

ANEJO 10 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	5
1.1	ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	5
2	CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y DE PROCESO	6
2.1	Obra de llegada y canales de desbaste	6
2.2	Vertedero de excedentes y de regulación de caudales	13
2.3	Bombeo de agua bruta	15
2.4	Canal de recogida de aliviados	18
2.5	Colector de alivio	21
2.5.1	Descripción del modelo matemático	21
2.5.1	Resultados del modelo	24
2.6	Vertedero de emergencia	30

ANEXOS

- ANEXO 1 CURVA DE BOMBEO
- ANEXO 2 CURVA DEL MOTOR ELECTRICO

1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1 ALTERNATIVA SELECCIONADA

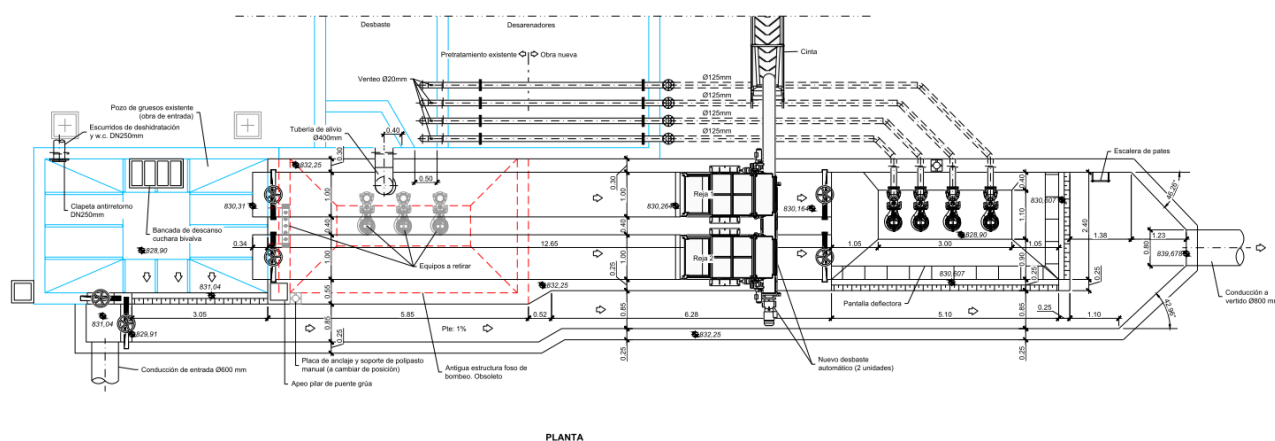
Se ha seleccionado la alternativa N°6, consistente en un sistema de desbaste de todo el influente mediante rejillas de desbaste automáticas, instaladas en unos nuevos canales de llegada y alivio, que comunican el pozo de gruesos y con nuevo pozo de bombeo situado en el extremo contrario de los canales.

La totalidad del caudal de agua que entra en la EDAR se hace circular a través de dos canales paralelos, desde el pozo de gruesos hasta el pozo de bombeo, pasando por las nuevas rejillas de desbaste automáticas, que dispondrán de compuertas de seccionamiento aguas arriba y abajo para permitir el acceso de operarios al pie de las mismas.

La descarga de las rejas se realiza hacia un lateral mediante un tornillo prensa que, a su vez, descarga en un juego de cintas transportadoras que conducen los residuos hasta un contenedor en la zona habilitada para la carga y descarga de camiones, en la entrada principal de la planta.

El labio vertedero principal, se encuentra en el nuevo pozo de bombeo de gruesos, en dos tramos rectilíneos con una longitud total de 7,50 m. La regulación de la altura de lámina de agua en el pozo de bombeo, se realiza con la doble consigna de mantener un cierto nivel mínimo para el correcto funcionamiento de las rejillas y no superar el caudal máximo admisible en pretratamiento de 210 m³/h. El vertido se producirá cuando se supere la capacidad de admisión de la planta, hacia un canal de recogida al pie de los labios vertederos, desde el que arranca un nuevo colector de alivio de diámetro 800 mm hasta el actual punto de vertido en el río Guadalix.

Así mismo, se ha previsto un segundo labio como vertedero de emergencia, a una cota superior, dispuesto en el pozo de gruesos, descargando a un canal paralelo a los de desbaste, que se une con el canal de recogida de excedentes del vertedero principal. Este aliviadero de emergencia sólo será necesario en el caso extremo de que ambas rejillas estén fuera de servicio y completamente atascadas, ya que éstas han sido dimensionadas para hacer frente individualmente al caudal máximo de diseño.



2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y DE PROCESO

2.1 Obra de llegada y canales de desbaste

DATOS DE PARTIDA:

Caudal máximo llegada colector:	700 l/s	2.520,00 m ³ /h
Caudal medio 2016:	22,22 l/s	80 m ³ /h
Caudal medio diseño:	40,56 l/s	146 m ³ /h
Caudal máximo admisible en la planta:	58,33 l/s	210 m ³ /h

Cota coronación pozo de gruesos actual:	832,25 m
Cota rasante del colector de llegada:	831,04 m
Cota fondo arqueta de recepción entrada:	831,04 m

Si bien en vista de los datos teóricos de láminas de agua a los distintos caudales, especialmente con el supuesto del colector remodelado, podría pensarse que existe margen para forzar en cierta manera la cota de descarga en el pozo de gruesos, lo cierto es que no se dispone de datos suficientes para comprobar qué alteraciones podrían producirse aguas arriba de este último tramo si el nivel de agua en el pozo de gruesos estuviese por encima de la rasante del colector en la llegada.

Por tanto a efectos de cálculo se considera la lámina de agua de partida (en el pozo de gruesos) a cota tal que no pueda afectar al funcionamiento del colector por este motivo, de modo que la descarga al mismo será libre, y se minimizará en lo posible en dimensiones la arqueta previa de derivación y aislamiento del pozo de gruesos.

Resguardo mínimo de entrada al pozo de gruesos:	0,125 m
---	---------

LÁMINA DE AGUA MÁXIMA EN EL POZO DE GRUESOS A EFECTOS DE CÁLCULO:	830,92
---	--------

En cuanto al pozo de bombeo se dispone de los siguientes datos de cotas y niveles:

Cota solera pozo bombeo:	828,90 m
Cota descarga bombeo (contacto con la atmósfera):	834,176 m
Niveles de sonda en la actualidad	
Cota mínima lámina de agua (sonda paro de todas las bombas, parada de 1ª bomba pequeña):	829,97 m
Cota de arraque de 1ª bomba pequeña y parada 2ª bomba pequeña:	830,17 m
Cota de arraque de 2ª bomba pequeña y parada bomba grande:	830,27 m
Cota de arranque de bomba grande:	830,65 m

En realidad estas condiciones del pozo de bombeo actual no afectan a las consideraciones que se han de hacer con el sistema modificado, el cual estará dotado de un control y regulación de las bombas de manera que se pueda decidir el caudal elevado y el nivel a mantener en el pozo de bombeo, con la doble utilidad de regular el caudal admitido y de ofrecer a las rejillas de desbaste los niveles óptimos de trabajo.

Nivel de agua mínimo a la salida de las rejillas de desbaste a mantener por condiciones de trabajo: 300 mm

Los caudales a comprobar son:

	ALIVIANDO		SIN ALIVIAR			
	Q. máximo colector	Q. punta cálculo aliviado	Máximo admisible en planta	Q. medio diseño	Q. medio actual	
Caudales:	2.520,00	240	210	146	80	m³/h
	700	66,67	58,33	40,56	22,22	l/s

Para el caudal máximo la cota máxima en el pozo de gruesos será tal que no afecte al colector de llegada.

COTA LAMINA DE AGUA EN POZO DE GRUESOS:	Dato de partida	De acuerdo con las condiciones aguas abajo			
	830,910	830,621	830,493	830,480	830,470

Caudales a comprobar:	Q máx colector	Q. punta cálculo aliviado	Máximo admisible en planta	Q. medio diseño	Q. medio actual	m³/h
	2520	240	210	146	80	

Las pérdidas de carga a lo largo del pozo de gruesos se consideran despreciables.

INICIO DEL CANAL DE DESBASTE PASADA LA COMPUERTA DE ENTRADA.

COTA DE LAMINA DE AGUA MÁXIMA EN LA SALIDA DEL POZO DE GRUESOS:	830,910	830,621	830,493	830,480	830,470
---	---------	---------	---------	---------	---------

Cota fondo de arranque de los canales de salida del pozo de gruesos a desbaste:

830,310 m

PÉRDIDA POR PASO POR LA COMPUERTA DE LA LÍNEA DE DESBASTE.

No se calcula como orificio sumergido porque no se permite que la lámina de agua toque el tablero.

Caudales:	2520	240	210	146	80	m ³ /h
	0,70	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Nº de líneas en servicio:	2	1	1	1	1	ud
Caudal máximo por línea:	1.260	240	210	146	80	m ³ /h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Pérdida de carga: $h = k * (v^2 / 2 * g)$						
Ancho de compuerta:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Altura de lámina de agua:	0,60	0,31	0,18	0,17	0,16	m
Velocidad:	0,58	0,21	0,32	0,24	0,14	m/s
Coef. Paso por aristas vivas: k =	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Pérdida:	0,0087	0,0012	0,0026	0,0015	0,0005	m

COTA DE LAMINA DISPONIBLE EN LA ENTRADA AL CANAL DE DESBASTE:

830,901	830,620	830,491	830,479	830,469
---------	---------	---------	---------	---------

Cota de fondo de los canales de salida del pozo de gruesos:

830,310 m

CÁLCULO DE COTA DE LAMINA DE AGUA DISPONIBLE AL FINAL DEL CANAL PREVIO DE DESBASTE.

