

**MEMORIA Y ANEJOS DEL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA A HUESCA. CONDUCCIÓN DESDE EMBALSE DE
MONTEARAGÓN Y NUEVA ETAP**

Nº EXP: 09.322-0380/2111

ANEJO Nº10. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO4

2. CONDUCCIONES.....4

2.1 Descripción general4

2.1.1 CONDUCCIÓN DE ENTRADA A LA ETAP4

2.1.2 CONDUCCIÓN DE SALIDA DE LA ETAP10

2.1.3 MODIFICACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE LOPORZANO11

2.2 Hipótesis de funcionamiento11

2.3 Cálculo hidráulico12

2.3.1 CAUDAL DE DISEÑO12

2.3.2 CRITERIOS DE VELOCIDAD12

2.3.3 FÓRMULA DE CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA12

2.3.4 RESULTADOS14

2.4 Cálculo de transitorios.....15

2.4.1 DATOS DEL MODELO15

2.4.2 SIMULACIONES REALIZADAS.....16

2.4.3 RESULTADOS OBTENIDOS.....16

2.4.4 CONCLUSIONES.....22

3. NUEVA ETAP23

3.1 Metodología.....23

3.1.1 PÉRDIDAS EN CONDUCCIONES Y CANALIZACIONES23

3.1.2 PÉRDIDAS LOCALIZADAS24

3.1.3 VERTEDEROS.....25

3.1.4 PÉRDIDAS DE CARGA EN LECHOS FILTRANTES NO ESTRATIFICADOS25

3.2 Caudales de diseño.....26

3.3 Condiciones de diseño26

3.4 Resultados obtenidos27

APÉNDICE Nº1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LAS CONDUCCIONES.....29

APÉNDICE Nº2. LINEA PIEZOMÉTRICA DE LA ETAP47

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Se describen en el presente Anejo las hipótesis consideradas y los cálculos hidráulicos de las conducciones de entrada y salida a la misma, así como las conducciones de los Depósitos de Loporzano y Montearagón.

También se comprueba la validez del diseño hidráulico en la nueva ETAP de Huesca, aportándose en el Apéndice nº 2 los cálculos hidráulicos correspondientes.

2. CONDUCCIONES

2.1 Descripción general

Las conducciones externas a la ETAP que conforman el proyecto son:

- Conducción de entrada a la ETAP con agua bruta
- Conducción de salida de la ETAP con agua tratada
- Modificación de la conducción del Depósito de Loporzano

2.1.1 CONDUCCIÓN DE ENTRADA A LA ETAP

La conducción consta esencialmente de los siguientes elementos:

- Toma en la presa de Montearagón.
- Tubería de fundición dúctil de 700 mm de diámetro nominal y una longitud de 10.904 m. El caudal de diseño es de 425 l/s hasta la E.T.A.P.
- Válvula de corte intermedia para sectorizar la conducción en caso de avería.
- Arqueta de derivación para la futura conexión de las localidades de Monflorite, Tierz y Quicena a la conducción de entrada (Antes del tratamiento en la ETAP).
- Conexión de la conducción de entrada a la ETAP con las conducciones que actualmente abastecen a Huesca desde los denominados depósitos de "Montearagón" y "Loporzano".
- Ventosas para evitar acumulaciones de aire y desagües para facilitar el vaciado de la tubería.

El trazado en planta está constituido por alineaciones rectas unidas bien por codos normalizados, bien por curvas realizadas aprovechando la desviación angular admisible de las juntas.

Sólo en algunos puntos ha sido necesario disponer de codos no normalizados.

El inicio de la obra parte de la toma del embalse de Montearagón y discurre fundamentalmente por la margen izquierda del río Flumen durante los 5.230 primeros metros del trazado proyectado, cruzándolo por razones topográficas en 4 ocasiones.

El terreno existente en el tramo inicial del trazado es abrupto y el diseño se ha adaptado a los caminos existentes en aquellas zonas donde es posible, tratando en cualquier caso de evitar grandes desmontes en laderas y zonas rocosas. Para ello ha sido necesario efectuar los cruces de río anteriormente citados.

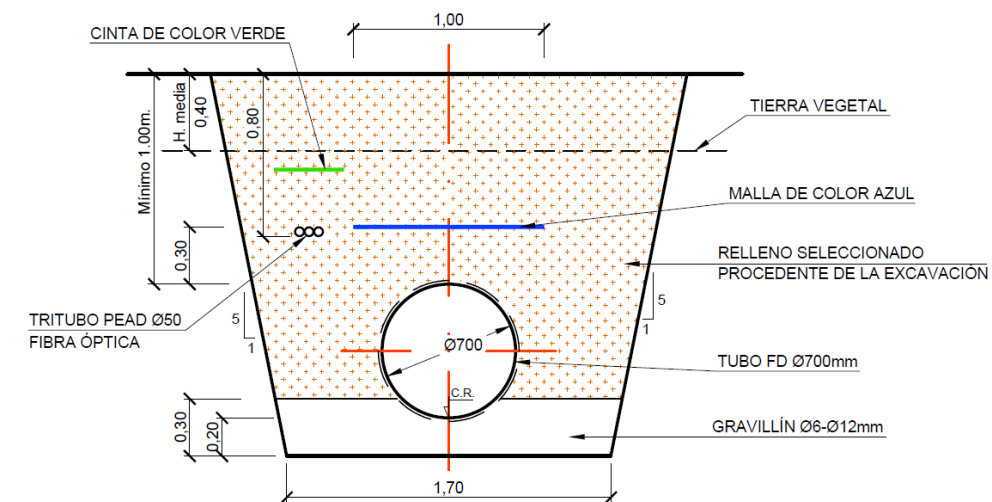
Tras el último cruce del cauce del río Flumen, la conducción se dirige hacia el Oeste, bordeando la localidad de Quicena por el Norte donde se ubica una arqueta con los elementos necesarios para una futura derivación de abastecimiento de agua bruta a las localidades de Monflorite, Tierz y Quicena (P.K. 6+912).

El último tramo fluye sensiblemente paralelo a la conducción existente de FC Ø350 mm que desde el depósito de Loporzano abastece a Huesca. En los últimos 1.300 m se aproxima a la Autovía A-22 guardando una distancia de al menos 100 metros desde la arista exterior de la explanación de la Autovía según indica el artículo 82 del Reglamento General de Carreteras (Delimitación de la zona de afección).

Es necesario recalcar que la posición de los cruces con los servicios existentes es orientativa tanto en planta como en alzado, por lo que será necesario recabar información realizando las catas que sean precisas con las debidas precauciones para no afectar a los servicios existentes.

Además de lo anterior, el trazado en alzado se ha tratado de ajustar en lo posible al terreno, intentando siempre evitar puntos altos y cambios bruscos de pendiente.

La tubería se colocará en zanja sobre lecho de arena, de acuerdo con la sección tipo definida en los planos. Cuando la altura de la zanja sea superior a 4,50 m se dispondrán sendas bermas, de 2,00 m y de 4,00 m. Sobre la tubería, a 0,30 m de su generatriz superior se coloca una malla de señalización.

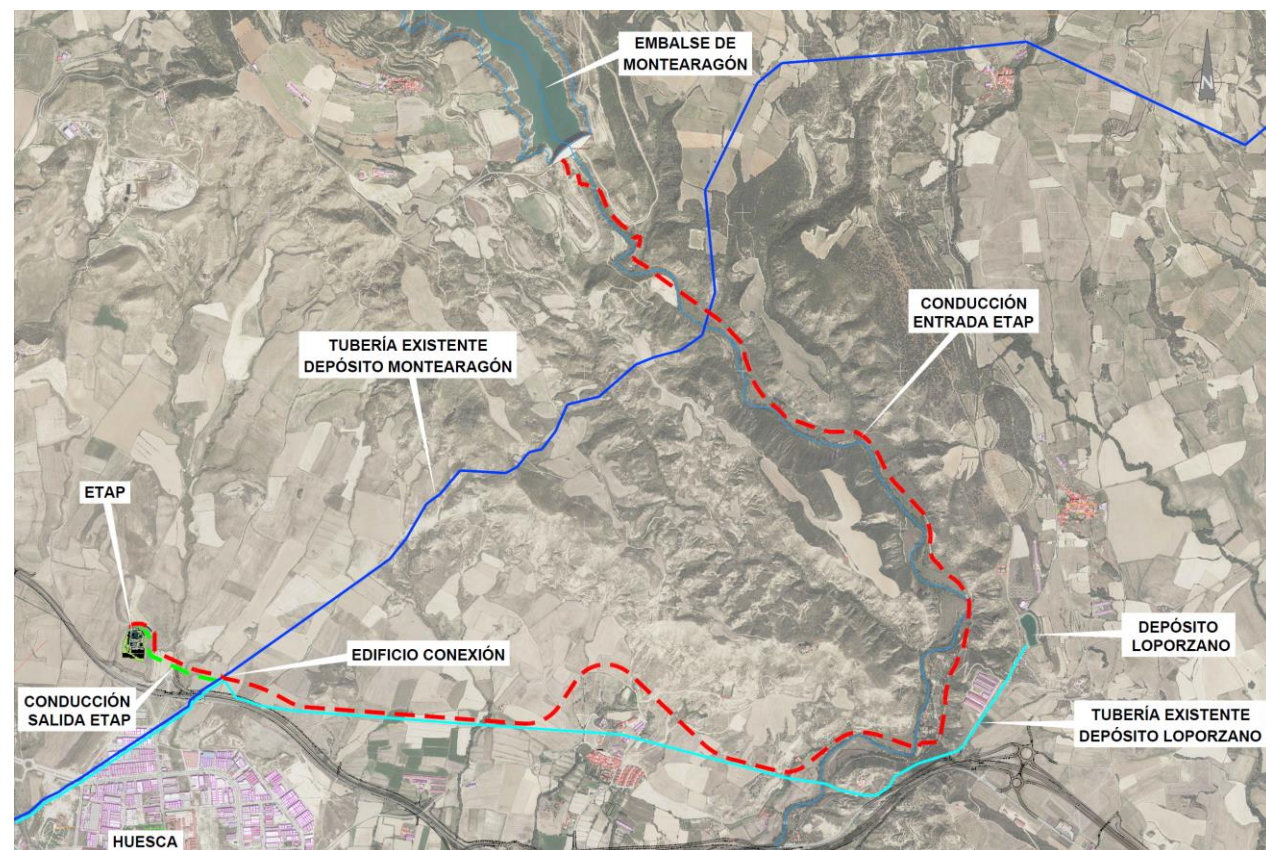


Se ha previsto la entibación de la zanja y el hormigonado de la tubería en los cruces de ríos.

En los puntos altos de la red se disponen ventosas automáticas que permiten evacuar el aire almacenado en las tuberías y garantizar la continuidad del flujo.

En los puntos bajos se disponen dispositivos para vaciado de las tuberías en caso necesario. Estos desagües se ubican en las proximidades a cauces existentes.

Se adjunta a continuación un plano con la planta general de la conducción proyectada. En el Documento Nº 2.- Planos se incorporan una colección de planos con mayor detalle.

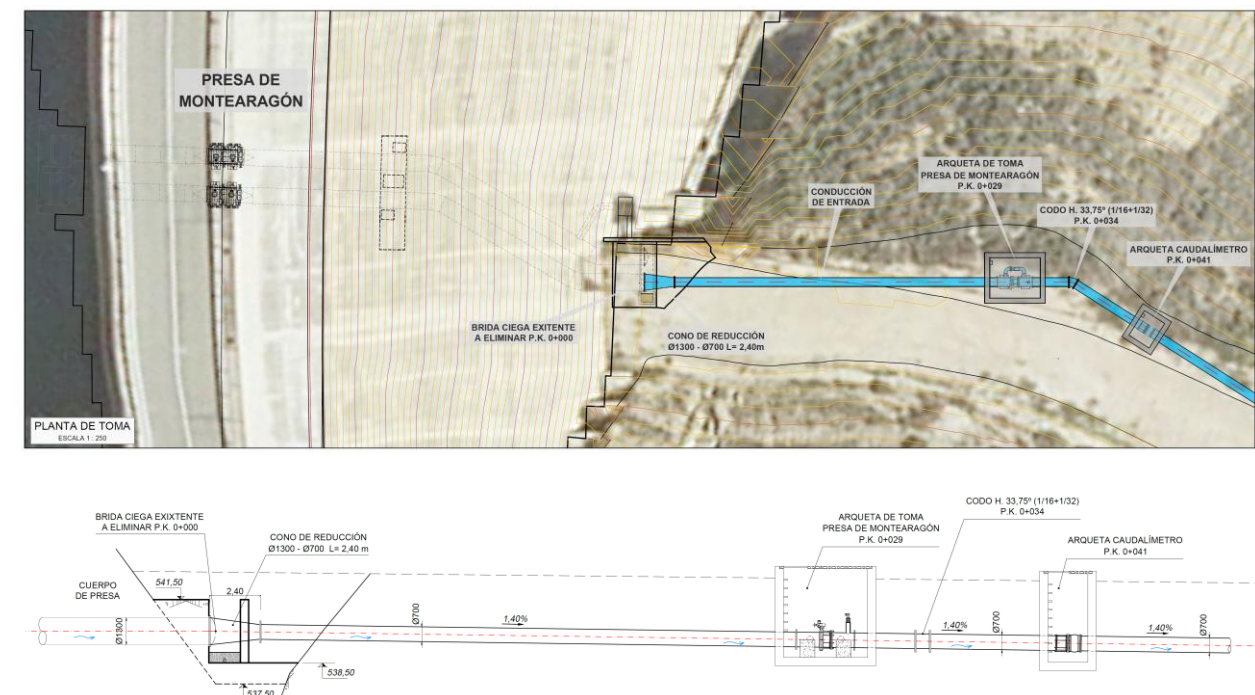


Toma en la Presa de Montearagón

La presa de Montearagón dispone de una toma compuesta por dos conductos de acero de diámetro 1.300 mm, cada uno con su correspondiente juego de doble válvula (de seguridad y de cierre) alojada en la cámara de válvulas situada en el interior de la presa. Las obras a ejecutar para realizar la conexión de la nueva conducción son las siguientes:

- Desmontar la brida ciega existente en la tubería de 1.300 mm. Se ha optado por la tubería derecha ya que la izquierda trasporta el caudal ecológico del embalse.
- Instalar una reducción de diámetro de 1.300 mm a 700 mm.
- Prolongar la tubería de 700 mm hasta un ensanchamiento del camino donde se instalarán una válvula de mariposa motorizada en el interior de una arqueta de hormigón armado de dimensiones interiores 4,00 x 3,20 m.
- Unos 10 metros aguas abajo se instalará un caudalímetro electromagnético en el interior de una arqueta de dimensiones interiores 1,90 x 2,70 m.

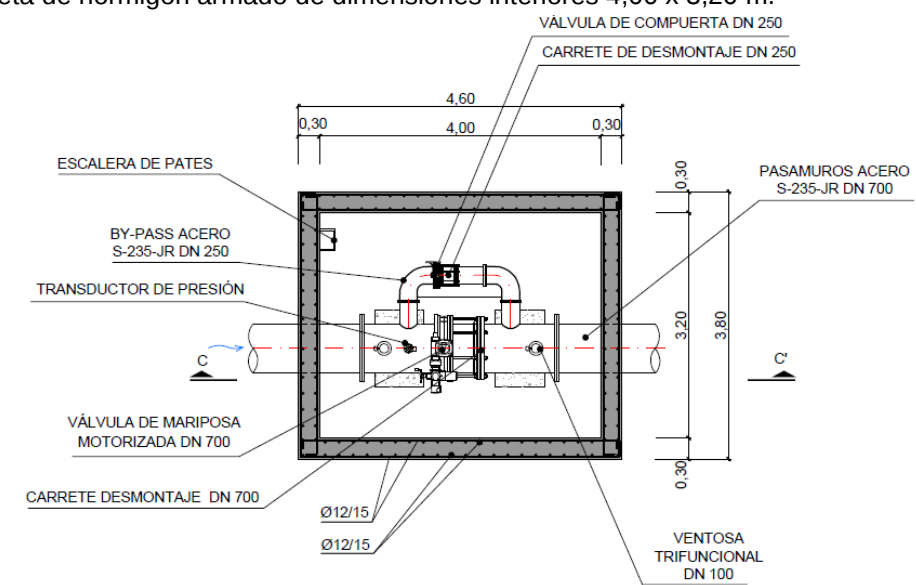
La válvula de mariposa motoriza y el caudalímetro electromagnético se alimentarán mediante instalación fotovoltaica y baterías.



La válvula de mariposa puede funcionar de manera análoga a una válvula de sobre velocidad ya que está combinada con un caudalímetro. En el caso de producirse una rotura importante de la conducción, el caudalímetro manda la señal a la válvula de mariposa para que ésta se cierre.

Válvula de corte intermedia

El proyecto contempla una válvula de corte intermedia en el P.K. 6+225 que permite sectorizar la conducción de tal forma que, en el caso de que ocurra una avería en la misma que implique el vaciado de la tubería, solo sea necesario vaciar una parte de la tubería. Se evita de este modo el desperdicio de una gran cantidad de agua. La válvula se aloja en una arqueta de hormigón armado de dimensiones interiores 4,00 x 3,20 m.

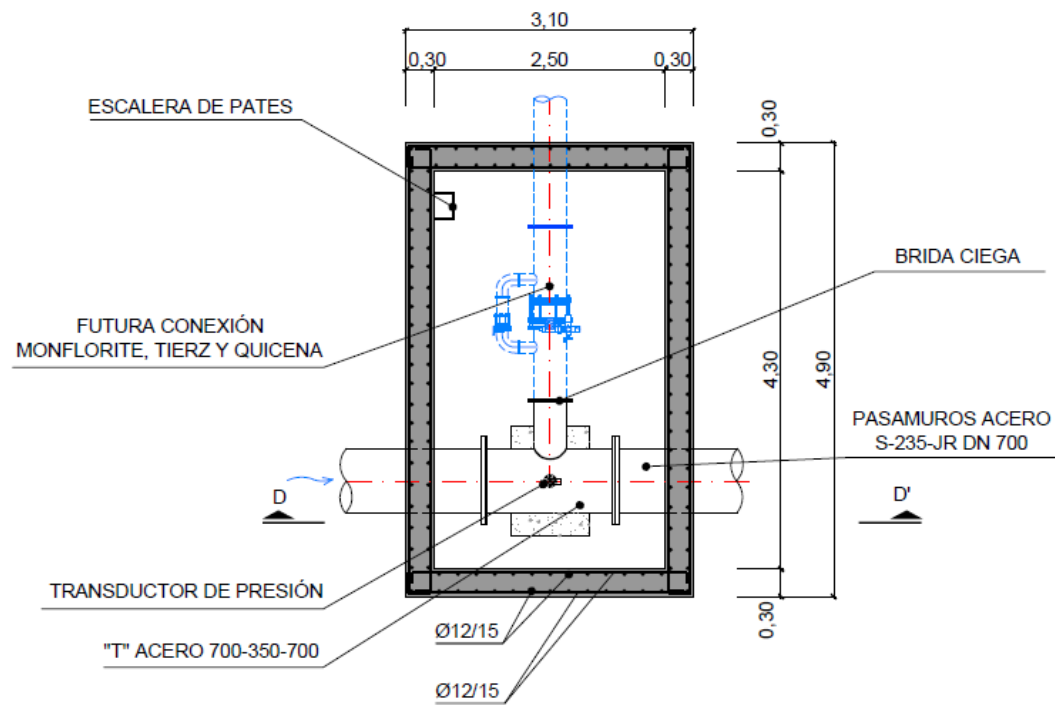


Derivación a Monflorite, Tierz y Quicena

El proyecto contempla una futura conexión de los núcleos de Monflorite, Tierz y Quicena a la nueva conducción antes del tratamiento de la ETAP.

Para ello en las proximidades del núcleo urbano de Quicena se dispone de una derivación en "T" de 400 mm de diámetro con brida ciega que permita la futura conexión de estos municipios a la conducción proyectada.

La toma se sitúa en el P.K 6+912 y se aloja en el interior de una arqueta rectangular de hormigón armado de dimensiones interiores 4,30 x 2,50 m con el objeto de disponer de suficiente espacio para albergar una futura válvula de corte. La arqueta se sitúa junto a un camino para facilitar su mantenimiento y explotación.

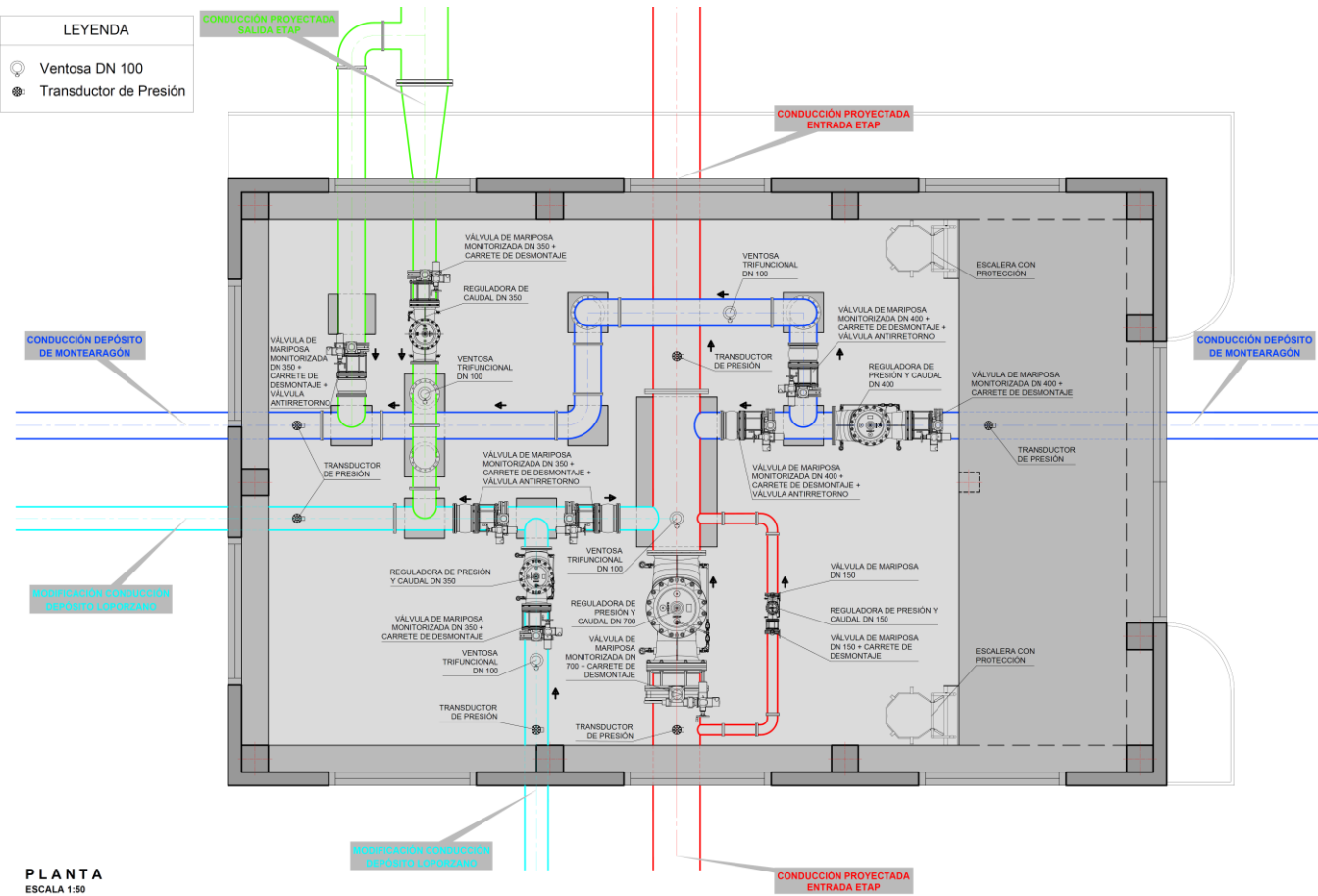


Edificio de Conexiones con las conducciones existentes

El sistema de explotación propuesto conecta con las conducciones de abastecimiento existentes procedentes de los depósitos de Montearagón (PRFV Ø400 mm) y Loporzano (FD Ø350 mm).

Para ello se ha diseñado un edificio de conexiones ubicado en el P.K. 10+191 que tiene por objeto interceptar ambas conducciones. De esta manera se tiene la opción de enviar estos caudales hasta la ETAP, si bien, la instalación permite bypassar la ETAP en el caso de que no se desee enviar estos caudales al tratamiento.

Este edificio recibe también la tubería procedente de ETAP devolviendo el agua tratada a las tuberías de los depósitos de Montearagón y Loporzano.

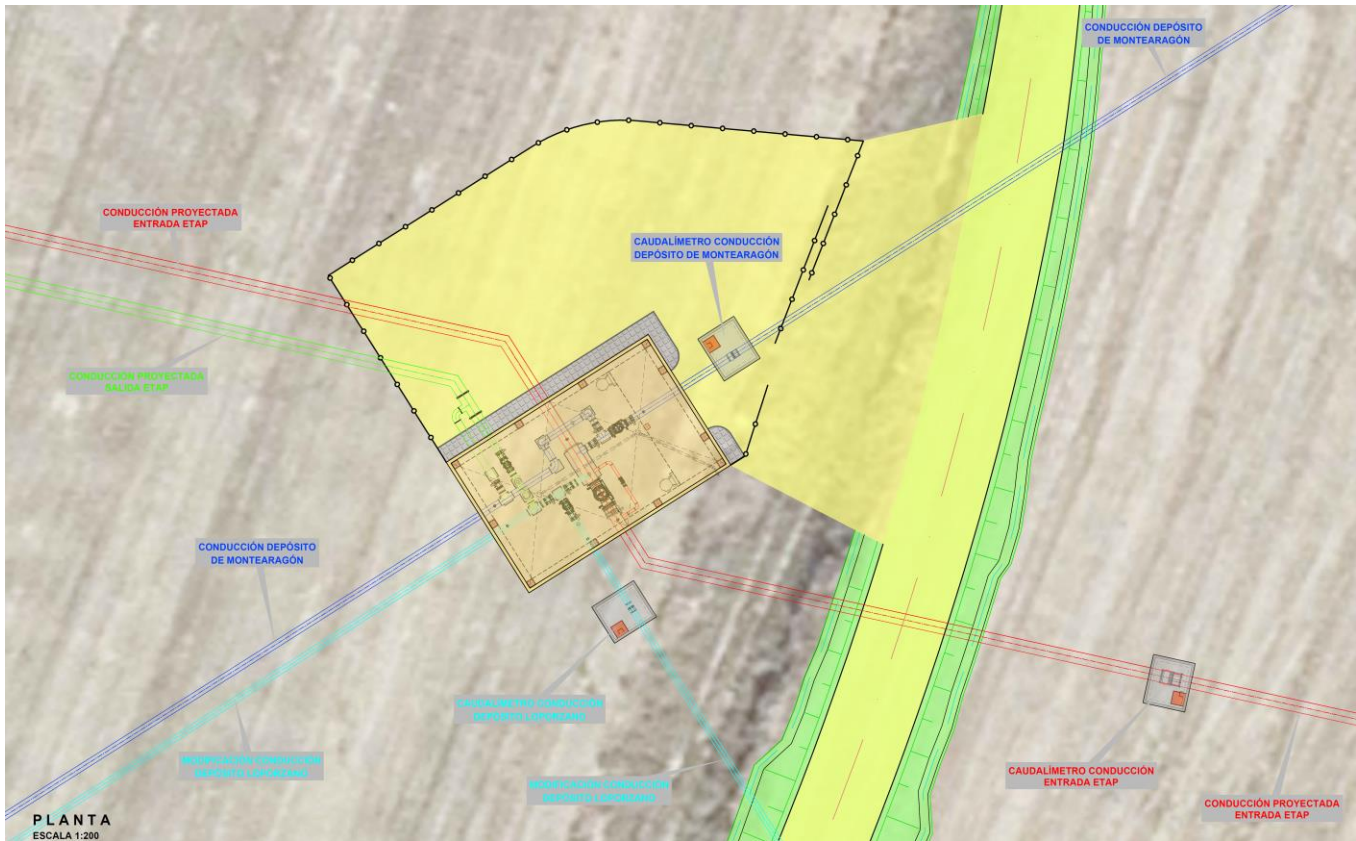


Para lograr este fin es necesario modificar el trazado de la tubería procedente del depósito de Loporzano en una longitud aproximada de 312 metros para reunir en un solo punto los tres abastecimientos (Embalse de Montearagón, Depósito de Monteragón y Depósito de Loporzano).

En ambas conexiones se dispone de un doble conjunto de válvulas de corte motorizadas con válvula anti-retorno que, como se ha mencionado, permiten introducir el caudal en la tubería proyectada para conducirla al tratamiento de la ETAP o continuar su curso hasta la ciudad sin pasar por el tratamiento.

Dado que las tres conducciones confluyen en el edificio de conexiones con presiones diferentes, se hace necesario disponer una válvula reguladora de caudal y presión en cada una de las tuberías con el objeto de igualar la presiones y permitir de esta manera la mezcla de caudales. En el caso de la nueva tubería DN 700, adicionalmente se instala un by-pass dotado de una válvula reguladora de presión y caudal DN150 para pequeños caudales.

Para la lograr este fin, se instala un caudalímetro antes de cada tubería y una serie de transductores de presión que permiten comandar las válvulas reguladoras.



Previamente a la ejecución del edificio se localizará la conducción existente del depósito de Montearagón y, en función de ello, se definirá con precisión su emplazamiento.

