

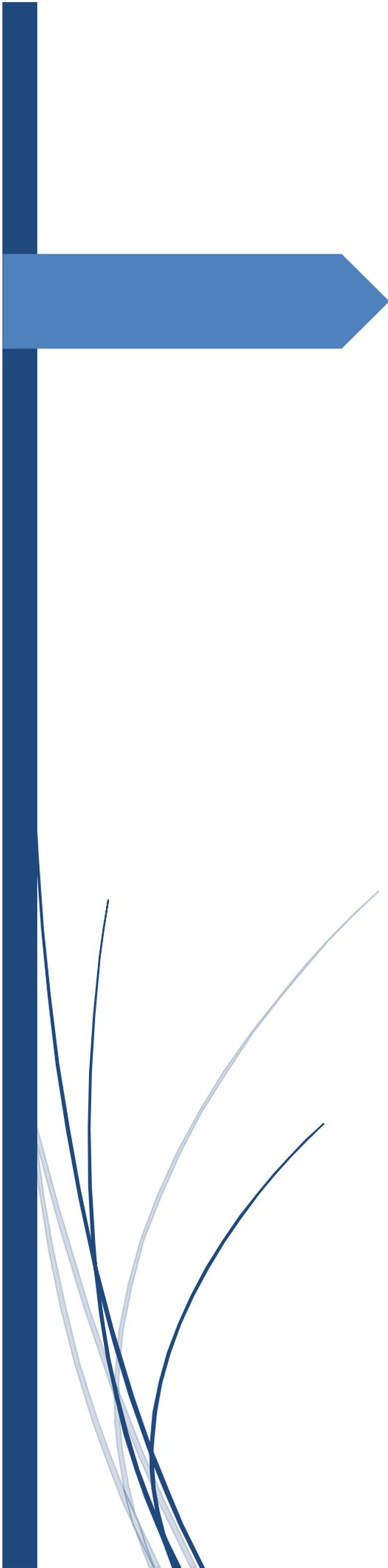


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:



MEMORIA

Contenido

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO	1
1.2 OBJETIVOS.....	1
1.2.1 Objetivos generales.....	1
1.2.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Antecedentes	1
CAPÍTULO 2: DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE LA INSTALACION	3
2.1 DESCRIPCION DE LA TOMA DE AGUA Y SU CONDUCCION	3
2.2. DESCRIPCION TOPOGRAFICA	3
2.1.1 Obtención de los datos cartográficos.....	3
2.1.2 Estudio topográfico del terreno.....	3
2.3 NECESIDADES HIDRICAS	3
2.3.1 Población.....	3
2.3.2 Dotación.....	3
2.3.3 Variación consumo estacional.....	4
2.3.4 Variación consumo diario.....	4
CAPITULO 3: FUNDAMENTOS TEORICOS	5
3.1 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL DISEÑO DE LA ADUCCION.....	5
3.1.1 Caudal de diseño.....	5
3.1.2 El trazado de la conducción.....	6
3.1.3 Optimización del caudal respecto los costes.....	6
3.2 DIMENSIONADO INICIAL DEL DIAMETRO DE TUBERIA	7
3.3 MATERIAL DE LA ADUCCION.....	7
3.5 PRECIO TUBERIAS	7
3.4 BOMBAS UTILIZADAS	8
3.5 TARIFAS ELECTRICAS.....	8
3.6 DEFINICION ZANJA.....	9
3.7 ANCLAJES PUENTE	9
3.8 METODO DE REGULACION.....	9
3.9 DEPOSITO DE REGULACION	9
3.10 GOLPE DE ARIETE	10

