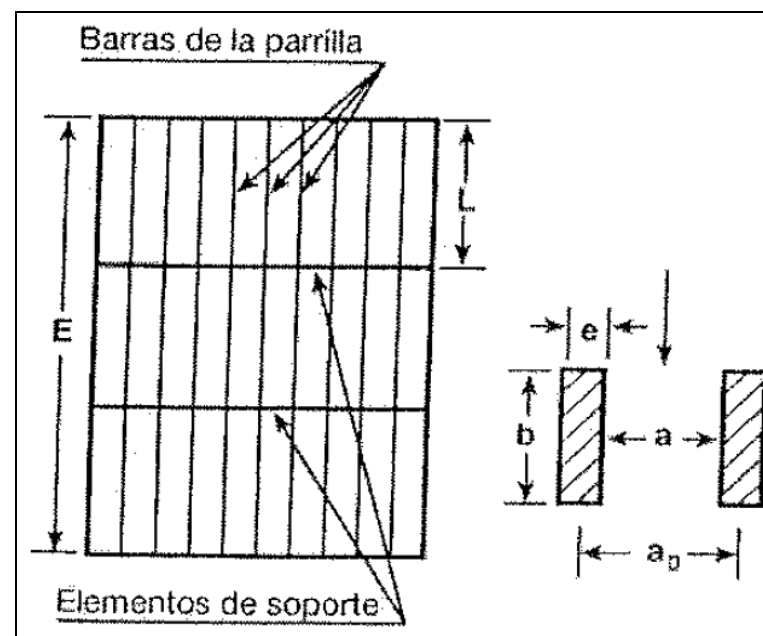
- i= pérdida de carga unitaria por rozamiento (m/m)
- v= velocidad (m/s)
- D= diámetro (m)
- Q= caudal (m³/s)
- g= aceleración de la gravedad=9,8 m2/s
- f= coeficiente de rozamiento
- k=rugosidad absoluta de la conducción

- tubería de derivación hacia la acequia j, parte de la G y apoyo a la regulación del canal en este punto, se dimensiona con una tubería de DN 500 según los resultados de la simulación de las redes de riego, justificados en el anejo nº 8 de este proyecto.
- Igualmente la tubería de derivación hacia la acequia 2J, 3J, se dimensiona con una tubería de DN 900, según los citados cálculos.

Dimensionamiento de la reja del desagüe de fondo

La obra de entrada y/o salida se efectúa por el fondo de la balsa mediante una tubería. En la boca del tubo se proyecta una reja de forma cilíndrica del diámetro del tubo con la cara superior ciega y enrejado lateral formado por pletinas de acero de 40x5mm con un espaciado de 50mm, que supone un coeficiente de reducción de 50 mm /55 mm = 0,91. En la parte inferior tiene una faja de 50cm para disponer de un volumen de almacenamiento de sólidos en el fondo de la balsa.

La obra por lo tanto es reversible, vamos a comprobar las condiciones hidráulicas más desfavorables, que se producen para la entrada.



Si se fija una velocidad de paso por las rejillas de 0,5 m/s se requiere una altura de reja de:

DATOS INICIALES

Diámetro obra de entrada:	1,200 mm
Caudal:	1,600.0 l/s
Coefficient de reducción de paso por reja (Cr):	0.91
Velocidad máxima permitida:	0.50 m/s
Altura faja retención sedimentos:	0.50 m

CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA REJA

Perímetro:	3.77 m
Perímetro útil:	3.43 m
Altura necesaria reja:	0.93 m
Altura adoptada reja:	1.35 m (peces de 30cm)
Altura total reja:	1.85 m

Se realiza una comprobación de la velocidad de paso de la reja considerando una colmatación del 70 %

COMPROBACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PASO PARA UN 70% COLMATACIÓN

Colmatación por sedimentación:	70 %
Superficie efectiva de paso:	1.39 m2
Velocidad de paso por la reja:	1.15 m/s
Velocidad máxima permitida:	1.20 m/s
Validación:	VÁLIDO

Finalmente a caudales punta, la velocidad de paso a través de las barras no tiene que ser superior a 0,9-1,5m/s (según diferentes publicaciones y recomendaciones) para evitar el arrastre de elementos depositados a través de las rejillas. En consecuencia, se adopta un valor límite de 1,5 m/s.

La pérdida de carga a través de la reja:

A continuación se determinan las pérdidas de carga ocasionadas por el paso del agua a través de la reja. La pérdida de carga producida viene dada por la fórmula de Berezinski modificada por Levin:

$$\Delta h = K_d \cdot K_f \cdot P^{1.6} \cdot f(L/b) \cdot \sin \sigma \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- Δh pérdida de carga (m) Δ
- Kd coeficiente por disminución de sección debido a la acumulación de sedimentos
 Kd = 1,1 a 1,2 para rejas con limpieza automática
 Kd = 1,5 para rejas normales
 Kd = 2 a 4 para rejas en cursos de agua de difícil limpieza
- Kf coeficiente de forma de la barra de la reja
 Kf = 0,51 para secciones rectangulares alargadas
 Kf = 0,35 para secciones circulares
 Kf = 0,32 para secciones alargadas redondeadas por los extremos
- P coeficiente de reducción

$$P = \frac{S_{bruta} - S_{neta}}{S_{bruta}}$$
, donde S (m2) es la superficie de la reja
- $$f(L/b) = 8 + 2,3 \frac{L}{b} + 2,4 \frac{b}{L}$$
- L anchura de la barra medida en la dirección del flujo (mm)
- b separación entre barras (mm)
- σ ángulo de la reja respecto a la horizontal
- v velocidad del agua sin reja (m/s)
- g aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²

En nuestro caso:

$$K_d = 1,5$$

$$K_f = 0,51$$

$$P = 0,09 = 1 - \frac{50mm}{55mm} = 1 - 0,91$$

$$L = 40 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$\sigma = 90^\circ$$

A continuación se aplica los datos a la fórmula de pérdida de carrera, comprobándose que éstas son prácticamente despreciables.

PÉRDIDA DE CARRERA A TRAVÉS DE LA REJA

Coeficiente por disminución de sedimentos (Kd):	1.50
Coeficiente de forma de la barra de la reja (Kf):	0.51
Superficie bruta:	5.09 m ²
Superficie neta:	4.63 m ²
Coeficiente de reducción (P):	0.09 = 1-Cr
Anchura de la barra en la dirección del flujo (L):	40.00 mm
Separación entre barras (b):	50.00 mm
f (L/b):	12.84
Ángulo de la reja respecto a la horizontal (σ):	90 °
Área de la tubería sin reja:	1.13 m ²
Velocidad del agua sin reja (v):	1.41 m/s
Δh :	0.022 m

5.7. ALIVIADERO DE SEGURIDAD

La balsa dispone de un aliviadero de seguridad en la obra de entrada, por lo que el aliviadero de la propia balsa tendrá la función de evacuar los caudales de una lluvia intensa hacia el río Tajo.

Se diseña adosado al camino de coronación, donde se dispone la caseta de instalaciones. Así se diseña un aliviadero de pared delgada situado a la cota de N.M.N + 0,05 = 477,60 cuya longitud sea capaz de aliviar el caudal de la hipótesis pésima. Dicha hipótesis consiste en considerar el caudal máximo que se podría producir en el caso de coincidencia de la precipitación máxima previsible para un período de retorno de 500 años, balsa llena y un fallo de parada en el sistema de vaciado de la balsa.

Para el cálculo de las precipitaciones máximas en diversos períodos de retorno se va a utilizar la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" (Madrid, 2001).