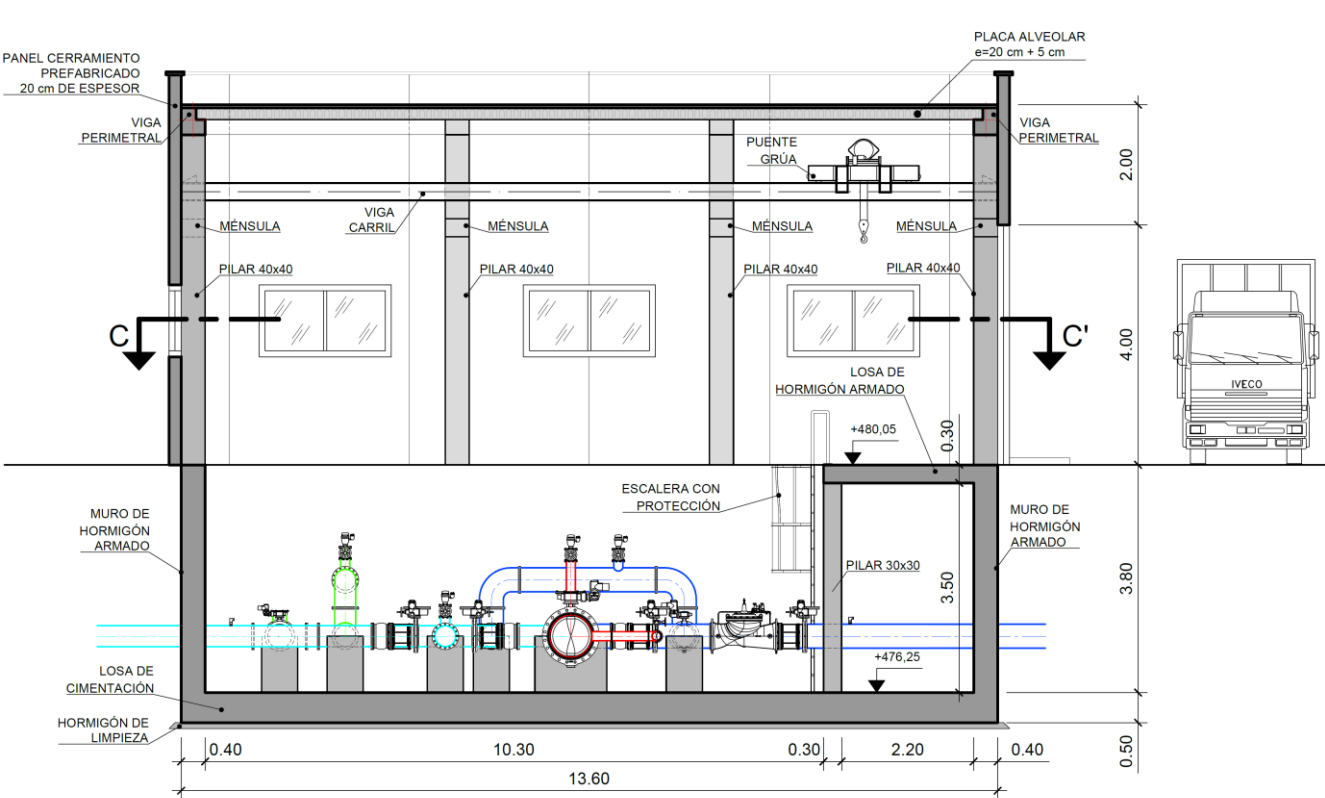
El edificio se articula en base a un foso subterráneo de hormigón armado donde se alojan todos los elementos hidráulicos. Sobre el foso se dispone el edificio con estructura de vigas y pilares también de hormigón armado con cerramiento de fábrica de bloque. Los pilares disponen de una ménsula para el apoyo de los carriles del puente grúa. Las dimensiones interiores del edificio son 12,80 x 7,85 m.

El acceso al interior se realiza mediante una puerta metálica de 2 hojas, de 4,20 m de ancho total. Tras la puerta de acceso se dispone una plataforma de hormigón armado a cota de urbanización para facilitar la entrada de vehículos para cargar y descargar la valvulería mediante el puente grúa. Para acceder al foso se dispone de dos accesos mediante escalera de gato.

La instalación eléctrica del edificio se realiza mediante línea subterránea desde la ETAP.

Asimismo, se proyecta una urbanización alrededor del edificio mediante zahorra artificial, acera perimetral y vallado con acceso hasta camino existente que es necesario reacondicionar.

Por último, unos 15 metros antes del edificio de conexiones se instalará un caudalímetro electromagnético en el interior de una arqueta de dimensiones interiores 1,90 x 2,70 m.

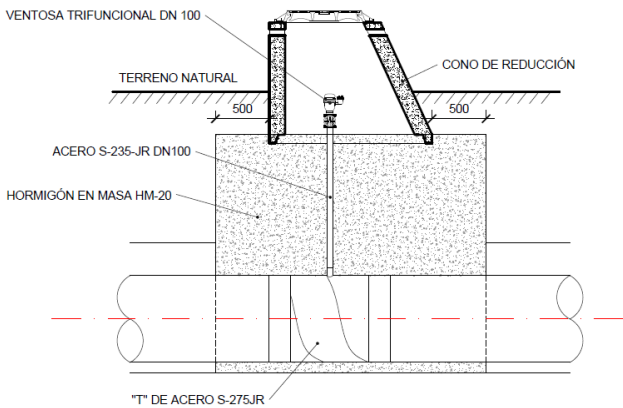


Ventosas

Se han dispuesto sobre la conducción proyectada ventosas trifuncionales, es decir, que realizan las funciones de llenado, vaciado y purga de aire en presión. Los criterios de ubicación han sido los siguientes:

- Todos los puntos altos absolutos
- Todos los puntos altos relativos, es decir, en los cambios de pendiente brusca
- Por distancia, aproximadamente cada 500 m

Las ventosas a disponer serán trifuncionales de diámetro 100 mm y se disponen en pozos de registro circulares de diámetro interior 1,20 m. Se accede a través de un registro circular de 600 mm de diámetro.



A continuación, se adjunta una tabla resumen con la ubicación de cada ventosa.

UBICACIÓN VENTOSA (P.K.)	COTA RASANTE	COTA ROJA	COORD. X	COORD. Y
0+030,30	538,576	3,265	717.879,627	4.673.314,805
0+414,00	516,128	2,963	718.132,700	4.673.125,983
0+701,00	529,790	2,210	718.319,956	4.672.922,240
0+995,00	511,048	1,952	718.364,545	4.672.674,206
1+161,00	502,920	2,080	718.497,618	4.672.575,257
1+351,00	507,270	2,479	718.652,166	4.672.464,737
1+890,00	502,114	1,886	719.011,498	4.672.093,586
2+532,00	497,176	1,824	719.425,401	4.671.651,624
3+108,00	489,472	2,744	719.889,374	4.671.403,233
3+760,05	496,400	2,600	720.188,560	4.670.854,215
4+030,00	485,630	2,165	720.361,728	4.670.661,295
4+404,20	488,105	1,895	720.407,202	4.670.309,239
5+068,30	484,168	3,486	720.244,446	4.669.673,221
5+443,00	479,142	1,858	719.897,888	4.669.684,290
5+870,00	472,557	2,503	719.512,595	4.669.595,525
6+224,97	495,591	2,409	719.201,245	4.669.473,878
6+226,00	495,548	2,452	719.200,247	4.669.474,132
6+784,87	487,519	2,481	718.697,452	4.669.691,309
7+211,74	494,197	1,803	718.388,556	4.669.985,930
7+696,56	483,712	2,990	717.975,241	4.670.076,168
8+211,56	472,575	2,129	717.601,661	4.669.768,878
8+941,56	470,220	1,780	716.873,764	4.669.824,259
9+500,63	485,742	2,258	716.316,306	4.669.866,673
10+142,96	476,841	3,359	715.712,424	4.670.062,084
10+263,00	478,121	1,879	715.598,895	4.670.093,151
10+607,40	485,400	1,986	715.281,933	4.670.225,117

Cálculo del diámetro de ventosa

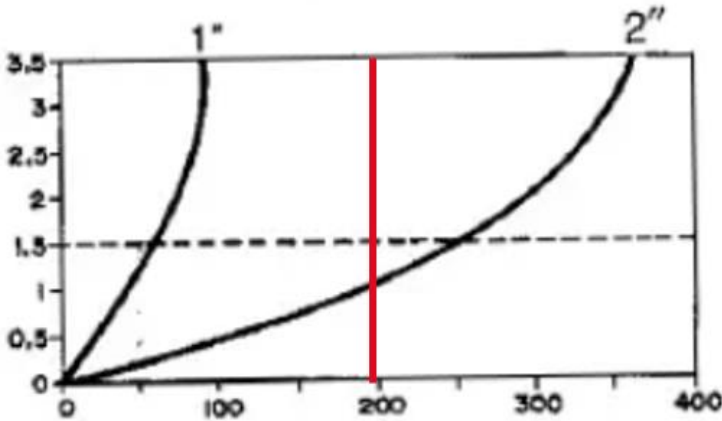
Admisión y expulsión de aire durante el vaciado y llenado de la red

Para evitar el colapso durante el proceso de vaciado de la tubería, es necesario permitir la admisión de una determinada cantidad de aire que posteriormente, pueda ser expulsado cuando se proceda al llenado de las conducciones. Igualmente, como consecuencia de un transitorio, la admisión de aire puede evitar que en el interior no se alcance el vacío y se produzcan fatales consecuencias para la instalación.

Para su dimensionamiento, consideraremos un Caudal de Aire libre a Eliminar (CAE) igual al caudal de agua a emplear para el llenado. El llenado de la conducción comenzará con caudales bajos que irán aumentando pero sin superar la velocidad de 0,5 m/s en la conducción.

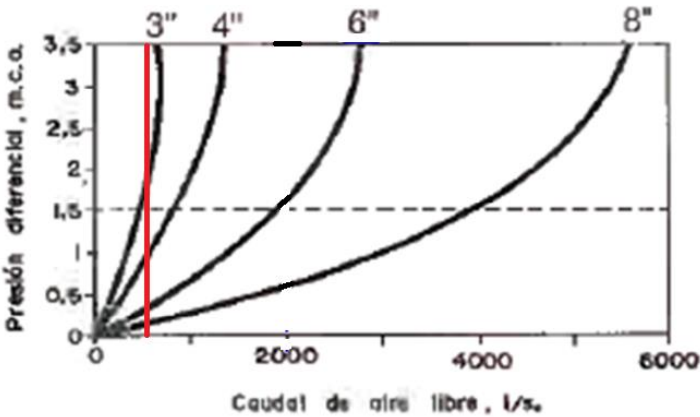
El caudal que correspondería a una velocidad de 0,5 m/s para una tubería de fundición DN 700 C25 (Dinterior = 700 mm) es de 193 l/s, por lo que adoptaremos este valor de CAE.

Con este valor, entraremos en la gráfica que aparece a continuación, buscando su intersección con el valor de 1,5 m.c.a. de presión diferencial, y puesto que la curva más próxima a la derecha del punto corresponde a la ventosa de 2", elegiríamos ésta, en principio.



Caudal de aire libre (l/s)

Por otro lado, en cuanto al vaciado de la conducción, si consideramos un valor de 3,5 m.c.a. para la depresión diferencial máxima tolerable por la tubería y presuponemos un vaciado de la tubería con el mismo valor de caudal que el correspondiente al de diseño de la conducción (Q = 425 l/s); entrando nuevamente en otra gráfica similar a la anterior, obtenemos un nuevo punto de intersección que, en este caso, queda a la izquierda de la curva correspondiente a la ventosa de 3". No obstante, al estar muy ajustada la selección, se opta por escoger una ventosa de 4" (DN 100) para estar por el lado de la seguridad. Esta selección permitirá operar con un caudal de vaciado mayor sin problemas, como podría ser el caso de una rotura y así evitar el colapso de la tubería.



Función de purgado

El dimensionamiento de una ventosa en cuanto a su función como purgador, se basa principalmente en una selección racional cimentada en la experiencia y conocimiento de valores de expulsión de aire bajo una serie de parámetros. Como regla simplificada pueden establecerse unos porcentajes de aire a eliminar según sea el caudal de agua en la conducción; así para:

- $Q < 75 \text{ l/s}$ ----- CAE (l/s) = $Q \times 6\%$
- $75 < Q < 150 \text{ l/s}$ ----- CAE (l/s) = $Q \times 5\%$
- $150 < Q < 350 \text{ l/s}$ ----- CAE (l/s) = $Q \times 2\%$
- $350 < Q < 3.500 \text{ l/s}$ ----- CAE (l/s) = $Q \times 1,5\%$
- $Q \geq 3.500 \text{ l/s}$ ----- CAE (l/s) = $Q \times 1,2\%$

A la vista de estos valores, en nuestro caso tendríamos:

$CAE = 1,5 \times 425 / 100 = 6,375 \text{ l/s}$

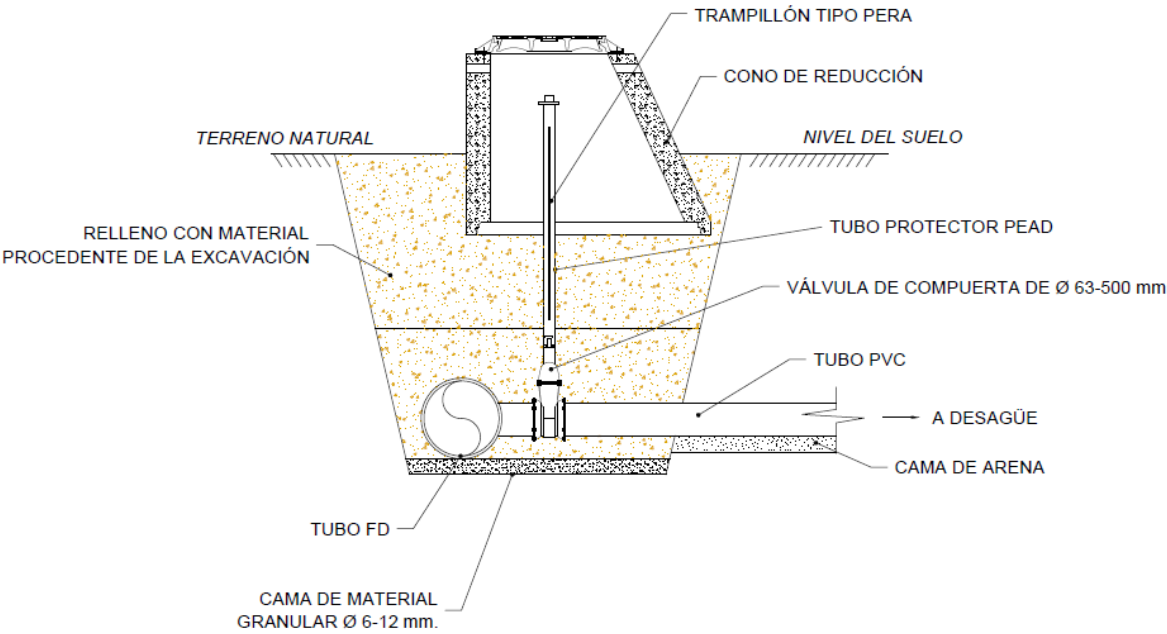
La ventosa instalada dispondrá de un orificio de purga capaz de expulsar al menos el 2 % del aire ocluido, por lo que la ventosa instalada de 4" realizará esta función holgadamente.

Desagües

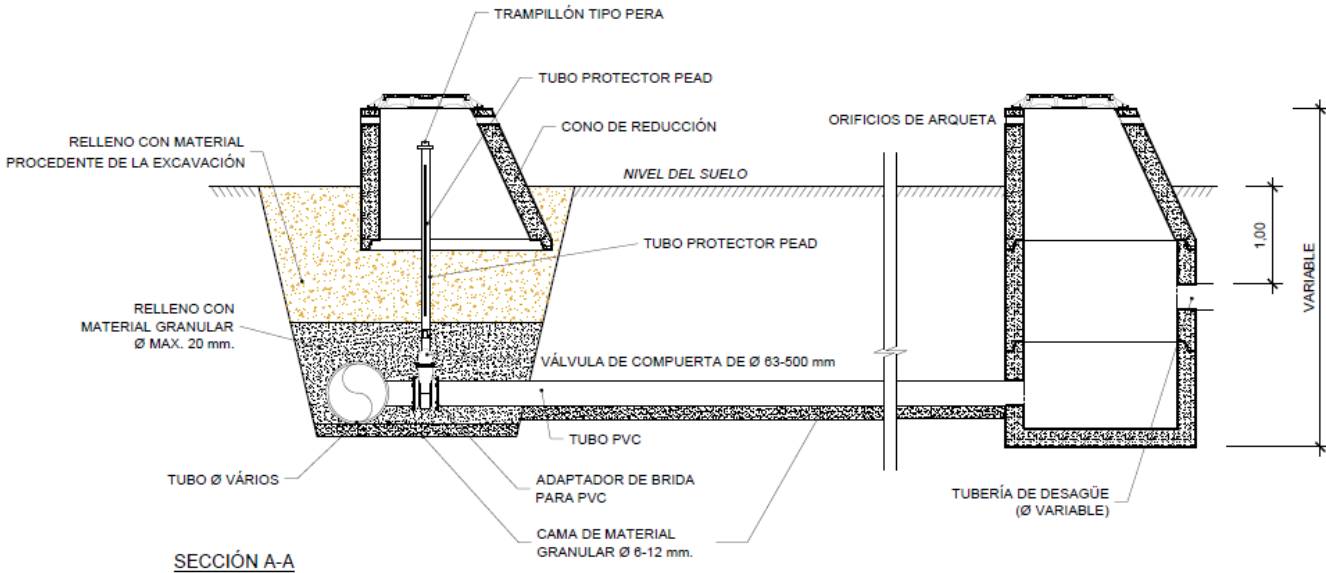
En los puntos bajos de la conducción se han dispuesto válvulas de desagües alojadas en pozos de registro visitables con el fin de poder vaciar la conducción cuando sea necesario. Se han propuesto dos tipos de desagües:

- Desagüe tipo 1 (simple). Su tipología es similar a la de las ventosas anteriormente descritas y proporciona el desagüe directo, ya que el punto de desembocadura se encuentra a una cota inferior a la de la rasante de la tubería en ese punto, y el conducto de alivio a disponer tiene una longitud razonable.
- Desagüe tipo 2 (doble) para el resto de los casos, en los que la cota del punto de desembocadura es mayor que la cota de la rasante de la tubería, o bien, la longitud del conducto de alivio a disponer es demasiado larga. Este tipo de arqueta está formada por dos pozos de registro separados. Uno de ellos alberga la tubería donde se dispone una válvula de corte. El agua desaguada se almacena en el segundo pozo, y de allí, mediante una tubería situada a una cota superior se evacua el caudal.

Desagüe tipo 1 (simple)



Desagüe tipo 2 (doble)



Tanto la ubicación de los pozos como las dimensiones se pueden ver en los planos. No obstante, a continuación se adjunta una tabla resumen con las características de cada tipo de desagüe.

UBICACIÓN DESAGÜE (P.K.)	COTA RASANTE	COTA ROJA	TIPO	COORD. X	COORD. Y
0+336,00	507,32	3,25	Doble	718.060,06	4.673.154,41
0+968,00	504,91	2,40	Doble	718.341,24	4.672.687,85
1+085,00	499,30	1,98	Doble	718.437,77	4.672.622,07
1+287,00	496,72	4,14	Doble	718.600,10	4.672.501,96
2+327,00	491,02	2,98	Simple	719.243,92	4.671.737,22
3+423,00	487,90	4,28	Doble	720.086,18	4.671.159,41
4+240,00	474,37	3,04	Simple	720.430,07	4.670.471,53
5+236,00	468,22	2,92	Simple	720.093,23	4.669.615,80
6+110,56	469,97	2,03	Doble	719.314,09	4.669.464,64
6+869,56	484,95	2,05	Doble	718.636,17	4.669.749,76
8+461,56	467,98	2,82	Doble	717.352,38	4.669.787,84
10+011,50	475,58	2,45	Doble	715.837,67	4.670.029,15
10+446,56	469,61	2,22	Doble	715.427,60	4.670.156,92

Cada arqueta de desagüe posee una tubería de evacuación. En función de la longitud del tramo de tubería a desaguar y la cantidad de agua que quede en el interior de las mismas se han diseñado las pertinentes tuberías de evacuación.

Los criterios seguidos para la elección del diámetro de la tubería han sido:

- Volumen a desaguar
- Tiempo necesario para evacuar dicho volumen

A continuación, se muestra una tabla con las tuberías de evacuación instaladas en los desagües, en la que aparece el volumen calculado que habrá que desaguar, así como el tiempo estimado de vaciado para una velocidad de desagüe de 2 m/s.

TUBERÍA	UBICACIÓN DESAGÜE (P.K.)	Ø TUBO (mm)	LONGITUD DE TUBO A DESAGUAR (m)	VOLUMEN DE DESAGÜE (m³)	Q DESAGUADO CON v = 2m/s	T vaciado (h)
ENTRADA ETAP	0+366,000	720	701,000	285	0,046	1,74
ENTRADA ETAP	0+968,000	720	427,000	174	0,046	1,06
ENTRADA ETAP	1+085,000	720	572,000	233	0,046	1,42
ENTRADA ETAP	1+287,000	720	608,000	248	0,046	1,51
ENTRADA ETAP	2+327,000	720	1.591,000	648	0,046	3,95
ENTRADA ETAP	3+423,000	720	2.501,050	1.018	0,046	6,20
ENTRADA ETAP	4+240,000	720	1.968,150	801	0,046	4,88
ENTRADA ETAP	5+236,000	720	2.520,800	1.026	0,046	6,25
ENTRADA ETAP	6+110,560	720	2.908,000	1.184	0,046	7,21
ENTRADA ETAP	6+869,560	720	986,740	402	0,046	2,45
ENTRADA ETAP	8+461,560	720	2.288,890	932	0,046	5,68
ENTRADA ETAP	10+011,500	720	762,370	310	0,046	1,89
ENTRADA ETAP	10+446,560	720	641,000	261	0,046	1,59
SALIDA ETAP	0+456,000	720	640,000	261	0,046	1,59
SANEAMIENTO ETAP	0+715,630	160	640,000	13	0,005	0,79

Cruces del río Flumen

Los cruces del río se realizarán preferentemente en época estival, cuando el caudal del río es menor. Además, la existencia del embalse de Montearagón, cuyo titular es la propia Confederación Hidrográfica del Ebro, permitirá controlar los caudales circulantes por el río Flumen.

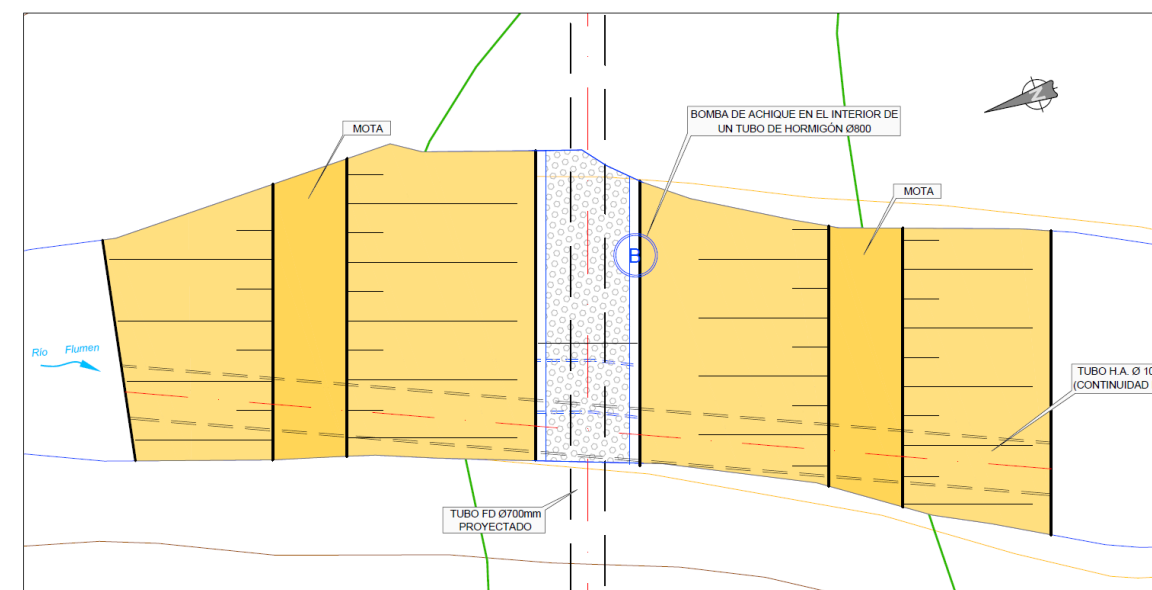
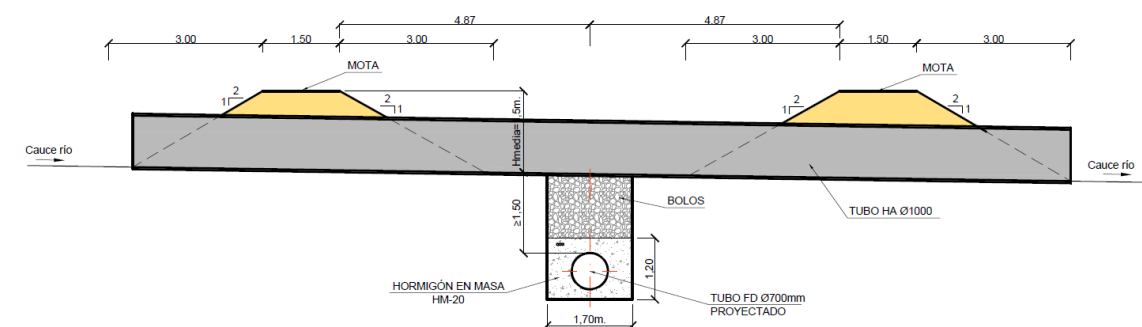
El método propuesto es el siguiente:

- Se instalará temporalmente un tubo de hormigón DN 1000 para dar continuidad al río.
- Se realiza la excavación de la zanja donde se alojará la conducción y se irán conformando sendas ataguías, aguas arriba y aguas abajo de la zanja.
- Entre ambas ataguías se colocará una bomba de achique. En función del terreno se colocará tablestacas que serán retiradas una vez finalizada la obra.
- Se coloca la tubería con el siguiente criterio:
 - Presolera de hormigón.
 - La tubería de hormigón se recubrirá de hormigón por los laterales y 0,30 m sobre su generatriz superior.
 - Se rellenará hasta la cota del fondo del cauce con el material de la excavación, seleccionando los elementos más gruesos de dicho material.

- La distancia entre la generatriz superior de la tubería y el fondo del cauce será como mínimo de 1,50, salvo que el organismo de cuenca indicase otra cosa.

- Se retirarán las ataguías y el tubo provisional de hormigón.

En los casos en los que el cauce lo permita, el cruce de tubería se realizará en dos veces, de manera que mientras se realiza la obra por una parte del cauce el agua circulará por la otra parte del cauce.



2.1.2 CONDUCCIÓN DE SALIDA DE LA ETAP

Se trata de una tubería de fundición dúctil de 700 mm de diámetro nominal y una longitud de 757 m. cuya función es devolver el agua tratada en la ETAP hasta el edificio de conexiones donde se conecta con las tuberías de los depósitos de Montearagón y Loporzano.

Para realizar esta doble conexión es necesario instalar una bifurcación mediante una T para dividir el caudal entre ambas tuberías.

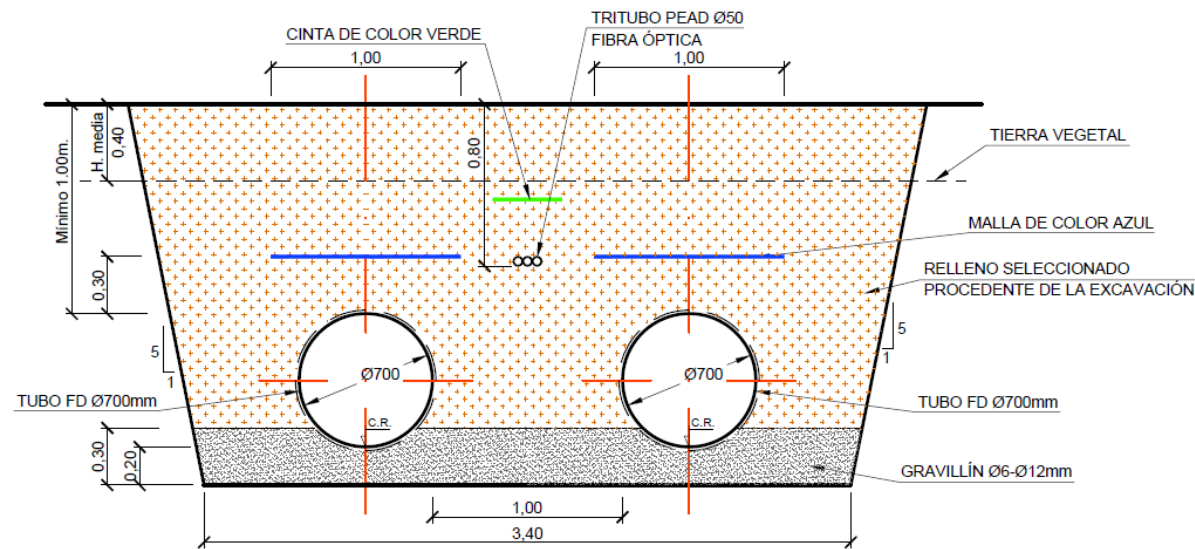
Dado que las tuberías de los Depósitos de Loporzano y Montearagón tienen distinto diámetro nominal (350 y 400 mm respectivamente) y por tanto distinta capacidad, se dispone una válvula reguladora de caudal en la conducción que conecta con la tubería de Loporzano con el objeto de adecuar la capacidad de ambas tuberías al caudal

proveniente de la ETAP. Esta válvula tiene también función anti-retorno y se acompaña de carrete de desmontaje y válvula de corte motorizada.