CAPITULO 4: METODOLOGIA DE DISEÑO	11
4.1 ESTUDIO DEL TRAZADO OPTIMO.....	11
4.2 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO.	12
4.3 CALCULO DE LOS DIAMETROS INICIALES.....	13
4.4 CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCION.....	14
4.4.1 Calculo del factor de fricción.....	15
4.4.2 Calculo de pérdidas para 24 horas de funcionamiento.....	16
4.4.3 Calculo de pérdidas para 20 horas de funcionamiento.....	16
4.4.4 Calculo de pérdidas para 8 horas de funcionamiento.....	16
4.4.5 Valoración de los cálculos	17
4.5 CALCULO DE PRECIO DE LA ENERGIA ANUAL	17
4.5.1 Tarifa energética Endesa.....	18
4.5.2 Coste energético en función de los Kilovatios de la instalación.....	18
4.5.3 Resumen de los resultados.....	19
4.6 SELECCION DE BOMBAS.	19
4.7 CALCULO DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS.	22
4.7.2 Obtención del rendimiento de las bombas.....	22
4.7.3 Potencia absorbida por cada bomba.....	23
4.8 COSTES ASOCIADOS A LA TUBERIA.....	24
4.9 ANALISIS ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS	24
4.10 DESCRIPCION DE LA ZANJA.....	26
CAPITULO 5: DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA SOLUCION PROPUESTA.....	29
5.1 CALCULO DEL DEPOSITO DE REGULACION MEDIANTE EPANET	29
5.1.1 Método iterativo.....	31
5.1.2 Calculo del volumen de regulación útil.....	32
5.1.3 Tiempo de funcionamiento en el periodo de menor demanda.	33
5.1.4 Modo de funcionamiento.	34
5.1.5 Presupuesto del depósito.	34
5.2 CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE MEDIANTE ALLIEVI.....	34
5.2.1 Calculo de la inercia de la bomba.	36
5.2.2 Análisis del transitorio.	38
5.2.3 Inclusión de un calderín de seguridad.	39
5.2.4 Introducción de los elementos de seguridad.....	41

CAPITULO 6: ESQUEMA DE LA ESTACION DE BOMBEO	43
6.1 ACCESORIOS DE LA INSTALACION	44
CAPITULO 7: RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	45
CAPITULO 8: CONCLUSIONES.....	47
CAPITULO 9: BIBLIOGRAFIA.....	49
9.1 NORMAS UTILIZADAS.....	49
9.2 CATALOGOS.....	49
9.3 SOFTWARE UTILIZADO	50
9.4 MATERIAL COMPLEMENTARIO	50

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO

Este proyecto nace de la necesidad de abastecimiento de agua para una urbanización de nueva obra y destinada al uso doméstico. Se encuentra situada en el término municipal de Calasparra.

El principal cometido de este documento es la elaboración de una solución óptima desde el punto de vista económico para satisfacer todas las necesidades de agua durante la explotación de la urbanización.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos generales.

El diseño de la instalación completa para llevar a cabo la distribución de agua. Se calcularán todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento y mantenimiento.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Calculo del diámetro óptimo de tubería
- Selección de las bombas de trabajo.
- Diseño de la zanja de la instalación.
- Selección de los elementos de regulación.
- Inclusión de todos los elementos de seguridad.
- Análisis de optimización económica.

1.3 ANTECEDENTES

Debido a la localización de la urbanización nos encontramos ante usuarios extranjeros con alto poder adquisitivo y que el principal uso de la instalación de agua sea de uso recreativo y especialmente alto en los meses veraniegos.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE LA INSTALACION

2.1 DESCRIPCION DE LA TOMA DE AGUA Y SU CONDUCCION

Se nos ha impuesto que la toma de agua será realizada desde el noroeste de Calasparra situada en la calle Ordoñez y próxima el campo de futbol y plaza de toros locales. La conducción llegara hasta un depósito situado en una zona elevada respecto a la urbanización.

2.2. DESCRIPCION TOPOGRAFICA

La urbanización se encuentra situada aproximadamente a tres kilómetros al noroeste del termino de Calasparra, presenta una altitud media de 345 metros sobre el nivel del mar. Se presenta un terreno poco erosionado y sin grandes cambios de pendiente.