De la observación del mapa de máximas lluvias obtenemos para nuestra zona un valor medio P de la máxima precipitación diaria anual de 40 mm/día y un coeficiente de variación C_v de 0,41. Para cada periodo de retorno deseado T y con el valor de C_v, entrando en la tabla adjunta al mapa, obtenemos un factor de ampliación K_T. La precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado P_T resulta de multiplicar P por K_T.

De esta forma se obtiene el siguiente valor:

T (años)	K _T	P _T (mm/día)
500	2,785	128,11

El aguacero máximo para una hora de duración correspondiente a este período de retorno tendrá una intensidad:

$$I_h = 0,386 X_{24} = 0,386 \times 128,11 = 49,45 \text{ mm/h}$$

La superficie de lámina libre a la cota de Nivel Máximo Normal (477,55) es de 52.768,60 m², que equivale a un caudal de:

$$Q_1 = 49,45 \times 52.768,60 \times 10^{-3}/3600 = 0,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal vertido por el aliviadero responde a la siguiente expresión:

$$q = \mu \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}} = 4,429 \cdot \mu \cdot L \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

$$\mu = 0,410 \cdot \left[1 + \frac{1}{1000 \cdot h + 1,6} \right] \cdot \left[1 + 0,5 \cdot \frac{h^2}{(h + p)^2} \right]$$

Donde,

Q= Caudal de descarga en m³/s

L= Longitud del aliviadero en m

h= Altura de agua sobre aliviadero en m

μ= Coeficiente de desagüe

p= Altura de solera a aliviadero

Para una altura de agua sobre el labio del vertedero de h=0,20 m y una p= 1,00 m se obtiene un coeficiente de desagüe de 0,4181 lo que da una longitud de 6,00 para desaguar el caudal de q=1,00 m³/s.

Se adopta una longitud de 9,90 metros que permite desaguar un caudal de 1,63 m³/s. que está del lado de la seguridad.

En cuanto a la tubería de conexión y evacuación se diseña en PRFV y tiene una longitud estimada de 700 metros hasta llegar al río Tajo.

En los cálculos siguientes se obtiene la justificación del diámetro necesario de la conducción, para que esta sea capaz de transportar el caudal de diseño para la seguridad de la balsa, calculado en 0,73 m³/s correspondiente a la tormenta de diseño. Se adoptará el caudal de 1 m³/s.

Estableciendo Bernoulli entre la lámina de agua entre el vertido, y la salida en la entrega, considerando como cota de agua la cota de la cota de la lámina de agua en el río Tajo. (Cota 465,10)

Para que desagüe por gravedad, tendremos:

$$H_1 = H_2 + \text{Pérdidas}$$

Consideramos las pérdidas localizadas como un 10% de las continuas, por tanto obtenemos, calculando las pérdidas por la fórmula de Manning-Strickler:

$$h_1 + P_1/\gamma + v_1^2/2g = h_2 + P_2/\gamma + v_2^2/2g + iL = h_2 + v_2^2/2g + \frac{n^2 v^2}{Rh^{\frac{4}{3}}} L$$

Suponemos P₁ = P₂ y v₁ = 0, por lo tanto se obtiene:

$$h_1 - h_2 = \left(\frac{1}{2g} + \frac{n^2 L}{Rh^{\frac{4}{3}}} \right) v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{h_1 - h_2}{\frac{1}{2g} + \frac{n^2 L}{Rh^{\frac{4}{3}}}}}$$

Siendo la conducción de PRFV, con n = 0,009 y una longitud total L=700 m.

- Para $\Phi = 0,6$ m

$$S = 0,28 \text{ m}^2$$

$$v_2 = 3,84 \text{ m/s}$$

$$Q = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por lo tanto se demuestra que el caudal obtenido para ese diámetro, es el necesario para desaguar el vertido por gravedad.

5.8. DESAGÜE DE FONDO

El dimensionamiento del desagüe de fondo está condicionado por sus funciones:

- conseguir el vaciado de la balsa en situación normal en un tiempo prudencial que permita, en caso necesario, poder proceder sin mucha demora a su inspección, mantenimiento y trabajos de reparación.
- Permitir un vaciado rápido de la balsa en situación de emergencia.

En nuestro caso particular, la tubería del desagüe de fondo servirá como tubería de salida de agua y a su vez de desagüe de fondo. Se proyectará, en el tramo bajo el dique de balsa, con tubería de PRFV DN-1200, envuelta en un dado de hormigón. Partirá del fondo de la balsa y llegará hasta una arqueta de derivación, para luego continuar con una tubería de DN 600 que va a la arqueta de conexión a desagüe de fondo ubicada, aguas abajo de la balsa, desde donde se derivará un tubo de PRFV de 600 mm, correspondiente al desagüe de fondo, conectándose posteriormente con la conducción procedente del aliviadero y saliendo una tubería de desagüe de 600 mm hasta su vertido libre a un desagüe natural que en este caso es el propio río Tajo.

Los desagües profundos, constan de los siguientes elementos:

- a) Estructura de rejas
- b) Embocadura sin abocinamiento de un conducto circular de 1200 m de diámetro con el eje a la cota 468,94 m.s.n.m. y una longitud de unos 200 m.

- c) Válvula de Compuerta (seguridad y regulación) de diámetro 600 m.

- d) Tramo de conducción circular de 600 m.m de diámetro en una longitud total de 265,35 m.

- e) Codos

- f) Descarga al río a la cota +465.35

Se trata de determinar la ley de desagüe del conducto en función de la cota de agua en el embalse.

Por ello se establecerá la ecuación de Bernouilli según la línea de corriente a lo largo del desagüe entre un punto de la superficie libre del embalse y el punto de salida.

$$H_1 = H_2 + \sum h_i + \frac{v^2}{2g}$$

donde:

H_1 = Cota de agua en el embalse (variable entre 477,60 m.s.n.m cota del aliviadero y 468,34 m.s.n.m cota de la rasante del desagüe de fondo.)

H_2 = Cota del eje en la salida = 465,65

h_i = Pérdidas de carga a lo largo del conducto

v = Velocidad del agua (m/s) = $\frac{Q}{S}$

A continuación se expone la tabla correspondiente a la aplicación de la expresión anterior a toda la carrera de la balsa para un intervalo de 1 m.

**CÁLCULO DEL TIEMPO DE VACIADO DE LA BALSA
DESAGÜE DE FONDO**

Proyecto: Canal de las Aves

Balsa Balsa P.K.30+871

Tubería de salida: PRVF DN 1200mm PN 6 y DN 600 PN 6

CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA

Volumen de agua al nivel máximo extraordinario (Vo):	389,621.9 m ³
Nivel mínimo de explotación (Zi):	470.95 m
Nivel máximo normal (Zs):	477.55 m
Máxima altura de agua (h):	6.60 m
Decremento altura por iteración (Dz):	1.00 m

CARACTERÍSTICAS DEL DESAGÜE DE FONDO

	<u>Tubería 1</u>	<u>Tubería 2</u>
Cota de desagüe (Zd):	465.35 m	
Diámetro nominal del desagüe (DN):	1,200 mm	600 mm
Grueso tubería (e):	10.5 mm	18 mm
Diámetro interior del desagüe (D):	1,179.0 mm	564 mm
coeficiente de pérdidas a la salida (K)	0.50	0.5
Material tuberías de desagüe:	PRFV	PRFV
Coficiente de Manning (n):	0.009	0.009
Longitud de la tubería de desagüe (L):	200.0 m	265.35 m
Pendiente de la tubería de desagüe (p)	0.1 %	1.61 %