Por su parte, en la conducción que conecta con la tubería del depósito de Montearagón se instala una válvula anti-retorno acompañada de carrete de desmontaje y válvula de corte motorizada.

El trazado en planta y alzado discurre paralelo a la tubería de entrada a la ETAP y está constituido por alineaciones rectas unidas bien por codos normalizados, bien por curvas realizadas aprovechando la desviación angular admisible de las juntas. Sólo en algunos puntos ha sido necesario disponer de codos no normalizados.

La tubería se colocará en la misma zanja que la tubería de entrada a la ETAP sobre lecho de arena. Cuando la altura de la zanja sea superior a 4,50 m se dispondrán sendas bermas, de 2,00 m y de 4,00 m. Sobre la tubería, a 0,30 m de su generatriz superior se coloca una malla de señalización.



Ventosas

Dada la longitud de la tubería, únicamente son necesarias 2 ventosas trifuncionales de diámetro 100 mm. en el P.K. 0+292 y al final de la tubería, ya en el interior del edificio de conexiones.

Al igual que en el caso de la tubería de entrada a la ETAP, la ventosa se dispone en un pozo de registro de diámetro interior 1,20 m.

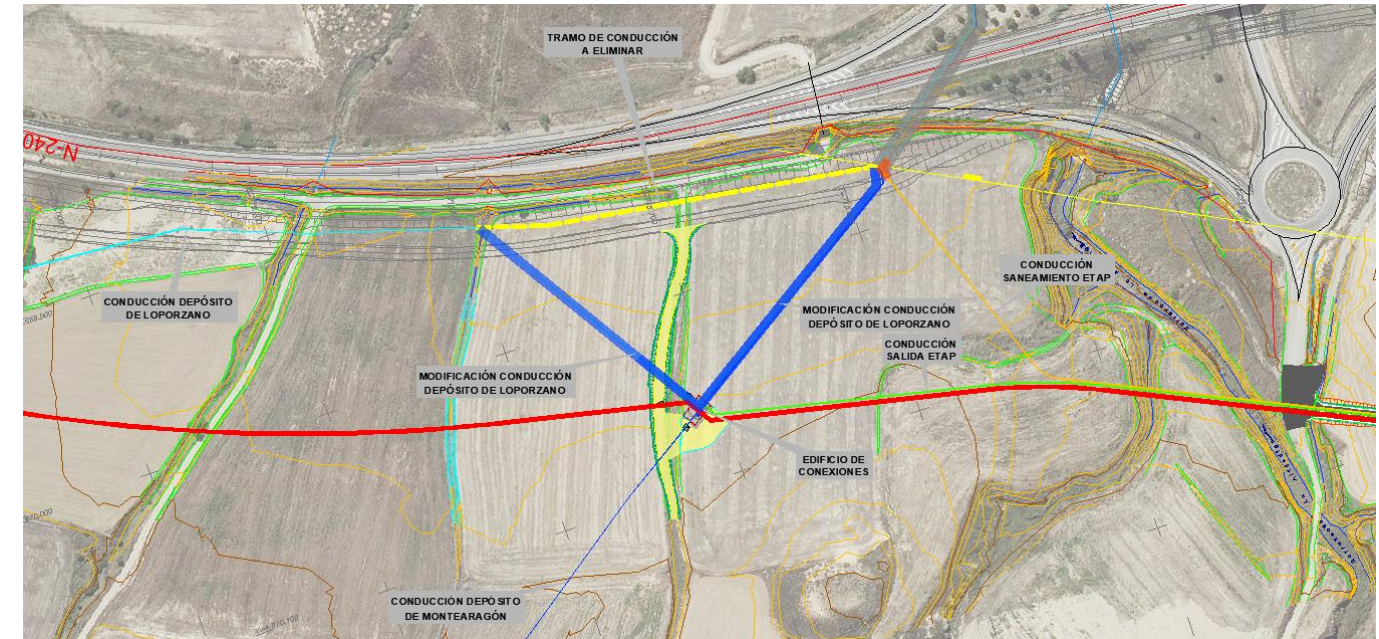
Desagües

Únicamente es necesario un desagüe en el P.K. 0+456 para cruzar el Barranco de la Alfóndiga.

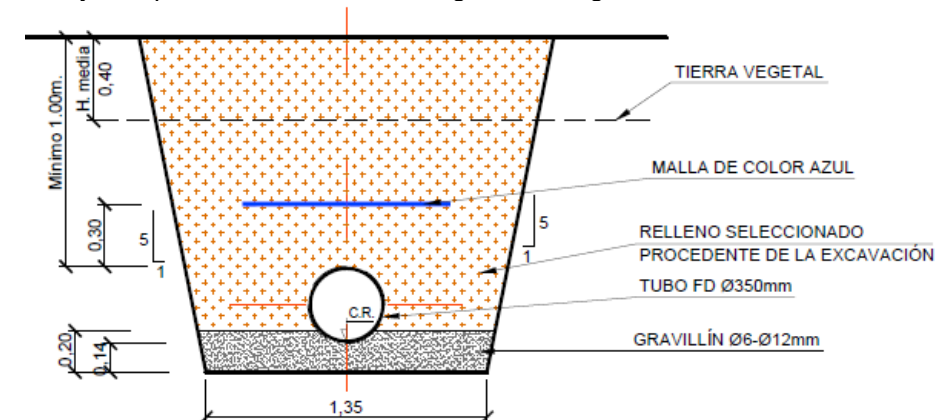
2.1.3 MODIFICACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE LOPORZANO

Como se ha indicado anteriormente, en el edificio de conexiones se conectan las tres fuentes de abastecimiento. Para ello se hace necesario desviar la tubería existente del Depósito de Loporzano hasta el edificio de conexiones.

El desvío se materializa mediante tubería de FD DN 350 con una longitud total de 312 metros. Los cambios de alineación en planta y alzado se han resuelto mediante codos normalizados.



La sección tipo de zanja adoptada se muestra en la siguiente imagen:



Ventosas

Dada la longitud de la tubería, únicamente es necesaria 1 ventosa trifuncional en el PP.KK. 0+145 ya en el interior del edificio de conexiones.

Desagües

No es necesaria la instalación de ningún desagüe.

2.2 Hipótesis de funcionamiento

Las hipótesis de funcionamiento establecidas se describen a continuación:

- Hipótesis 1: Todo el caudal proviene de la Presa de Montearagón. En este caso no es posible traer agua de los depósitos de Loporzano y Montearagón puesto que el caudal de agua tratada utiliza ambas conducciones para conectarse con la red municipal.
- Hipótesis 2: Todo el caudal proviene de los Depósitos de Loporzano y Montearagón. En este caso no se utilizaría la presa de Montearagón.
- Hipótesis 3: Parte del caudal proviene de la Presa de Montearagón y parte del depósito de Loporzano. En este caso no es posible traer agua del depósito de Montearagón puesto que el caudal de agua tratada utiliza ambas conducciones para conectarse con la red municipal.
- Hipótesis 4: Parte del caudal proviene de la Presa de Montearagón y parte del depósito de Montearagón. En este caso no es posible traer agua del depósito de Loporzano puesto que el caudal de agua tratada utiliza ambas conducciones para conectarse con la red municipal

2.3 Cálculo hidráulico

2.3.1 CAUDAL DE DISEÑO

Conducciones de entrada y salida de la ETAP

Los cálculos de estas conducciones se realizan para el caudal de diseño de la ETAP, es decir 300 l/s y para el caudal de una posible ampliación de la ETAP, es decir, 425 l/s.

En el caso de la conducción de entrada de la ETAP se realizan los cálculos con embalse lleno (579,5 msnm) y vacío (542 msnm).

En el caso de la conducción de salida de la ETAP los cálculos se realizan con depósito lleno (524 msnm) y vacío (520 msnm).

Conducción del Depósito de Loporzano

Dado el diámetro de esta tubería (DN350) se ha considerado un caudal de 120 l/s y una altura de depósito de 575 msnm.

Conducción del Depósito de Montearagón

En base al diámetro de esta tubería (DN 400), los cálculos se realizan para un caudal de 180 l/s y una altura de depósito de 605 msnm.

Hágase notar que la tubería de salida de la ETAP devuelve el caudal de agua tratada a las tuberías existentes de los Depósitos de Loporzano y Montearagón por lo que en una hipotética ampliación de la ETAP (Caudal de tratamiento: 425 l/s) estas tuberías no serían capaces de trasegar todo ese caudal y sería necesaria la instalación de una tubería adicional hasta la red municipal de Huesca para poder conducir los 125 l/s adicionales.

2.3.2 CRITERIOS DE VELOCIDAD

Para el dimensionamiento de las conducciones se fijan los siguientes criterios de velocidad máxima y mínima:

- Velocidad máxima: 2,0 m/s
- Velocidad mínima: 0,5 m/s

2.3.3 FÓRMULA DE CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA

La fórmula utilizada para el predimensionamiento hidráulico es la de Darcy-Weisbach.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Símbolo	Nombre	Unidad
h_f	Pérdida de carga debida a la fricción	m
f	Factor de fricción de Darcy	
L	Longitud de la tubería	m
D	Diámetro interno de la tubería	m
u	Velocidad media del fluido	m / s
g	Aceleración de la gravedad ($\approx 9,80665 \text{ m / s}^2$)	m / s ²

La rugosidad media aplicada para calcular el factor de fricción es 0,1 mm.

El factor de fricción se determina mediante la expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{K/D}{3,715} + \frac{2,51}{R\sqrt{f}} \right)$$

Se aplica un coeficiente de 1,15 en concepto de longitud equivalente, de cara a contabilizar las pérdidas de carga localizadas en piezas especiales (codos, valvulería, etc).

Este criterio está del lado de la seguridad tal y como se puede comprobar a continuación.

Las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental y, puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico K.

$$h_s = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

El coeficiente K es adimensional y depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En el caso que nos ocupa adoptamos los siguientes valores de K:

- 1) Codos en ángulo. Para una relación de r/d de 1,5 se toma el coeficiente k de acuerdo a la tabla:

Ángulo	11,25º	22,5º	45º	60º	90º
K	0,05	0,10	0,14	0,22	0,29

- 2) Válvula de corte y caudalímetros:

$$K = 0,25$$

- 3) Válvula de retención:

$$K = 1,50$$

Analizando los elementos existentes en la tubería de entrada a la ETAP tenemos:

Codos:

P.K.	Tipología de codo	Ángulo en planta	Ángulo en alzado	K
0+034	Codo en Planta	33.75º	-	0,14
0+115	Codo en Planta + Alzado Convexo	90,00º	22.52º	0,29
0+158	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.50º	0,10
0+176	Codo en Planta	90,00º	-	0,29
0+247	Codo en Planta + Alzado Convexo	90,00º	4.27º	0,29
0+264	Codo en Planta	33.75º	-	0,14
0+315	Codo en Alzado Convexo	-	11.25º	0,05
0+339	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.50º	0,10
0+345	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.50º	0,10
0+352	Codo en Alzado Convexo	-	22.50º	0,10
0+415	Codo en Planta	45,00º	-	0,14
0+658	Codo en Planta	22.50º	-	0,10
0+701	Codo en Planta + Alzado Convexo	56.25º	3.46º	0,22
0+790	Codo en Planta + Alzado Convexo	33.75º	2.95º	0,14
0+931	Codo en Planta + Alzado Convexo	90,00º	12.97º	0,29
0+970	Codo en Alzado Cóncavo	-	33.75º	0,14
0+995	Codo en Alzado Convexo	-	22.50º	0,10
1+023	Codo en Alzado Convexo	-	22.5º	0,10
1+035	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.50º	0,10
1+070	Codo en Alzado Cóncavo. Especial	-	8.19º	0,05
1+283	Codo en Alzado Cóncavo. Especial	-	14.42º	0,10
1+351	Codo en Alzado Convexo	-	11.25º	0,05
1+829	Codo en Planta	45,00º	-	0,14
1+890	Codo en Planta + Alzado Convexo	22.50º	0.87º	0,10
2+214	Codo en Planta + Alzado Convexo	22.50º	1.60º	0,10
2+305	Codo en Alzado Convexo. Especial	-	7.10º	0,05
2+323	Codo en Alzado Cóncavo. Especial	-	9.43º	0,05
2+364	Codo en Planta	33.75º	-	0,14
2+495	Codo en Alzado Cóncavo. Especial	-	8.17º	0,05
2+531	Codo en Alzado Convexo	-	11.25º	0,05
2+812	Codo en Planta + Alzado Cóncavo	22.50º	6.66º	0,10
3+708	Codo en Planta. Especial + Alzado Cóncavo	16.97º	3.13º	0,10
3+760	Codo en Planta + Alzado Convexo	11.25º	7.17º	0,05
3+809	Codo en Planta	33.75º	-	0,14
3+913	Codo en Planta + Alzado Cóncavo	33.75º	1.89º	0,14
3+922	Codo en Planta	56.25º	-	0,22
4+179	Codo en Planta	22.50º	-	0,10
4+241	Codo en Alzado Cóncavo	-	11.25º	0,05
4+262	Codo en Alzado Convexo. Especial	-	9.40º	0,05
4+348	Codo en Alzado Cóncavo. Especial	-	8.27º	0,05
4+404	Codo en Alzado Convexo. Especial	-	9.96º	0,05
4+462	Codo en Planta + Alzado Cóncavo	22.50º	0.63º	0,10
4+644	Codo en Planta	22.50º	-	0,10
4+865	Codo en Planta	11.25º	-	0,05

P.K.	Tipología de codo	Ángulo en planta	Ángulo en alzado	K
5+068	Codo en Planta. Especial + Alzado Convexo	53.32º	16.34º	0,22
5+087	Codo en Alzado Cóncavo	-	11.25º	0,05
5+213	Codo en Planta + Alzado Convexo	45,00º	3.05º	0,14
5+252	Codo en Alzado Cóncavo	-	11.25º	0,05
5+288	Codo en Alzado Convexo. Especial	-	9.26º	0,05
6+115	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.50º	0,10
6+120	Codo en Alzado Convexo	-	11.25º	0,05
6+177	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.50º	0,10
6+190	Codo en Alzado Convexo	-	22.50º	0,10
6+224	Codo en Alzado Convexo	-	11.25º	0,05
6+996	Codo en Alzado Cóncavo. Especial	-	6.42º	0,05
7+037	Codo en Alzado Convexo. Especial	-	6.02º	0,05
8+429	Codo en Alzado Convexo.	-	11.25º	0,05
8+443	Codo en Alzado Cóncavo.	-	11.25º	0,05
8+456	Codo en Alzado Cóncavo.	-	11.25º	0,05
8+468	Codo en Alzado Convexo.	-	11.25º	0,05
10+136	Codo en Planta + Alzado Convexo.	45,00º	0.59º	0,14
TOTAL				6,46

Valvulería:

P.K.	Tipología	K
0+029	V. Mariposa	0,25
0+041	Caudalímetro	0,25
6+225	V. Corte	0,25
10+104	Caudalímetro	0,25
Edif. Conexiones	V. Retención	1,50
Edif. Conexiones	V. Mariposa	0,25
TOTAL		2,75

En conjunto tenemos una K de 9,21.

La longitud equivalente de una singularidad puede determinarse igualando las fórmulas de pérdidas de carga de la tubería y la singularidad; así tenemos:

$$h_s = h_f$$

$$K * \frac{v^2}{2g} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

La pérdida de carga total en una tubería de longitud L con i singularidades de longitud equivalente L_{ei} cada una de ellas será la que produce una tubería del mismo diámetro pero con una longitud equivalente total $L_T = L + \sum L_{ei}$.

Por tanto, si despejamos L en la expresión:

$$K * \frac{v^2}{2g} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Tenemos que la longitud equivalente a las pérdidas de carga producidas por las singularidades es 440 metros.

La tubería de entrada a la ETAP tiene una longitud total de 10.904 metros que en el cálculo han sido incrementados en una 15%, es decir, 1.635,60 metros. Esta longitud es superior a los 440 metros mencionados por lo que estamos del lado de la seguridad.

Realizando los cálculos de forma análoga para la tubería de salida tenemos:

Codos:

P.K.	Tipología de codo	Ángulo en planta	Ángulo en alzado	K
10+151	Codo en Planta + Alzado Cóncavo	45º	0.68º	0,14
10+374	Codo en Alzado Convexo	-	22.5º	0,10
10+385	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.5º	0,10
10+444	Codo en Alzado Cóncavo	-	22.5º	0,10
10+448	Codo en Alzado Convexo	-	22.5º	0,10
10+473	Codo en Alzado Cóncavo. Especial	-	6.17º	0,05
10+607	Codo en Planta. Especial + Alzado Convexo	64.69º	5.0º	0,29
10+724	Codo en Planta + Alzado Cóncavo	45º	4.55º	0,14
10+771	Codo en Planta	11.25º	-	0,05
10+812	Codo en Planta. Especial	19.67º	-	0,10
10+832	Codo en Planta. Especial	15.08º	-	0,10
10+880	Codo en Planta	33.75º	-	0,14
10+893	Codo en Planta. Especial	39.56º	-	0,14
TOTAL				2,00

Valvulería:

P.K.	Tipología	K
10+141	V. Mariposa	0,25
10+146	Estrechamiento	0,20
TOTAL		0,45

En conjunto tenemos una K de 2,45.

Tenemos que la longitud equivalente a las pérdidas de carga producidas por las singularidades es 110 metros.

La tubería de salida a la ETAP tiene una longitud total de 757 metros que en el cálculo han sido incrementados en una 15%, es decir, 113,60 metros. Esta longitud es igual a los 110 metros mencionados por lo que las pérdidas de carga singulares están contempladas de manera correcta.

En el caso de la tubería de Loporzano tenemos:

Codos:

P.K.	Tipología de codo	Ángulo en planta	Ángulo en alzado	K
0+000	Codo en Planta	45º	-	0,14
TOTAL				0,14

Valvulería:

P.K.	Tipología	K
0+144	Caudalímetro	0,25
0+150	V. Mariposa	0,25
TOTAL		0,50

En conjunto tenemos una K de 0,64.

Tenemos que la longitud equivalente a las pérdidas de carga producidas por las singularidades es 13,40 metros.

La tubería de Loporzano tiene una longitud total hasta el edificio de conexiones de 150 metros que en el cálculo han sido incrementados en una 15%, es decir, 22,50 metros. Esta longitud es superior a los 13,40 metros mencionados por lo que las pérdidas de carga singulares están contempladas de manera correcta.

2.3.4 RESULTADOS

Después de todos los tanteos realizados, los resultados obtenidos para cada solución son los que se adjuntan en el Apéndice nº 1.- Cálculos Hidráulicos de las Conducciones. A continuación, se expone un resumen:

CONDUCCIÓN DE ENTRADA						
DIÁMETRO (mm)	COTA EMBALSE (m)	CAUDAL (l/s)	PRESION DINÁMICA FINAL TUBERÍA COTA 506,35 (mca)	CARGA HIDRAULICA NECESARIA EN LA ENTRADA DE LA ETAP	PRESION DINÁMICA A LA ENTRADA DE LA ETAP (mca)	VELOCIDAD (m/s)
700	542,00	425	19,72	514,31	11,76	1,104
		300	27,44	513,87	19,92	0,78
	579,50	425	57,22	514,31	49,26	1,104
		300	64,94	513,87	59,96	0,78

Nota: la cota final de la conducción de entrada a la ETAP es la 506,35 msnm si bien la cota piezométrica necesaria en la entrada de la ETAP es la 514.31 la 513,87 msnm a 425 l/s y 300 l/s tal y como se justifica en el apéndice nº 2 de este documento. Por ello, que se aportan ambos resultados de presión.

CONDUCCIÓN SALIDA

DIÁMETRO (mm)	COTA DEPÓSITO (m)	CAUDAL (l/s)	PRESION DINÁMICA DEPÓSITO DE COPA (mca) PIEZOMÉTRICA (msnm)	VELOCIDAD (m/s)
700	524	300	39,78 - 512,79	0,78 - 1,25 - 1,43
	520		35,79 - 508,79	0,78 - 1,25 - 1,43

DEPÓSITO LOPORZANO

DIÁMETRO (mm)	COTA DEPÓSITO (m)	CAUDAL (l/s))	PRESION DINÁMICA EDIFICIO CONEXIONES (mca)	VELOCIDAD (m/s)
350	575	120	74,35	1,250

DEPÓSITO MONTEARAGÓN

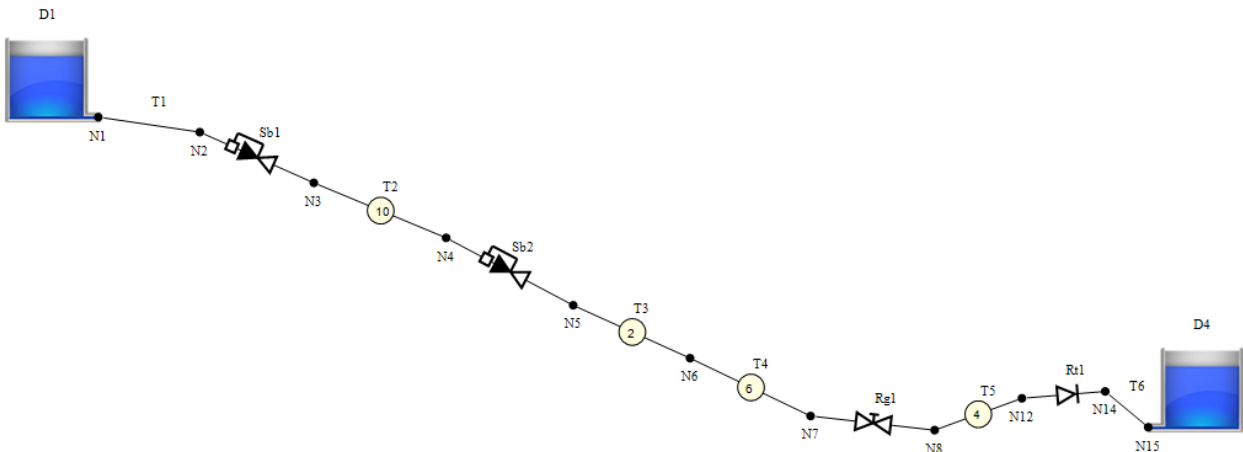
DIÁMETRO (mm)	COTA DEPÓSITO (m)	CAUDAL (l/s)	PRESION DINÁMICA EDIFICIO CONEXIONES (mca)	VELOCIDAD (m/s)
400	605	180	105,37	1,871

2.4 Cálculo de transitorios

El modelo de cálculo consta de dos depósitos al inicio y final de la tubería (el embalse de Montearagón y la cota de llegada a la ETAP, y varios tramos de tubería separados por las válvulas de regulación y de corte, que a su vez se consideran protecciones que, en caso de rotura de la tubería, cierran automáticamente si se supera una velocidad o un caudal máximo en la tubería.

Asimismo se ha considerado disponer un nudo de tubería en el PK 6+912, en el que se ha colocado la futura toma de Monflorite, Tierz y Quicena.

En caso de que se considere que se vaya a realizar alguna simulación con llenado y/o se va a alcanzar en algún momento del mismo presiones negativas, es necesario añadir las ventosas de la tubería; además, si se considera que se dispone una válvula de retención para evitar el retroceso del agua desde el depósito 2, se dispone también en el modelo una válvula de retención.



A continuación, se describen los distintos elementos del modelo:

- N1=D1: Embalse de Montearagón: cota de nudo 539
- T1: tubería hasta válvula de corte en PK 29,2. longitud 64,2 m (incluye 35 m de tubería entre el paramento de la presa y el inicio de la obra)
- N2 y N3: antes y después de válvula: cota 538,591
- Sb1: válvula de sobrevelocidad
- T2: tubería entre válvulas de corte: longitud 6.217,97 m.

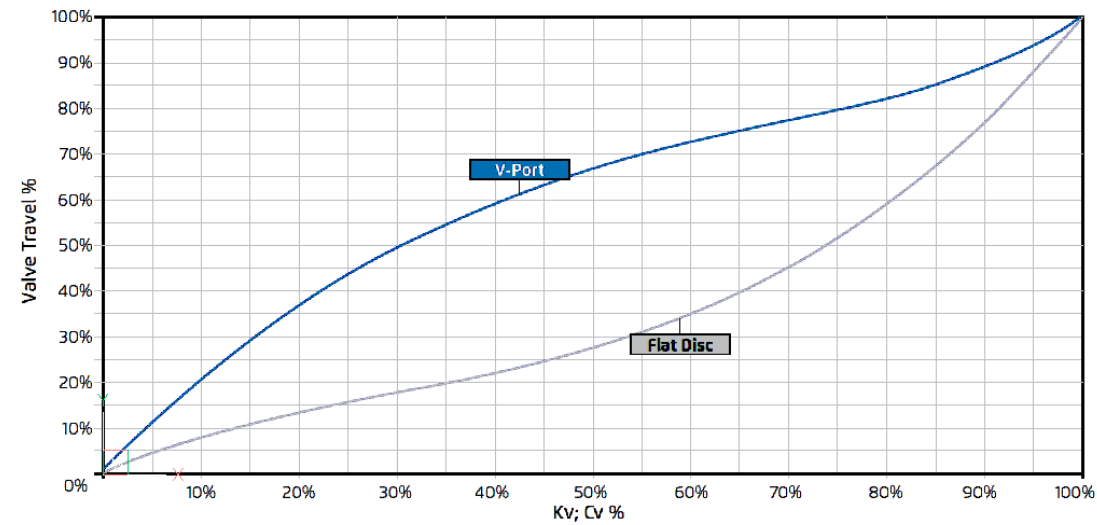
- N4 y N5: antes y después de válvula: cota 459,59
- Sb2: válvula de sobrevelocidad
- N6: nudo en 6+912,6: posible toma futura. Cota 485,30
- T3: tubería entre válvula y toma: l= 687,24 m
- T4: tubería entre toma y válvula de regulación en arqueta de conexiones L=3.229,62
- N7 y N8: nodos antes y después de válvula de regulación, cota 476,84
- Rgl: válvula de regulación tipo Bermad 700 con V-port o similar
- T5: tubería hasta la ETAP: L=766,65 m.
- N12 y N14: nudos para incluir una válvula de retención.
- T6: tubería ficticia de 1 m de longitud y con celeridad infinita (oscilación en masa). Se incluye porque el programa no permite poner una válvula de retención con final directamente en un depósito. La presión y velocidad en N15 y N14 es la misma
- D2=N15: cota en entrega a ETAP: 506,35 m

2.4.1 DATOS DEL MODELO

- **Tubería:** Es una tubería de fundición dúctil de diámetro nominal 700 mm; diámetro exterior 738 mm e interior, considerando las tolerancias en el revestimiento interior de mortero, de diámetro interior 700 mm aprox. A efectos del cálculo de pérdidas de energía, se ha supuesto una rugosidad interior equivalente de 0,1 mm. Se realiza el cálculo de la celeridad de la onda de golpe de ariete para una tubería de estas características, obteniéndose un valor de $c=1077$ m/s: nota: el programa, por consistencia numérica, puede modificar la celeridad de la onda particularmente en tramos de tubería de corta longitud.
- **Coefficientes de pérdidas localizadas** en los tramos de tubería: se calculan para incrementar en un 15% las pérdidas obtenidas por fricción.
- **Ventosas:** se han utilizado las características de las ventosas que el programa tiene incorporadas en sus bases de datos, del mismo diámetro nominal.
- **Válvula de regulación en PK 10+140:** Se ha considerado para el cálculo de golpe de ariete, disponer las características de la válvula de diámetro nominal 700 mm con V-Port instalada en el edificio de conexiones. Esta válvula tiene una capacidad hidráulica elevada, con $k_v = 5020$ m³/hora/bar^{0.5}, es decir, que abierta completamente puede pasar un caudal de aproximadamente 1.4 m³/s con una pérdida de presión de 1 bar. Si en lugar de V-port se dispusiera un disco membrana delgado, esto haría que en condiciones ordinarias de uso, (caudales de 300 y 425 l/s previstos en el abastecimiento de Huesca) la válvula tendría que funcionar muy cerrada y funcionaría mal. Al considerar el elemento Vport, para esos caudales ordinarios, funciona en un punto más adecuado.

Ha sido necesario realizar un cálculo que, para los diferentes grados de apertura de la válvula, obtiene el coeficiente de pérdidas k a partir de los coeficientes k_v que proporciona el fabricante:

Kv; Cv to Valve Travel Graph



- **Válvulas de cierre en PK 0+029 y 6+225.5.**

Se considera que se disponen válvulas de mariposa motorizadas de diámetro nominal 700 mm, con bypass de 250 mm cerrado con válvulas de compuerta.

A efectos de cálculo de golpe de ariete por cierre de válvulas por sobrevelocidad, se considera un cierre con una duración total de 20 segundos entre la apertura 100% y el 15% y un tiempo adicional de 40 segundos entre la apertura 15% y 0%. Esta forma de cerrar las válvulas de mariposa a dos velocidades reduce los efectos del golpe de ariete.

A efectos del cálculo de golpe de ariete se supone que las válvulas se han tarado a una velocidad de 1,16 m/s= 446 l/s para iniciar el cierre.