2.1.1 Obtención de los datos cartográficos.

Para la realización del documento será necesaria la consulta del Instituto Geográfico Nacional donde se utilizarán para su consulta los mapas topográficos de las cercanías de Calasparra.

En estos mapas se observarán las diferentes cotas de nivel para el estudio de viabilidad del proyecto además de que no existan construcciones u instalaciones que dificulten la puesta en obra del mismo.

2.1.2 Estudio topográfico del terreno.

La toma de agua se encuentra a 361 metros sobre el nivel del mar y el depósito de llegada se encuentra a 385 metros. Gracias al trazado ya existente de una vía para automóviles se presenta una primera conducción próxima a estas vías debido a las ventajas que esto supondría.

2.3 NECESIDADES HIDRICAS

2.3.1 Población

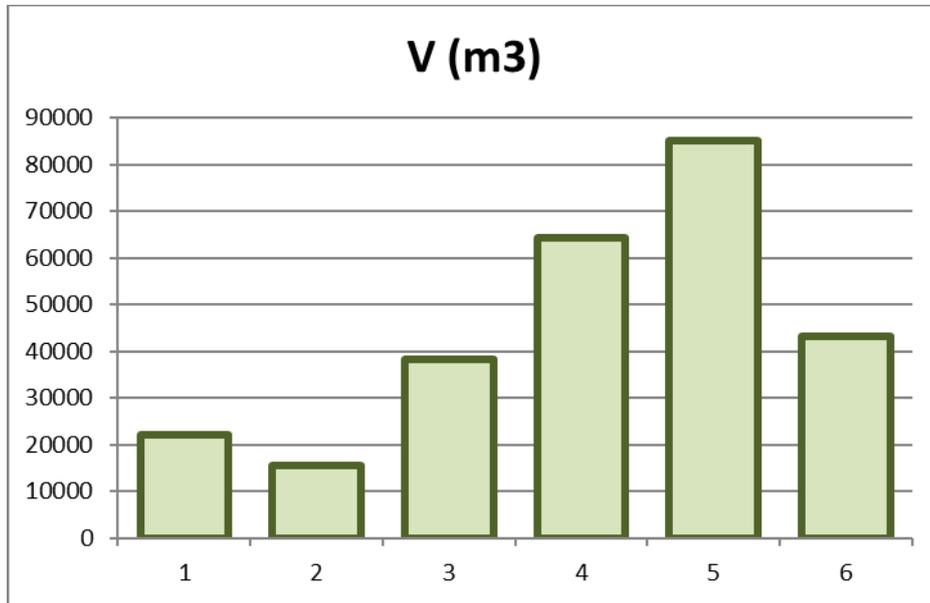
En la urbanización se encuentran proyectadas 400 viviendas unifamiliares con una media de 4 habitantes por vivienda.

2.3.2 Dotación

Debido al carácter recreativo de la urbanización se estima una dotación aproximada de 400 litros por habitante y día. Se pretende que esta dotación haga frente a la gran demanda en los meses de verano puesto que existen diversas piscinas y la alta presencia de zonas verdes.