VALOR GENERAL

Constante proporcional altura-velocidad (C): 0.452

EVOLUCIÓN VACIADO DE LA TUBERÍA

Altura de agua (m)	cota (m.s.n.m)	Volumen acumulado (m ³)	Volum parcial (m ³)	Velocidad de salida (m/s)	desgudo (m ³ /s)	Tiempo vaciado parcial (s)	Tiempo vaciado acumulado (s)	Tiempos vaciado acumulado		
								Días	Horas	Minutos
6.60	477.6	242480.00	52,924.9	6.07	6.623	7,991	7,991	0	2	13
5.60	476.6	189555.10	39,292.6	5.88	6.421	6,120	14,111	0	3	55
4.60	475.6	150262.50	30,058.0	5.69	6.212	4,839	18,950	0	5	15
3.60	474.6	120204.50	21,083.7	5.49	5.996	3,516	22,467	0	6	14
2.60	473.6	99120.80	11,412.3	5.29	5.772	1,977	24,444	0	6	47
1.60	472.6	87708.50	3,973.3	5.07	5.538	717	25,161	0	6	59
0.60	471.6	83735.20	83,735.2	4.85	5.295	15,814	40,976	0	11	22
-0.40	470.6	0.00	0.0	4.62	5.040	0	40,976	0	11	22

El tiempo de vaciado de la balsa completo, obtenido como suma de los tiempos parciales correspondientes a cada metro, es de 11 horas y 22 minutos, cifra que se considera aceptable para este tipo de obras.

Fdo.: Milagros Higuera Toledano
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
N° Colegiado: 12.852

APENDICE 1. ESTUDIO DE LOS VOLÚMENES NECESARIOS DE REGULACIÓN EN BALSAS

MODERNIZACIÓN CANAL DE LAS AVES
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA Balsa 1 CON CAUDAL CONTINUO EN CABECERA

Caudales en cabecera			
Superficie de riego	3.704.18	ha	
q (CABECERA)	4.00	m ³ /s	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado de 6,00 a 22,00 horas
			Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado de 23,00 a 5,00 horas y domingo de 0 a 24 hora horas
	4.00	m ³ /s	
Volumen de entrada	10.714	hm³/mes	

Jornada de riego	
Riego a parcelas	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado de 6,00 a 22,00 horas

Caudal de distribución			
Jornada Efectiva de Riego (JER)	16.00	horas	Riego de 16 horas al día de Lunes a Sábado
Caudal continuo de distribución piso 1 durante JER	1.5085	m ³ /s	
Grado de libertad (G.L.)	1.200		
Horas de riego para los módulos de los hidrantes	13.33	horas	
Caudal de distribución balsa	1.810	m³/s	

Demandas					
TOMAS	SUPERF. (ha)	CAUDAL (m ³ /s)	CAUDAL ACUMULADO (m ³ /s)	P.K.	
sector s r	1635.7700	2.9611	2.9611		
balsa 1	922.0000	1.6690	4.6301		
acequia F, h e	189.11	0.3423	4.9724		
balsa 2	867.0000	1.5694	6.5418		
acequia K	90.3000	0.1635	6.7053		
					Se cumple caudal riego desde el canal 2,96+0.34+0.16 3.4669
					Resto con balsas 6.7053 -3.4669 3.2384
					Caudal sobrante en el tiempo de riego 4 -3.4669 0.5331
TOTAL	3704.1800	6.7053			

Volumen balsa 1	
1) Volumen de regulación semanal	230056 m ³

ALIMENTACIÓN Balsa EN HORAS DE NO RIEGO
 DEMANDA Balsa
 CAUDAL SOBRANTE DE RIEGO

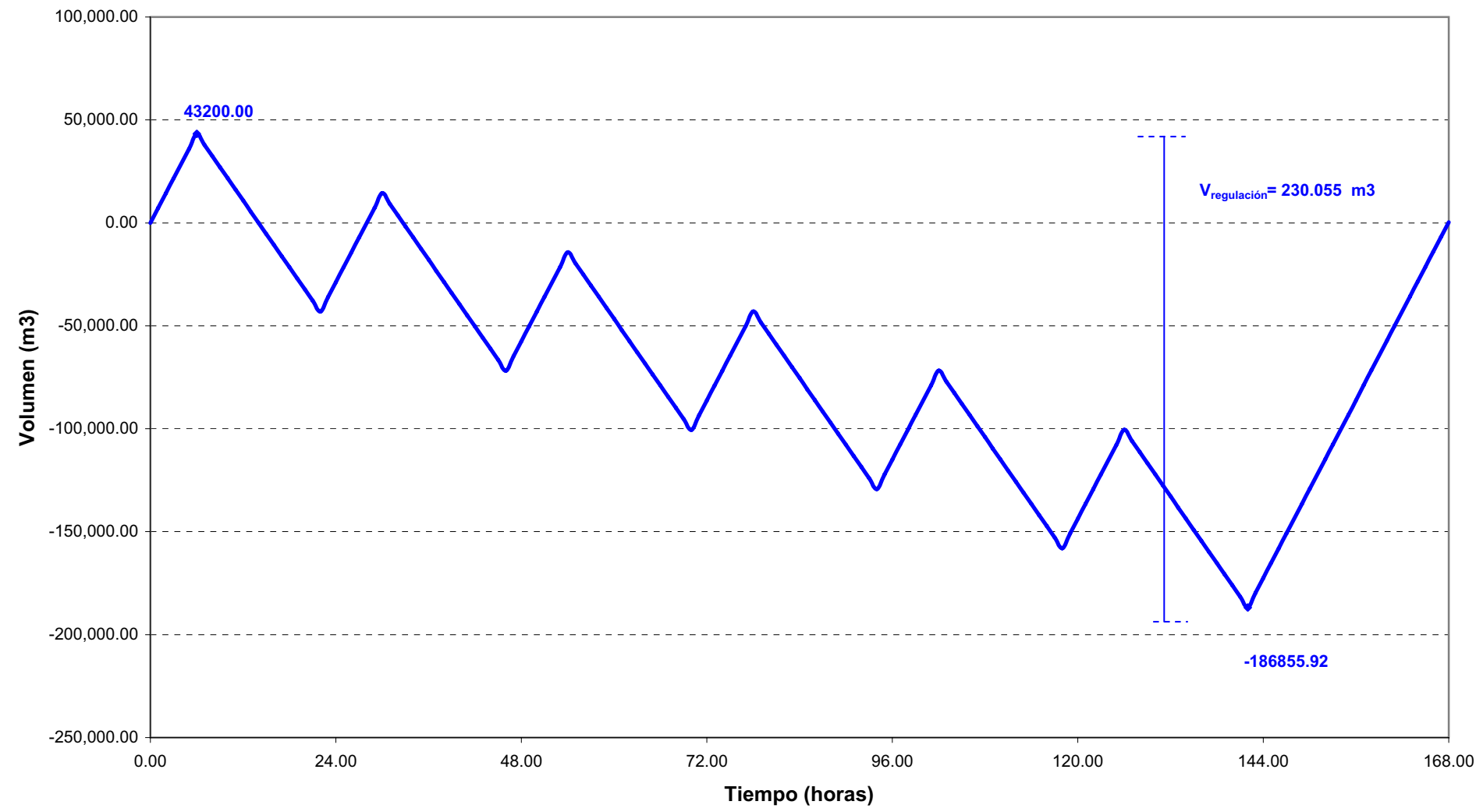
2.000000 m³/s
 1.6690 m³/s
 0.170000 m³/s