Cota fondo arranque del canal de salida pozo de gruesos: 830,310 m

Longitud media de recorrido hasta canal de reparto a desbaste: 9,16 m

Pendiente solera: 0,00500 m/m

Pérdida de altura en solera por la pendiente del canal: **0,0458** m

	Q máx colector	Q. punta cálculo aliviado	Máximo admisible en planta	Q.medio diseño	Q.medio actual	
Caudal:	1.260	240	210	146	80	m ³ /h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Ancho del canal:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Calado medio:	0,60	0,31	0,18	0,17	0,16	m
Según Bazin: $C = 87 * \text{rcuad} (Rh) / (\text{gama} + \text{rcuad} (Rh))$	66,60	63,69	60,45	59,97	59,57	
Gama: (0,160 para el hormigón)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
Radio hidráulico:	0,27	0,19	0,13	0,13	0,12	m
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 * Rh)$						
Velocidad:	0,58	0,22	0,32	0,24	0,14	m/s
Pérdida de carga por unidad de longitud:	0,000281	0,000060	0,000215	0,000128	0,000045	m
Longitud media recorrido hasta canal reparto desbaste:	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	m
Pérdida por rozamiento en el canal:	0,0025769	0,0005482	0,0019712	0,0011723	0,0004162	m
Otras pérdidas de carga:						
Pérdida por puesta en velocidad: k =	1	1	1	1	1	
$h = k * (v^2 / 2 * g)$	0,0173	0,0024	0,0053	0,0030	0,0010	m
Pérdida de carga total en el tramo:	0,0199	0,0029	0,0073	0,0041	0,0014	m

COTA LAMINA DISPONIBLE AL FINAL DEL CANAL PREVIO A DESBASTE:

830,882	830,617	830,483	830,474	830,468
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Cota de fondo del canal de desbaste al final del tramo con pendiente:

830,264 m

Escalón de rebaje en el fondo del canal de acercamiento a reja de desbaste:

0,10 m

Cota de fondo del canal de rejillas de desbaste:

830,164 m

CÁLCULO DE COTA DE LAMINA DE AGUA EN LA ENTRADA A REJAS DE DESBASTE.

Caudal:	1260	240	210	146	80	m ³ /h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Ancho del canal:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Calado medio:	0,717	0,4524	0,319	0,310	0,304	m
Según Bazin: $C = 87 \cdot v(Rh) / (\text{gama} + v(Rh))$	67,19	65,50	63,85	63,70	63,59	
Gama: (0,160 para el hormigón)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
Radio hidráulico:	0,29	0,24	0,19	0,19	0,19	m
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 \cdot Rh)$						
Velocidad:	0,49	0,15	0,18	0,13	0,07	m/s
Pérdida de carga por unidad de longitud:	0,000179	0,000021	0,000042	0,000022	0,000007	m
Longitud tramo de rebaje previo a rejas:	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	m
Pérdida por rozamiento en el canal:	0,0000537	0,0000064	0,0000126	0,0000066	0,0000021	m

COTA DE LAMINA DE AGUA
DISPONIBLE EN LA ENTRADA A REJAS:

830,881	830,617	830,483	830,474	830,468
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PASO POR REJAS DE DESBASTE.

Paso por rejas automáticas de desbaste, para la protección del bombeo de agua bruta y del aliviado de excedentes. Se considera que a caudal máximo funcionan ambas rejas en paralelo simultáneamente.

Caudal:	1.260	240	210	146	80	m ³ /h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Reja recta de limpieza automática						
Ancho canal de reja desbaste:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Espesor de barrotes:	8	8	8	8	8	mm.
Separación entre barrotes:	25	25	25	25	25	mm

Caudal:	1.260	240	210	146	80	m ³ /h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Marco mecanismo:	214	214	214	214	214	mm
Coeficiente de reja:	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
Cota base de la reja de predesbaste:	830,164	830,164	830,164	830,164	830,164	
Calado de acercamiento:	0,717	0,452	0,319	0,310	0,304	m
Altura útil equivalente con un 30% de colmatación:	0,502	0,317	0,223	0,217	0,213	m
Velocidad de paso:	1,17	0,353	0,438	0,314	0,175	m/s
Coeficiente de forma específica:	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	
Según Kirschner:	$h = \text{coef.form} * ((e / s)^{(4/3)}) * ((v^2) / 2 * g)$					
Pérdida de carga:	0,120	0,01094	0,01684	0,00862	0,00270	m

Pérdida de carga adoptada a efectos específicos del equipo por funcionamiento por nivel diferencial en cuanto al automatismo de limpieza:

PÉRDIDA DE CARGA ADOPTADA:

0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Esta pérdida de carga debe asimilar la necesidad de diferencia de nivel para que las sondas puedan detectar la colmatación de las rejillas, y el valor de consigna debe ser para el peor de los casos, ya que debe dejar al sistema preparado para una eventual avenida y reaccionar automáticamente a ella.

COTA LAMINA DE AGUA DISPONIBLE A LA SALIDA DE REJAS DE DESBASTE:

830,761	830,606	830,467	830,466	830,465
0,597	0,441	0,302	0,301	0,301

Cota de fondo del canal a la salida de rejillas de desbaste:

830,164 m

CÁLCULO DE COTA DE LAMINA DE AGUA A LA SALIDA DE CANAL DE DESBASTE.

Caudal máximo por línea:	1.260	240	210	146	80	m³/h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m³/s
Pérdida de carga lineal:	Por rozamiento con el canal a la salida de la reja desbaste					
Según Bazin: $C = 87 \cdot v(Rh) / (\text{gama} + v(Rh))$	66,58	65,39	63,57	63,55	63,54	
Ancho del canal:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Calado:	0,597	0,441	0,302	0,301	0,301	m
Radio hidráulico:	0,27	0,23	0,19	0,19	0,19	m
Gama: (0,160 para el hormigón)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	m
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 \cdot Rh)$						
Velocidad:	0,59	0,15	0,19	0,13	0,07	m/s
Pérdida de carga por unidad de longitud:	0,000285	0,000023	0,000049	0,000024	0,000007	m
Longitud media de recorrido:	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	m
Pérdida de carga lineal:	0,0008742	0,0000699	0,0001502	0,0000731	0,0000221	m

El cálculo de la pérdida localizada al paso por la compuerta de salida, no se considera como orificio sumergido, ya que no se deberá permitir que la lámina de agua llegue a tocar el tablero. Se supone el efecto de paso con la compuerta totalmente abierta, con el tablero por encima de la lámina de agua y el marco embebido en el canal, de modo que se minimicen las turbulencias.

Caudal máximo por línea:	1.260	240	210	146	80	m³/h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m³/s
Pérdida de carga : $k \cdot (v^2 / (2 \cdot g))$	Al paso por la compuerta de aislamiento de la salida del desbaste					
Ancho de compuerta:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m.
Altura lámina de agua:	0,60	0,44	0,302	0,301	0,301	m.
Velocidad:	0,59	0,15	0,19	0,13	0,07	m/s
Marco embebido y compuerta totalmente abierta. $k =$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

Caudal máximo por línea:	1.260	240	210	146	80	m ³ /h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Pérdida de carga localizada:	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	m

Se debe minimizar el efecto de paso por la compuerta totalmente abierta, con el tablero por encima de la lámina de agua.

Pérdidas de carga totales:	0,0029	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000
COTA LAMINA DE AGUA A LA SALIDA DE CANALES DE DESBASTE:	830,759	830,606	830,466	830,466	830,465

PÉRDIDAS POR ENTRADA AL DEPÓSITO DEL POZO DE BOMBEO DE AGUA BRUTA

Pérdida de carga localizadas:	Por distintos conceptos a la salida del desbaste: $k_i * (v^2 / (2 * g))$					
Caudal a comprobar:	1.260	240	210	146	80	m ³ /h
	0,35	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Ancho del canal:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Calado:	0,594	0,441	0,302	0,301	0,301	m
Velocidad:	0,59	0,15	0,19	0,13	0,07	m/s
Por entrada a depósito: $k =$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Pérdida de carga:	0,0177	0,0012	0,0019	0,0009	0,0003	m

COTA LÁMINA TEÓRICA EN EL POZO DE BOMBEO DE AGUA BRUTA:	830,741	830,604	830,465	830,465	830,465
---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

2.2 Vertedero de excedentes y de regulación de caudales

La definición del labio de vertido es esencial para la capacidad de mantener el nivel de trabajo de las rejas, utilizando como dato de partida a caudal máximo por el colector, realizando el desbaste y a la vez aliviando los excedentes. Esto se hace para mantener una lámina de agua tal que no se supere la velocidad máxima de paso para el caudal máximo (1,2 m/s) y, también, para que se verifique la altura mínima de paso (300 mm) de caudales previos al aliviado. Esto obliga a la definición de una altura recta a vertedero, o posición del labio de vertido para cumplir con todos los requisitos.

El vertedero se encuentra en el pozo de bombeo de nueva construcción, situado inmediatamente a continuación de la salida de los canales de desbaste, de manera que la influencia de las condiciones de la reducción de velocidad, reunión de flujos, etc. serán absorbidos por la capacidad de regulación del bombeo y el vertido de excedentes. Al utilizar el bombeo para ese control, con sondas de nivel a la salida de las rejillas (nivel mínimo 300 mm) y medida del caudal elevado por las bombas, el sistema se ajustará automáticamente según los valores de consigna.

Por tanto, la definición del vertedero se hace según las necesidades de nivel en el canal por requerimientos de las rejillas, y que es el punto necesario de partida para el funcionamiento del conjunto. Luego en la práctica se regulará automáticamente según necesidades de nivel mediante la extracción por bombeo de sólo el agua admitida en el resto de la planta y el vertido consecuente de los caudales excedentes sobre el labio horizontal.

CÁLCULO DE LA COTA DE IMPLANTACIÓN DEL VERTEDERO.

ALIVIADERO DE EXCEDENTES (Aliviando todo el Q. máximo de entrada a planta)

Caudal máximo por el colector de llegada:	2.520 m ³ /h
Longitud vertedero de aliviado:	7,40 m
CÁLCULO VERTEDERO BAZIN	$Q = m \cdot h \cdot \text{Raiz}(2 g h)$
Calado necesario: (según condiciones salida desbaste)	0,568
Lámina de agua sobre vertedero a caudal de cálculo:	0,134
Altura recta a labio vertedero (p):	0,700
Coefficiente m: $m = (0.405 + 0.003/h) \cdot [1 + 0.55(h/(h+p))^2]$	0,433
Caudal evacuado/m	95 l/s/m.l.

Cota lámina agua a Q. máx de llegada por el colector aliviando sin admisión en la planta:	830,741
COTA DE VERTEDERO DE EXCEDENTES Y REGULACIÓN DE CAUDALES:	830,607

CÁLCULO DE COTA DE LAMINA DE AGUA A LA ALTURA DEL ALIVIADERO DE EXCEDENTES CON ADMISIÓN EN PLANTA.