2.4.2 SIMULACIONES REALIZADAS

Condiciones de regulación de caudal

Se han considerado cuatro condiciones de regulación de caudal:

- 1.1 Embalse de Montearagón a cota 542 y cierre de la válvula de regulación, desde un caudal de 300 l/s a 0 l/s en 40 segundos.
- 1.2 Igual al caso anterior pero con embalse a cota 579.
- 1.3 Embalse a cota 542 y caudal inicial de 425 l/s
- 1.4 Embalse a cota 579 y caudal inicial 425 l/s.

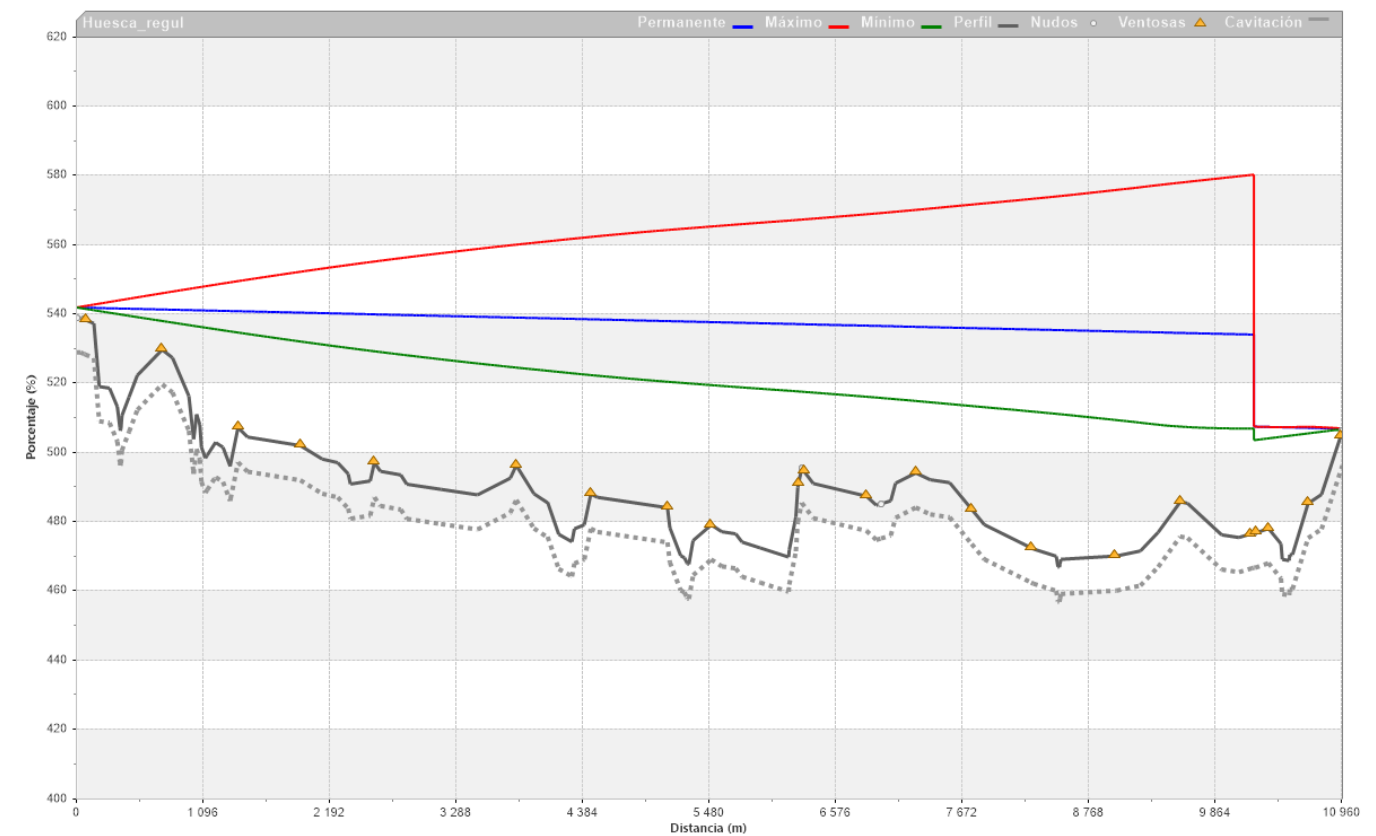
Condiciones de sobrevelocidad

- 2.1 Partiendo de las condiciones iniciales de 1.3 se incrementa la apertura de la válvula de regulación para que se superen las velocidades que inician el cierre de las válvulas de seccionamiento.
- 2.2 Igual al caso anterior pero partiendo de las condiciones iniciales de 1.4

2.4.3 RESULTADOS OBTENIDOS

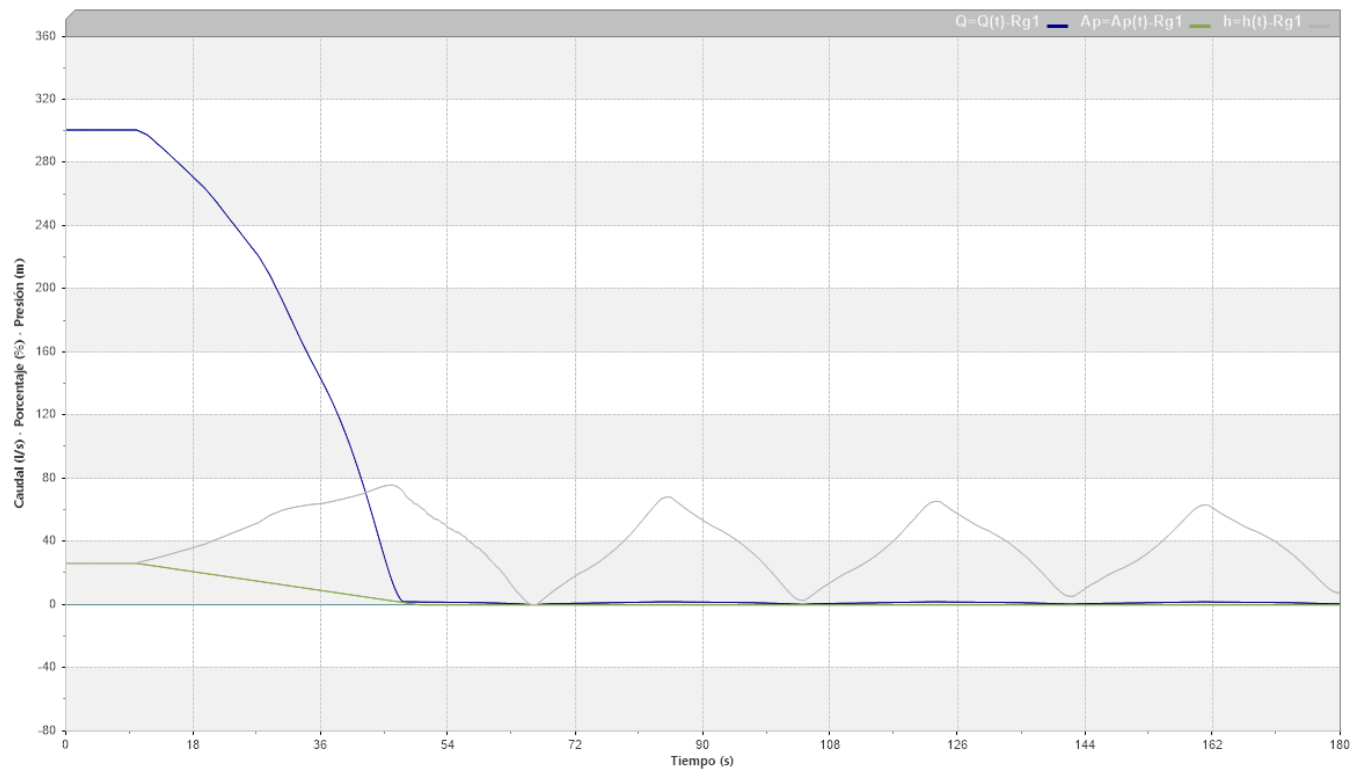
Hipótesis 1.1

Envolvente de H, en régimen permanente, máximo y mínimo:



La máxima presión en la tubería se produce en el punto bajo de 8+503, alcanzando un máximo de 107 m.c.a. La mínima presión se produce en los extremos de la tubería por las condiciones de contorno, y fuera del contorno, en las ventosas en 0+737 (8.5 m.c.a), 6+280 (22.1 m.c.a), 7+290 (20.9 m.c.a) y 9+570 (21.8 m.c.a).

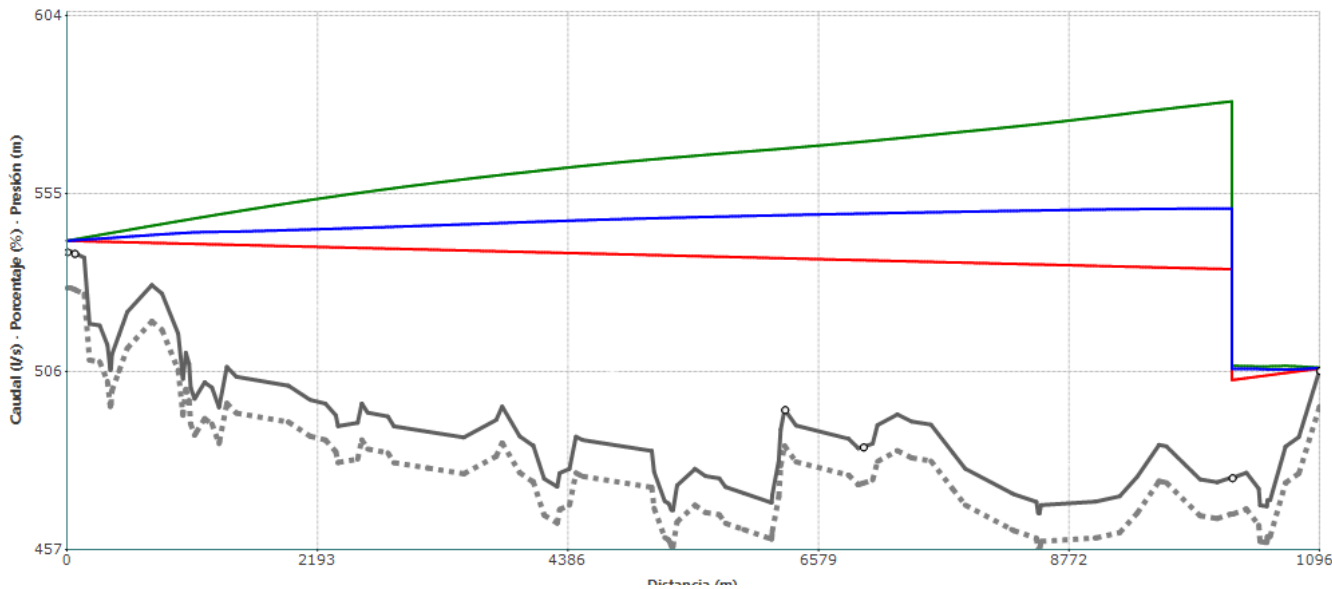
Aperturas en la válvula de regulación, diferencias de carga en la válvula y caudales.



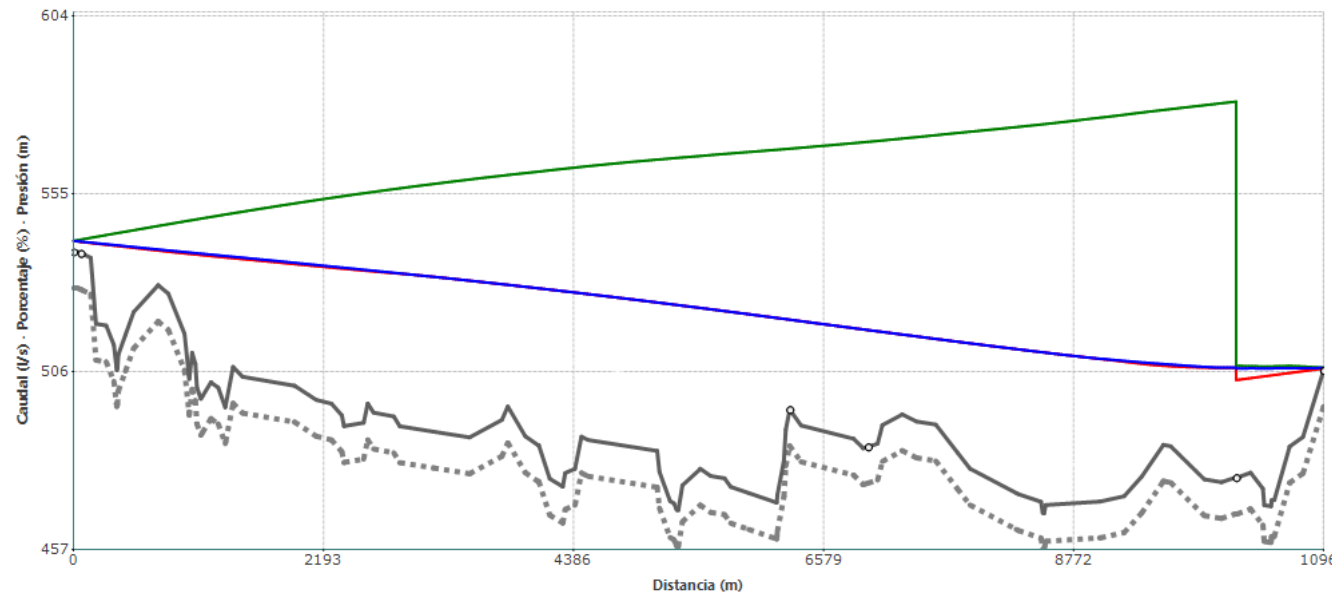
La válvula pasa de estar abierta un 26.58% en el instante 10s, a un 0% en el instante 50s. Los caudales que pasan son 300.9 l/s para T=10 s, 197.5/s para T=30s y 30.5 l/s para T=45 segundos.

La animación de los resultados es bastante explicativa del resultado de las presiones en la válvula, en particular en la tubería larga:

La onda tarda unos 10 segundos en recorrer los 10 km entre la válvula y el embalse y otros tantos en volver con signo contrario desde el embalse a la válvula. Con un tiempo de cierre de 40 segundos, las presiones máximas se alcanzan aproximadamente 3 segundos antes del instante final del cierre (T=47 segundos). A partir de ese momento las presiones comienzan a relajarse; en el instante T=56 segundos serían:

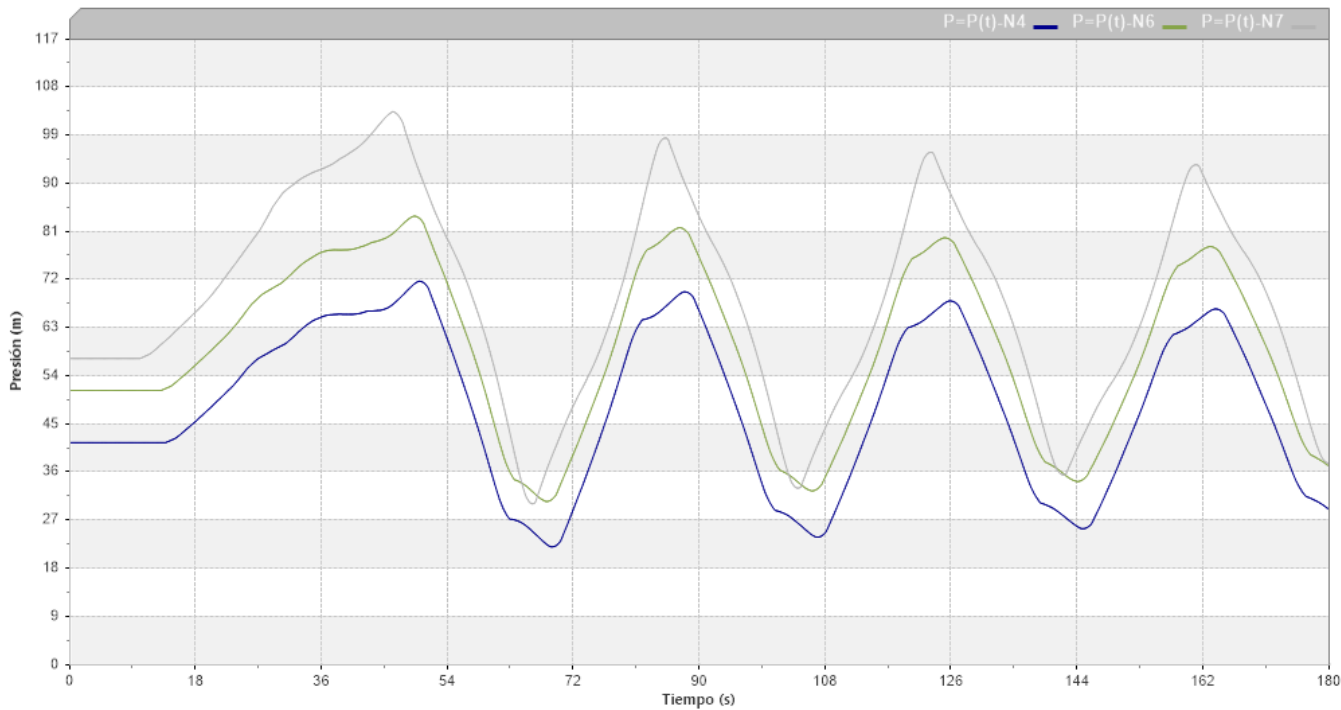


Para T=1.06 se darían las presiones mínimas:



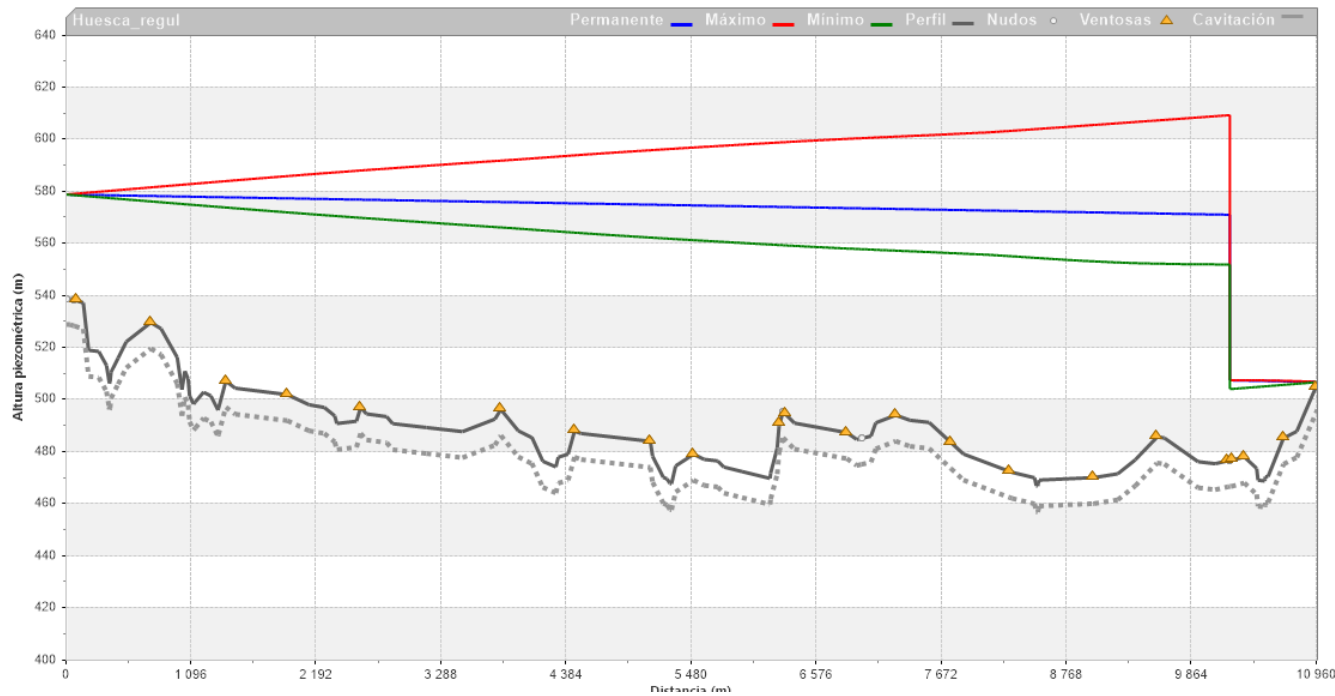
El ciclo se repite, amortiguado, cada 20.5 segundos aproximadamente.

A modo de ejemplo se presentan las presiones en los nudos 4, 6 y 7.



Hipótesis 1.2

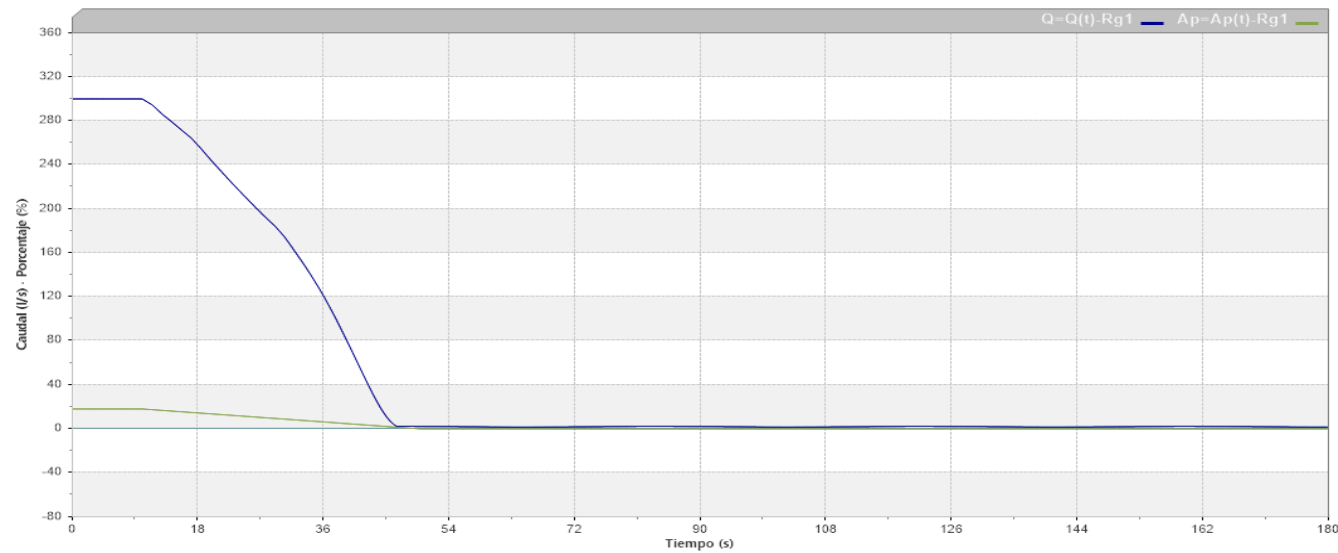
Envolvente de H máximas y mínimas en las tuberías.



Con el embalse más lleno, el resultado es similar, sólo que con 39 m más de presión al inicio del cálculo. La evolución de las ondas es similar, pero se evita que se obtengan presiones próximas a 0 en cualquier punto de la tubería. Las condiciones aguas debajo de la válvula son las mismas.

La presión máxima alcanzada en la tubería es de 137 m.c.a en 8+500 y la mínima (fuera de la zona de contorno, de 52.1 m.c.a en 0+737

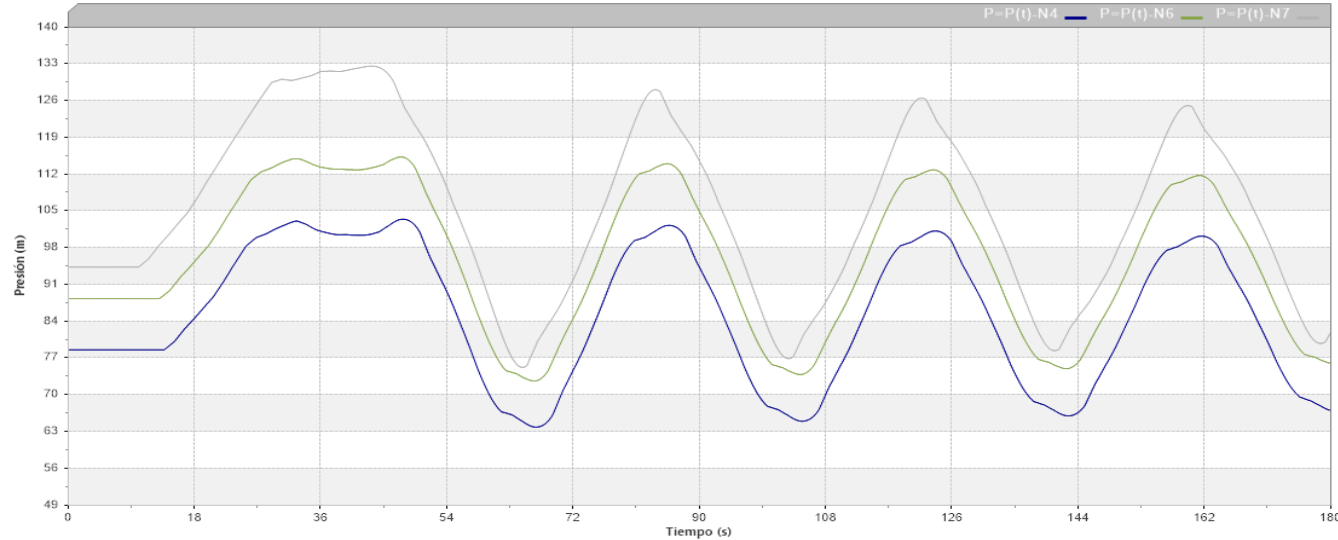
Caudales y aperturas en la válvula de regulación:



Es muy similar al caso anterior, pero con apertura inicial de válvula 18,15% en lugar de 26,58%

Evolución de la onda: muy similar.

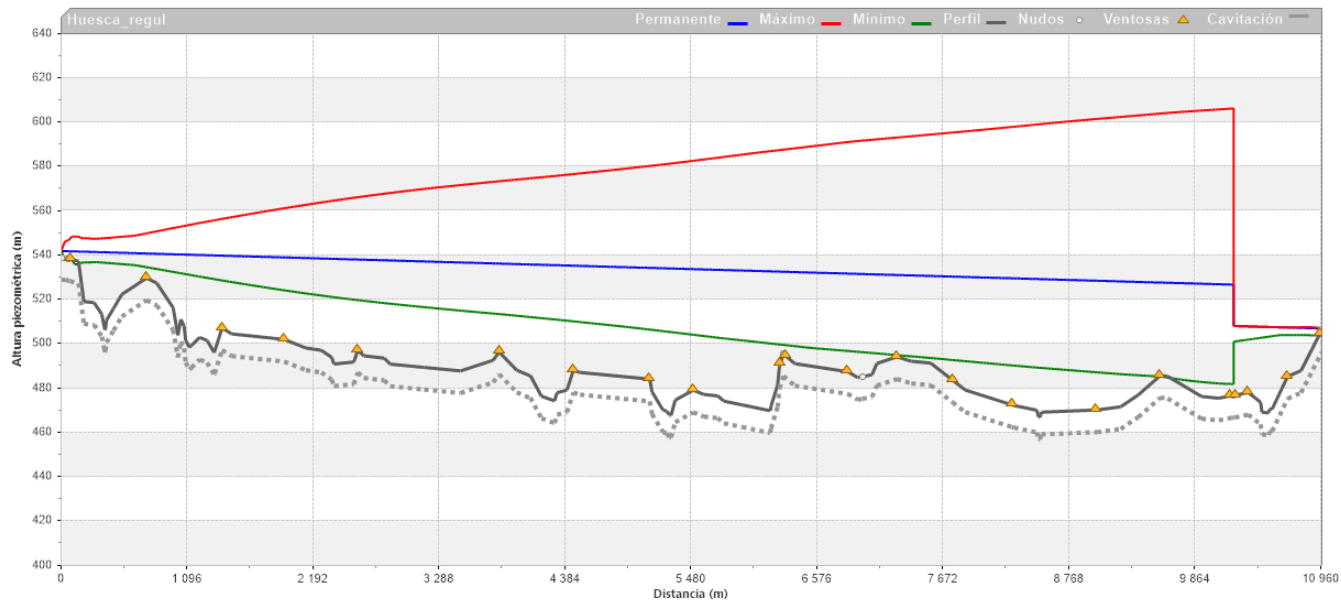
Evolución de las presiones en los nudos.4,6 y 7



La evolución temporal es similar solo que con presiones superiores.