Dia	Hora	Alimentación balsa				Distribución balsa			Volumen saliente balsa (m ³)	Balance de caudales entrantes y salientes (m ³)
		Q canal (m ³ /s)	Horas (h)	Volumen (m ³)	Volumen acumulado (m ³)	Q (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Volumen acumulado (m ³)		
LUNES	0.00			0.00			0.00	0.00	0.00	
	1.00	2.000	1.00	7200.00	7200.00			0.00	7200.00	
	2.00	2.000	1.00	7200.00	14400.00			0.00	14400.00	
	3.00	2.000	1.00	7200.00	21600.00			0.00	21600.00	
	4.00	2.000	1.00	7200.00	28800.00			0.00	28800.00	
	5.00	2.000	1.00	7200.00	36000.00			0.00	36000.00	
	6.00	2.000	1.00	7200.00	43200.00			0.00	43200.00	
	7.00	0.170	1.00	612.00	43812.00	1.669	6008.42	6008.42	6008.42	37803.58
	8.00	0.170	1.00	612.00	44424.00	1.669	6008.42	12016.83	12016.83	32407.17
	9.00	0.170	1.00	612.00	45036.00	1.669	6008.42	18025.25	18025.25	27010.75
	10.00	0.170	1.00	612.00	45648.00	1.669	6008.42	24033.66	24033.66	21614.34
	11.00	0.170	1.00	612.00	46260.00	1.669	6008.42	30042.08	30042.08	16217.92
	12.00	0.170	1.00	612.00	46872.00	1.669	6008.42	36050.50	36050.50	10821.50
	13.00	0.170	1.00	612.00	47484.00	1.669	6008.42	42058.91	42058.91	5425.09
	14.00	0.170	1.00	612.00	48096.00	1.669	6008.42	48067.33	48067.33	28.67
	15.00	0.170	1.00	612.00	48708.00	1.669	6008.42	54075.74	54075.74	-5367.74
	16.00	0.170	1.00	612.00	49320.00	1.669	6008.42	60084.16	60084.16	-10764.16
	17.00	0.170	1.00	612.00	49932.00	1.669	6008.42	66092.57	66092.57	-16160.57
	18.00	0.170	1.00	612.00	50544.00	1.669	6008.42	72100.99	72100.99	-21556.99
	19.00	0.170	1.00	612.00	51156.00	1.669	6008.42	78109.41	78109.41	-26953.41
	20.00	0.170	1.00	612.00	51768.00	1.669	6008.42	84117.82	84117.82	-32349.82
	21.00	0.170	1.00	612.00	52380.00	1.669	6008.42	90126.24	90126.24	-37746.24
	22.00	0.170	1.00	612.00	52992.00	1.669	6008.42	96134.65	96134.65	-43142.65
	23.00	2.000	1.00	7200.00	60192.00			96134.65	96134.65	-35942.65
24.00	2.000	1.00	7200.00	67392.00			96134.65	96134.65	-28742.65	
MARTES	25.00	2.000	1.00	7200.00	74592.00			96134.65	96134.65	-21542.65
	26.00	2.000	1.00	7200.00	81792.00			96134.65	96134.65	-14342.65
	27.00	2.000	1.00	7200.00	88992.00			96134.65	96134.65	-7142.65
	28.00	2.000	1.00	7200.00	96192.00			96134.65	96134.65	57.35
	29.00	2.000	1.00	7200.00	103392.00			96134.65	96134.65	7257.35
	30.00	2.000	1.00	7200.00	110592.00			96134.65	96134.65	14457.35
	31.00	0.170	1.00	612.00	111204.00	1.669	6008.42	102143.07	102143.07	9060.93
	32.00	0.170	1.00	612.00	111816.00	1.669	6008.42	108151.49	108151.49	3664.51
	33.00	0.170	1.00	612.00	112428.00	1.669	6008.42	114159.90	114159.90	-1731.90
	34.00	0.170	1.00	612.00	113040.00	1.669	6008.42	120168.32	120168.32	-7128.32
	35.00	0.170	1.00	612.00	113652.00	1.669	6008.42	126176.73	126176.73	-12524.73
	36.00	0.170	1.00	612.00	114264.00	1.669	6008.42	132185.15	132185.15	-17921.15
	37.00	0.170	1.00	612.00	114876.00	1.669	6008.42	138193.56	138193.56	-23317.56
	38.00	0.170	1.00	612.00	115488.00	1.669	6008.42	144201.98	144201.98	-28713.98
	39.00	0.170	1.00	612.00	116100.00	1.669	6008.42	150210.40	150210.40	-34110.40
	40.00	0.170	1.00	612.00	116712.00	1.669	6008.42	156218.81	156218.81	-39506.81
	41.00	0.170	1.00	612.00	117324.00	1.669	6008.42	162227.23	162227.23	-44903.23
	42.00	0.170	1.00	612.00	117936.00	1.669	6008.42	168235.64	168235.64	-50299.64
	43.00	0.170	1.00	612.00	118548.00	1.669	6008.42	174244.06	174244.06	-55696.06
	44.00	0.170	1.00	612.00	119160.00	1.669	6008.42	180252.48	180252.48	-61092.48
	45.00	0.170	1.00	612.00	119772.00	1.669	6008.42	186260.89	186260.89	-66488.89
	46.00	0.170	1.00	612.00	120384.00	1.669	6008.42	192269.31	192269.31	-71885.31
	47.00	2.000	1.00	7200.00	127584.00			192269.31	192269.31	-64685.31
	48.00	2.000	1.00	7200.00	134784.00			192269.31	192269.31	-57485.31
49.00	2.000	1.00	7200.00	141984.00			192269.31	192269.31	-50285.31	
50.00	2.000	1.00	7200.00	149184.00			192269.31	192269.31	-43085.31	
51.00	2.000	1.00	7200.00	156384.00			192269.31	192269.31	-35885.31	
52.00	2.000	1.00	7200.00	163584.00			192269.31	192269.31	-28685.31	
53.00	2.000	1.00	7200.00	170784.00			192269.31	192269.31	-21485.31	
54.00	2.000	1.00	7200.00	177984.00			192269.31	192269.31	-14285.31	
55.00	0.170	1.00	612.00	178596.00	1.669	6008.42	198277.72	198277.72	-19681.72	
56.00	0.170	1.00	612.00	179208.00	1.669	6008.42	204286.14	204286.14	-25078.14	
57.00	0.170	1.00	612.00	179820.00	1.669	6008.42	210294.55	210294.55	-30474.55	
58.00	0.170	1.00	612.00	180432.00	1.669	6008.42	216302.97	216302.97	-35870.97	
59.00	0.170	1.00	612.00	181044.00	1.669	6008.42	222311.39	222311.39	-41267.39	
60.00	0.170	1.00	612.00	181656.00	1.669	6008.42	228319.80	228319.80	-46663.80	
61.00	0.170	1.00	612.00	182268.00	1.669	6008.42	234328.22	234328.22	-52060.22	
62.00	0.170	1.00	612.00	182880.00	1.669	6008.42	240336.63	240336.63	-57456.63	
63.00	0.170	1.00	612.00	183492.00	1.669	6008.42	246345.05	246345.05	-62853.05	
64.00	0.170	1.00	612.00	184104.00	1.669	6008.42	252353.47	252353.47	-68249.47	
65.00	0.170	1.00	612.00	184716.00	1.669	6008.42	258361.88	258361.88	-73645.88	
66.00	0.170	1.00	612.00	185328.00	1.669	6008.42	264370.30	264370.30	-79042.30	
67.00	0.170	1.00	612.00	185940.00	1.669	6008.42	270378.71	270378.71	-84438.71	
68.00	0.170	1.00	612.00	186552.00	1.669	6008.42	276387.13	276387.13	-89835.13	
69.00	0.170	1.00	612.00	187164.00	1.669	6008.42	282395.54	282395.54	-95231.54	
70.00	0.170	1.00	612.00	187776.00	1.669	6008.42	288403.96	288403.96	-100627.96	
71.00	2.000	1.00	7200.00	194976.00			288403.96	288403.96	-93427.96	
72.00	2.000	1.00	7200.00	202176.00			288403.96	288403.96	-86227.96	