Caudal a comprobar:	2520	240	210	146	80	m ³ /h
	0,70	0,07	0,06	0,04	0,02	m ³ /s
Caudal máximo admisible en planta:	210	210	210	210	210	m ³ /h
	ALIVIANDO		SIN ALIVIAR			
Caudal máximo admisible en planta:	2.310	30	-	-	-	m ³ /h
Lámina de agua para caudal aliviado:	0,127	0,007	-	-	-	m
Caudal por m de aliviadero:	87,00	1,12	-	-	-	l/s/ml

Cota lámina agua en el aliviado a caudal máximo de llegada por el colector, aliviando excedentes y elevando a la planta el caudal máximo admisible de cálculo:

COTA LAMINA DE AGUA EN ALIVIADERO DE EXCEDENTES:	830,733	830,614	-	-	-
--	---------	---------	---	---	---

2.3 Bombeo de agua bruta

La lógica de funcionamiento del bombeo, consiste en que la lámina de agua se ajuste automáticamente cumpliendo con la consigna del máximo caudal admitido en planta y con la comprobación del nivel aguas abajo de las rejillas de desbaste. Para ello se necesita que las bombas estén preparadas para trabajar con variador de frecuencia; lo cual no es factible con las bombas actualmente instaladas en la planta. Por este motivo, se ha previsto su sustitución por nuevas unidades, aprovechando la ocasión para optimizar las prestaciones y mejorar su operatividad.

Para simplificar el sistema y optimizar el control de bombeo, se opta por un único modelo de bomba que con 4 unidades (3+1) cubrirá todos los rangos de servicio previstos. Se parte de la capacidad de elevación del caudal máximo con la utilización de 2 unidades a máxima capacidad y se comprueba que se cubre igualmente dicho régimen con 3 unidades en regulación, por lo que en la práctica, se puede optar por un control en continuo exento de saltos entre el caudal medio actual y el máximo admisible.

El caudal mínimo previsto está dentro del rango de una sola bomba, la cual podría alcanzar incluso el caudal medio actual. De esta manera se dispondrá de distintas combinaciones de bombeo para distintos regímenes de vertido, evitando sombras o huecos en la continuidad de la regulación y el mantenimiento del nivel constante en el pozo.

La disposición de 4 unidades de bombeo tiene, además, los siguientes objetivos o prestaciones añadidas:

- Mejor cobertura para la aspiración del fondo del pozo, que tendrá una relativa gran superficie como consecuencia de disponer de dos labios de vertedero en lados distintos, y también para compensar con superficie el aporte de volumen necesario para absorber operaciones con cambios de flujo, con una mínima variación de nivel; como son descargas de retornos a cabecera, cambios de régimen de funcionamiento de bombas y otros ajustes.
- Permite disponer de reserva estricta, que mediante el concepto de rotación de funcionamiento para igualar las horas de trabajo, distribuirá también periódicamente la aspiración en distintos puntos del fondo para minimizar los acúmulos de sedimentos.

Se comprueba el bombeo según la curva específica de las bombas, con dos posiciones: con la cota de lámina de agua a mantener como consigna sin aliviado para todos los caudales, que es el nivel mínimo por el concepto de ofrecer la altura adecuada a las rejillas. Por otro lado con la altura geométrica mínima propia del nivel máximo en el pozo, que se produce al aliviar la máxima avenida.

Cota pozo de bombeo de consigna sin aliviado:

830,465 m

Cota pozo de bombeo durante el aliviado de excedentes a máximo caudal (con elevación máxima):

830,733 m

Cota solera pozo bombeo:

828,90 m

Cota descarga bombeo (contacto con la atmósfera): 834,176 m

Altura geométrica máxima (sin aliviado): 3,71 m

Altura geométrica mínima (aliviando el máximo caudal por el colector y deduciendo el caudal máximo de admisión a planta): 3,44 m

Caudales (m ³ /h):	Caudales de referencia			Máx. con 2 bombas	Máx. con 3 bombas	Medio con 2 bombas
	Máximo elevado	Medio actual	Mínimo teórico			
	210	80	16	105	70	40

Calculo pérdidas de carga de la impulsión a la altura geométrica que define la lámina de agua en el pozo de bombeo en condiciones de trabajo de cota máxima y mínima:

Hazen - Williams (en la forma para tuberías circulares): $I = (Q/0,279 C \cdot D^{2,63})^{1,85}$

Donde:

Q = Caudal en m³/s

D = Diámetro de la tubería en m

C = Coeficiente de Hazen - Williams. 125 (Acero inoxidable)

C viene corregido por el contenido en sólidos 117 ppm C x 0,9988885

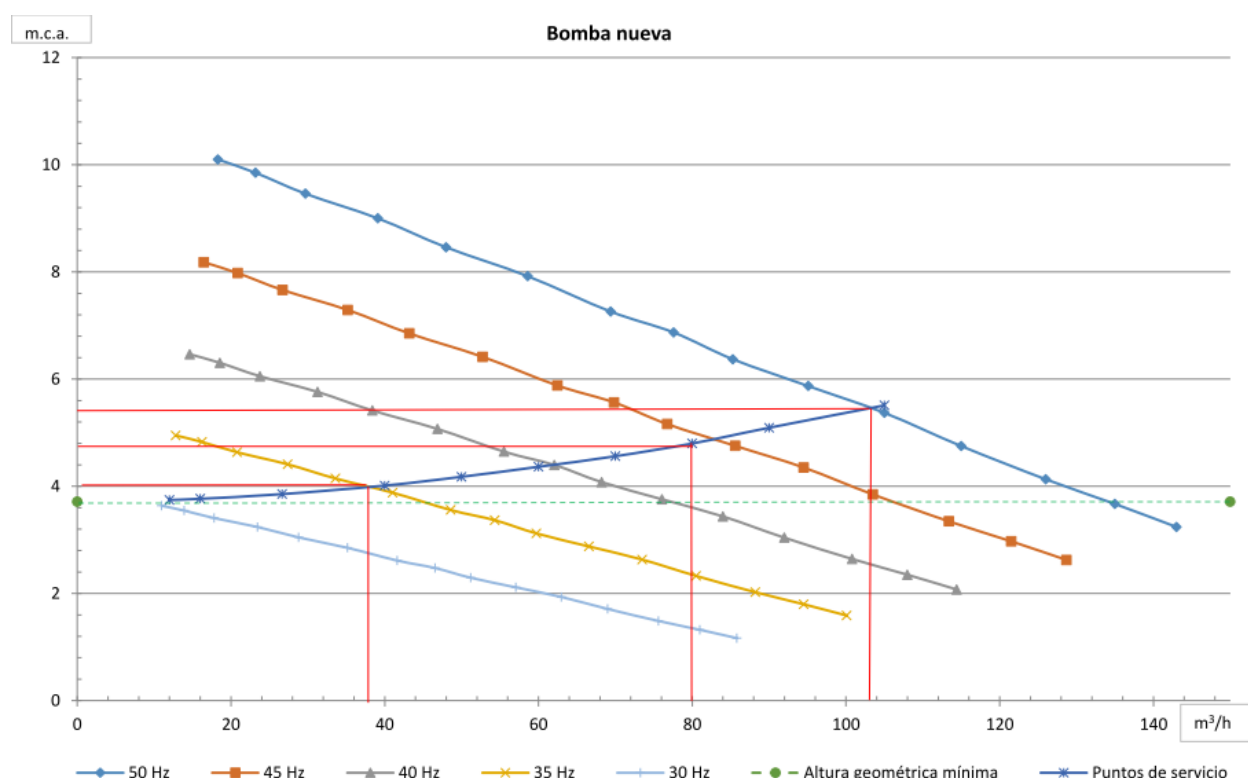
ESCENARIOS DE BOMBEO.

Cota descarga bombeo (contacto con la atmósfera):	834,176		834,176				
Nivel de agua en pozo de bombeo de consigna:	830,733		834,465				
Lámina de agua en pozo bombeo:	1,83		1,56				m
CAUDAL TOTAL ELEVADO EN REGULACIÓN:	210	210	210	80	40	16	m ³ /h
Nº Bombas en funcionamiento:	3	2	3	1	1	1	ud
CAUDAL UNITARIO:	70	105	70	80	40	16	m ³ /h
	0,019	0,029	0,019	0,022	0,011	0,004	m ³ /s
Altura geométrica elevación:	3,44	3,44	3,71	3,71	3,71	3,71	m

Diámetro colector unitario (individual):	125	125	125	125	125	125	mm
Velocidad:	1,58	2,38	1,58	1,81	0,91	0,36	m/s
Longitud colector:	16,76	16,76	16,76	16,76	16,76	16,76	m
Nº de codos 90º: (1/D =45)	4	4	4	4	4	4	Ud

Nº de codos 45º: (1/D =20)	3	3	3	3	3	3	Ud
Nº de salidas: (1/D =35)	1	1	1	1	1	1	
Longitud equivalente:	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	m
Coefficiente de Hazen - Williams (Acero envejecido):	125	125	125	125	125	125	
Corrección por concentración:	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	
Pérdida de carga:	1,21	2,57	1,21	1,55	0,43	0,08	mca
Altura manométrica:	4,66	6,01	4,93	5,27	4,14	3,79	mca

Todas las bombas contrastadas en el estudio están dotadas de variador de frecuencia y medidor de caudal en cada colector unitario, con descarga independiente en destino. La lógica de funcionamiento obedece a una consigna doble, consistente en mantener el nivel constante en el pozo de bombeo mientras los caudales estén por debajo del máximo admisible, y cuando estos sean superiores, y sea necesario aliviar, la consigna será que la suma de los caudales registrados por los caudalímetros en servicio no supere el máximo admisible en pretratamiento. El rango de regulación entraría, para esas bombas, dentro de una zona correcta, fuera de mínimos inviables para el control.



La comprobación se realiza considerando que el colector común existente se elimina y se dota a cada bomba de una tubería de impulsión individual, dotada de medidor de caudal y sin válvulas. No es recomendable con agua residual generar pérdida de carga para ajustar la presión mediante el estrangulamiento de válvulas en la impulsión, para evitar posibles problemas de obstrucción. Teniendo en cuenta que la descarga en destino se realiza sobre la lámina de agua, no se necesita válvula de

retención, con la ventaja de que en parada completa se vaciará parcialmente el colector, realizándose una cierta limpieza de posibles residuos acumulados a bajas velocidades.