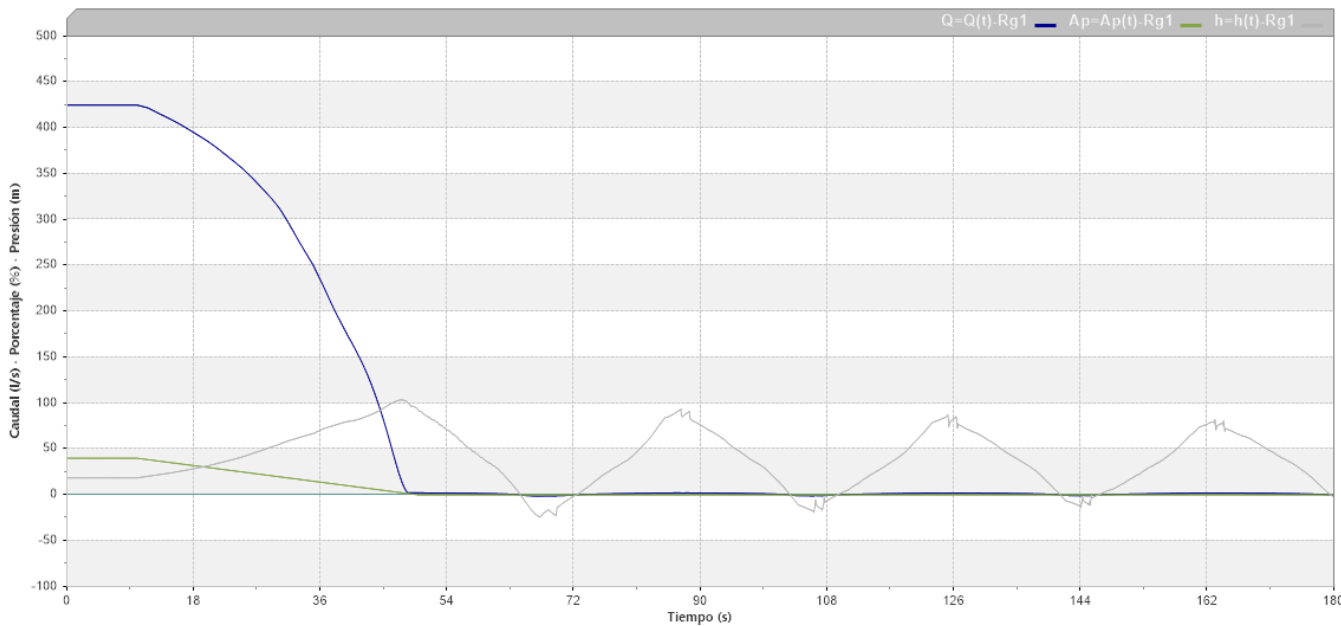
Hipótesis 1.3

Envolvente de H máximas y mínimas

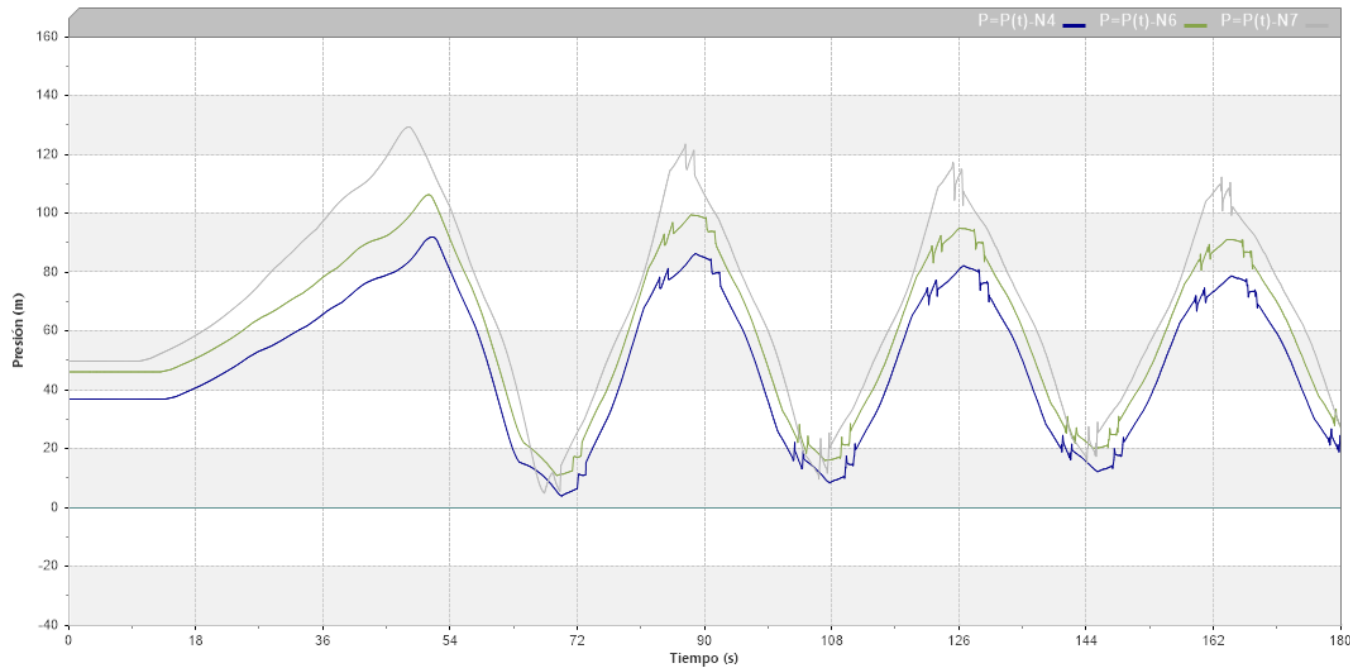


El funcionamiento es similar, pero, dado que se parte de un caudal mayor, las sobrepresiones y depresiones son mayores. La presión máxima es de 132.1 m.c.a en 8+500 y las mínimas resultan ligeramente negativas en varios puntos, sin llegar a la cavitación, de -2.4 m.c.a en 10+965(fin) en 9+606 -0.54 m.c.a; en 7+270 +0.90 m.c.a; y -0.75 m.c.a en 0+064, todas ellas con ventosas.

La válvula pasa de estar abierta con un 40,01% a 0 en 40 segundos, con los siguientes caudales:



Y las presiones en los nudos 4 6 y 7 son:

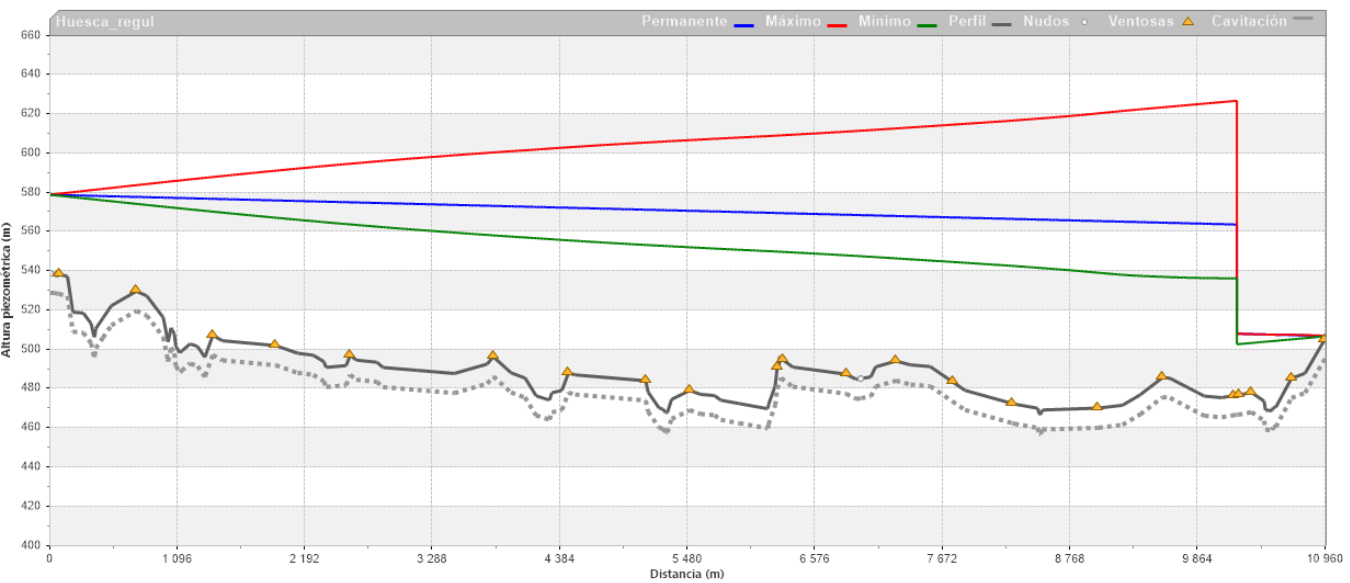


Observamos que las presiones mínimas ya se acercan a 0 en los puntos más bajos de los ciclos de la onda.

Con el embalse en la cota 540, se debe considerar que el caudal 425 l/s es el máximo que puede llevar la tubería sin riesgo de generar presiones negativas con riesgo de cavitación en los puntos altos de la tubería, pese a la instalación de ventosas.

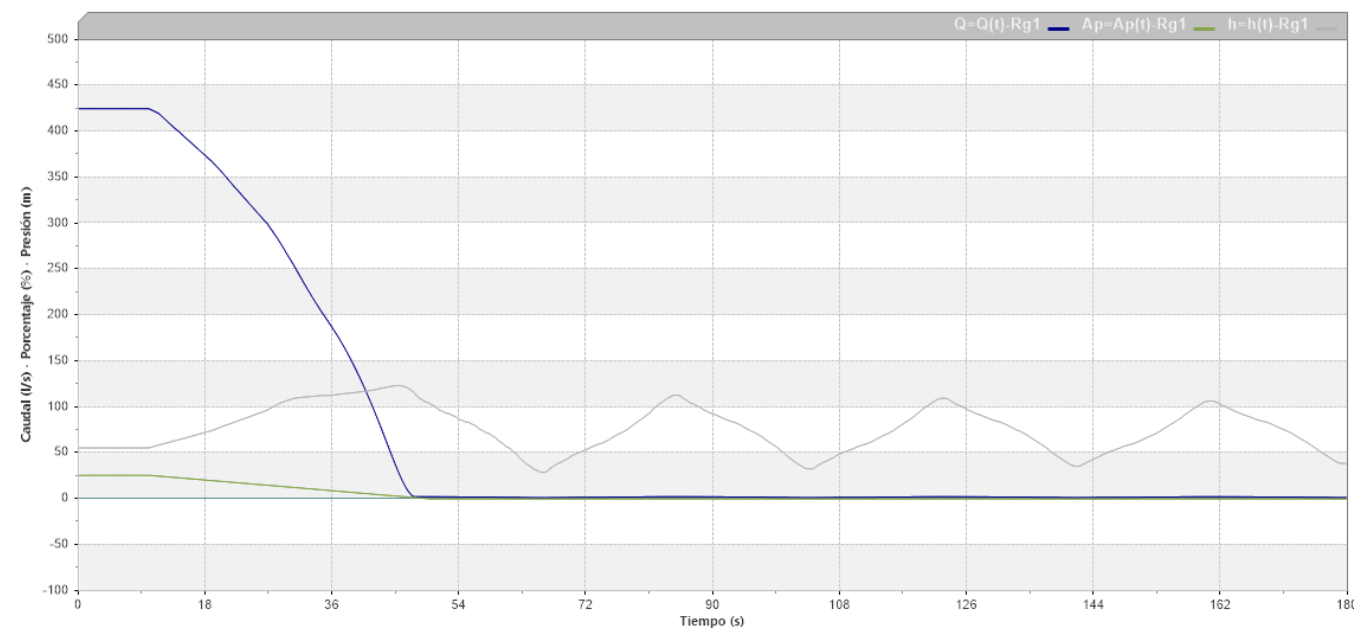
Hipótesis 1.4

Envolvente de H máximas y mínimas



La máxima presión alcanzada es de 150.8 m.c.a. en 8+500 (valores en el entorno de 150 desde 8+100 a 9+200 y de 9+800 hasta 10+200 (válvula)). Las presiones mínimas son de 40 m en los 200 m posteriores al embalse, 44.7m.c.a en 0+750 y 52.4 en 7+270.

Caudales y aperturas en la válvula de regulación:



La apertura pasa de 25,79% a 0% en 40 segundos.

Hipótesis 1.3B: Máxima velocidad de cierre con presiones no negativas en ventosas

Se tantea la velocidad máxima de cierre similar a 1.3 a partir de la cual se producen aperturas de ventosas y formación de ondas secundarias acopladas por sucesivas aperturas y cierres por este motivo.

El inicio de esta situación se produce para las condiciones iniciales de la hipótesis 1.3, para el cierre en 40 segundos desde la condición inicial de la válvula (apertura del 40,01%) a 0.

Esta hipótesis coincide en este caso exactamente con la hipótesis 1.3, por lo que no se procede a presentar resultados diferentes a los de dicha hipótesis.

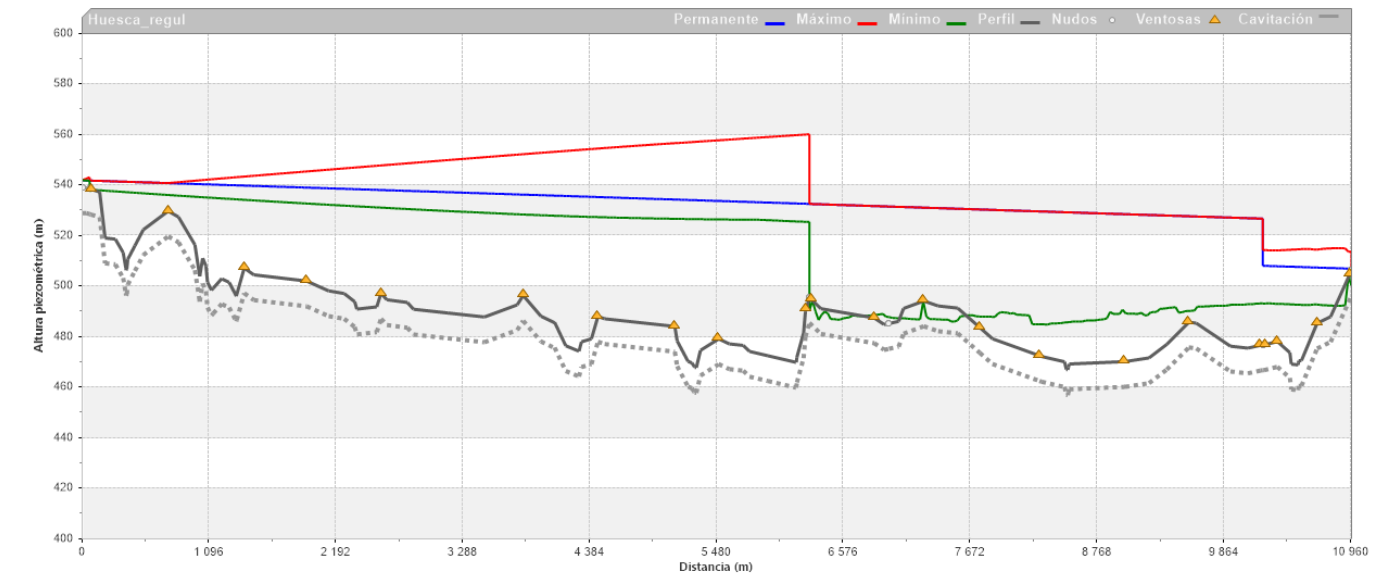
Se debe considerar que el caudal de 425 l/s es el máximo que puede transportar la tubería con el embalse en la cota 540 sin riesgo de que, con un cierre de la válvula en 40 segundos se generen presiones negativas con cavitación en la tubería.

Hipótesis 2.1

Se considera el cierre de las válvulas de sobrevelocidad a dos velocidades: en los primeros 20 segundos, la válvula de mariposa cierra del 100% al 15% y desde este momento cierra a 0.1% en 70 segundos adicionales, completando el cierre en unos 90 segundos totales.

Este cierre a dos velocidades disminuye las consecuencias del golpe de ariete. El suponer que queda un 0,1% abierto supone un caudal pasando tras el cierre inferior a 0,001 l/s, pero permite una mejor convergencia numérica.

Envolvente de H máximas y mínimas:

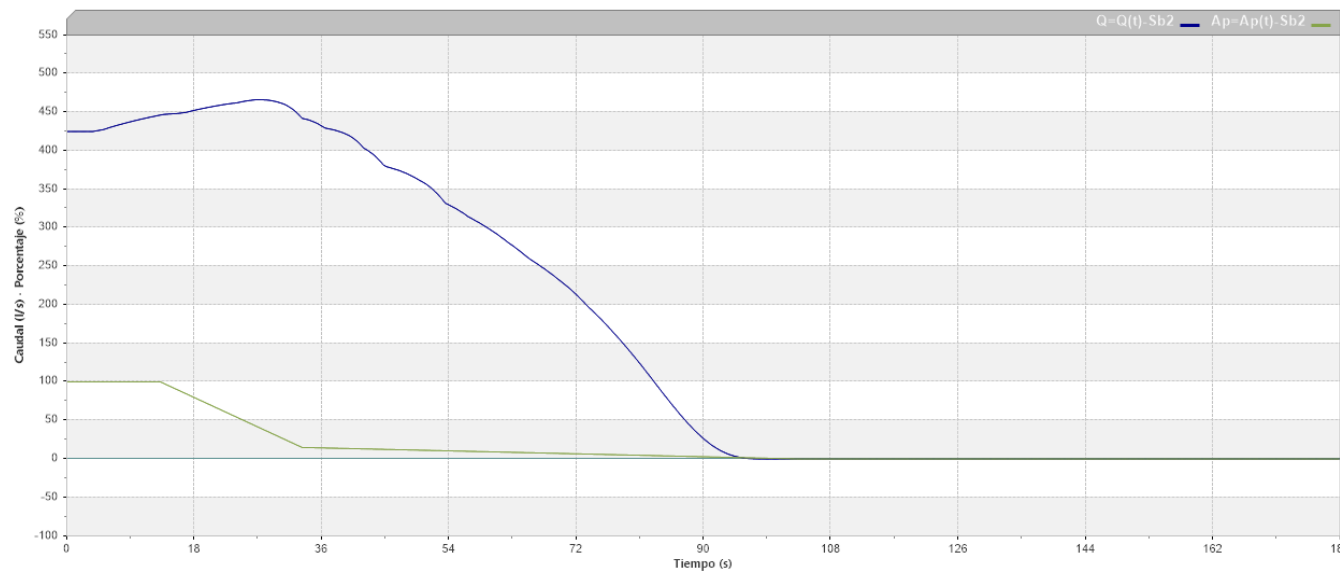


El cierre en las condiciones de tiempo establecidas anteriormente es relativamente lento, por lo que no se producen sobrepresiones elevadas aguas arriba. Sin embargo, sí que se producen presiones negativas aguas debajo de las válvulas de seccionamiento, sin alcanzar las presiones de cavitación, debido a que las ventosas, en particular las situadas inmediatamente aguas abajo de las válvulas; las situadas en el 7+268 y en el 10+900 ingresan una cierta cantidad de aire, por lo que en el instante final el valor de H se queda en el entorno de la cota 490.

La presión máxima alcanzada en la tubería es de 88.8 m.c.a en 5+296 y de 89.7 m.c.a en 6+150(a unos 120 m de distancia de la válvula de seccionamiento). La presión mínima aguas arriba de la válvula (fuera de la zona de contorno) ocurre en 0+750 (ventosa) con un valor de 11,26 m.c.a.

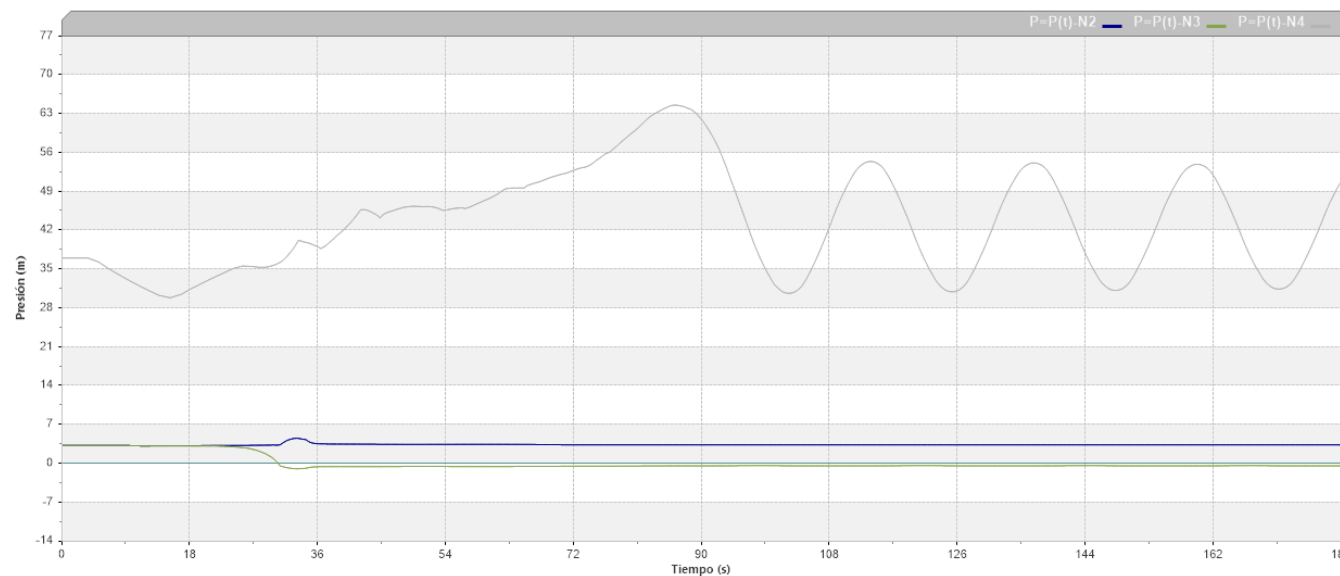
Aguas debajo de la válvula, las presiones máximas son prácticamente las de régimen uniforme, mientras que las mínimas son inferiores a 0 m.c.a: en el entorno de -8.3 m.c.a en 10+905 (a 60 m del final de la tubería, (por efecto de la válvula de retención), de -6.7 m.c.a en 7+312, de -3.2 m.c.a en 6+585, y -5.1 m.c.a a la salida de la válvula de seccionamiento (6+282).

Las aperturas y caudales en la válvula de cierre 2 son los siguientes:



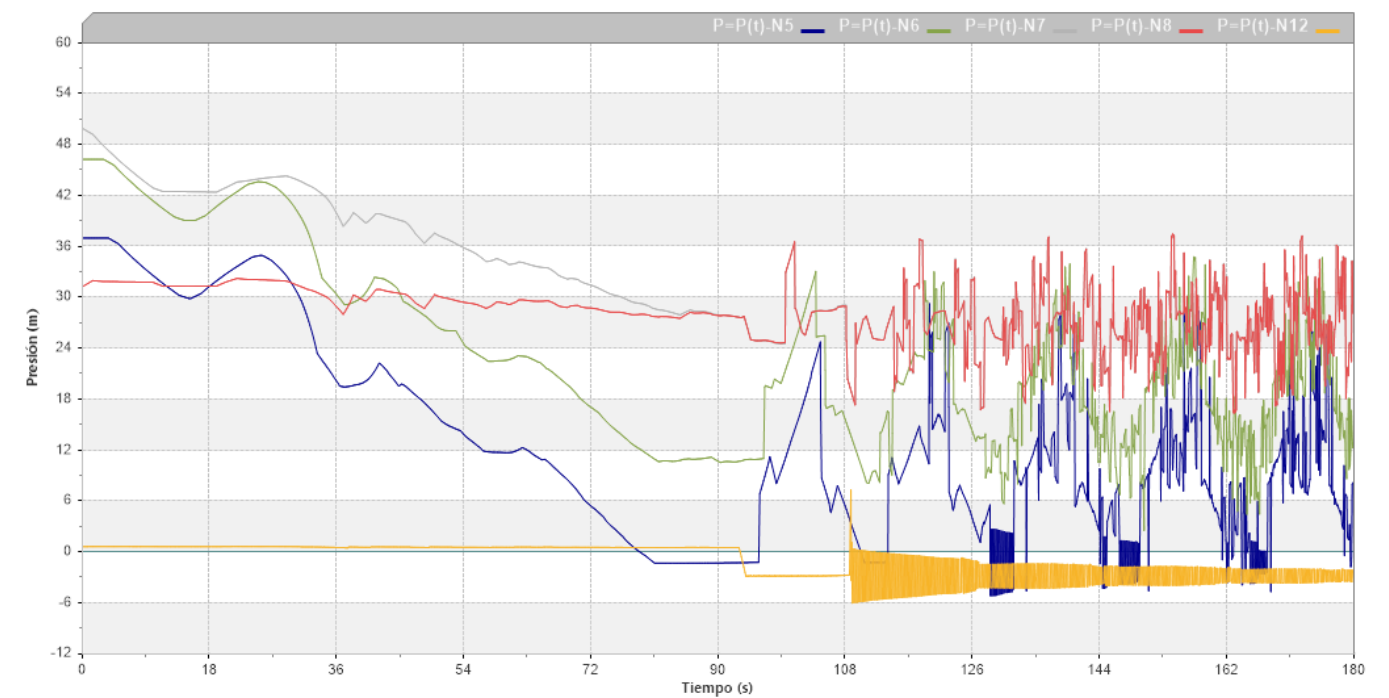
Caudal máximo: 466,4 l/s. a los 26.95 segundos. Caudal a los 100 segundos de prácticamente 0 l/s (0.0003).

Presiones en los nudos 2 a 4 son los siguientes:



Obsérvese que la presión en los nudos 2 y 3 es pequeña, por efecto de estar junto al embalse. El cierre del seccionamiento 1 no genera apenas ningún cambio de presión. El nudo 4, tras el cierre, tiene una señal de presión prácticamente sinusoidal, con un periodo que es igual a 4 veces la distancia entre las dos válvulas de seccionamiento dividido entre la celeridad de la onda ($4 \cdot 6200 / 1070 = 23$ segundos aprox).

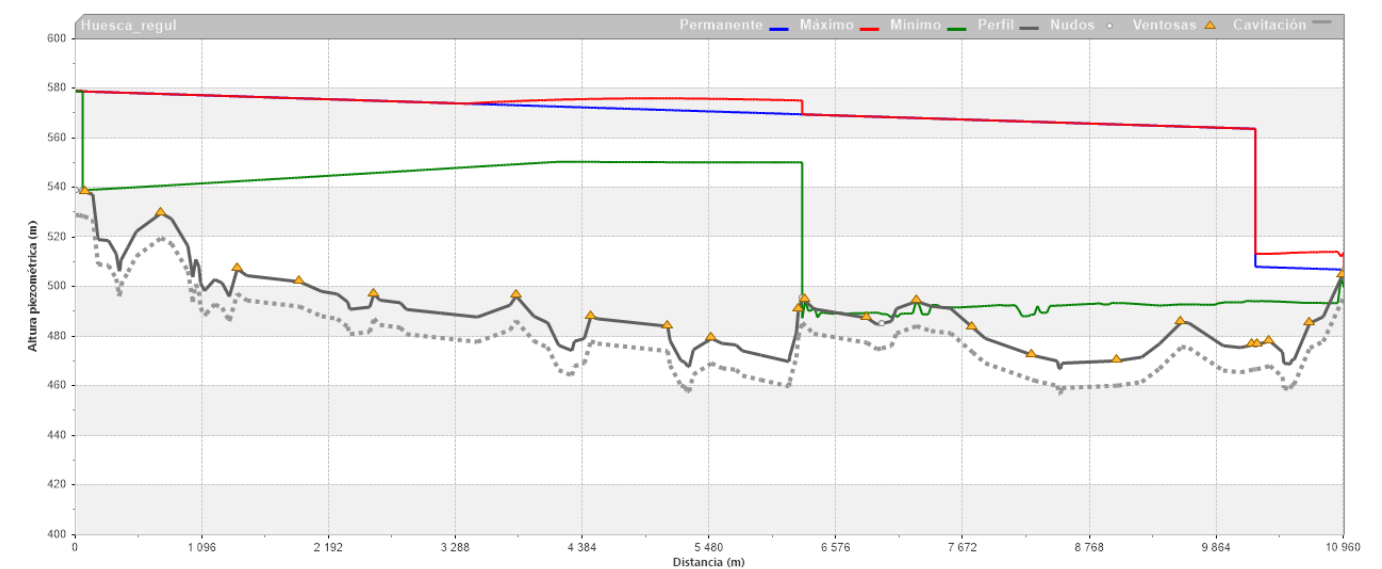
Aguas abajo del seccionamiento, la presión en los nudos 5 a 12 es:



Se observa una presión descendente hasta que se cierra completamente la válvula de seccionamiento, y cinco ciclos de presión formados por onda más ruido, debido a la superposición de las ondas secundarias generadas al abrirse y cerrarse las ventosas.

Hipótesis 2.2

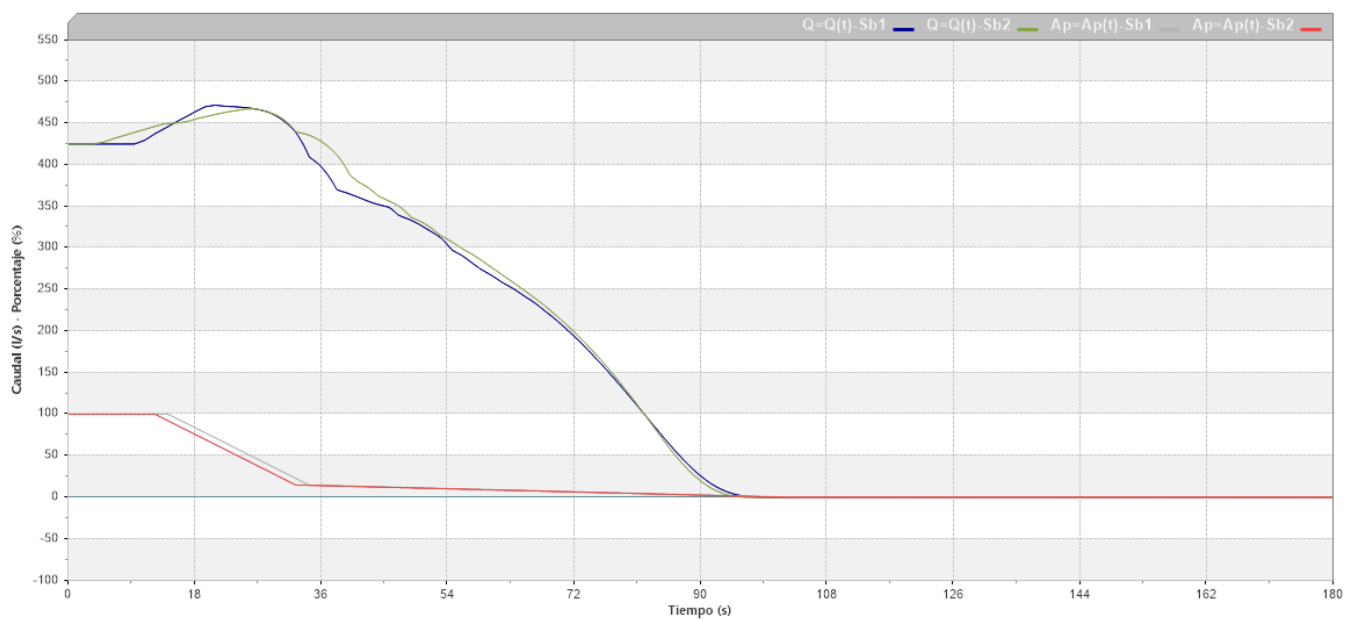
Envolve de presiones máximas y mínimas:



La presión máxima alcanzada es de 107.6 m.c.a en 5+296, 105.2 en 6+161 y 99,2 en 8+503.