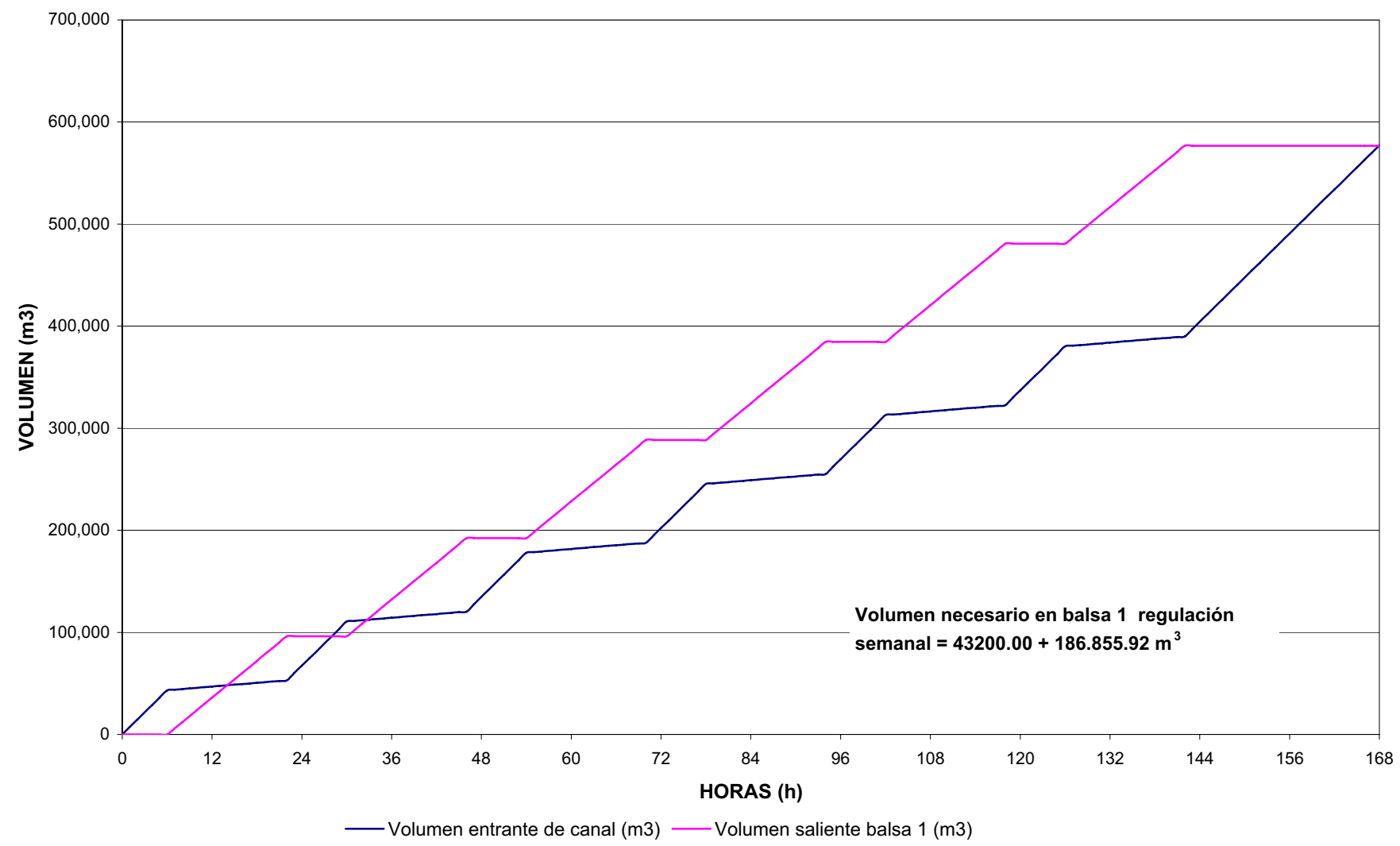
Dia	Hora	Alimentación balsa			Distribución balsa			Volumen saliente balsa (m ³)	Balance de caudales entrantes y salientes (m ³)
		Q canal (m ³ /s)	Horas (h)	Volumen (m ³)	Q (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Volumen acumulado (m ³)		
JUEVES	73.00	2.000	1.00	7200.00			209376.00	288403.96	-79027.96
	74.00	2.000	1.00	7200.00			216576.00	288403.96	-71827.96
	75.00	2.000	1.00	7200.00			223776.00	288403.96	-64627.96
	76.00	2.000	1.00	7200.00			230976.00	288403.96	-57427.96
	77.00	2.000	1.00	7200.00			238176.00	288403.96	-50227.96
	78.00	2.000	1.00	7200.00			245376.00	288403.96	-43027.96
	79.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	245988.00	288403.96	-48424.38
	80.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	246600.00	300420.79	-53820.79
	81.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	247212.00	306429.21	-59217.21
	82.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	247824.00	312437.62	-64613.62
	83.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	248436.00	318446.04	-70010.04
	84.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	249048.00	324454.46	-75406.46
	85.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	249660.00	330462.87	-80802.87
	86.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	250272.00	336471.29	-86199.29
	87.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	250884.00	342479.70	-91595.70
	88.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	251496.00	348488.12	-96992.12
	89.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	252108.00	354496.53	-102388.53
	90.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	252720.00	360504.95	-107784.95
	91.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	253332.00	366513.37	-113181.37
	92.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	253944.00	372521.78	-118577.78
	93.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	254556.00	378530.20	-123974.20
	94.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	255168.00	384538.61	-129370.61
	95.00	2.000	1.00	7200.00			262368.00	384538.61	-122170.61
	96.00	2.000	1.00	7200.00			269568.00	384538.61	-114970.61
97.00	2.000	1.00	7200.00			276768.00	384538.61	-107770.61	
98.00	2.000	1.00	7200.00			283968.00	384538.61	-100570.61	
99.00	2.000	1.00	7200.00			291168.00	384538.61	-93370.61	
100.00	2.000	1.00	7200.00			298368.00	384538.61	-86170.61	
101.00	2.000	1.00	7200.00			305568.00	384538.61	-78970.61	
102.00	2.000	1.00	7200.00			312768.00	384538.61	-71770.61	
103.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	313380.00	390547.03	-77167.03	
104.00	0.170	1.00	612.00	1.669	6008.42	313992.00	396555.45	-82563.45	
105.00	0.170	1.							