Se considera un sistema con sensor de nivel de suficiente sensibilidad e inmune a turbulencias y espumas o irregularidades de la superficie por flotantes, como serían sondas sumergidas por presión hidrostática, de burbujeo o en todo caso tipo radar en zona con pantalla protectora que mitigue estos problemas de lámina de agua. Sería recomendable sistema de medida redundante de comprobación y programa de control completo, dotado de todos los detalles de seguridad y previsión de escenarios.

2.4 Canal de recogida de aliviados

CÁLCULO DE COTA DE LAMINA DE AGUA EN EL CANAL DE RECOGIDA DEL VERTEDERO PRINCIPAL Y CONEXIÓN CON EL COLECTOR DE ALIVIO.

A continuación se hace una aproximación simplificada del comportamiento del canal de aliviadero del pozo de bombeo de agua bruta para comprobar la viabilidad del sistema.

El labio vertedero de excedentes ocupa dos lados del pozo de bombeo, con diferente longitud, por lo que la recogida del caudal excedentes tiene lugar en dos canales que se unen para dirigir el agua al colector de vertido. Se trata de dos canales de distinta longitud y con orientaciones distintas, lo que provoca un flujo asimétrico hacia el punto de salida.

Caudal máximo de cálculo (Q máx colector):	2.520		m³/h
Aliviadero:	Largo	Corto	
Longitud del aliviadero:	5,00	2,40	m
Caudal de cálculo por ramal:	1.703	817	m ³ /h
	0,47	0,23	m ³ /s
Relación de caudales:	0,68	0,32	

COTA DE LAMINA DE AGUA EN COMIENZO EN CADA CANAL DE RECOGIDA DE ALIVIADO:	830,539	830,485
--	----------------	----------------

CANAL DE ALIVIADERO DE RECOGIDA DE EXCEDENTES

Aliviadero:	Largo	Corto	
Longitud en planta desde origen a ese punto:	15,70	20,95	m
Pendiente solera: 0,010 m/m			
Pérdida de altura total en solera por la pendiente del canal:	0,157	0,210	m
Cota de arranque solera a la altura del aliviadero de emergencia: 829,915			
Cota fondo canal en arranque del flujo en el canal:	829,758	829,705	m
Caudal máximo:	1.703	817	m ³ /h
	0,47	0,23	m ³ /s
Ancho del canal:	0,85	2,40	m
Calado medio:	0,781	0,780	m

Según Bazin:	$C = 87 \cdot \text{rcuad} (Rh) / (\text{gama} + \text{rcuad} (Rh))$	66,67	70,58	
Gama (para hormigón):		0,16	0,16	
Radio hidráulico:		0,28	0,47	m
Según Chezy:	$i = v^2 / (c^2 \cdot Rh)$			
Velocidad:		0,71	0,12	m/s
Perdida de carga por unidad de longitud:		0,000415	0,000006	m
Longitud canal de recogida aliviados y acceso al colector de vertido:		5,25	0,50	m
Pérdida por rozamiento en el canal:		0,002	0,000	m
Pérdida por puesta en velocidad:	Coeficiente k: 1,00	0,026	0,001	
Pérdida por cambios dirección:	Coef. (1x45º) k: 0,24	0,006	0,000	m
Pérdida por ampliación de sección	Coef. Entrada a depósito k: 0,69	0,018		m
Pérdida de carga en cada ramal:		0,0522	0,0010	m
REUNIÓN DE CAUDALES:				
Velocidad estadística al punto de reunión:		0,71	0,12	m/s
Relación de caudales:		0,68	0,32	
Pérdida por reunión de caudales:	Coef. k: 0,11	0,0030	0,0000	m

COTA DE LAMINA DE AGUA EN EL SECTOR DE REUNIÓN DE CAUDALES DE ALIVIADO:	830,483	830,484
--	----------------	----------------

CANAL DE RECOGIDA DE EXCEDENTES. TRAMO DE TRANSICIÓN A COLECTOR

Longitud en planta desde origen a ese punto:				21,45	m	
Pendiente solera: 0,010				0,215	m/m	
Pérdida de altura total en solera por la pendiente del canal:					m	
Cota de arranque solera a la altura del aliviadero de emergencia: 829,915						
Cota fondo canal:					829,700	m
Calado en el punto estadístico de reunión de caudales:					0,784	m
Caudal máximo:				2.520	m³/h	
				0,70	m³/s	
Anchos del canal en el tramo:		Medio estadístico				
Sector del tramo:	Comienzo/anchos de cálculo	Final	Salida tramo			Medio
Ancho estadístico:	1,89	0,79	0,79		1,89	
Calado:	0,78	0,78	0,72		0,78	
Velocidad cálculo:	0,47	1,13	1,22		0,47	m/s
Pérdidas de carga:	h = k * (v^2 / 2 * g)					

Concepto:	Reducción sección	Cambio dirección	Puesta en velocidad	
Referencia:	2,39	45°		
Coeficiente:	0,67	0,24	1,00	
	0,0437	0,0156	0,0763	
				Medio
Pérdida por rozamiento en el canal:				1,89 m
Según Bazin:				0,78 m
$C = 87 * \text{rcuad} (Rh) / (\text{gama} + \text{rcuad} (Rh))$				69,91
Gama: (0,160 para el hormigón)				0,16
Radio hidráulico:				0,43 m
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 * Rh)$				
Velocidad:				0,47 m/s
Pérdida de carga por unidad de longitud:				0,000107 m
Longitud de recorrido hasta entrada a colector vertido:				2,70 m
Pérdida por rozamiento en el canal:				0,0002879 m
Pérdida de carga total en el tramo:				0,1360 m

COTA DE LAMINA DE AGUA EN CANAL DE ALIVIADERO EN EL ACCESO AL COLECTOR:

830,348

ESTMACIÓN DE CALADO EN CANAL DE ACCESO A COLECTOR DE VERTIDO

Caudal máximo por el colector de llegada:	2.520	m ³ /h
	0,7	m ³ /h
Pérdida de carga por entrada en la conducción:	7,40	m
Diámetro interior del colector:	789,6	mm
Pendiente:	0,0114	m/m
Calado mínimo teórico para pendiente y material plástico:	0,344	m
Superficie de paso (sección mojada con ese calado):	0,205	m²
Velocidad:	3,42	m/s
Pérdidas de carga:	$h = k * (v^{\wedge}2 / 2 * g)$	
Coeficiente (entrada a colector) K =	0,548	
Pérdidas en la entrada a colector:	0,326	m
Calado en canal de acceso a colector de vertido:	0,67	m

COTA DE RASANTE DEL COLECTOR DE VERTIDO EN LA SALIDA DEL CANAL:

829,678

2.5 Colector de alivio

Se incluye en este apartado el cálculo del colector de alivio de la planta proyectado.

2.5.1 Descripción del modelo matemático

El modelo matemático para el cálculo del colector se elaborado mediante la aplicación EPA-SWMM y básicamente está compuesto por nodos, conducciones y vertederos.

2.5.1.1 Nodos

Los pozos representan físicamente las conexiones de los conductos de la red de saneamiento, así como los nodos receptores del caudal de alivio. Los datos de entrada de estos elementos son la rasante hidráulica y la profundidad máxima medida desde la rasante hidráulica hasta la superficie del terreno, junto con el caudal de diseño.

2.5.1.2 Conductos

Los datos de entrada para estos elementos son la geometría de la sección, la longitud de cada conducción, las cotas a la entrada y a la salida y la rugosidad del conducto. Para el cálculo del flujo en lámina libre se ha usado la ecuación de Manning:

$$Q = A \frac{R_H^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Siendo,

n: Coeficiente de Manning

R_H: Radio hidráulico

S: Pendiente hidráulica del flujo

El análisis hidráulico se realiza mediante el modelo de onda dinámica, que resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y genera resultados precisos en redes complejas. Con este tipo de modelo de transporte se puede representar el flujo presurizado de forma que el caudal que circula por la misma puede exceder el valor del caudal a tubo completamente lleno obtenido mediante la ecuación de Manning (flujo en lámina libre).

A su vez, la utilización del modelo de transporte de la onda dinámica contempla efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos y el flujo inverso, lo que permite reflejar con mayor exactitud el comportamiento de la red.

Así, para resolver el caudal en cada conducto utiliza una ecuación fruto de combinar la ecuación de cantidad de movimiento y la de conservación de la masa, del tipo:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + g A I_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + g A \frac{\partial H}{\partial x} = 0$$

Esta sigue siendo una sola ecuación a aplicar en el conducto. La pendiente motriz se evalúa con expresiones iguales a las del régimen permanente como la de Manning descrita anteriormente. Aplicando un esquema en diferencias finitas sobre la ecuación, entre un instante t y otro $t + \Delta t$ tenemos al final:

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t - \frac{k\Delta t}{R_h^{\frac{4}{3}}} |V_t| Q_{t+\Delta t} + 2V \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + V^2 \left[\frac{A_2 - A_1}{L} \right] \Delta t - gA \left[\frac{H_2 - H_1}{L} \right] \Delta t$$

Donde $k = g n^2$, con n coeficiente de rugosidad de Manning, L es la longitud del conducto, y Δt es el intervalo de tiempo de cálculo. Despejando el valor del caudal en el instante $t + \Delta t$, tenemos:

$$Q_{t+\Delta t} = \left[\frac{1}{1 + \frac{k\Delta t}{R_h^{\frac{4}{3}} |V|}} \right] \left[Q_t + 2V \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + V^2 \left[\frac{A_2 - A_1}{L} \right] \Delta t - gA \left[\frac{H_2 - H_1}{L} \right] \Delta t \right]$$

Los valores V , A y R que aparecen en la ecuación, están ponderados entre los valores de los nodos aguas arriba y aguas abajo. La variación del área respecto del tiempo, se calcula hacia atrás, en el instante t , por lo que es el dato desconocido. Se puede reescribir esta expresión final como:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{Q_t + \Delta Q_{\text{gravedad}} + \Delta Q_{\text{inercia}}}{1 + \Delta Q_{\text{rozamiento}}}$$

Donde están representadas todas las fuerzas actuantes sobre la masa del agua en la red de drenaje.

En caso de que el conducto entre en carga, el cálculo se lleva a cabo mediante las ecuaciones de Darcy-Weisbach:

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

Donde:

D : el diámetro de la conducción.

f : el factor de fricción

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

ε : la rugosidad absoluta del material de la conducción

Re : Número de Reynolds, que expresa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas.