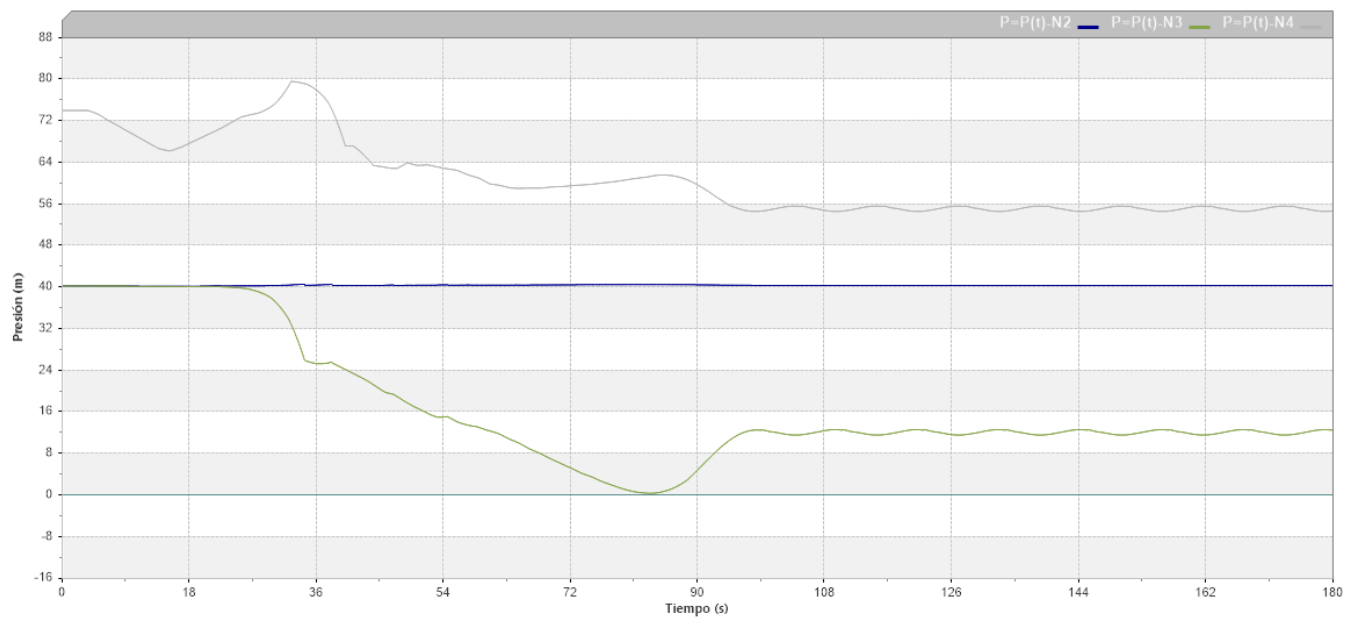
Las presiones mínimas son positivas aguas arriba de la válvula de seccionamiento. Aguas abajo las mínimas son negativas, pero sin alcanzar presiones de cavitación: -8.1 m.c.a. inmediatamente aguas debajo de la válvula, -3.26 en 6+464, -4,3 en 7+252, -4.5 en 7+320 y -7,2 a 40 m del final de la tubería por efecto de la válvula de retención.

Aperturas y caudales en las válvulas 1 y 2:



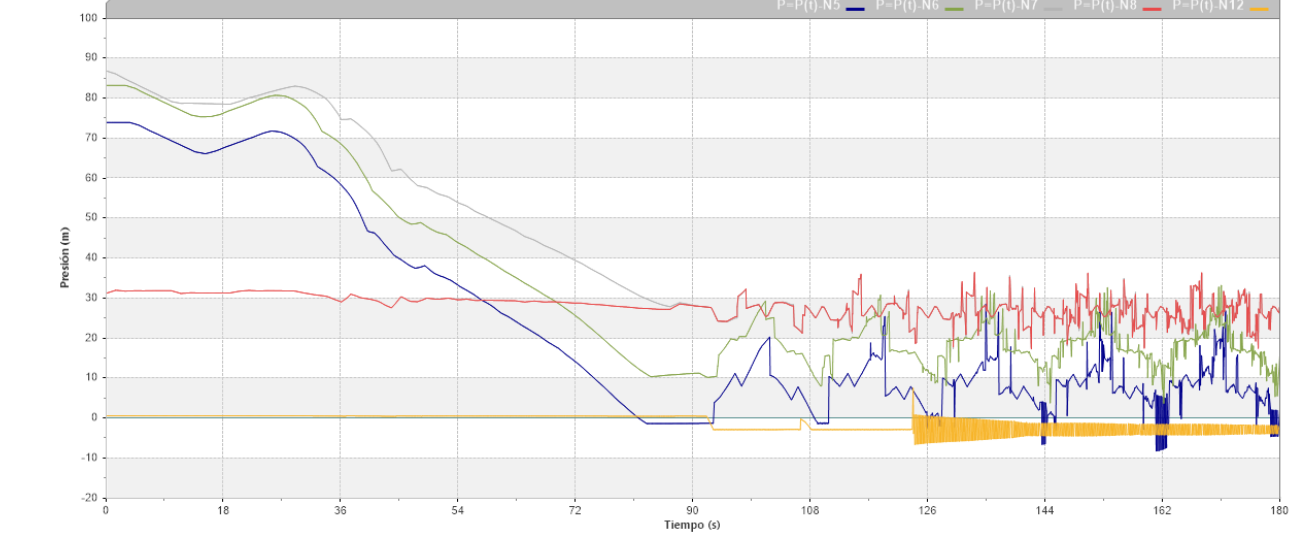
El caudal máximo es de 467.4 l/s en la válvula 2 los 26 segundos. Tras el cierre, el caudal es inferior a 0,01 l/s para t=98 segundos.

Presión en los nudos 2 3 y 4:



La presión en 2 es constante e igual a 40 m.c.a. La presión en los nudos 3 y 4 tiene una evolución similar, con ondas de periodo= 10 segundos, tras el cierre de la válvula. El máximo en un nudo coincide con el mínimo en el otro nudo.

Presión en los nudos aguas debajo de la válvula (N5 a N12):



Muy similar a los obtenidos en el tramo aguas debajo de la válvula para el cierre de la hipótesis anterior, con valores de onda larga+ruido. cinco ciclos tras el cierre.

2.4.4 CONCLUSIONES

- En todas las condiciones previstas en los cálculos las presiones alcanzadas en la tubería son inferiores a la presión nominal PN25 de la tubería de fundición. Las máximas presiones alcanzadas con los tiempos de cierre para las diferentes hipótesis son respectivamente de 107, 137, 132, 151, 90 y 108 m.c.a., muy inferiores a los 250 m.c.a de resistencia nominal de la tubería.
- Las limitaciones temporales del cierre tanto de la válvula de regulación como de las válvulas de seccionamiento se imponen, no por presiones máximas, sino para limitar las presiones mínimas de modo que no alcancen valores negativos cercanos al límite de cavitación del agua. Velocidades mayores de cierre – menores tiempos- necesitarían una mayor aducción de aire en las ventosas o la adopción de otras medidas frente al golpe de ariete negativo.
- La válvula de regulación debe cerrarse desde la posición de régimen uniforme prevista (de hasta 40% en el caso de embalse a cota 442 y caudal 425 l/s) a 0% en un tiempo no inferior a 40 segundos
- En cuanto al seccionamiento intermedio, los tiempos que se han simulado para el cierre de la válvula de mariposa son velocidad de cierre en dos tramos:
 - o Del 100% de apertura al 15% en 20 segundos
 - o Del 15% a 0% en 70 segundos adicionales.Al igual que con la válvula de regulación esta limitación no es por motivos de presiones positivas, sino para limitar las presiones negativas, fundamentalmente aguas debajo de la válvula una vez cerrada ésta.
- Por último, el seccionamiento junto al embalse no necesita, en principio, limitación temporal ya que al estar separado apenas por 60 m del propio embalse hace que la onda recorra esa distancia en apenas 0.1 segundo, y el embalse impone su carga de agua en el lado de aguas arriba de la válvula (y prácticamente también aguas abajo antes del cierre). No obstante, por uniformidad con las condiciones de la válvula anterior, se simula con idénticos tiempos de cierre.

3. NUEVA ETAP

3.1 Metodología

El dimensionamiento hidráulico consiste en la determinación de las variables hidráulicas principales en el conjunto del sistema. Como datos de partida contamos con las variables y dimensiones adoptadas (ya referidas en el anejo funcional) y las variables de cálculo propuestas (coeficientes de rugosidad, coeficientes de pérdidas...). Los resultados a obtener con estos datos pueden resumirse en datos de niveles y velocidades de comprobación.

Los datos de niveles (referidos por la cota piezométrica) en cada punto, permiten definir la ubicación en alzado de cada uno de los elementos existentes en el tratamiento. Del mismo modo se pueden definir los resguardos necesarios para evitar el desbordamiento en el caso de que existiera una punta de caudal no prevista.

La formulación empleada puede ser resumida en las siguientes categorías tal y como se justifica en los siguientes apartados:

- Pérdidas en conducciones.
- Pérdidas localizadas.
- Vertederos.
- Rejas y tamices

3.1.1 PÉRDIDAS EN CONDUCCIONES Y CANALIZACIONES

LÁMINA LIBRE: CANALES.

La mayoría de las formulaciones que deducen la carga, las pendientes ó las pérdidas de carga por metro lineal se basan en la expresión general siguiente:

$$V = C R^a J^b$$

Esta ecuación conocida por la fórmula de Chezy, donde:

- C es un coeficiente que depende de la formulación concreta
- Los exponentes a y b son también variables.

Bazín, partiendo de esta expresión general considera los valores a y b igual a 1/2 y como coeficiente C el que se expresa a continuación:

$$v = C \sqrt{RJ}; \text{ siendo } \rightarrow C = \frac{87\sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

, siendo:

- v es la velocidad media de flujo en la sección, en m/s.

- R es el radio hidráulico o radio medio, en m, igual a la relación entre la sección líquida en el canal y el perímetro mojado.
- J es la Pérdida de carga.
- γ es el coeficiente de rugosidad

Esta fórmula de Bazin es la empleada en este proyecto para la determinación de las pérdidas de carga en los canales por su simplicidad y por el considerable volumen de datos experimentales disponibles.

LÁMINA LIBRE: TUBERÍA A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA.

Para el caso de tuberías a sección parcialmente llena, en este proyecto se utiliza:

- La fórmula de Colebrook-White basada en la teoría de Prandtl-Karman sobre turbulencias y la ecuación de Darcy-Weirsbach, desarrollada para el caso de tuberías llenas.
- Las correcciones de Thormann y Franke que tienen en cuenta la fricción del aire ocluido.

La fórmula de Colebrook-White es la siguiente:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 10^6} \left(-2 \cdot \log \left(\frac{2.51 \cdot 10^6 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J \cdot D}} + \frac{K}{3.71 \cdot D} \right) \right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J \cdot D}$$

Siendo:

- Q = Caudal (l/s)
- D = Diámetro interior (mm)
- ν = viscosidad cinemática (m²/s), dependiente de la temperatura y el tipo y cantidad de materia en suspensión. Usualmente se toma $\nu = 1,31 \times 10^{-6}$ m²/s
- J: Pérdida de carga (m/km)
- K: Rugosidad absoluta de la superficie interior, empleándose un valor de Kr de 0,025 tanto para el acero como para las conducciones de fundición.

Para conocer los valores correspondientes a distintas alturas de llenado en la conducción, se aplica el procedimiento propuesto por Thormann y Franke:

4) Relación de caudales:

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{(2\beta - \text{sen} 2\beta)^{1,625}}{9,69(\beta + \gamma \text{sen} \beta)^{0,625}}$$

5) Relación de velocidades medias:

$$\frac{V}{V_p} = \left[\frac{2\beta - \sin 2\beta}{2(\beta + \gamma \sin \beta)} \right]^{0,625}$$

Siendo:

- Q = Caudal a sección llena (l/s)
- Qp = Caudal a sección parcialmente llena (l/s)
- V = velocidad media a sección llena (m/s)
- Vp = velocidad media a sección parcialmente llena (m/s)
- 2β = arco de la sección mojada (rad)
- Y = coeficiente experimental de Thorman dado por las siguientes expresiones, en función del parámetro η = h/d, para tener en cuenta el rozamiento entre el líquido y el aire del interior del conducto:
 - Para η ≤ 0,5; Y = 0
 - Para η > 0,5; $\gamma = \frac{\eta - 0,5}{3} + \frac{20(\eta - 0,5)^3}{3}$

Partiendo de dos de los cuatro valores de Q, D, V, J, se obtienen los valores de las otras dos. Posteriormente, a partir de uno de los tres valores de las relaciones Q'/Q, h/d, V'/V se obtienen los valores de las otras dos. En el caso que nos ocupa, generalmente procederemos de manera que podamos calcular la velocidad de circulación y la altura de la lámina de agua.

CONDUCCIONES EN PRESIÓN: TUBERÍA A SECCIÓN LLENA.

Como se ha mencionado anteriormente, en canalizaciones a presión (sección llena) puede utilizarse la fórmula de Colebrook-White basada en la teoría de Prandtl-Karman sobre turbulencias y la ecuación de Darcy-Weirsbach, desarrollada para el caso de tuberías llenas, quedando:

- Colebrook y White

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k_a}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

Siendo:

- λ =factor de fricción de Darcy-Weisbach (adimensional)
- ka = rugosidad absoluta equivalente (m)
- Re = Nº Reynolds, v•D/v
- D = Diámetro interior (m)
- Darcy-Weisbach

$$I = \frac{\lambda V^2}{D 2g}$$

Siendo:

- I = Pérdida de carga (m/m)
- λ =factor de fricción de Darcy-Weisbach
- V = velocidad media (m/s)
- D = Diámetro interior (m)
- g = aceleración de la gravedad (usualmente 9,81 m/s²)
- Re = Nº Reynolds, v•D/v

Eliminando λ entre las ecuaciones de Colebrook-White y la de Darcy-Weisbach, se obtiene la fórmula ya mencionada en el apartado 2.1.2 de este anejo:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 10^6} \cdot \left(-2 \cdot \log \left(\frac{2,51 \cdot 10^6 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J \cdot D}} + \frac{K}{3,71 \cdot D} \right) \right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J \cdot D}$$

Siendo:

- Q = Caudal l/s
- D = Diámetro interior (m)
- ν = viscosidad cinemática (m²/s)
- J: Pérdida de carga (m/m)
- K: Rugosidad absoluta de la superficie interior, equivalente a la de Nikuradse (mm).

3.1.2 PÉRDIDAS LOCALIZADAS

Pueden calcularse como un porcentaje del término de velocidad o como una longitud de conducción equivalente; en este proyecto se ha optado por el primer caso, con los siguientes coeficientes de pérdida localizada:

$$\Delta h = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

- 1) Compuertas o orificios sumergidos, K= 0,62
- 2) Codos en ángulo. Para una relación de r/d de 1.5 se toma el coeficiente k de acuerdo a la tabla:

Ángulo	22,5º	45º	60º	90º	136º	180º
K	0,10	0,14	0,22	0,29	0,36	0,43

- 3) Entrada en depósito o arqueta, K=1,0

- 4) Salida de depósito o arqueta, K=0,5
- 5) Válvulas. Como norma general, se toman los coeficientes propuestos por el fabricante. Caso de no disponer de dichos datos se considera que las válvulas trabajan en general, completamente abiertas, aplicando por ello los siguientes coeficientes.

- Válvulas de compuerta o mariposa: 0,25
- Válvula de retención: 1,5

- 6) Rejas. En este caso, el coeficiente K se divide en tres términos:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Siendo:

- K₁ , Atascamiento, con K₁ = 1 para reja limpia y K₁ = (100/C)², con C comprendido entre el 60 y el 90%, en función del porcentaje de sección de paso que subsiste en el atascamiento máximo tolerado.
- K₂ , forma de la sección horizontal de los barrotes,

K₂ = 0,74 barrotes circulares

K₂ = 1 barrotes rectangulares, longitud = 5 veces la anchura.

K₂ = 0,76 barrotes ovalados, longitud = 5 veces la anchura

K₂ = 0,37 barrotes divergentes, longitud = 5 veces la anchura

- K₃ , sección de paso entre barrotes, según la tabla siguiente:

	e/(e+d)									
$\frac{z}{4} \left(\frac{2}{e} + \frac{1}{h} \right)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	245	51,50	18,20	8,25	4,00	2,00	0,97	0,42	0,13	0,00
0,2	230	4,80	17,40	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
0,4	221	4,60	16,60	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
0,6	199	4,20	1,50	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
0,8	164	3,40	12,20	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
1,0	149	3,10	11,10	5,00	2,40	1,20	0,91	0,29	0,11	0,02
1,4	137	28,40	10,30	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
2,0	134	27,40	99,00	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
3,0	132	27,50	10,00	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

donde:

- e = espacio entre barrotes.
- d = anchura de los barrotes.
- z = espesor de los barrotes.

- h = altura sumergida de los barrotes, vertical y oblicua.

Todas estas variables expresadas en la misma unidad.

3.1.3 VERTEDEROS

Para el cálculo de la línea piezométrica se necesita además conocer la altura de la lámina de agua en los vertederos. El caudal de los mismos viene dado por la fórmula general:

$$Q = \mu l h \sqrt{2gh}$$

- Q es el caudal, en m³/s.
- m es el coeficiente de caudal de vertedero.
- L es la longitud del umbral de vertido, en m.
- h es la altura de lámina, en m.
- g es la aceleración de la gravedad, en m/s².

Para un vertedero rectangular en pared delgada sobre un canal, sin contracción lateral y con vertido en lámina libre, el coeficiente de caudal puede calcularse por la fórmula de Rehbock:

$$\mu = \frac{2}{3} \left(0,605 + \frac{1}{1050h} \right) + 0,08 \frac{h}{p}$$

donde P es la altura de pared de agua.

Para los vertederos triangulares se utiliza la fórmula de Thompson, simplificada considerando un ángulo en vertedero de 90º

$$Q = 1,40b\sqrt{h^5}$$

en la que:

- Q es el caudal, en m³/s.
- b es el coeficiente de caudal de vertedero.
- h es la altura de lámina, en m.

3.1.4 PÉRDIDAS DE CARGA EN LECHOS FILTRANTES NO ESTRATIFICADOS

Para este caso particular se adopta la ecuación de Fair y Hatch para pérdida de carga en lechos filtrantes no estratificados:

$$Hf_{arena} = f \frac{L\gamma}{g} v \frac{(1-P_o)^2}{P_o^3} \left[\frac{6}{C_e D_c} \right]^2$$

, donde:

- f es el coeficiente experimental de Kozeny.
- L es la altura del lecho
- γ es la viscosidad cinemática
- P_o la prosidad del lecho
- C_e el coeficiente de esfericidad de las partículas del lecho
- D_c el diámetro de las partículas del lecho
- V es la velocidad de filtración

3.2 Caudales de diseño

Se plantean los siguientes caudales de diseño para las nuevas instalaciones de potabilización.

- Caudal de diseño de la ETAP: 300 l/s
- Caudal futuro de la ETAP: 425 l/s

El caudal de diseño se entiende como capacidad nominal de la nueva instalación desde el punto de vista funcional. Con este caudal, se ha diseñado la mayoría de los elementos de la ETAP (tratamiento físicoquímico y decantación, filtración por arena, etc.) previéndose la reserva de espacio en el interior de la parcela para la ampliación de estos procesos hasta 425 l/s.

No obstante, para facilitar las obras de ampliación en un futuro hasta los 425 l/s y reducir las afecciones a la explotación de la planta el día que se acometa la ampliación, hay determinados elementos que se deben diseñar para este caudal futuro:

- Conducciones entre los elementos del proceso.
- Arquetas de reparto entre líneas, se proyectan ya para el caudal futuro
- Los elementos de procesos con una sola línea, como la preozonización y la ozonización intermedia
- La línea de fangos

3.3 Condiciones de diseño

Para la determinación de la línea piezométrica de una planta depuradora, se tienen en cuenta los siguientes condicionantes generales:

- Presión de las conducciones de entrada y de salida de la ETAP.
- Las cotas de urbanización finales en la parcela de la EDAR y los resguardos adecuados sobre coronación de los muros.
- La disposición secuencia en la parcela de los distintos elementos de la EDAR.

Por otra parte, en este proyecto hay una serie de condicionantes específicos significativos que deben tenerse en cuenta:

Es notorio en una planta potabilizadora el valor total de pérdidas de carga, siendo más alto que otras infraestructuras hidráulicas por ejemplo si se compara con estaciones depuradora de aguas residuales. La principal razón de esto son los filtros abiertos de arena y de carbón activado que necesitan una diferencia de nivel de lámina de agua entre la entrada y salida superiores a 2 y 3 metros respectivamente.

Por otro lado, la parcela donde se implanta la ETAP es la parte superior de un cerro testigo con apenas desnivel, por lo que ha sido necesario plantear un bombeo intermedio entre la filtración por arena y los procesos avanzados.

En general, se ha previsto que las velocidades máximas en las conducciones de agua de la nueva ETAP no superen los 1,55 m/s a excepción de las salidas de los filtros de arena y de carbón activado donde se ubica la válvula reguladora. En estos casos se ha considerado un diámetro de conducción en el que no se supere los 2,5 m/s de velocidad, pero superior a 2 m/s.

Las velocidades mínimas de diseño en las conducciones de agua no tienen relevancia en este proyecto.

3.4 Resultados obtenidos

Con estos condicionantes, se han desarrollado en el Apéndice nº 2.- Línea Piezométrica de ETAP, el cálculo de la línea piezométrica de correspondiente, considerándose para cada tramo o elemento los caudales de diseño establecidos. El cálculo se ha realizado de aguas abajo a aguas arriba.

En la siguiente tabla se resume los resultados obtenidos:

ELEMENTO	Vertederos	D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
Entrada ETAP	-	513,877	514,313
Tamizado	-	513,486	513,533
Preozonización	513,350	513,470	513,501
Dosificación de CO2	512,650	512,769	512,801
Ajuste de pH	512,400	512,519	512,551
Reparto a decantación	512,100	512,245	512,251
C. Mezcla	-	511,944	511,945
C. Floculación	-	511,939	511,940
Decantación	511,900	511,939	511,940
Entrada filtración	-	511,363	511,363
Filtración por arena	-	511,360	511,360
Salida filtración	509,050	509,106	509,104
C. Agua tratada	508,850	508,994	509,032
Bombeo de agua a T. Avanzados	-	512,989	513,072
Ozonización intermedia	512,800	512,945	512,983
Entrada filtración	-	512,173	512,174
Filtración por carbón activo	-	512,168	512,168
Salida filtración	508,950	509,018	509,021
Nivel máximo en depósito agua tratada	-	508,400	508,400
Nivel máximo en depósito agua elevado	524,050	524,000	524,000

Zaragoza, mayo de 2023
LOS AUTORES DEL ANEJO Y DEL PROYECTO



Fdo.: D. Pedro J. Rivas Salvador
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado Nº 16.602



Fdo.: D. Néstor Nájera Canal
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado Nº 22.708

APÉNDICE Nº1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LAS CONDUCCIONES

CONDUCCIÓN ENTRADA

Diámetro (mm)	700
Material	FD
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	425
H (m)	579,5

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
EMB1	579,5000	0,0000	-0,4250	579,5000
NU01	579,0078	71,6978	0,0000	507,3100
NU02	578,4714	48,6747	0,0000	529,7967
NU03	578,0762	73,1662	0,0000	504,9100
NU04	577,6061	80,8861	0,0000	496,7200
NU05	576,7287	74,6182	0,0000	502,1105
NU06	576,0867	85,0504	0,0000	491,0364
NU07	574,9590	85,4643	0,0000	489,4947
NU08	574,0010	77,6013	0,0000	496,3997
NU09	573,2985	98,9285	0,0000	474,3700
NU10	572,0905	87,9229	0,0000	484,1676
NU11	571,8773	102,1499	0,0000	469,7274
NU12	571,4871	93,0375	0,0000	478,4495
NU13	570,5674	100,6067	0,0000	469,9607
NU14	570,3947	74,8246	0,0000	495,5700
NU15	569,3929	84,0929	0,0000	485,3000
NU16	568,9567	74,7567	0,0000	494,2000
NU17	568,2498	84,5177	0,0000	483,7321
NU18	567,1337	99,1537	0,0000	467,9800
NU19	566,4323	96,2122	0,0000	470,2200
NU20	565,6168	79,8768	0,0000	485,7400
EDIF.CONEXION	564,6788	87,8374	0,0000	476,8414
NU22	564,2385	94,6285	0,0000	469,6100
ETAP	563,5671	57,2171	0,4250	506,3499

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU01	EMB1	NU01	337,3907	0,7000	0,0001	0,4922	0,4250	1,1043
TU02	NU01	NU02	367,7428	0,7000	0,0001	0,5364	0,4250	1,1043
TU03	NU02	NU03	270,9308	0,7000	0,0001	0,3951	0,4250	1,1043
TU04	NU03	NU04	322,2505	0,7000	0,0001	0,4701	0,4250	1,1043
TU05	NU04	NU05	601,5517	0,7000	0,0001	0,8774	0,4250	1,1043
TU06	NU05	NU06	440,0903	0,7000	0,0001	0,6420	0,4250	1,1043
TU07	NU06	NU07	773,1558	0,7000	0,0001	1,1277	0,4250	1,1043
TU08	NU07	NU08	656,7663	0,7000	0,0001	0,9580	0,4250	1,1043
TU09	NU08	NU09	481,5941	0,7000	0,0001	0,7025	0,4250	1,1043
TU10	NU09	NU10	828,1851	0,7000	0,0001	1,2081	0,4250	1,1043

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU11	NU10	NU11	146,1461	0,7000	0,0001	0,2132	0,4250	1,1043
TU12	NU11	NU12	267,4953	0,7000	0,0001	0,3902	0,4250	1,1043
TU13	NU12	NU13	630,4540	0,7000	0,0001	0,9196	0,4250	1,1043
TU14	NU13	NU14	118,4846	0,7000	0,0001	0,1728	0,4250	1,1043
TU15	NU14	NU15	686,7352	0,7000	0,0001	1,0017	0,4250	1,1043
TU16	NU15	NU16	299,0685	0,7000	0,0001	0,4362	0,4250	1,1043
TU17	NU16	NU17	484,5800	0,7000	0,0001	0,7069	0,4250	1,1043
TU18	NU17	NU18	765,1520	0,7000	0,0001	1,1161	0,4250	1,1043
TU19	NU18	NU19	480,9080	0,7000	0,0001	0,7015	0,4250	1,1043
TU20	NU19	NU20	559,0364	0,7000	0,0001	0,8154	0,4250	1,1043
TU21	NU20	EDIF.CONEXION	643,0583	0,7000	0,0001	0,9380	0,4250	1,1043
TU22	EDIF.CONEXION	NU22	301,8841	0,7000	0,0001	0,4404	0,4250	1,1043
TU23	NU22	ETAP	460,2909	0,7000	0,0001	0,6714	0,4250	1,1043

CONDUCCIÓN ENTRADA

Diámetro (mm)	700
Material	FD
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	300
H (m)	579,5

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
EMB1	579,5000	0,0000	-0,3000	579,5000
NU01	579,2465	71,9365	0,0000	507,3100
NU02	578,9702	49,1735	0,0000	529,7967
NU03	578,7667	73,8567	0,0000	504,9100
NU04	578,5246	81,8046	0,0000	496,7200
NU05	578,0726	75,9622	0,0000	502,1105
NU06	577,7421	86,7057	0,0000	491,0364
NU07	577,1612	87,6665	0,0000	489,4947
NU08	576,6677	80,2680	0,0000	496,3997
NU09	576,3060	101,9360	0,0000	474,3700
NU10	575,6837	91,5161	0,0000	484,1676
NU11	575,5739	105,8465	0,0000	469,7274
NU12	575,3730	96,9235	0,0000	478,4495
NU13	574,8994	104,9386	0,0000	469,9607
NU14	574,8103	79,2403	0,0000	495,5700
NU15	574,2944	88,9944	0,0000	485,3000
NU16	574,0697	79,8697	0,0000	494,2000
NU17	573,7056	89,9735	0,0000	483,7321
NU18	573,1308	105,1508	0,0000	467,9800
NU19	572,7695	102,5495	0,0000	470,2200
NU20	572,3495	86,6096	0,0000	485,7400
EDIF.CONEXION	571,8664	95,0250	0,0000	476,8414
NU22	571,6396	102,0296	0,0000	469,6100
ETAP	571,2938	64,9438	0,3000	506,3499