Día	Hora	Alimentación balsa			Distribución balsa			Volumen saliente balsa (m³)	Balance de caudales entrantes y salientes (m³)	
		Q canal (m³/s)	Horas (h)	Volumen (m³)	Volumen acumulado (m³)	Q (m3/s)	Volumen (m³)			Volumen acumulado (m³)
DOMINGO	145.00	2.000	1.00	7200.00	411552.00			576807.92	576807.92	-165255.92
	146.00	2.000	1.00	7200.00	418752.00			576807.92	576807.92	-158055.92
	147.00	2.000	1.00	7200.00	425952.00			576807.92	576807.92	-150855.92
	148.00	2.000	1.00	7200.00	433152.00			576807.92	576807.92	-143655.92
	149.00	2.000	1.00	7200.00	440352.00			576807.92	576807.92	-136455.92
	150.00	2.000	1.00	7200.00	447552.00			576807.92	576807.92	-129255.92
	151.00	2.000	1.00	7200.00	454752.00			576807.92	576807.92	-122055.92
	152.00	2.000	1.00	7200.00	461952.00			576807.92	576807.92	-114855.92
	153.00	2.000	1.00	7200.00	469152.00			576807.92	576807.92	-107655.92
	154.00	2.000	1.00	7200.00	476352.00			576807.92	576807.92	-100455.92
	155.00	2.000	1.00	7200.00	483552.00			576807.92	576807.92	-93255.92
	156.00	2.000	1.00	7200.00	490752.00			576807.92	576807.92	-86055.92
	157.00	2.000	1.00	7200.00	497952.00			576807.92	576807.92	-78855.92
	158.00	2.000	1.00	7200.00	505152.00			576807.92	576807.92	-71655.92
	159.00	2.000	1.00	7200.00	512352.00			576807.92	576807.92	-64455.92
	160.00	2.000	1.00	7200.00	519552.00			576807.92	576807.92	-57255.92
	161.00	2.000	1.00	7200.00	526752.00			576807.92	576807.92	-50055.92
	162.00	2.000	1.00	7200.00	533952.00			576807.92	576807.92	-42855.92
	163.00	2.000	1.00	7200.00	541152.00			576807.92	576807.92	-35655.92
	164.00	2.000	1.00	7200.00	548352.00			576807.92	576807.92	-28455.92
165.00	2.000	1.00	7200.00	555552.00			576807.92	576807.92	-21255.92	
166.00	2.000	1.00	7200.00	562752.00			576807.92	576807.92	-14055.92	
167.00	2.000	1.00	7200.00	569952.00			576807.92	576807.92	-6855.92	
168.00	2.000	1.00	7200.00	577152.00			576807.92	576807.92	344.08	
Horas de alimentación balsa		168.00			Horas de riego			96.00		

Variación volumen balsa 1



REGULACIÓN DE CAUDALES EN Balsa 1



**MODERNIZACIÓN CANAL DE LAS AVES
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA Balsa 2 CON CAUDAL CONTINUO EN CABECERA**

Caudales en cabecera			
Superficie de riego	3.704.18	ha	
q (CABECERA)	4.00	m ³ /s	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado de 6,00 a 22,00 horas
			Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado de 23,00 a 5,00 horas y domingo de 0 a 24 hora horas
Volumen de entrada	10.714	hm ³ /mes	

Jornada de riego	
Riego a parcelas	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado de 6,00 a 22,00 horas

Caudal de distribución			
Jornada Efectiva de Riego (JER)	16.00	horas	<i>Riego de 16 horas al día de Lunes a Sábado</i>
Caudal continuo de distribución piso 1 durante JER	1.5085	m ³ /s	
Grado de libertad (G.L.)	1.200		
Horas de riego para los módulos de los hidrantes	13.33	horas	
Caudal de distribución balsa	1.810	m ³ /s	

Demandas					
TOMAS	SUPERF. (ha)	CAUDAL (m ³ /s)	CAUDAL ACUMULADO (m ³ /s)	P.K	
sector s r	1635.7700	2.9611	2.9611		
balsa 1	922.0000	1.6690	4.6301		
acequia F, h e	189.11	0.3423	4.9724		
balsa 2	867.0000	1.5694	6.5418		
acequia K	90.3000	0.1635	6.7053		
					Se cumple caudal riego desde el canal 2,96+0.34+0.16 3.4669
					Resto con balsas 6.7053 -3.4669 3.2384
					Caudal sobrante en el tiempo de riego 4 -3.4669 0.5331
TOTAL	3704.1800	6.7053			

Volumen balsa 1	
1) Volumen de regulación semanal	223281 m ³

ALIMENTACIÓN Balsa EN HORAS DE NO RIEGO
 DEMANDA Balsa
 CAUDAL SOBRANTE DE RIEGO

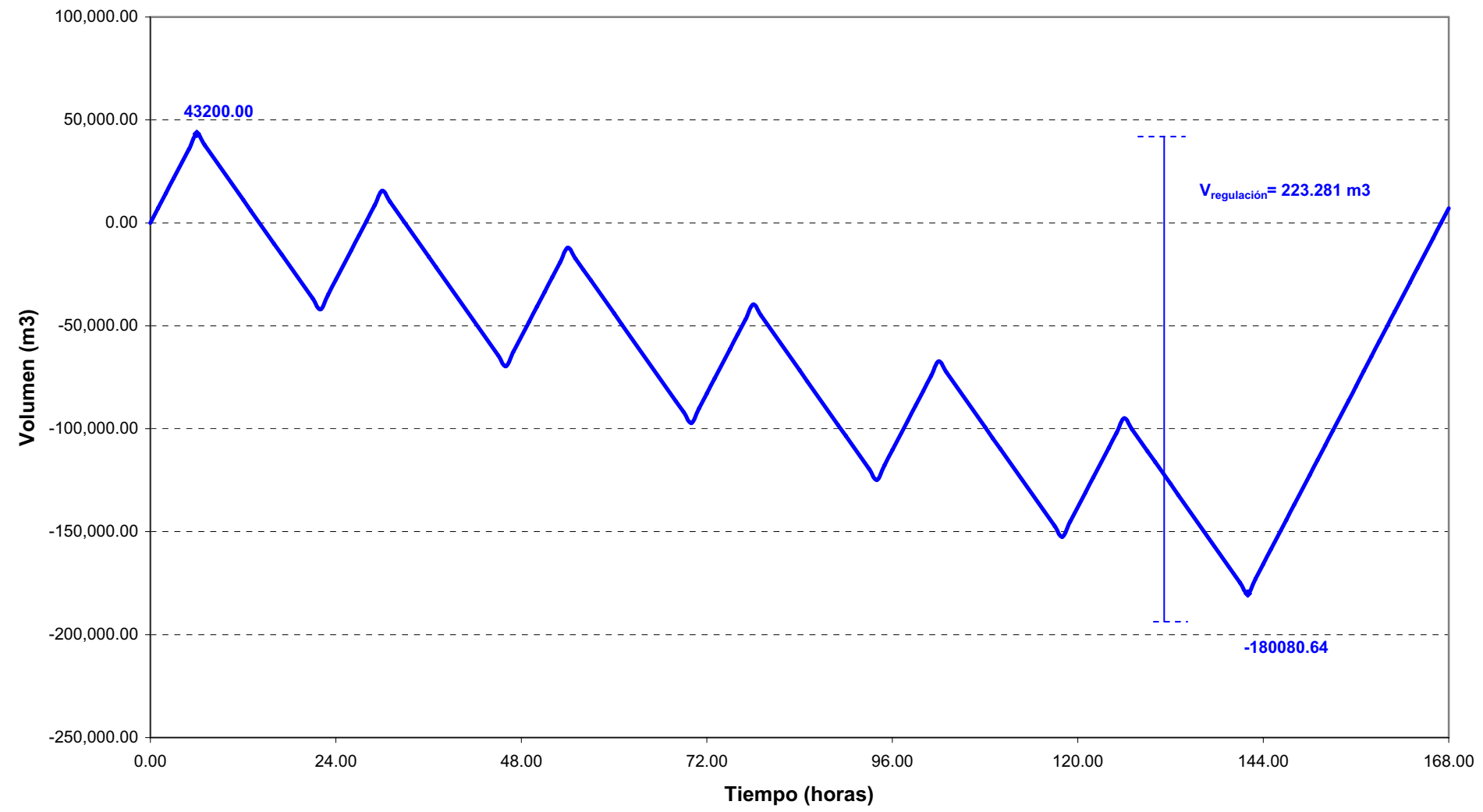
2.000000 m³/s
 1.5694 m³/s
 0.090000 m³/s