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

siendo ν la viscosidad cinemática, que para el agua a 20°C es $1,14 \times 10^{-6}$.

La ecuación de conservación de la masa aplicada a cada nudo (cámara) se puede expresar como:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \sum (Q_t \Delta t / \Delta S_t)$$

Donde A_{St} es el área en planta de la cámara.

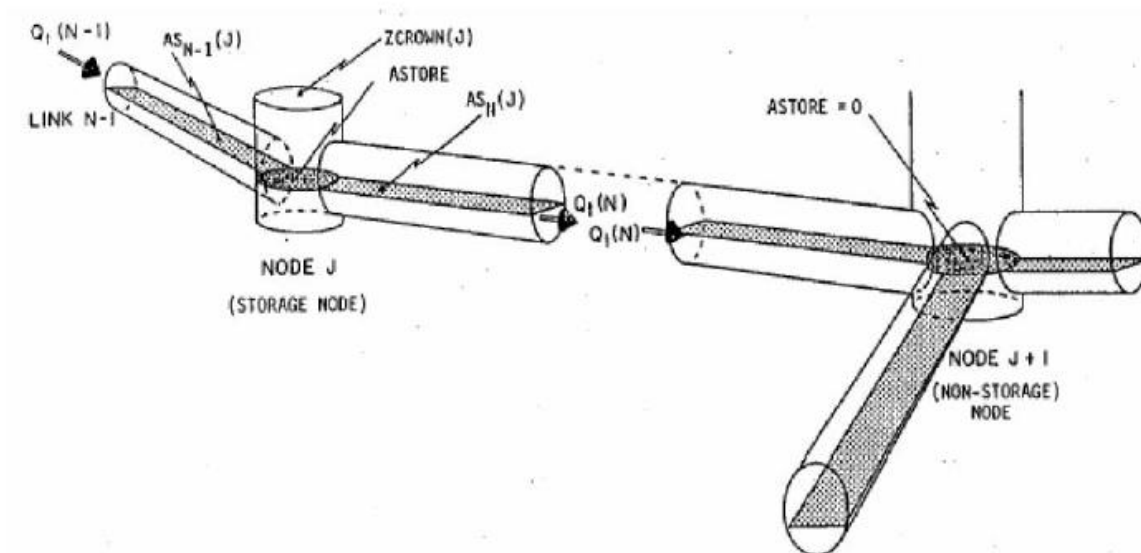


Fig 1. Conservación de la masa en cada nudo

2.5.1.3 Coeficiente de rugosidad de Manning

Se consideran los siguientes coeficientes de rugosidad de Manning para los distintos escenarios:

- Tubería existente. Hormigón en servicio: $n = 0,017$
- Tubería proyectada. PRFV en servicio: $n = 0,010$

2.5.2 Profundidad hidráulica máxima

En las conducciones cuyo funcionamiento sea en lámina libre, deberá comprobarse que, en la hipótesis de circulación del caudal máximo de proyecto (700 l/s), el llenado del colector debe ser inferior al 75%.

2.5.3 Velocidades mínimas y máximas

La velocidad del agua en cualquier punto del recorrido debe cumplir los requisitos de velocidad mínima y máxima. Con el caudal máximo de diseño circulando por el colector unitario, la velocidad no debe exceder de 5 m/s, sin sobrepasar nunca 6 m/s. Por otra parte, a caudal mínimo la velocidad mínima no deberá ser inferior a 0,6 m/s.

2.5.4 Caudal

Los caudales considerados para los cálculos son:

- Caudal máximo de diseño: $2.520 \text{ m}^3/\text{h}$

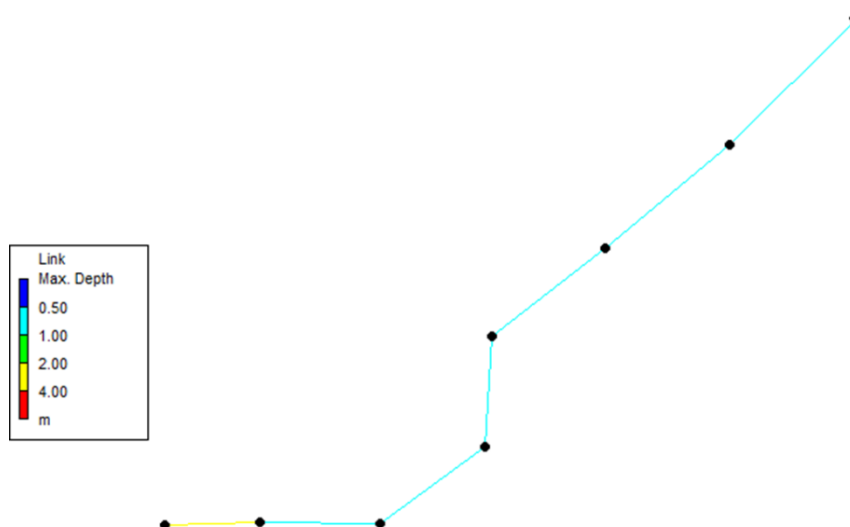
- Caudal mínimo de diseño: 80 m³/h

2.5.1 Resultados del modelo

2.5.1.1 Nuevo colector de alivio de PRFV, DN800

Datos topológicos para la modelización del colector de PRFV DN800 mm, Serie B, con diámetro interior ID = 789,6 mm:

Tramo	Colector					Cota batea inicio		Cota batea fin	
	Longitud	Pendiente	Diámetro int.	Sección	Material	Prof. (m)	Cota inf.	Prof. (m)	Cota inf.
0	2,60	1,00%	2,6 x 2,58	Rectangular	Hormigón	2,60	829,70	2,60	829,68
1	10,51	1,13%	789,6	Circular	PRFV	2,60	829,68	2,73	829,56
2	17,23	1,14%	789,6	Circular	PRFV	2,73	829,56	2,98	829,36
3	6,69	1,14%	789,6	Circular	PRFV	2,98	829,36	3,08	829,29
4	17,40	1,14%	789,6	Circular	PRFV	3,08	829,29	3,13	829,09
5	17,82	1,14%	789,6	Circular	PRFV	3,13	829,09	1,45	828,89
6	57,79	1,14%	789,6	Circular	PRFV	1,45	828,89	1,27	828,23



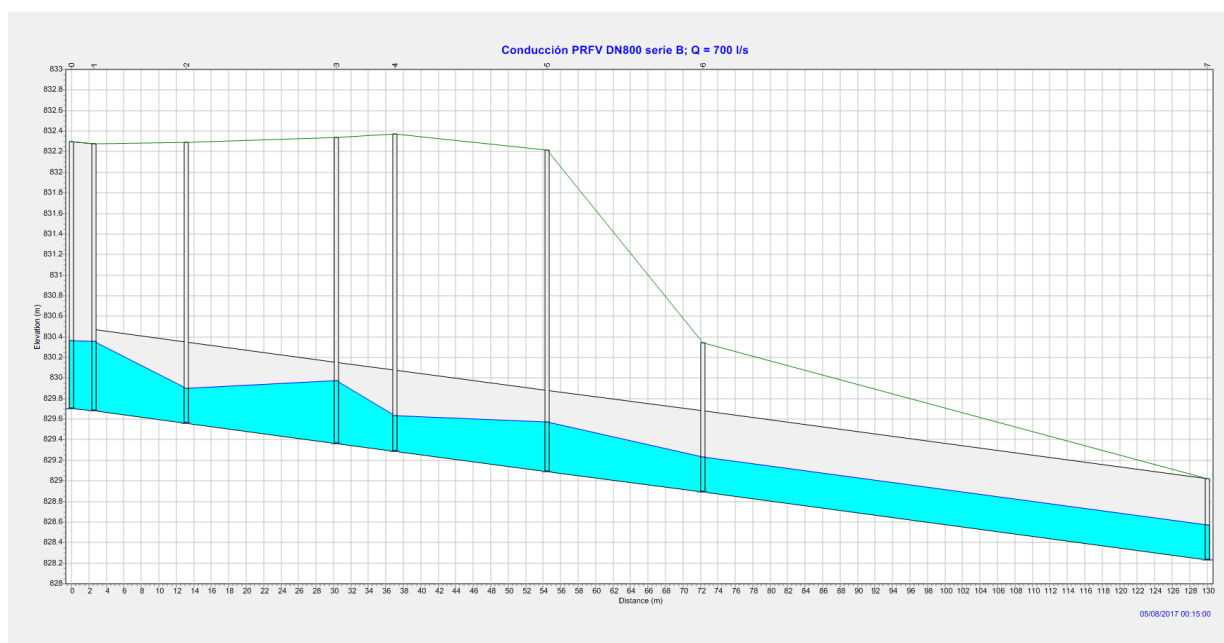
Además, se han introducido en el modelo las siguientes pérdidas de carga puntuales a asignadas a los puntos de entrada o salida de los tramos del colector, en los que se producen cambios de sección o de dirección en los pozos:

- Puesta en velocidad en canal de descarga de sección rectangular: $k = 1$
- Paso de sección rectangular a sección circular: $k = 1$
- Quiebros de trazado en planta de 45°: $k = 0,24$

De esta forma se obtienen los siguientes resultados, para el caudal máximo de diseño de 700 l/s, considerando la hipótesis habitual de descarga libre en el punto de vertido:

Nodo	Cota fondo	Calado máximo (m)	Cota máx. lámina de agua
0	829,70	0,66	830,36
1	829,68	0,68	830,36
2	829,56	0,34	829,90
3	829,36	0,62	829,98
4	829,29	0,34	829,63
5	829,09	0,48	829,57
6	828,89	0,34	829,23
7	828,23	0,34	828,57

Tramo	Sección	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Profundidad hidráulica (%)
0	Rectangular	700	0,30	0,67	-
1	Circular	700	2,09	0,51	64,59%
2	Circular	700	2,24	0,48	60,79%
3	Circular	700	2,24	0,48	60,79%
4	Circular	700	2,71	0,41	51,93%
5	Circular	700	2,70	0,41	51,93%
6	Circular	700	3,41	0,34	43,06%