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU01	EMB1	NU01	337,3907	0,7000	0,0001	0,2535	0,3000	0,7795
TU02	NU01	NU02	367,7428	0,7000	0,0001	0,2763	0,3000	0,7795
TU03	NU02	NU03	270,9308	0,7000	0,0001	0,2036	0,3000	0,7795
TU04	NU03	NU04	322,2505	0,7000	0,0001	0,2421	0,3000	0,7795
TU05	NU04	NU05	601,5517	0,7000	0,0001	0,4520	0,3000	0,7795
TU06	NU05	NU06	440,0903	0,7000	0,0001	0,3306	0,3000	0,7795
TU07	NU06	NU07	773,1558	0,7000	0,0001	0,5809	0,3000	0,7795
TU08	NU07	NU08	656,7663	0,7000	0,0001	0,4935	0,3000	0,7795
TU09	NU08	NU09	481,5941	0,7000	0,0001	0,3618	0,3000	0,7795
TU10	NU09	NU10	828,1851	0,7000	0,0001	0,6223	0,3000	0,7795

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU11	NU10	NU11	146,1461	0,7000	0,0001	0,1098	0,3000	0,7795
TU12	NU11	NU12	267,4953	0,7000	0,0001	0,2009	0,3000	0,7795
TU13	NU12	NU13	630,4540	0,7000	0,0001	0,4736	0,3000	0,7795
TU14	NU13	NU14	118,4846	0,7000	0,0001	0,0891	0,3000	0,7795
TU15	NU14	NU15	686,7352	0,7000	0,0001	0,5159	0,3000	0,7795
TU16	NU15	NU16	299,0685	0,7000	0,0001	0,2247	0,3000	0,7795
TU17	NU16	NU17	484,5800	0,7000	0,0001	0,3641	0,3000	0,7795
TU18	NU17	NU18	765,1520	0,7000	0,0001	0,5748	0,3000	0,7795
TU19	NU18	NU19	480,9080	0,7000	0,0001	0,3613	0,3000	0,7795
TU20	NU19	NU20	559,0364	0,7000	0,0001	0,4200	0,3000	0,7795
TU21	NU20	EDIF.CONEXION	643,0583	0,7000	0,0001	0,4832	0,3000	0,7795
TU22	EDIF.CONEXION	NU22	301,8841	0,7000	0,0001	0,2268	0,3000	0,7795
TU23	NU22	ETAP	460,2909	0,7000	0,0001	0,3458	0,3000	0,7795

CONDUCCIÓN ENTRADA

Diámetro (mm)	700
Material	FD
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	425
H (m)	542

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
EMB1	542,0000	0,0000	-0,4250	542,0000
NU01	541,5078	34,1978	0,0000	507,3100
NU02	540,9714	11,1747	0,0000	529,7967
NU03	540,5762	35,6662	0,0000	504,9100
NU04	540,1061	43,3861	0,0000	496,7200
NU05	539,2287	37,1182	0,0000	502,1105
NU06	538,5867	47,5504	0,0000	491,0364
NU07	537,4590	47,9643	0,0000	489,4947
NU08	536,5010	40,1013	0,0000	496,3997
NU09	535,7985	61,4285	0,0000	474,3700
NU10	534,5905	50,4229	0,0000	484,1676
NU11	534,3773	64,6499	0,0000	469,7274
NU12	533,9871	55,5375	0,0000	478,4495
NU13	533,0674	63,1067	0,0000	469,9607
NU14	532,8947	37,3246	0,0000	495,5700
NU15	531,8929	46,5929	0,0000	485,3000
NU16	531,4567	37,2567	0,0000	494,2000
NU17	530,7498	47,0177	0,0000	483,7321
NU18	529,6337	61,6537	0,0000	467,9800
NU19	528,9323	58,7122	0,0000	470,2200
NU20	528,1168	42,3768	0,0000	485,7400
EDIF.CONEXION	527,1788	50,3374	0,0000	476,8414
NU22	526,7385	57,1285	0,0000	469,6100
ETAP	526,0671	19,7171	0,4250	506,3499

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU01	EMB1	NU01	337,3907	0,7000	0,0001	0,4922	0,4250	1,1043
TU02	NU01	NU02	367,7428	0,7000	0,0001	0,5364	0,4250	1,1043
TU03	NU02	NU03	270,9308	0,7000	0,0001	0,3951	0,4250	1,1043
TU04	NU03	NU04	322,2505	0,7000	0,0001	0,4701	0,4250	1,1043
TU05	NU04	NU05	601,5517	0,7000	0,0001	0,8774	0,4250	1,1043
TU06	NU05	NU06	440,0903	0,7000	0,0001	0,6420	0,4250	1,1043
TU07	NU06	NU07	773,1558	0,7000	0,0001	1,1277	0,4250	1,1043
TU08	NU07	NU08	656,7663	0,7000	0,0001	0,9580	0,4250	1,1043
TU09	NU08	NU09	481,5941	0,7000	0,0001	0,7025	0,4250	1,1043

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU10	NU09	NU10	828,1851	0,7000	0,0001	1,2081	0,4250	1,1043
TU11	NU10	NU11	146,1461	0,7000	0,0001	0,2132	0,4250	1,1043
TU12	NU11	NU12	267,4953	0,7000	0,0001	0,3902	0,4250	1,1043
TU13	NU12	NU13	630,4540	0,7000	0,0001	0,9196	0,4250	1,1043
TU14	NU13	NU14	118,4846	0,7000	0,0001	0,1728	0,4250	1,1043
TU15	NU14	NU15	686,7352	0,7000	0,0001	1,0017	0,4250	1,1043
TU16	NU15	NU16	299,0685	0,7000	0,0001	0,4362	0,4250	1,1043
TU17	NU16	NU17	484,5800	0,7000	0,0001	0,7069	0,4250	1,1043
TU18	NU17	NU18	765,1520	0,7000	0,0001	1,1161	0,4250	1,1043
TU19	NU18	NU19	480,9080	0,7000	0,0001	0,7015	0,4250	1,1043
TU20	NU19	NU20	559,0364	0,7000	0,0001	0,8154	0,4250	1,1043
TU21	NU20	EDIF.CONEXION	643,0583	0,7000	0,0001	0,9380	0,4250	1,1043
TU22	EDIF.CONEXION	NU22	301,8841	0,7000	0,0001	0,4404	0,4250	1,1043
TU23	NU22	ETAP	460,2909	0,7000	0,0001	0,6714	0,4250	1,1043

CONDUCCIÓN ENTRADA

Diámetro (mm)	700
Material	FD
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	300
H (m)	542

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
EMB1	542,0000	0,0000	-0,3000	542,0000
NU01	541,7465	34,4365	0,0000	507,3100
NU02	541,4702	11,6735	0,0000	529,7967
NU03	541,2667	36,3567	0,0000	504,9100
NU04	541,0246	44,3046	0,0000	496,7200
NU05	540,5726	38,4622	0,0000	502,1105
NU06	540,2421	49,2057	0,0000	491,0364
NU07	539,6612	50,1665	0,0000	489,4947
NU08	539,1677	42,7680	0,0000	496,3997
NU09	538,8060	64,4360	0,0000	474,3700
NU10	538,1837	54,0161	0,0000	484,1676
NU11	538,0739	68,3465	0,0000	469,7274
NU12	537,8730	59,4235	0,0000	478,4495
NU13	537,3994	67,4386	0,0000	469,9607
NU14	537,3103	41,7403	0,0000	495,5700
NU15	536,7944	51,4944	0,0000	485,3000
NU16	536,5697	42,3697	0,0000	494,2000
NU17	536,2056	52,4735	0,0000	483,7321
NU18	535,6308	67,6508	0,0000	467,9800
NU19	535,2695	65,0495	0,0000	470,2200
NU20	534,8495	49,1096	0,0000	485,7400
EDIF.CONEXION	534,3664	57,5250	0,0000	476,8414
NU22	534,1396	64,5296	0,0000	469,6100
ETAP	533,7938	27,4438	0,3000	506,3499

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU01	EMB1	NU01	337,3907	0,7000	0,0001	0,2535	0,3000	0,7795
TU02	NU01	NU02	367,7428	0,7000	0,0001	0,2763	0,3000	0,7795
TU03	NU02	NU03	270,9308	0,7000	0,0001	0,2036	0,3000	0,7795
TU04	NU03	NU04	322,2505	0,7000	0,0001	0,2421	0,3000	0,7795
TU05	NU04	NU05	601,5517	0,7000	0,0001	0,4520	0,3000	0,7795
TU06	NU05	NU06	440,0903	0,7000	0,0001	0,3306	0,3000	0,7795
TU07	NU06	NU07	773,1558	0,7000	0,0001	0,5809	0,3000	0,7795
TU08	NU07	NU08	656,7663	0,7000	0,0001	0,4935	0,3000	0,7795
TU09	NU08	NU09	481,5941	0,7000	0,0001	0,3618	0,3000	0,7795
TU10	NU09	NU10	828,1851	0,7000	0,0001	0,6223	0,3000	0,7795

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU11	NU10	NU11	146,1461	0,7000	0,0001	0,1098	0,3000	0,7795
TU12	NU11	NU12	267,4953	0,7000	0,0001	0,2009	0,3000	0,7795
TU13	NU12	NU13	630,4540	0,7000	0,0001	0,4736	0,3000	0,7795
TU14	NU13	NU14	118,4846	0,7000	0,0001	0,0891	0,3000	0,7795
TU15	NU14	NU15	686,7352	0,7000	0,0001	0,5159	0,3000	0,7795
TU16	NU15	NU16	299,0685	0,7000	0,0001	0,2247	0,3000	0,7795
TU17	NU16	NU17	484,5800	0,7000	0,0001	0,3641	0,3000	0,7795
TU18	NU17	NU18	765,1520	0,7000	0,0001	0,5748	0,3000	0,7795
TU19	NU18	NU19	480,9080	0,7000	0,0001	0,3613	0,3000	0,7795
TU20	NU19	NU20	559,0364	0,7000	0,0001	0,4200	0,3000	0,7795
TU21	NU20	EDIF.CONEXION	643,0583	0,7000	0,0001	0,4832	0,3000	0,7795
TU22	EDIF.CONEXION	NU22	301,8841	0,7000	0,0001	0,2268	0,3000	0,7795
TU23	NU22	ETAP	460,2909	0,7000	0,0001	0,3458	0,3000	0,7795

CONDUCCIÓN SALIDA

Diámetro (mm)	700-400-350
Material	FD
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	300-180-120
H (m)	524

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
DEPOSITO_ETAP	524,0000	0,0000	-0,3000	524,0000
NU01	523,5452	53,3752	0,0000	470,1700
EDIF.CONEXION	523,3247	46,4059	0,0000	476,9188
NU03	523,3179	46,4651	0,0000	476,8527
NU04	523,3114	46,4700	0,0000	476,8414
DEPOSITO_COPA_1	513,8286	40,8286	0,1200	473,0000
DEPOSITO_COPA_2	512,7891	39,7891	0,1800	473,0000

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU1	DEPOSITO_ETAP	NU01	600,0000	0,7000	0,0001	0,4548	0,3000	0,7795
TU2	NU01	EDIF.CONEXION	290,9464	0,7000	0,0001	0,2205	0,3000	0,7795
TU3	EDIF.CONEXION	NU03	9,0025	0,7000	0,0001	0,0068	0,3000	0,7795
TU4	NU03	NU04	1,5392	0,3500	0,0001	0,0065	0,1200	1,2473
TU28	NU04	DEPOSITO_COPA_1	2230,0000	0,3500	0,0001	9,4828	0,1200	1,2473
TU31	NU03	DEPOSITO_COPA_2	2230,0000	0,4000	0,0001	10,5288	0,1800	1,4324

CONDUCCIÓN SALIDA

Diámetro (mm)	700-400-350
Material	FD
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	300-180-120
H (m)	520

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
DEPOSITO_ETAP	520,0000	0,0000	-0,3000	520,0000
NU01	519,5452	49,3752	0,0000	470,1700
EDIF.CONEXION	519,3247	42,4059	0,0000	476,9188
NU03	519,3179	42,4651	0,0000	476,8527
NU04	519,3114	42,4700	0,0000	476,8414
DEPOSITO_COPA_1	509,8286	36,8286	0,1200	473,0000
DEPOSITO_COPA_2	508,7892	35,7892	0,1800	473,0000

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU1	DEPOSITO_ETAP	NU01	600,0000	0,7000	0,0001	0,4548	0,3000	0,7795
TU2	NU01	EDIF.CONEXION	290,9464	0,7000	0,0001	0,2205	0,3000	0,7795
TU3	EDIF.CONEXION	NU03	9,0025	0,7000	0,0001	0,0068	0,3000	0,7795
TU4	NU03	NU04	1,5392	0,3500	0,0001	0,0065	0,1200	1,2473
TU28	NU04	DEPOSITO_COPA_1	2230,0000	0,3500	0,0001	9,4828	0,1200	1,2473
TU31	NU03	DEPOSITO_COPA_2	2230,0000	0,4000	0,0001	10,5287	0,1800	1,4324

DEPÓSITO LOPORZANO

Diámetro (mm)	350
Material	FC
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	120
H (m)	575

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
EDIF.CONEXION	551,1866	74,3466	0,1200	476,8400
EMB1	575,0000	0,0000	-0,1200	575,0000

ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU1	EMB1	EDIF.CONEXION	5.600,0000	0,3500	0,0001	23,8134	0,1200	1,2473

DEPÓSITO MONTEARAGÓN

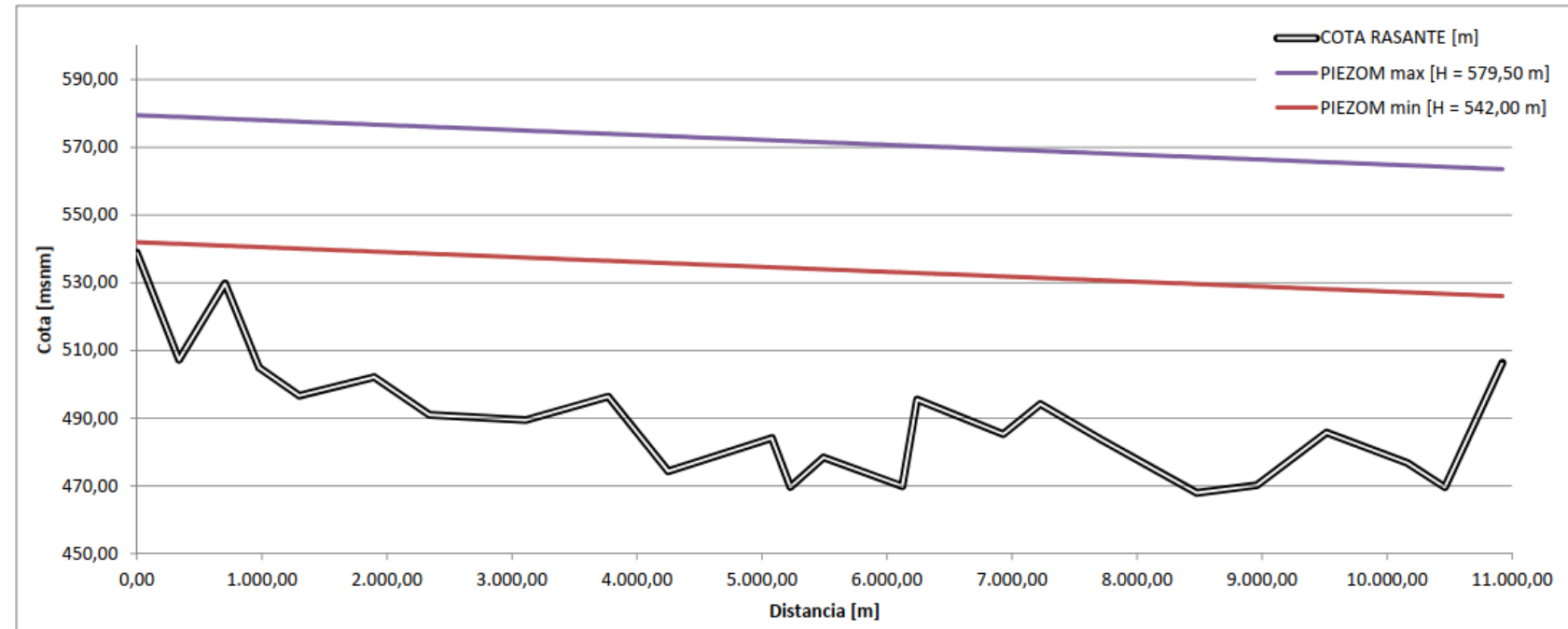
Diámetro (mm)	350
Material	PRFV
Rugosidad (m)	0,0001
Longitud equivalente	15,00%
Q (l/s)	180
H (m)	605

NODO	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (mca)	CONSUMO (m³/s)	COTA (m)
EDIF.CONEXION	582,2069	105,3669	0,1800	476,8400
EMB1	605,0000	0,0000	-0,1800	605,0000

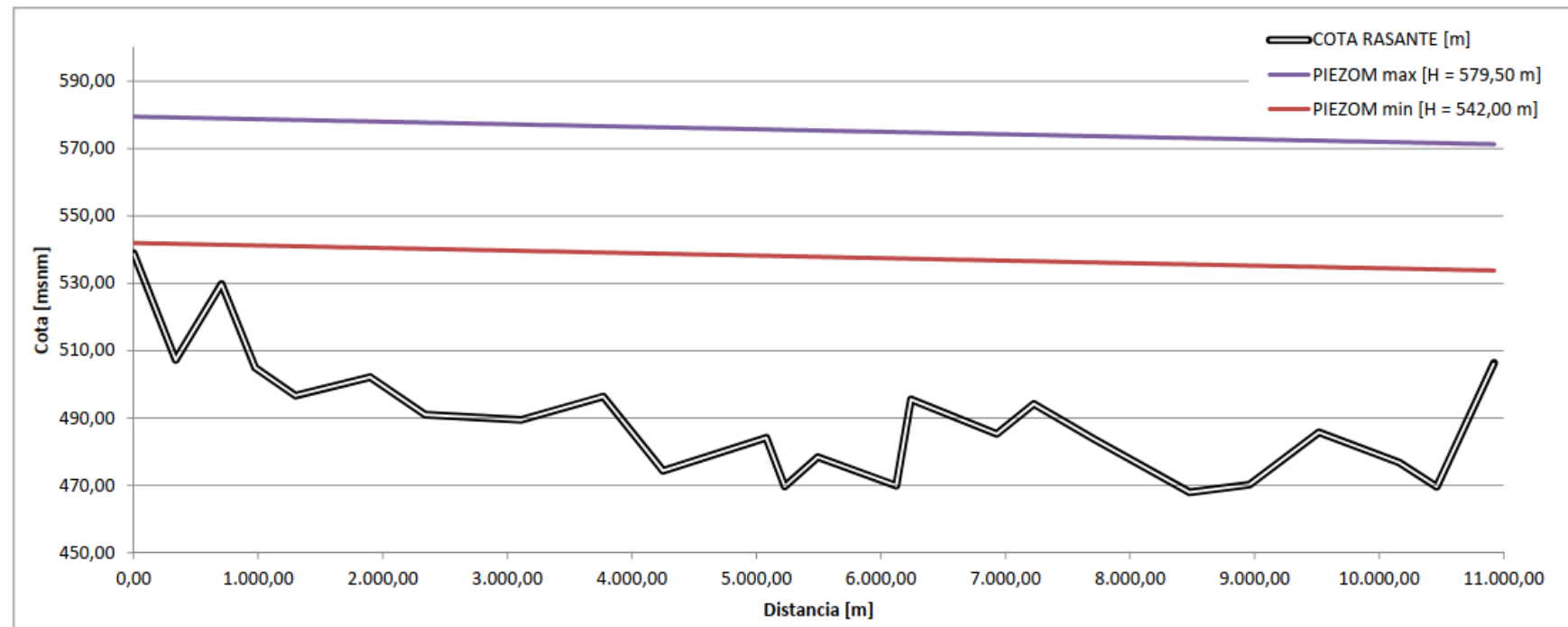
ELEMENTO	NODO INCIO	NODO FIN	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	RUGOSIDAD (m)	PÉRDIDA CARGA (m)	CAUDAL (m³/s)	VELCIDAD (m/s)
TU1	EMB1	EDIF.CONEXION	2450,0000	0,3500	0,0001	22,7931	0,1800	1,8709

A continuación, se muestran unos perfiles donde se puede ver, gráficamente, la piezométrica y la altura de presión calculada en las tablas anteriores para cada una de las tuberías.

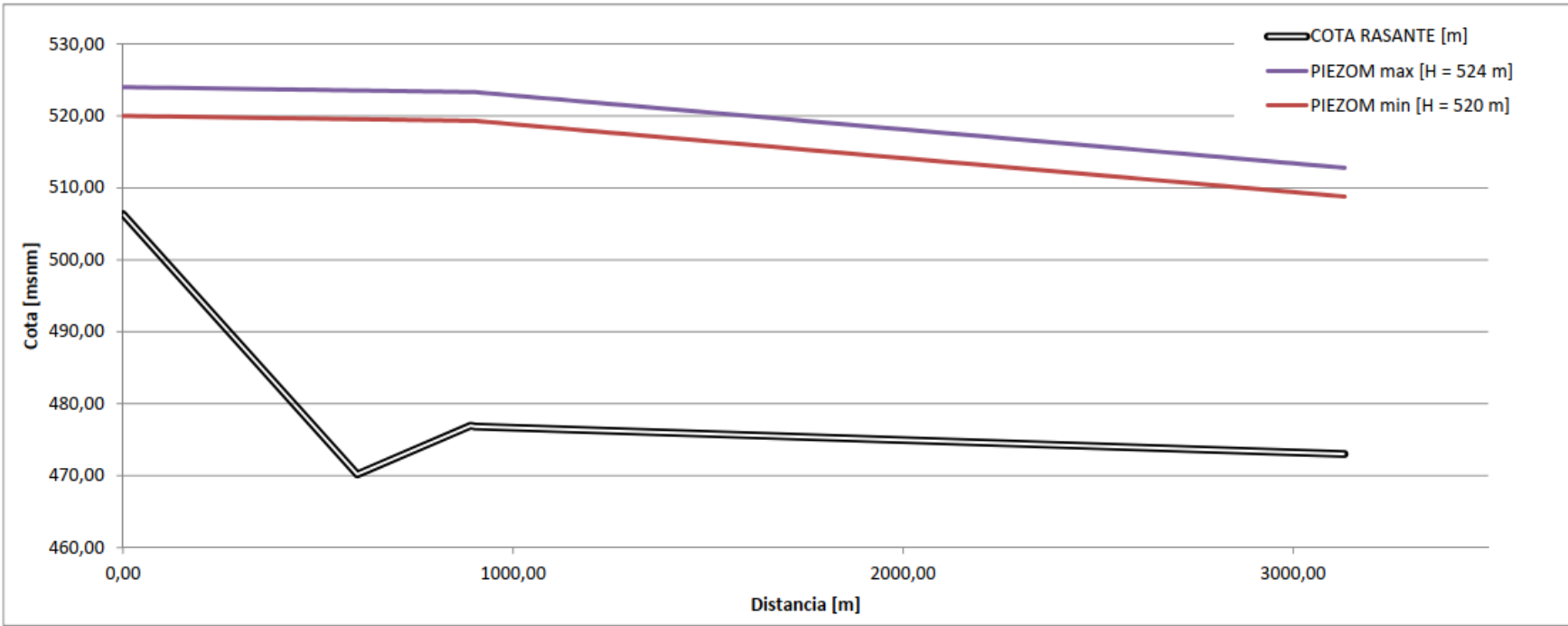
CONDUCCIÓN ENTRADA $Q_{\text{DISEÑO}} = 425 \text{ l/s}$



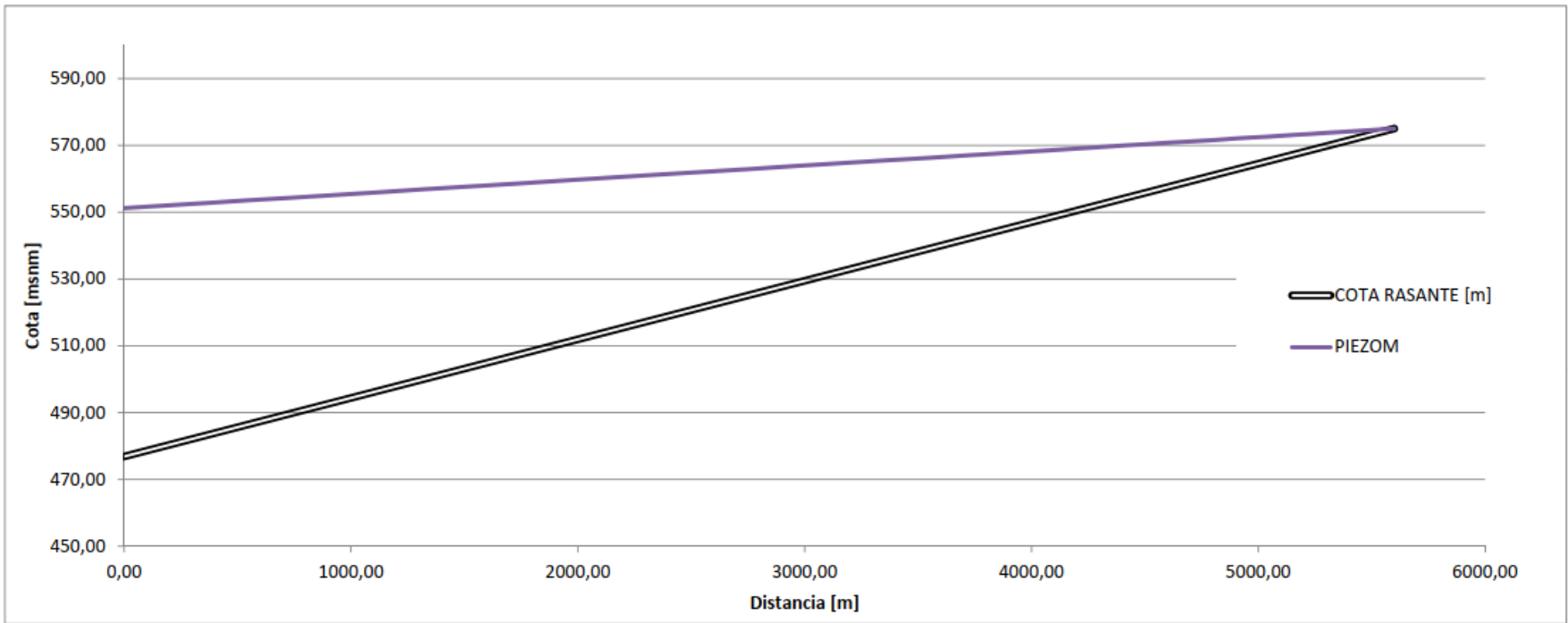
CONDUCCIÓN ENTRADA $Q_{\text{DISEÑO}} = 300 \text{ l/s}$