Día	Hora	Alimentación balsa				Distribución balsa			Volumen saliente balsa (m³)	Balance de caudales entrantes y salientes (m³)
		Q canal (m³/s)	Horas (h)	Volumen (m³)	Volumen acumulado (m³)	Q (m³/s)	Volumen (m³)	Volumen acumulado (m³)		
LUNES	0.00				0.00				0.00	0.00
	1.00	2.000	1.00	7200.00	7200.00				7200.00	7200.00
	2.00	2.000	1.00	7200.00	14400.00				14400.00	14400.00
	3.00	2.000	1.00	7200.00	21600.00				21600.00	21600.00
	4.00	2.000	1.00	7200.00	28800.00				28800.00	28800.00
	5.00	2.000	1.00	7200.00	36000.00				36000.00	36000.00
	6.00	2.000	1.00	7200.00	43200.00				43200.00	43200.00
	7.00	0.090	1.00	324.00	43524.00	1.569	5649.84	5649.84	5649.84	37874.16
	8.00	0.090	1.00	324.00	43848.00	1.569	5649.84	11299.68	11299.68	32548.32
	9.00	0.090	1.00	324.00	44172.00	1.569	5649.84	16949.52	16949.52	27222.48
	10.00	0.090	1.00	324.00	44496.00	1.569	5649.84	22599.36	22599.36	21896.64
	11.00	0.090	1.00	324.00	44820.00	1.569	5649.84	28249.20	28249.20	16570.80
	12.00	0.090	1.00	324.00	45144.00	1.569	5649.84	33899.04	33899.04	11244.96
	13.00	0.090	1.00	324.00	45468.00	1.569	5649.84	39548.88	39548.88	5919.12
	14.00	0.090	1.00	324.00	45792.00	1.569	5649.84	45198.72	45198.72	593.28
	15.00	0.090	1.00	324.00	46116.00	1.569	5649.84	50848.56	50848.56	-4732.56
	16.00	0.090	1.00	324.00	46440.00	1.569	5649.84	56498.40	56498.40	-10058.40
	17.00	0.090	1.00	324.00	46764.00	1.569	5649.84	62148.24	62148.24	-15384.24
	18.00	0.090	1.00	324.00	47088.00	1.569	5649.84	67798.08	67798.08	-20710.08
	19.00	0.090	1.00	324.00	47412.00	1.569	5649.84	73447.92	73447.92	-26035.92
	20.00	0.090	1.00	324.00	47736.00	1.569	5649.84	79097.76	79097.76	-31361.76
	21.00	0.090	1.00	324.00	48060.00	1.569	5649.84	84747.60	84747.60	-36687.60
	22.00	0.090	1.00	324.00	48384.00	1.569	5649.84	90397.44	90397.44	-42013.44
	23.00	2.000	1.00	7200.00	55584.00			90397.44	90397.44	-34813.44
24.00	2.000	1.00	7200.00	62784.00			90397.44	90397.44	-27613.44	
25.00	2.000	1.00	7200.00	69984.00			90397.44	90397.44	-20413.44	
26.00	2.000	1.00	7200.00	77184.00			90397.44	90397.44	-13213.44	
27.00	2.000	1.00	7200.00	84384.00			90397.44	90397.44	-6013.44	
28.00	2.000	1.00	7200.00	91584.00			90397.44	90397.44	-1186.56	
29.00	2.000	1.00	7200.00	98784.00			90397.44	90397.44	8386.56	
30.00	2.000	1.00	7200.00	105984.00			90397.44	90397.44	15586.56	
31.00	0.090	1.00	324.00	106308.00	1.569	5649.84	96047.28	96047.28	10260.72	
32.00	0.090	1.00	324.00	106632.00	1.569	5649.84	101697.12	101697.12	4934.88	
33.00	0.090	1.00	324.00	106956.00	1.569	5649.84	107346.96	107346.96	-390.96	
34.00	0.090	1.00	324.00	107280.00	1.569	5649.84	112996.80	112996.80	-5716.80	
35.00	0.090	1.00	324.00	107604.00	1.569	5649.84	118646.64	118646.64	-11042.64	
36.00	0.090	1.00	324.00	107928.00	1.569	5649.84	124296.48	124296.48	-16368.48	
37.00	0.090	1.00	324.00	108252.00	1.569	5649.84	129946.32	129946.32	-21694.32	
38.00	0.090	1.00	324.00	108576.00	1.569	5649.84	135596.16	135596.16	-27020.16	
39.00	0.090	1.00	324.00	108900.00	1.569	5649.84	141246.00	141246.00	-32346.00	
40.00	0.090	1.00	324.00	109224.00	1.569	5649.84	146895.84	146895.84	-37671.84	
41.00	0.090	1.00	324.00	109548.00	1.569	5649.84	152545.68	152545.68	-42997.68	
42.00	0.090	1.00	324.00	109872.00	1.569	5649.84	158195.52	158195.52	-48323.52	
43.00	0.090	1.00	324.00	110196.00	1.569	5649.84	163845.36	163845.36	-53649.36	
44.00	0.090	1.00	324.00	110520.00	1.569	5649.84	169495.20	169495.20	-58975.20	
45.00	0.090	1.00	324.00	110844.00	1.569	5649.84	175145.04	175145.04	-64301.04	
46.00	0.090	1.00	324.00	111168.00	1.569	5649.84	180794.88	180794.88	-69626.88	
47.00	2.000	1.00	7200.00	118368.00			180794.88	180794.88	-62426.88	
48.00	2.000	1.00	7200.00	125568.00			180794.88	180794.88	-55226.88	
49.00	2.000	1.00	7200.00	132768.00			180794.88	180794.88	-48026.88	
50.00	2.000	1.00	7200.00	139968.00			180794.88	180794.88	-40826.88	
51.00	2.000	1.00	7200.00	147168.00			180794.88	180794.88	-33626.88	
52.00	2.000	1.00	7200.00	154368.00			180794.88	180794.88	-26426.88	
53.00	2.000	1.00	7200.00	161568.00			180794.88	180794.88	-19226.88	
54.00	2.000	1.00	7200.00	168768.00			180794.88	180794.88	-12026.88	
55.00	0.090	1.00	324.00	169092.00	1.569	5649.84	186444.72	186444.72	-17352.72	
56.00	0.090	1.00	324.00	169416.00	1.569	5649.84	192094.56	192094.56	-22678.56	
57.00	0.090	1.00	324.00	169740.00	1.569	5649.84	197744.40	197744.40	-28004.40	
58.00	0.090	1.00	324.00	170064.00	1.569	5649.84	203394.24	203394.24	-33330.24	
59.00	0.090	1.00	324.00	170388.00	1.569	5649.84	209044.08	209044.08	-38656.08	
60.00	0.090	1.00	324.00	170712.00	1.569	5649.84	214693.92	214693.92	-43981.92	
61.00	0.090	1.00	324.00	171036.00	1.569	5649.84	220343.76	220343.76	-49307.76	
62.00	0.090	1.00	324.00	171360.00	1.569	5649.84	225993.60	225993.60	-54633.60	
63.00	0.090	1.00	324.00	171684.00	1.569	5649.84	231643.44	231643.44	-59959.44	
64.00	0.090	1.00	324.00	172008.00	1.569	5649.84	237293.28	237293.28	-65285.28	
65.00	0.090	1.00	324.00	172332.00	1.569	5649.84	242943.12	242943.12	-70611.12	
66.00	0.090	1.00	324.00	172656.00	1.569	5649.84	248592.96	248592.96	-75936.96	
67.00	0.090	1.00	324.00	172980.00	1.569	5649.84	254242.80	254242.80	-81262.80	
68.00	0.090	1.00	324.00	173304.00	1.569	5649.84	259892.64	259892.64	-86588.64	
69.00	0.090	1.00	324.00	173628.00	1.569	5649.84	265542.48	265542.48	-91914.48	
70.00	0.090	1.00	324.00	173952.00	1.569	5649.84	271192.32	271192.32	-97240.32	
71.00	2.000	1.00	7200.00	181152.00			271192.32	271192.32	-90040.32	
72.00	2.000	1.00	7200.00	188352.00			271192.32	271192.32	-82840.32	