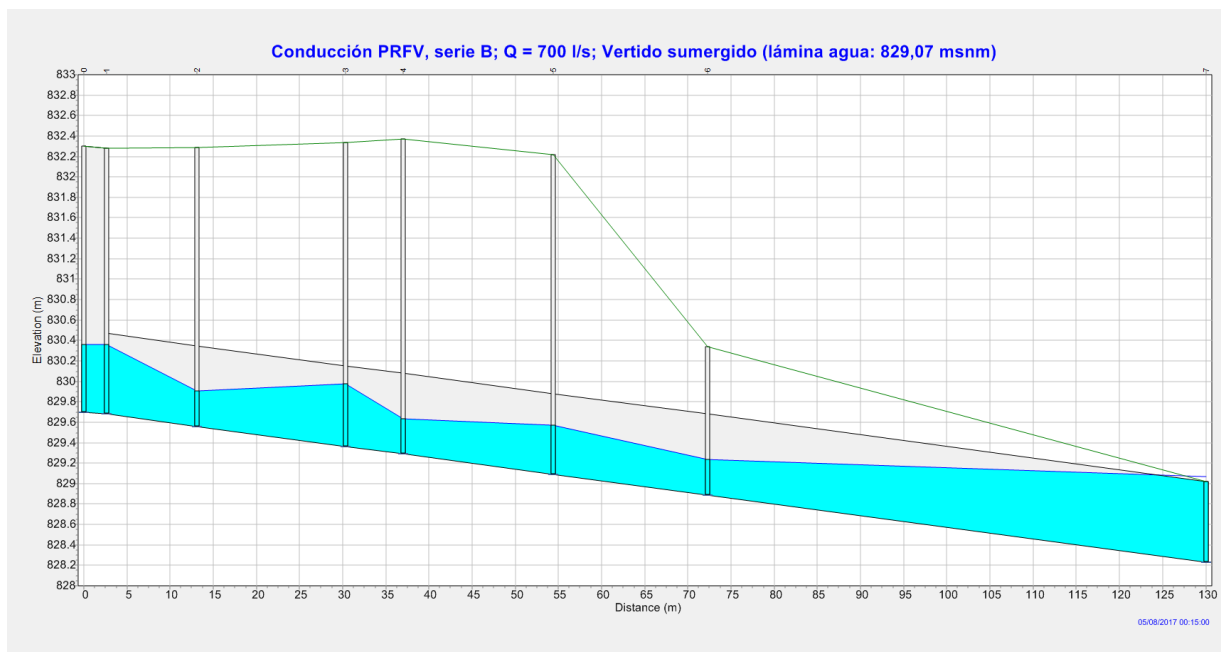
La comprobación para caudal mínimo del colector diseñado, ofrece en todos los casos velocidades superiores al límite inferior de 0,6 m/s. Solamente en el tramo inicial, correspondiente al canal rectangular

a cielo abierto, la velocidad es inferior a dicho valor, no obstante este tramo se ha modelizado con el fin de representar la condición de contorno aguas arriba del colector y no está afectado por dicha limitación.

De igual forma, se ha modelizado el comportamiento de éste colector de PRFV DN800, serie B, para el caso de que el punto de vertido se encuentre sumergido por una lámina de inundación a la cota 829,07 msnm, correspondiente a la avenida de T = 10 años de acuerdo con el Estudio de ZZ.II. incluido en el Anejo Nº 18.

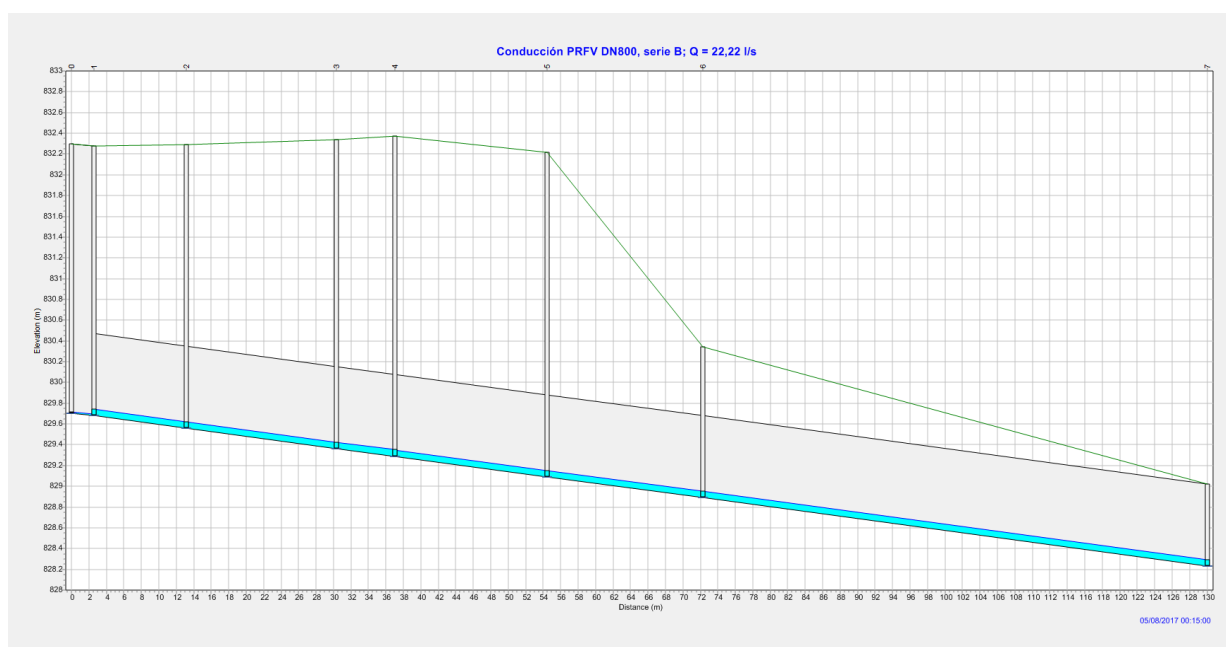
Los resultados en éste caso son los siguientes:

Tramo	Sección	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Profundidad hidráulica (%)
0	Rectangular	700	0,30	0,67	-
1	Circular	700	2,09	0,51	64,59%
2	Circular	700	2,24	0,48	60,79%
3	Circular	700	2,24	0,48	60,79%
4	Circular	700	2,71	0,41	51,93%
5	Circular	700	2,70	0,41	51,93%
6	Circular	700	1,86	0,79	100,00%



Análogamente, se han comprobado que las velocidades para un caudal mínimo de diseño de valor $Q_{\min} = 22,22$ l/s, están por encima del valor mínimo recomendado:

Tramo	Sección	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Profundidad hidráulica (%)
0	Rectangular	22,22	0,37	0,02	-
1	Circular	22,22	1,25	0,06	2,53%
2	Circular	22,22	1,25	0,06	7,60%
3	Circular	22,22	1,21	0,06	7,60%
4	Circular	22,22	1,25	0,06	7,60%
5	Circular	22,22	1,24	0,06	7,60%
6	Circular	22,22	1,25	0,06	7,60%

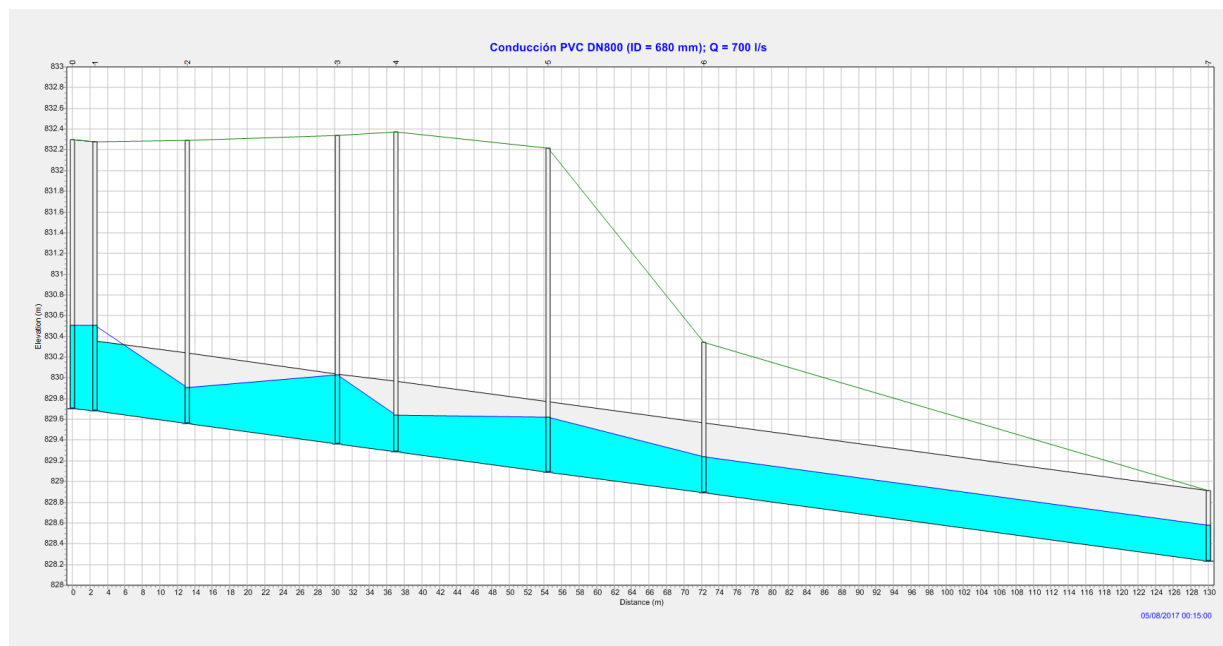


Se han ensayado otras alternativas que han sido descartadas por no cumplir con algunas de las limitaciones inicialmente expuestas, principalmente la relativa a una profundidad hidráulica máxima del 75% a caudal máximo, así como por no dejar un hueco mínimo para la entrada de aire en la sección circular de inicio del colector. Tal es el caso de las siguientes variantes:

- Conducción PVC de pared estructurada DN800, tipo SN-8:
 - N Manning = 0,009
 - Diámetro interior; ID (mm) = 680 mm

Resultados para caudal máximo de diseño $Q_{\text{máx}} = 700 \text{ l/s}$:

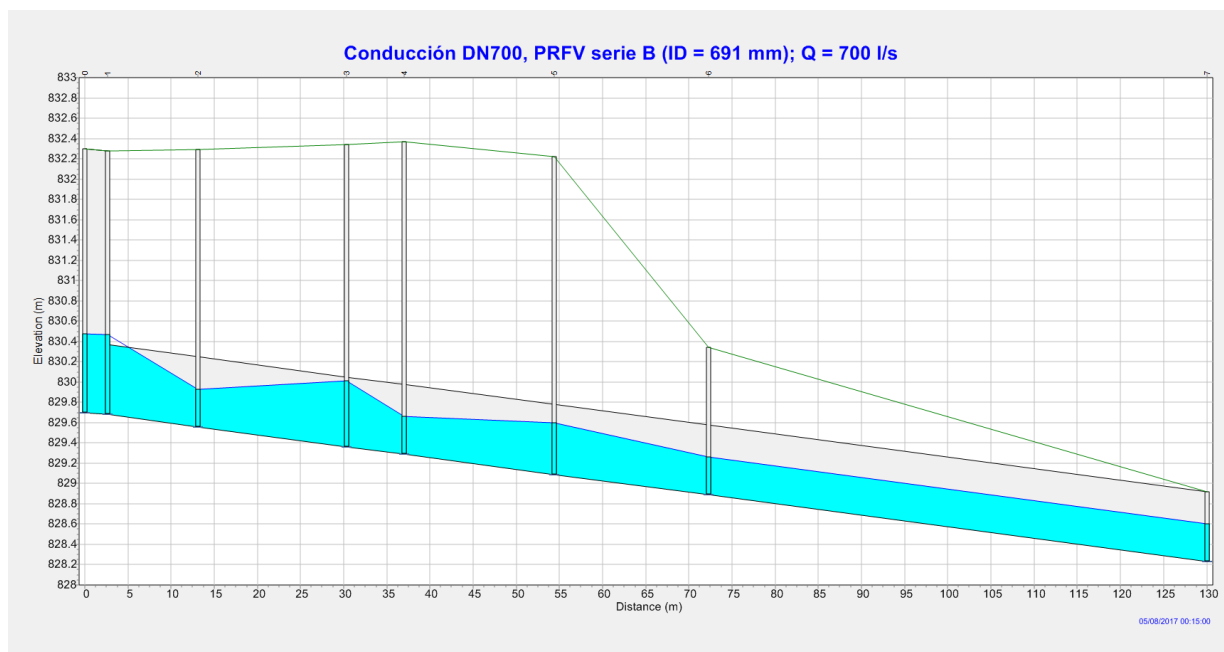
Tramo	Sección	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Profundidad hidráulica (%)
0	Rectangular	700	0,25	0,82	-
1	Circular	700	2,36	0,51	75,00%
2	Circular	700	2,41	0,51	75,00%
3	Circular	700	2,41	0,51	75,00%
4	Circular	700	2,80	0,44	64,71%
5	Circular	700	2,81	0,44	61,71%
6	Circular	700	3,67	0,35	51,47%



- Conducción de PRFV, Serie B, DN700 mm:
 - N Manning = 0,01
 - Diámetro interior; ID (mm) = 691 mm

Resultados para caudal máximo de diseño $Q_{\text{máx}} = 700 \text{ l/s}$:

Tramo	Sección	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Profundidad hidráulica (%)
0	Rectangular	700	0,26	0,78	-
1	Circular	700	2,27	0,53	76,70%
2	Circular	700	2,35	0,51	73,81%
3	Circular	700	2,35	0,51	73,81%
4	Circular	700	2,79	0,44	63,68%
5	Circular	700	2,78	0,44	63,68%
6	Circular	700	3,41	0,37	53,55%



2.6 Vertedero de emergencia

Se calcula, a continuación, la línea piezométrica desde el aliviadero de emergencia situado en el pozo de gruesos de entrada a planta hasta el canal de transición de paso al colector de alivio, comprobándose para el caudal máximo de entrada a planta o, lo que es lo mismo, para un alivio del 100% del caudal de diseño.

El vertedero de emergencia, aguas arriba de las rejillas de desbaste, es un elemento de seguridad que permitirá el alivio del caudal entrante, en caso de que las rejillas queden fuera de servicio. En realidad las rejillas automáticas es muy difícil que queden totalmente estancas, incluso aunque no se realice la limpieza motorizada y, además, cada una de ellas está dimensionada para caudal máximo. No obstante, a efectos de seguridad en el cálculo se considera aquí la necesidad de aliviar todo el caudal teórico, como situación extrema consecuencia, por ejemplo, de una mala maniobra de compuertas.

DATOS

Caudal máximo llegada colector:	2.520,00	m³/h
	700	l/s
Viscosidad cinemática a 15º C:	0,00000131	
Cota coronación pozo de gruesos actual:	(Promedio) 832,25	m
Cota rasante del colector de llegada:	831,04	m

A efectos de cálculo se considera la lámina de agua de partida (en el pozo de gruesos) a una cota más alta que la prevista para el funcionamiento normal sin los fallos mencionados. Se trata de unos escenarios teóricos y altamente improbables, en los que excepcionalmente, la descarga del colector en la obra de llegada no será libre, superando la lámina de agua la cota de la rasante de la tubería en unos pocos centímetros.

Caudal punta de alivio:	2.520	m³/h
	700	l/s
Caudal máximo del colector:	2.520	m³/h

La posición del aliviadero de emergencia está supeditada a las condiciones de la línea principal, con el paso por las rejillas de desbaste con el máximo caudal posible:

COTA DE LAMINA DE AGUA MÁXIMA EN EL POZO DE GRUESOS SIN EMERGENCIA:	830,910	m
Resguardo de lámina de agua máxima en servicio a vertedero de emergencia:	0,130	
COTA DE VERTEDERO DE EMERGENCIA:	831,040	

ALIVIADERO DE EMERGENCIA	Aliviando excedente a 1 reja fuera servicio	Aliviando excedente a 2 rejas fuera servicio
Caudal máximo por el colector de llegada:	2.520 m³/h	2.520 m³/h
Caudal máximo admisible en el Pretratamiento:	1.260 m³/h	0 m³/h
Caudal máximo	1.260 m³/h	2.520 m³/h
Longitud útil vertedero de emergencia:	3,05 m	3,05 m
CALCULO VERTEDERO BAZIN		
$Q = m \cdot h \cdot \text{Raiz}(2 g h) \quad m = (0.405 + 0.003/h) \cdot [1 + 0.55(h/(h+p))^2]$		
Altura recta a labio vertedero (p):	0,390 m	
Coeficiente m	0,450	
Lámina de agua a caudal máximo	0,237 m	
Caudal evacuado/m	230,22 l/s/m.l.	
Para Q máx, admisible 702,18 l/s	2.528 m³/h	
Caudal evacuado total	350,00 l/s 1.260 m³/h	700,00 l/s 2.520 m³/h
Lámina de agua para caudal aliviado:	0,149 m	0,237 m

Cota de lámina de agua en el pozo de gruesos a Q_{máx.} por el colector de entrada y aliviando todo el caudal sin paso alguno por las rejillas de desbaste:	831,277
--	----------------

COTA DE LÁMINA DE AGUA NECESARIA EN EL POZO DE GRUESOS: 831,277

Cota rasante del colector de entrada: 831,04

Altura sobre la cota de rasante del tubo de llegada: 0,237 m

Como se observa, las condiciones en la entrada a la planta podrían afectar a la capacidad de transporte del colector actual a caudales máximos, al carecer de resguardo de descarga. Esta situación, que se produce de forma habitual en la actualidad, se evita completamente con el diseño propuesto para el funcionamiento normal de la obra de entrada y bombeo de agua bruta, presentándose solamente cuando de forma excepcional sea necesario el vertido por el aliviadero de seguridad.

SALIDA DEL POZO DE GRUESOS EN ALIVIADO DE EMERGENCIA.

	Q. alivio 700 l/s	
COTA DE LÁMINA DE AGUA MÁXIMA EN LA SALIDA DEL POZO DE GRUESOS:	831,277	
COTA DE VERTEDERO DE EMERGENCIA:	831,04	
Resguardo en la descarga del vertedero:	0,337	m

Caudal máximo a pretratamiento en la ampliación:	2.520	m³/h
---	-------	------

	Q. alivio 700 l/s	
	0,70	l/s
COTA DE LÁMINA DE AGUA DISPONIBLE EN LA ENTRADA AL CANAL:	830,703	

COTA DE FONDO EN LA SECCIÓN DE INICIO DEL CANAL DE SALIDA DEL POZO DE GRUESOS:	829,91
---	---------------

TRAMO 1 RECTO		
Ancho de canal:	0,85	m
Calado:	0,79	m
Según Bazin: $C = 87 \cdot v(Rh) / (gama + v(Rh))$	66,69	
Radio hidráulico:	0,28	m
Gama: (0,160 para el hormigón)	0,16	
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 \cdot Rh)$		
Velocidad:	1,04	m/s
Perdida de carga por unidad de longitud:	0,000889	m
Longitud media de recorrido:	8,90	m
Pérdida lineal:	0,0079079	m
Pérdidas localizadas: $h_i = k_i \cdot (v^2 / 2 \cdot g)$		
Por puesta en velocidad: $k_1 = 1$	0,0556	m
Por cambio de dirección (1 x 45°): $k_2 = 0,24$	0,0133	m

PÉRDIDAS TOTALES EN EL TRAMO:	0,0769	m
--------------------------------------	---------------	----------

COTA LAMINA DE AGUA CANAL DE RECOGIDA DEL VERTEDERO DEL POZO DE GRUESOS AL FINAL DEL TRAMO RECTO 1:	830,626
Cota de fondo de canal en la sección final del tramo 1:	829,83

TRAMO 2 (QUIEBRO):		
Caudal máximo a pretratamiento en la ampliación:	2.520	m ³ /h
	0,70	l/s
Ancho de canal:	0,85	m
Calado:	0,80	m
Según Bazin: $C = 87 \cdot v(Rh) / (\text{gama} + v(Rh))$	66,73	
Radio hidráulico:	0,28	m
Gama: (0,160 para el hormigón)	0,16	
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 \cdot Rh)$		
Velocidad:	1,03	m/s
Pérdida de carga por unidad de longitud:	0,000856	m
Longitud media de recorrido:	0,60	m
Pérdida lineal:	0,0005137	m
Pérdidas localizadas: $h_i = k_i \cdot (v^2 / 2 \cdot g)$		
Por cambio de dirección (2 x 45°): $k_2 = 0,48$	0,0259	m
PÉRDIDAS TOTALES EN EL TRAMO:	0,0264	m