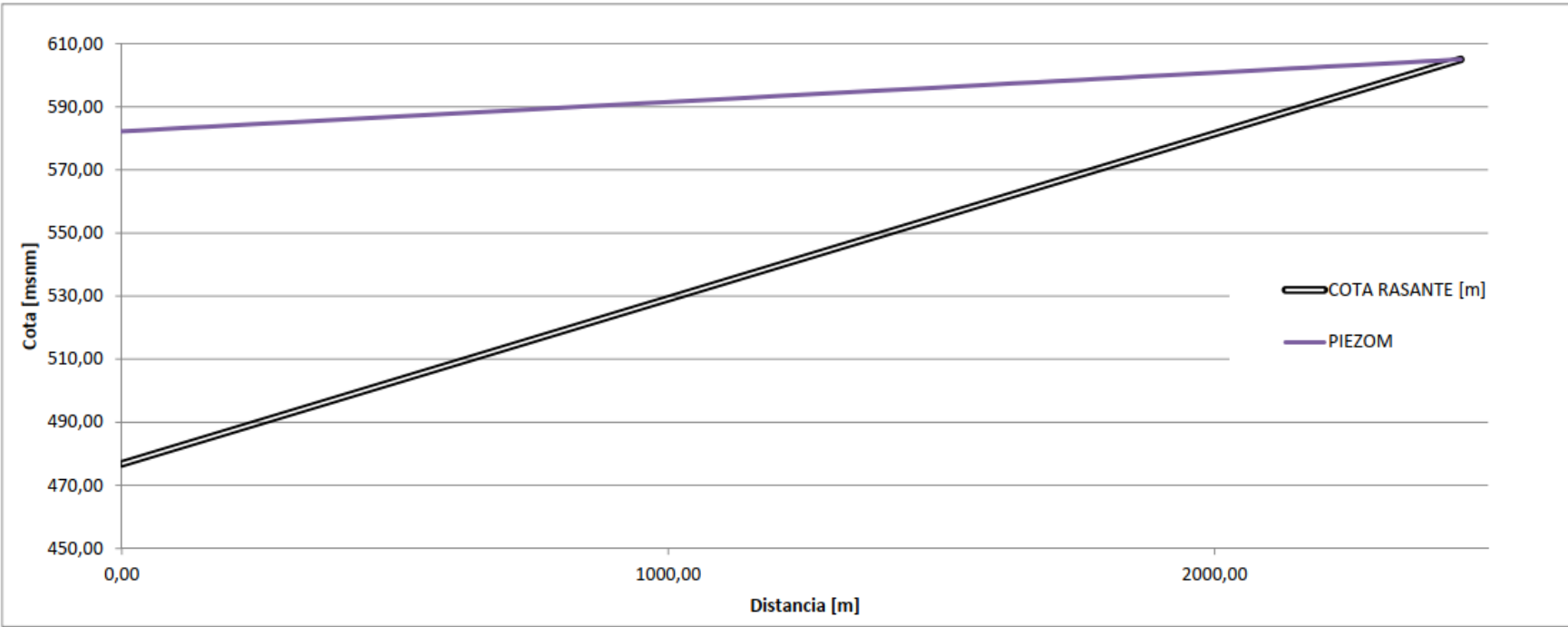
CONDUCCIÓN SALIDA



DEPÓSITO LOPORZANO



DEPÓSITO MONTEARAGÓN



APÉNDICE Nº2. LINEA PIEZOMÉTRICA DE LA ETAP

D. PROYECTO AMPLIACIÓN

1. BASES DE DISEÑO

1.1. Caudales

Para el cálculo de la línea piezométrica, se utilizan los siguiente caudales

Caudales	m3/s	0,300	0,425
	m3/h	1.080,000	1.530,000
	m3/d	25.920,000	36.720,000

1.2. RESUMEN DE LA LÍNEA PIEZOMÉTRICA

ELEMENTO	Vertederos	D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
Entrada ETAP	-	513,877	514,313
Tamizado	-	513,486	513,533
Preozonización	513,350	513,470	513,501
Dosificación de CO2	512,650	512,769	512,801
Ajuste de pH	512,400	512,519	512,551
Reparto a decantación	512,100	512,245	512,251
C. Mezcla	-	511,944	511,945
C. Floculación	-	511,939	511,940
Decantación	511,900	511,939	511,940
Entrada filtración	-	511,363	511,363
Filtración por arena	-	511,360	511,360
Salida filtración	509,050	509,106	509,104
C. Agua tratada	508,850	508,994	509,032
Bombeo de agua a T. Avanzados	-	512,989	513,072
Ozonización intermedia	512,800	512,945	512,983
Entrada filtración	-	512,173	512,174
Filtración por carbón activo	-	512,168	512,168
Salida filtración	508,950	509,018	509,021
Nivel máximo en depósito agua tratada	-	508,400	508,400
Nivel máximo en depósito agua elevado	524,050	524,000	524,000

D. PROYECTO AMPLIACIÓN

2. DEPOSITOS DE AGUA TRATADA

2.1. Descarga Depósito elevado

Cota máxima en depósito	524,000	524,000
-------------------------	---------	---------

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	1,885	1,885
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,201	0,253

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,050	0,050
Cota de la cresta del vertedero		524,050	524,050
Cota en conducción de descarga		524,251	524,303

2.2. Bombeo a depósito elevado

Altura geometrica			
- Cota en descarga de impulsión		524,251	524,303
- Cota máxima en depósito		508,400	508,400
- Cota mínima en aspiración en uso		503,800	503,800
Mínima altura geométrica	mca	20,451	20,503
Máxima altura geométrica	mca	15,851	15,903

Pérdidas por rozamiento en impulsión			
Nº de impulsiones	Uds	1,000	1,000
Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
Diámetro	m	0,600	0,600
Nº Reynolds		485.969	688.457
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coeficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0172	0,0169
Velocidad en tubería	m/s	1,061	1,503
Perdida	m/m	0,002	0,003
Longitud tubería	m	86,620	86,620
Pérdida por rozamiento	m	0,142	0,280

Pérdidas singulares en la conducción			
Valores de K			
- Otros		1,500	1,500
- Acometidas		1,590	1,590
- Codo de 90º con r/d = 1,5 (4 uds)		1,160	1,160
- Retención		1,000	1,000
- Válvulas		0,750	0,750
Ktotal		6,000	6,000
Caudal	m3/s	0,300	0,425
Velocidad	m/s	1,061	1,503
Pérdida	m	0,344	0,691

Altura manométrica máxima	20,937	21,474
Altura manométrica mínima	16,337	16,874

D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
-------------	------------

2.3. Depósito de regulación

Cota mínima en depósito en uso	503,800	503,800
Cota máxima en depósito en uso	508,400	508,300

2.4. Conducción a depósito de regulación

Pérdidas por rozamiento en tubería			
Nº de conducciones	Uds	1,000	1,000
Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
Diámetro	m	0,700	0,700
Nº Reynolds		416.545	590.106
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0169	0,0165
Velocidad en tubería	m/s	0,780	1,104
Perdida	m/m	0,001	0,001
Longitud tubería	m	35,000	35,000
Perdida	m	0,026	0,051
Pérdidas singulares en la conducción Ø700			
Valores de K			
- Codo de 90º con r/d = 1,5		1,160	0,290
- Codo de 45º		0,280	0,280
- Bifurcación		2,600	2,600
- Entrada y salida		1,500	1,500
Ktotal		5,540	4,670
Velocidad	m/s	0,780	1,104
Perdida	m	0,172	0,290
Cota en arqueta de salida de filtros de carbón		508,598	508,642

D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
-------------	------------

3. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO

Número de filtros en servicio	Uds	3,000	4,000
-------------------------------	-----	-------	-------

3.1. Vertedero salida cámara de agua tratada

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	3,000	3,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,147	0,186

Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:

- Altura de pared de agua	mts	1,000	1,000
- Coeficiente de caudal		0,415	0,417

Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :

- Coeficiente m		0,415	0,417
- Altura de lamina	mts	0,143	0,181

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,102	0,058
Cota de la cresta del vertedero		508,700	508,700
Cota en cámara de agua tratada		508,843	508,881

3.2. Entrada a cámara de agua filtrada

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m3/s	0,100	0,106
- Longitud total de vertedero	m	3,000	3,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,071	0,074

Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:

- Altura de pared de agua	mts	0,500	0,500
- Coeficiente de caudal		0,420	0,420

Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :

- Coeficiente m		0,420	0,420
- Altura de lamina	mts	0,068	0,071

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,107	0,069
Cota de la cresta del vertedero		508,950	508,950
Cota en cámara de descarga de los filtros		509,018	509,021

3.3. Salida de filtros

Pérdidas por rozamiento en tubería Ø250

Caudal por filtro	m3/s	0,100	0,106
Diámetro	m	0,250	0,250
Nº Reynolds		388.776	413.074
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0204	0,0204
Velocidad en tubería	m/s	2,037	2,165
Perdida	m/m	0,017	0,019
Longitud tubería	m	1,500	1,500
Perdida por rozamiento	m	0,026	0,029

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
Pérdidas singulares en la conducción Ø250			
Valores de K			
- Codo de 90º con r/d = 1,5		0,290	0,290
- Entrada a depósito		1,000	1,000
Ktotal		1,290	1,290
Velocidad	m/s	2,037	2,165
Pérdida	m	0,273	0,308
Pérdida de carga en válvula de control			
Máxima pérdida en válvula de control	m	2,437	2,327
Pérdidas por rozamiento en tubería Ø400			
Caudal por filtro	m3/s	0,100	0,106
Diámetro	m	0,400	0,400
Nº Reynolds		242.985	258.171
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0191	0,0191
Velocidad en tubería	m/s	0,796	0,846
Pérdida	m/m	0,002	0,002
Longitud tubería	m	1,900	1,900
Pérdida por rozamiento	m	0,003	0,003
Pérdidas singulares en la conducción Ø400			
Valores de K			
- T de acometida		1,300	1,300
- Reducción		1,610	1,610
- Salida de depósito		1,000	1,000
Ktotal		3,910	3,910
Velocidad	m/s	0,796	0,846
Pérdida	m	0,126	0,142
Otras pérdidas			
En falso fondo (S/fabricante)	m	0,160	0,160
En lecho de arena (Fair-Hatch Lechos no estratificados)	cm	12,489229	17,673438
- Coeficiente de Kozeny		5,000	5,000
- Altura del lecho	cm	215,000	215,000
- Porosidad		0,600	0,600
- Coeficiente de forma		0,950	0,950
- Diámetro del carbón	cm	0,100	0,100
- Área del filtro	m2	33,960	33,960
- Velocidad de filtración	cm/s	0,294	0,417
Otras pérdidas	m	0,285	0,337
Total pérdidas en filtros	m	3,150	3,147
Máxima cota de lámina de agua en filtro		512,168	512,168

3.4. Compuerta de entrada a filtración por carbón activo

Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,500	0,500
- Ancho	m	0,500	0,500
Caudal unitario de ventana	m3/s	0,100	0,106
Velocidad de paso	m/s	0,400	0,425
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,005	0,006
Cota lámina de agua en canal de alimentación filtración		512,173	512,174

4. OZONIZACIÓN INTERMEDIA

4.1. Conducción salida ozonización intermedia

Pérdidas por rozamiento en tubería			
Nº de conducciones	Uds	1,000	1,000
Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
Diámetro	m	0,700	0,700
Nº Reynolds		416.545	590.106
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0169	0,0165
Velocidad en tubería	m/s	0,780	1,104
Pérdida	m/m	0,001	0,001
Longitud tubería	m	5,000	5,000
Pérdida por rozamiento	m	0,004	0,007
Pérdidas singulares en la conducción Ø500			
Valores de K			
- Entrada a depósito		1,500	1,500
Ktotal		1,500	1,500
Velocidad	m/s	0,780	1,104
Pérdida	m	0,046	0,093
Cota en arqueta de salida		512,224	512,275

4.2. Canal de salida de ozonización intermedia

Pérdidas por rozamiento			
Caudal de medio vertedero	m3/sg	0,300	0,425
Dimensiones canal			
Ancho canal	m	1,500	0,600
Solera canal		507,300	507,300
Calado en canal	m	4,924	4,975
Radio Hídr.(R)	m	0,651	0,283
Rozamiento (g)		0,160	0,160
C según Bazin		72,601	66,882
Velocidad (V)	m/sg	0,041	0,142
Longitud	m	15,400	15,400
Pérdida porcentual	%	0,000	0,002
Pérdida	m	0,000	0,000
Cota en canal de salida cámara de ozonización intermedia		512,224	512,275

D. PROYECTO AMPLIACIÓN

4.3. Compuerta de salida de ozonización intermedia

Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,500	0,500
- Ancho	m	0,500	0,500
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	1,200	1,700
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,044	0,088

Cota lámina de agua en salida c. ozonización intermedia	512,268	512,363
--	----------------	----------------

4.4. Salida cámara de ozonización intermedia

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m ³ /s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	3,000	3,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,147	0,186

Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:

- Altura de pared de agua	mts	5,500	5,500
- Coeficiente de caudal		0,409	0,409

Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :

- Coeficiente m		0,409	0,409
- Altura de lamina	mts	0,145	0,183

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,532	0,437
Cota de la cresta del vertedero		512,800	512,800
Cota en cámara de descarga de los filtros		512,945	512,983

4.5. Paso por orificio sumergido

Nº de orificios consecutivos		1,000	1,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,800	0,800
- Ancho	m	3,000	3,000
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,125	0,177
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,000	0,001

Cota lámina en segunda cámara de ozonización intermedia	512,945	512,984
--	----------------	----------------

4.6. Paso por orificio sumergido

Nº de orificios consecutivos		2,000	2,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,800	0,800
- Ancho	m	3,000	3,000
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,125	0,177
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,001	0,002

Cota lámina en primera cámara de ozonización intermedia	512,946	512,986
--	----------------	----------------

D. PROYECTO AMPLIACIÓN

4.7. Compuerta de entrada ozonización intermedia

Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,500	0,500
- Ancho	m	0,500	0,500
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	1,200	1,700
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,044	0,088

Cota lámina de agua en entrada C. ozonización intermedia	512,989	513,072
---	----------------	----------------

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
5. BOMBEO INTERMEDIO			
Altura geométrica			
- Máxima cota en impulsión		514,489	514,572
- Cota en aspiración		508,700	508,700
Total	m	5,789	5,872
Pérdidas por rozamiento en impulsión			
Nº de impulsiones	Uds	1,000	1,000
Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
Diámetro	m	0,600	0,600
Nº Reynolds		485.969	688.457
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0172	0,0169
Velocidad en tubería	m/s	1,061	1,503
Perdida	m/m	0,002	0,003
Longitud tubería	m	41,603	41,603
Pérdida por rozamiento	m	0,068	0,135
Pérdidas singulares en la conducción			
Valores de K			
- Otros		1,500	1,500
- Codo de 90º con r/d = 1,5		0,870	0,870
- Bifurcación		2,600	2,600
- Retención		1,000	1,000
- Válvula		0,250	0,250
Ktotal		6,220	6,220
Caudal	m3/s	0,300	0,425
Velocidad	m/s	1,061	1,503
Pérdida	m	0,357	0,716
Total altura manométrica	m	6,215	6,723

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
6. FILTRACIÓN POR ARENA			
Número de filtros en servicio	Uds	4,000	6,000
6.1. By-pass tratamiento avanzados			
Cota en depósito		508,400	508,250
Pérdidas por rozamiento en tubería			
Nº de conducciones	Uds	1,000	1,000
Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
Diámetro	m	0,700	0,700
Nº Reynolds		416.545	590.106
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0169	0,0165
Velocidad en tubería	m/s	0,780	1,104
Perdida	m/m	0,001	0,001
Longitud tubería	m	63,000	63,000
		0,047	0,093
Pérdidas singulares en la conducción Ø700			
Valores de K			
- Codo de 90º con r/d = 1,5		1,160	1,160
- Codo de 45º		0,280	0,280
- Bifurcación		2,600	2,600
- Entrada y salida		1,500	1,500
Ktotal		5,540	5,540
Velocidad	m/s	0,780	1,104
Pérdida	m	0,172	0,344
Cota en arqueta de salida de filtros de arena	m	508,619	508,687
6.2. Vertedero salida cámara de agua tratada			
De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:			
- Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	4,600	4,600
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,111	0,140
Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:			
- Altura de pared de agua	mts	2,000	2,000
- Coeficiente de caudal		0,412	0,412
Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :			
- Coeficiente m		0,412	0,412
- Altura de lamina	mts	0,108	0,137
Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,081	0,013
Cota de la cresta del vertedero		508,700	508,700
Cota en cámara de agua tratada		508,808	508,837

6.3. Vertedero entrada a cámara de agua tratada

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	3,000	3,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,147	0,186

Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:

- Altura de pared de agua	mts	2,150	2,150
- Coeficiente de caudal		0,411	0,411

Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :

- Coeficiente m		0,411	0,411
- Altura de lamina	mts	0,144	0,182

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,042	0,013
Cota de la cresta del vertedero		508,850	508,850
Cota en cámara de agua tratada		508,994	509,032

6.4. Vertedero de salida de filtro

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m3/s	0,075	0,071
- Longitud total de vertedero	m	3,000	3,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,058	0,056

Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:

- Altura de pared de agua	mts	0,500	0,500
- Coeficiente de caudal		0,420	0,421

Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :

- Coeficiente m		0,420	0,421
- Altura de lamina	mts	0,056	0,054

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,056	0,018
Cota de la cresta del vertedero		509,050	509,050
Cota en cámara de descarga de los filtros		509,106	509,104

6.5. Salida de filtros

Pérdidas por rozamiento en tubería Ø200

Caudal por filtro	m3/s	0,075	0,071
Diámetro	m	0,200	0,200
Nº Reynolds		364.477	344.228
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coeficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ.		0,0214	0,0215
Velocidad en tubería	m/s	2,387	2,255
Pérdida	m/m	0,031	0,028
Longitud tubería	m	1,500	1,500
Pérdida por rozamiento	m	0,047	0,042

Pérdidas singulares en la conducción Ø200

Valores de K

- Codo de 90º con r/d = 1,5		0,290	0,290
- Entrada a depósito		1,000	1,000
Ktotal		1,290	1,290
Velocidad	m/s	2,387	2,255
Pérdida	m	0,375	0,334

Pérdida de carga en válvula de control

Máxima pérdida en válvula de control	m	1,269	1,343
--------------------------------------	---	-------	-------

Pérdidas por rozamiento en tubería Ø400

Caudal por filtro	m3/s	0,075	0,071
Diámetro	m	0,400	0,400
Nº Reynolds		182.239	172.114
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coeficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ.		0,0196	0,0197
Velocidad en tubería	m/s	0,597	0,564
Pérdida	m/m	0,001	0,001
Longitud tubería	m	1,900	1,900
Pérdida por rozamiento	m	0,002	0,002

Pérdidas singulares en la conducción Ø400

Valores de K

- T de acometida		1,300	1,300
- Reducción		1,610	1,610
- Salida de depósito		1,000	1,000
Ktotal		3,910	3,910
Velocidad	m/s	0,597	0,564
Pérdida	m	0,071	0,063

Otras pérdidas

En falso fondo (S/fabricante)	m	0,160	0,160
En lecho de arena (Fair-Hatch Lechos no estratificados)	cm	33,084	31,253
- Coeficiente de Kozeny		5,000	5,000
- Altura del lecho	cm	100,000	100,000
- Porosidad		0,400	0,400
- Coeficiente de forma		0,950	0,950
- Diámetro de la arena	cm	0,100	0,100
- Area del filtro	m2	33,960	33,960
- Velocidad de filtración	cm/s	0,221	0,209
Otras pérdidas	m	0,491	0,473

Total pérdidas en filtros	m	2,254	2,256
---------------------------	---	-------	-------

Máxima cota de lamina de agua en filtro		511,360	511,360
---	--	---------	---------

D. PROYECTO AMPLIACIÓN

6.6. Compuerta de entrada a filtración por arena

Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,500	0,500
- Ancho	m	0,500	0,500
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,075	0,071
Velocidad de paso	m/s	0,300	0,283
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,003	0,002

Cota lámina de agua en canal de alimentación filtración	511,363	511,363
--	----------------	----------------

6.7. Conducción a filtración por arena

Pérdidas por rozamiento en tubería			
Nº de conducciones	Uds	1,000	1,000
Caudal unitario	m ³ /s	0,300	0,425
Diámetro	m	0,700	0,700
Nº Reynolds		416.545	590.106
Viscosidad cinemática	m ² /s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ.		0,0169	0,0165
Velocidad en tubería	m/s	0,780	1,104
Perdida	m/m	0,001	0,001
Longitud tubería	m	4,300	4,300
		0,003	0,006
Pérdida por rozamiento			
Pérdidas singulares en la conducción Ø500	m		
Valores de K			
- Codo de 90º con r/d = 1,5		0,290	0,290
- Entrada a depósito		1,500	1,500
Ktotal		1,790	1,790
Velocidad	m/s	0,780	1,104
Pérdida	m	0,055	0,111

Cota en arqueta de salida decantación	511,422	511,481
--	----------------	----------------

D. PROYECTO AMPLIACIÓN

7. DECANTACIÓN Y FISICO QUÍMICO

Número de decantadores en servicio	Uds	3,000	4,000
------------------------------------	-----	-------	-------

7.1. Canales de extracción del clarificado

Nº de canales por decantador		4,000	4,000
Funcionamiento por calado crítico en canal	$:(Q/b/(g^{*}0,5))^{2/3}$		
Caudal	m ³ /s	0,025	0,027
Ancho canal	m	0,250	0,250
Calado crítico	m	0,101	0,105
Cota solera canal		511,650	511,650

Cota de lámina de agua		511,751	511,755
Resguardo sobre lamina en a. salida decantación	m	0,228	0,169

7.2. Vertedero de salida de decantación

Vertedero triangular de pared delgada S/ Thompson			
Dimensiones			
- Altura de escotadura	mm	60,000	60,000
- Separación entre vertederos consecutivos	mm	300,000	300,000
Caudal unitario	m ³ /s	0,100	0,106
Longitud vertedero	m	72,000	72,000
Nº de vertederos	Ud.	240,000	240,000
Altura	m	0,039	0,040

Resguardo	m	0,149	0,145
Cota vertedero		511,900	511,900
Cota en decantador		511,939	511,940

7.3. Cámaras de floculación

Nº de cámaras de floculación	Uds	6,000	8,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	2,259	2,260
- Ancho	m	5,250	5,250
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,050	0,053
Velocidad de paso	m/s	0,004	0,004
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,000	0,000

Dimensiones ventana			
- Alto	m	1,520	1,520
- Ancho	m	5,250	5,250
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,050	0,053
Velocidad de paso	m/s	0,006	0,007
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,000	0,000

Cota lámina de agua en floculación	511,939	511,940
---	----------------	----------------

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
7.4. Cámaras de mezcla			
Nº de cámaras de mezcla	Uds	3,000	4,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,500	0,500
- Ancho	m	0,500	0,500
Caudal unitario de ventana	m3/s	0,100	0,106
Velocidad de paso	m/s	0,400	0,425
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,005	0,006
Cota lámina de agua en mezcla		511,944	511,945

7.5. Conducción de alimentación a decantación			
Pérdidas por rozamiento en tubería			
Nº de conducciones	Uds	3,000	4,000
Caudal unitario	m3/s	0,100	0,106
Diámetro	m	0,500	0,500
Nº Reynolds		194.388	206.537
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0189	0,0188
Velocidad en tubería	m/s	0,509	0,541
Pérdida	m/m	0,000	0,001
Longitud tubería	m	47,500	47,500
		0,024	0,027
Pérdida por rozamiento			
Valores de K			
- Codo de 90º con r/d = 1,5		0,290	0,290
- Entrada y salida a depósito		1,500	1,500
Ktotal		1,790	1,790
Velocidad	m/s	0,509	0,541
Pérdida	m	0,024	0,027
Cota en salida arqueta de reparto decantación		511,991	511,998

7.6. Reparto a decantación y fisicoquímico			
De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:			
- Caudal unitario	m3/s	0,100	0,106
- Longitud total de vertedero	m	1,000	1,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,147	0,153
Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:			
- Altura de pared de agua	mts	4,141	4,148
- Coeficiente de caudal		0,410	0,409
Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :			
- Coeficiente m		0,410	0,409
- Altura de lamina	mts	0,145	0,151
Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,109	0,102
Cota de la cresta del vertedero		512,100	512,100
Cota en cámara de reparto a decantación		512,245	512,251

D. PROYECTO

AMPLIACIÓN

8. AJUSTES DE PH Y PREOZONIZACIÓN

8.1. Compuerta de aislamiento

Nº de compuertas	Uds	1,000	1,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,800	0,800
- Ancho	m	0,800	0,800
Caudal unitario de ventana	m ³ /s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,469	0,664
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,007	0,013

Cota lámina de agua en salida ajuste de pH	512,252	512,264
---	----------------	----------------

8.2. Salida de ajuste de pH (dosificación de CO₂)

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m ³ /s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	4,000	4,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,121	0,153

Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:

- Altura de pared de agua	mts	4,550	4,550
- Coeficiente de caudal		0,410	0,409

Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :

- Coeficiente m		0,410	0,409
- Altura de lamina	mts	0,119	0,151

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,148	0,136
Cota de la cresta del vertedero		512,400	512,400
Cota en cámara de reparto a decantación		512,519	512,551

8.3. Salida de cámara de dosificación de hidróxido cálcico

De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:

- Caudal unitario	m ³ /s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	4,000	4,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,121	0,153

Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:

- Altura de pared de agua	mts	4,800	4,800
- Coeficiente de caudal		0,410	0,409

Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :

- Coeficiente m		0,410	0,409
- Altura de lamina	mts	0,119	0,151

Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,131	0,099
Cota de la cresta del vertedero		512,650	512,650
Cota en salida cámara de dosificación hidróxido cálcico		512,769	512,801

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
8.4. Cámara de dosificación de hidróxido cálcico			
Nº de orificios sumergidos	Uds	1,000	1,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,800	0,800
- Ancho	m	4,000	4,000
Caudal unitario de ventana	m³/s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,094	0,133
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,000	0,001
Cota lámina de agua en cámara dosificación de hidróxido cálcico		512,770	512,801

8.5. Compuerta de aislamiento			
Nº de compuertas	Uds	1,000	1,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	1,000	1,000
- Ancho	m	1,000	1,000
Caudal unitario de ventana	m³/s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,300	0,425
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,003	0,006
Cota lámina de agua en salida de preozonización		512,772	512,806

8.6. Cámara de salida de preozonización			
Nº de orificios sumergidos	Uds	1,000	1,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,800	0,800
- Ancho	m	4,000	4,000
Caudal unitario de ventana	m³/s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,094	0,133
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,000	0,001
Cota lámina de agua en cámara salida de preozonización		512,773	512,807

8.7. Vertedero salida de cámara de preozonización			
De acuerdo a la formula general, y utilizando el coeficiente de caudal de 0,40:			
- Caudal unitario	m³/s	0,300	0,425
- Longitud total de vertedero	m	4,000	4,000
- Coeficiente de caudal		0,400	0,400
Altura de lámina sobre vertedero (h)	m	0,121	0,153
Se determina el coeficiente de caudal según Rehbock:			
- Altura de pared de agua	mts	5,500	5,500
- Coeficiente de caudal		0,410	0,409
Se determina a continuación la altura sobre vertedero con el nuevo valor del coeficiente de caudal :			
- Coeficiente m		0,410	0,409
- Altura de lamina	mts	0,120	0,151
Resguardo aguas abajo del vertedero	m	0,577	0,543
Cota de la cresta del vertedero		513,350	513,350
Cota en cámara de preozonización		513,470	513,501

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
8.8. Cámaras de preozonización			
Nº de orificios sumergidos	Uds	1,000	1,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,800	0,800
- Ancho	m	4,000	4,000
Caudal unitario de ventana	m³/s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,094	0,133
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,000	0,001
Cota lámina de agua en segunda cámara preozonización		513,470	513,501

8.9. Cámaras de preozonización			
Nº de orificios sumergidos	Uds	2,000	2,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	0,800	0,800
- Ancho	m	4,000	4,000
Caudal unitario de ventana	m³/s	0,300	0,425
Velocidad de paso	m/s	0,094	0,133
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,001	0,001
Cota lámina de agua en inicio preozonización		513,470	513,503

8.10. Compuerta de aislamiento			
Nº de compuertas	Uds	1,000	1,000
Dimensiones ventana			
- Alto	m	1,000	1,000
- Ancho	m	1,000	1,000
Caudal unitario de ventana	m³/s	0,000	0,000
Velocidad de paso	m/s	0,300	0,425
Coefficiente K		0,600	0,600
Pérdida	m.c.a.	0,003	0,006
Cota lámina de agua en entrada preozonización		513,473	513,508

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
9. TAMIZADO			
Nº de canales en servicio	Uds.	1,000	1,000
Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
Pérdida de carga en reja de tamizado			
Velocidad de acercamiento en canal	m/sg	0,286	0,390
Velocidad de paso a través del tamiz (colmataada 30%)	m/sg	0,614	0,836
Grado de de paso libre	%	70,000	70,000
Coefficiente de atascamiento	(K1)	2,041	2,041
Coefficiente de forma	(K2)	1,000	1,000
Coefficiente de paso entre barrotes	(K3)	1,200	1,200
- Separación entre barrotes (e)	m	0,006	0,006
- Anchura de barrotes (d)	m	0,003	0,003
- Espesor de barrotes (z)	m	0,015	0,015
- Altura sumergida de los barrotes (h)	m	0,873	0,908
- Valor del e/(e+d)		0,667	0,667
- Valor de (z / 4) ((2 / e) + (1 / h))		1,254	1,254
Pérdida de carga en reja de finos	m	0,010	0,019
Pérdidas en canal			
Dimensiones canal			
- Ancho canal	m	1,200	1,200
- Solera canal	m	512,600	512,600
- Calado en canal	m	0,873	0,908
Radio Hdr.(R)	m	0,356	0,361
Rozamiento (g)		0,160	1,160
C según Bazin		68,595	29,694
Velocidad (V)	m/sg	0,286	0,390
Longitud	m	3,800	3,800
Pérdida porcentual	m/m	0,000	0,000
Pérdida	m	0,000	0,002
Pérdidas singulares en canal			
K		0,500	0,500
Caudal	m3/sg	0,300	0,425
Velocidad	m/sg	0,286	0,390
Pérdida	m	0,002	0,004
Cota entrada desbaste		513,486	513,533
Cota coronación canales		514,100	514,100
Resquadro sobre coronación	m	0,614	0,567

		D. PROYECTO	AMPLIACIÓN
10. CONDUCCIÓN DE ENTRADA A LA ETAP			
Pérdidas por rozamiento en tubería			
Nº de conducciones	Uds	1,000	1,000
Caudal unitario	m3/s	0,300	0,425
Diámetro	m	0,600	0,600
Nº Reynolds		485.969	688.457
Viscosidad cinemática	m2/s	1,310E-06	1,310E-06
Coefficiente Ks	m	2,500E-04	2,500E-04
Valor de λ		0,0172	0,0169
Valor de λ		0,0172	0,0169
Igualdad		7,6360	7,7034
		7,6360	7,7034
Velocidad en tubería	m/s	1,061	1,503
Perdida	m/m	0,002	0,003
Longitud tubería	m	75,000	75,000
		0,123	0,243
Pérdida por rozamiento			
Valores de K			
- Codo de 90º con r/d = 1,5		0,290	0,290
- Codo de 45º		0,280	0,280
- Entrada a depósito		1,000	1,000
- Bifurcaciones		2,600	2,600
- Válvulas		0,500	0,500
Ktotal		4,670	4,670
Velocidad	m/s	1,061	1,503
Pérdida	m	0,268	0,538
Carga hidráulica necesaria en la entrada de la ETAP		513,877	514,313