Día	Hora	Alimentación balsa				Distribución balsa			Volumen saliente balsa (m³)	Balance de caudales entrantes y salientes (m³)	
		Q canal (m³/s)	Horas (h)	Volumen (m³)	Volumen acumulado (m³)	Q (m³/s)	Volumen (m³)	Volumen acumulado (m³)			
JUEVES	73.00	2.000	1.00	7200.00	195552.00				271192.32	271192.32	-76640.32
	74.00	2.000	1.00	7200.00	202752.00				271192.32	271192.32	-68440.32
	75.00	2.000	1.00	7200.00	209952.00				271192.32	271192.32	-61240.32
	76.00	2.000	1.00	7200.00	217152.00				271192.32	271192.32	-54040.32
	77.00	2.000	1.00	7200.00	224352.00				271192.32	271192.32	-46840.32
	78.00	2.000	1.00	7200.00	231552.00				271192.32	271192.32	-39640.32
	79.00	0.090	1.00	324.00	231876.00	1.569	5649.84	276842.16	276842.16	-44966.16	
	80.00	0.090	1.00	324.00	232200.00	1.569	5649.84	282492.00	282492.00	-50292.00	
	81.00	0.090	1.00	324.00	232524.00	1.569	5649.84	288141.84	288141.84	-55617.84	
	82.00	0.090	1.00	324.00	232848.00	1.569	5649.84	293791.68	293791.68	-60943.68	
	83.00	0.090	1.00	324.00	233172.00	1.569	5649.84	299441.52	299441.52	-66269.52	
	84.00	0.090	1.00	324.00	233496.00	1.569	5649.84	305091.36	305091.36	-71595.36	
	85.00	0.090	1.00	324.00	233820.00	1.569	5649.84	310741.20	310741.20	-76921.20	
	86.00	0.090	1.00	324.00	234144.00	1.569	5649.84	316391.04	316391.04	-82247.04	
	87.00	0.090	1.00	324.00	234468.00	1.569	5649.84	322040.88	322040.88	-87572.88	
	88.00	0.090	1.00	324.00	234792.00	1.569	5649.84	327690.72	327690.72	-92898.72	
	89.00	0.090	1.00	324.00	235116.00	1.569	5649.84	333340.56	333340.56	-98224.56	
	90.00	0.090	1.00	324.00	235440.00	1.569	5649.84	338990.40	338990.40	-103550.40	
	91.00	0.090	1.00	324.00	235764.00	1.569	5649.84	344640.24	344640.24	-108876.24	
	92.00	0.090	1.00	324.00	236088.00	1.569	5649.84	350290.08	350290.08	-114202.08	
	93.00	0.090	1.00	324.00	236412.00	1.569	5649.84	355939.92	355939.92	-119527.92	
	94.00	0.090	1.00	324.00	236736.00	1.569	5649.84	361589.76	361589.76	-124853.76	
	95.00	2.000	1.00	7200.00	243936.00			361589.76	361589.76	-117653.76	
	96.00	2.000	1.00	7200.00	251136.00			361589.76	361589.76	-110453.76	
97.00	2.000	1.00	7200.00	258336.00			361589.76	361589.76	-103253.76		
98.00	2.000	1.00	7200.00	265536.00			361589.76	361589.76	-96053.76		
99.00	2.000	1.00	7200.00	272736.00			361589.76	361589.76	-88853.76		
100.00	2.000	1.00	7200.00	279936.00			361589.76	361589.76	-81653.76		
101.00	2.000	1.00	7200.00	287136.00			361589.76				

Día	Hora	Alimentación balsa			Distribución balsa			Volumen saliente balsa (m³)	Balance de caudales entrantes y salientes (m³)
		Q canal (m³/s)	Horas (h)	Volumen (m³)	Volumen acumulado (m³)	Q (m3/s)	Volumen (m³)		
DOMINGO	145.00	2.000	1.00	7200.00	383904.00		542384.64	542384.64	-158480.64
	146.00	2.000	1.00	7200.00	391104.00		542384.64	542384.64	-151280.64
	147.00	2.000	1.00	7200.00	398304.00		542384.64	542384.64	-144080.64
	148.00	2.000	1.00	7200.00	405504.00		542384.64	542384.64	-136880.64
	149.00	2.000	1.00	7200.00	412704.00		542384.64	542384.64	-129680.64
	150.00	2.000	1.00	7200.00	419904.00		542384.64	542384.64	-122480.64
	151.00	2.000	1.00	7200.00	427104.00		542384.64	542384.64	-115280.64
	152.00	2.000	1.00	7200.00	434304.00		542384.64	542384.64	-108080.64
	153.00	2.000	1.00	7200.00	441504.00		542384.64	542384.64	-100880.64
	154.00	2.000	1.00	7200.00	448704.00		542384.64	542384.64	-93680.64
	155.00	2.000	1.00	7200.00	455904.00		542384.64	542384.64	-86480.64
	156.00	2.000	1.00	7200.00	463104.00		542384.64	542384.64	-79280.64
	157.00	2.000	1.00	7200.00	470304.00		542384.64	542384.64	-72080.64
	158.00	2.000	1.00	7200.00	477504.00		542384.64	542384.64	-64880.64
	159.00	2.000	1.00	7200.00	484704.00		542384.64	542384.64	-57680.64
	160.00	2.000	1.00	7200.00	491904.00		542384.64	542384.64	-50480.64
	161.00	2.000	1.00	7200.00	499104.00		542384.64	542384.64	-43280.64
	162.00	2.000	1.00	7200.00	506304.00		542384.64	542384.64	-36080.64
	163.00	2.000	1.00	7200.00	513504.00		542384.64	542384.64	-28880.64
	164.00	2.000	1.00	7200.00	520704.00		542384.64	542384.64	-21680.64
165.00	2.000	1.00	7200.00	527904.00		542384.64	542384.64	-14480.64	
166.00	2.000	1.00	7200.00	535104.00		542384.64	542384.64	-7280.64	
167.00	2.000	1.00	7200.00	542304.00		542384.64	542384.64	-80.64	
168.00	2.000	1.00	7200.00	549504.00		542384.64	542384.64	7119.36	
Horas de alimentación balsa		168.00			Horas de riego		96.00		

Variación volumen balsa 2



REGULACIÓN DE CAUDALES EN Balsa 2