COTA LAMINA DE AGUA CANAL DE RECOGIDA DEL VERTEDERO DEL POZO DE GRUESOS AL FINAL DEL TRAMO 2:	830,600
Cota de fondo de canal en la sección final del tramo 2:	829,82

TRAMO 3 (RECTO):		
Caudal máximo a pretratamiento en la ampliación:	2.520	m ³ /h
	0,70	l/s
Ancho de canal:	0,85	m
Calado:	0,78	m
Según Bazin: $C = 87 \cdot v(Rh) / (\text{gama} + v(Rh))$	66,66	
Radio hidráulico:	0,28	m
Gama: (0,160 para el hormigón)	0,16	
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 \cdot Rh)$		
Velocidad:	1,06	m/s
Pérdida de carga por unidad de longitud:	0,000912	m
Longitud media de recorrido:	11,53	m
Pérdida lineal:	0,0105117	m

Pérdidas localizadas: $h_i = k_i * (v^2 / 2 * g)$		
Por puesta de velocidad: $k_1 = 1$	0,0568	m
PÉRDIDAS TOTALES EN EL TRAMO:	0,0673	m

COTA LAMINA DE AGUA CANAL DE RECOGIDA DEL VERTEDERO DEL POZO DE GRUESOS AL FINAL DEL TRAMO 2:	830,532
Cota de fondo de canal en la sección final del tramo 2:	829,704

COTA DE LAMINA DE AGUA MÁXIMA EN LA SALIDA DEL POZO DE GRUESOS:	831,244	m
--	----------------	----------

Cota inferior abertura de salida pozo de gruesos:	830,17	m
--	---------------	----------

CÁLCULO DE COTA DE LAMINA DE AGUA DISPONIBLE A LA ENTRADA AL CANAL DE REPARTO A DESBASTE.

Cota fondo arranque del canal de salida pozo de gruesos:	830,17 m
Longitud media de recorrido hasta canal de reparto a desbaste:	19,70 m
Pendiente solera:	0,00500 m/m
Pérdida de altura en solera por la pendiente del canal:	0,0985 m

	Q. alivio 700 l/s	
Caudal:	2.520	m ³ /h
	0,70	m ³ /s
Ancho del canal:	0,85	m
Calado medio:	1,07	m
Según Bazin: $C = 87 * \text{rcuad} (Rh) / (\text{gama} + \text{rcuad} (Rh))$	67,44	
Gama: (0,160 para el hormigón)	0,16	
Radio hidráulico:	0,30	m
Según Chezy: $i = v^2 / (c^2 * Rh)$		
Velocidad:	0,77	m/s
Perdida de carga por unidad de longitud:	0,000427	m
Longitud media recorrido hasta canal reparto desbaste:	19,70	m
Pérdida por rozamiento en el canal:	0,0084205	m

Otras pérdidas de carga:		
Pérdida por puesta en velocidad: $k =$	1	
$h = k * (v^2 / 2 * g)$	0,0301	m
Pérdida por cambio de dirección: $k =$	1,13	
$h = k * (v^2 / 2 * g)$	0,0341	m
Pérdida por salida a otro canal: $k =$	1	
$h = k * (v^2 / 2 * g)$	0,0301	m
Pérdida de carga total en el tramo:	0,1028	m
COTA LAMINA DE AGUA DISPONIBLE A LA ENTRADA AL CANAL DE REPARTO A DESBASTE:	831,142	

CÁLCULO DE COTA DE LAMINA DE AGUA EN EL CANAL DE REPARTO A DESBASTE.

COTA LAMINA DE AGUA EN EL CANAL DEL ALIVIADERO DE EMERGENCIA:	831,142
---	----------------

Cota de fondo del canal de reparto a desbaste y aliviadero de emergencia: **830,075** m

TRAMO 4. ARQUETA DE RECOGIDA DE EXCEDENTES. TRAMO DE TRANSICIÓN A COLECTOR

Caudal máximo considerado:					2.520	m ³ /h
					0,7	m ³ /s
Anchos del canal en el tramo:	Medio estadístico					
Sector del tramo:	Entrada tramo	sección central	Final	Salida tramo	Medio	
Ancho estadístico:	0,85	1,89	0,79	0,79	1,89	
Calado:	0,83	0,78	0,78	0,72	0,78	
Velocidad cálculo:	0,99	0,47	1,13	1,23	0,47	m/s

Pérdidas de carga:	$h = k * (v^2 / 2 * g)$				
Concepto:	Cambio dirección	Cambio dirección	Puesta en velocidad	Ampliación de sección	Reducción de sección
Referencia:	45º	45º	1,00	2,22	2,39
Coeficiente:	0,24	0,24	0,077	0,69	0,67
	0,0121	0,0158	0,077	0,0348	0,044

	Medio	
Pérdida por rozamiento en el canal:	1,89	m

Según Bazin:	0,78	m
$C = 87 * r_{cuad} (Rh) / (\gamma + r_{cuad} (Rh))$	69,90	
Gama:	0,16	
Radio hidráulico:	0,43	m
Según Chezy:		
$i = v^2 / (c^2 * Rh)$		
Velocidad:	0,47	m/s
Perdida de carga por unidad de longitud:	0,000108	m
Longitud de recorrido hasta entrada a colector vertido:	2,70	m
Pérdida por rozamiento en el canal:	0,0002905	m
Pérdida de carga total en el tramo:	0,1839	m

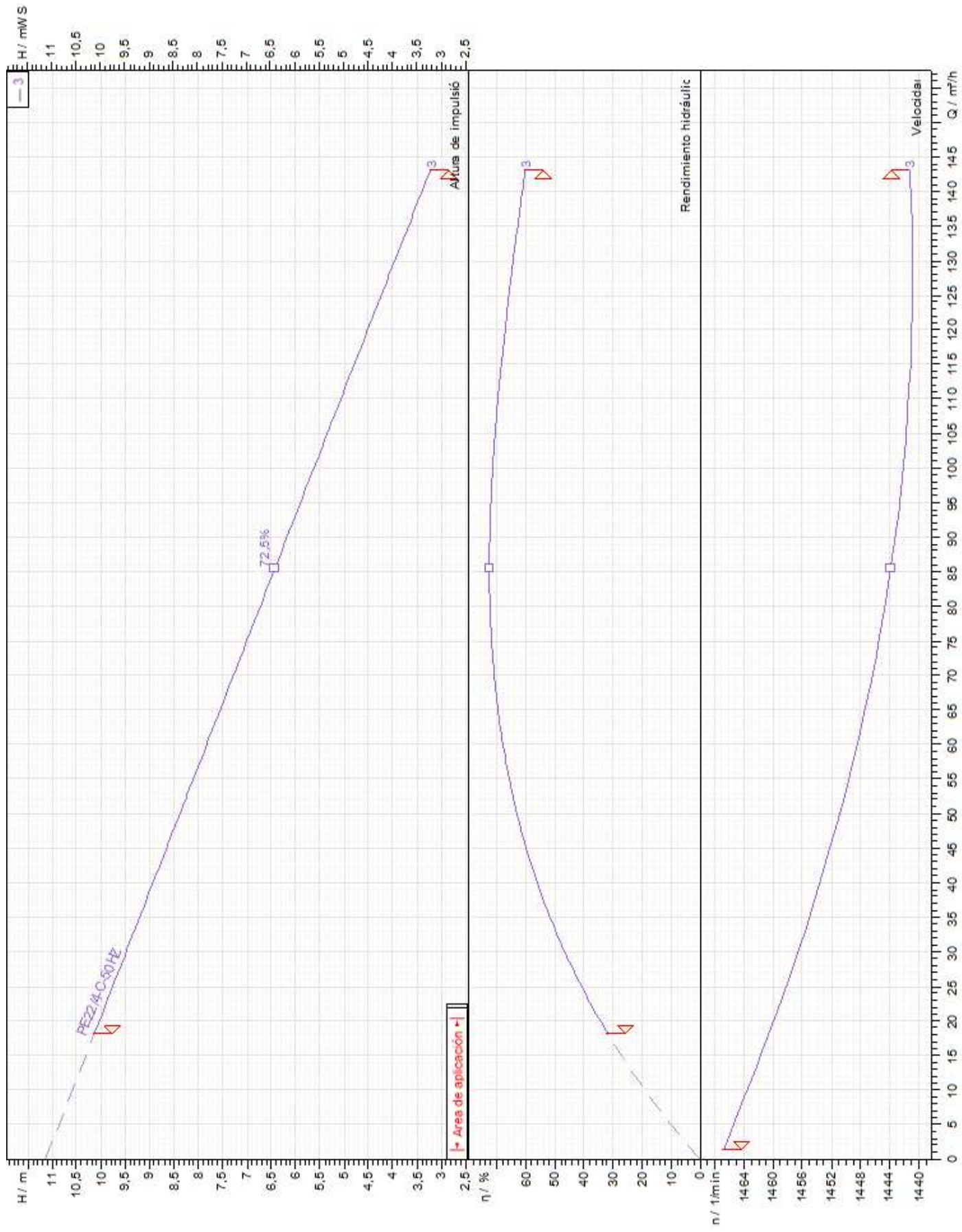
COTA DE LAMINA DE AGUA EN CANAL DE ALIVIADERO EN EL ACCESO AL COLECTOR:	830,348
Cota de fondo del canal en la entrada al colector de vertido:	829,678

ESTIMACIÓN DE CALADO EN CANAL DE ACCESO A COLECTOR DE VERTIDO

Caudal máximo por el colector de llegada:	2.520 m ³ /h	
	0,7 m ³ /h	
Pérdida de carga por entrada en la conducción:	7,40	m
Diámetro interior del colector:	789,6	mm
Pendiente:	0,0114	m/m
Calado mínimo teórico para pendiente y material plástico:	0,344	m
Superficie de paso (sección mojada con ese calado):	0,205	m²
Velocidad:	3,42	m/s
Pérdidas de carga:	$h = k * (v^2 / 2 * g)$	
Coefficiente (entrada a colector) K =	0,548	
Pérdidas en la entrada a colector:	0,326	m
Calado en canal de acceso a colector de vertido:	0,67	m
COTA DE RASANTE DEL COLECTOR DE VERTIDO EN LA SALIDA DEL CANAL:	829,678	

ANEXO 1

CURVA DE BOMBEO



ANEXO 2

CURVA DEL MOTOR ELÉCTRICO