2.3.3 Variación consumo estacional

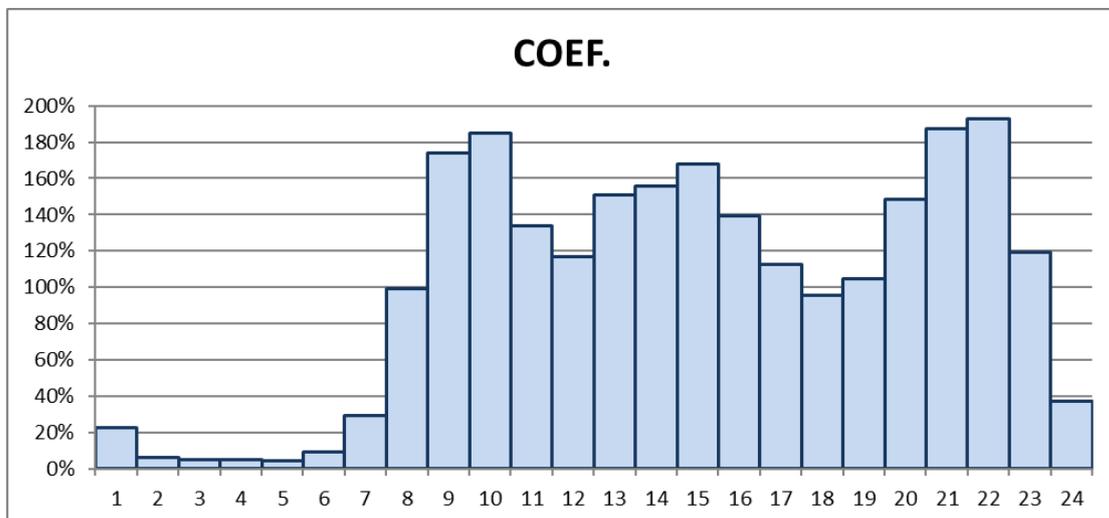
Dado que estamos ante una urbanización en construcción y que no disponemos de datos sobre esta, se decide utilizar las variaciones de una urbanización situada en Jávea y llamada a "Balcón al mar" que presenta características muy similares a nuestro objetivo.



En el grafico se han representado los 6 bimestres anuales y el volumen en metros cúbicos del consumo de esta urbanización, se aprecia notablemente como el consumo es mucho más acusado desde los meses de julio a octubre y que marcaran la máxima demanda y restricción de nuestro problema.

2.3.4 Variación consumo diario

Se nos ha proporcionado la variación diaria que sufren de media las viviendas de uso doméstico, gracias a estos datos podremos observar a qué horas será la mayor demanda de agua y este supone un dato fundamental para la regulación



CAPITULO 3: FUNDAMENTOS TEORICOS

3.1 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL DISEÑO DE LA ADUCCION

Para el diseño de la abducción serán necesarios abordar diferentes problemas que se encuentran relacionados entre sí, además no pueden ser tratados de forma aislada dado que la solución final será un compromiso entre ellos.

El análisis fundamental estas basado en:

- Determinación del caudal de diseño
- Elección del trazado optimo
- Determinación del caudal que optimice los costes globales de la instalación

3.1.1 Caudal de diseño

El caudal de diseño es un concepto que ayudara a sentar las bases del desarrollo de la instalación.

El caudal de diseño se calcula en base a muchas características futuras de la instalación, entre ellas se encuentran:

- **Longevidad del proyecto**

Dependiendo de los años en los que se quiera amortizar la instalación es necesario tener en cuenta las futuras ampliaciones, posibles averías y sobre todo la evolución de los costes energéticos.

- **Volumen diario a transportar**

Para realizar un correcto cálculo del caudal de diseño es vital que se tenga en cuenta el volumen necesario para el día de consumo punta a año vista. Este volumen máximo es una restricción para nuestro caudal y deposito futuro puesto que se debe satisfacer la demanda para todos los días del año sin interrupciones del servicio.

- **Tiempo de funcionamiento de la aducción**

Dado que la aducción es por bombeo, el tiempo de funcionamiento de las bombas tiene gran repercusión ya que esto se traduce en costes energéticos. Estos costes tienen gran influencia sobre la decisión final.

Es desaconsejable establecer un periodo de 24 horas dado que esto obligaría a realizar cortes de suministro ante averías en la aducción. Por norma general la elección de un bombeo entre 8 y 20 horas para el caudal máximo dependerá de las tarifas eléctricas que condicionaran esta decisión.

3.1.2 El trazado de la conducción

Para un correcto trazado de la conducción deben minimizarse los costes derivados de la inversión inicial y la explotación.

Las aducciones junto a caminos públicos presentan grandes ventajas puesto que facilita el acceso a los trabajadores y la maquinaria además de reducir el tiempo de la obra. Se debe intentar realizar el trazado más corto posible teniendo en cuenta de no producir grandes desniveles que podrían perjudicar en el golpe de ariete.

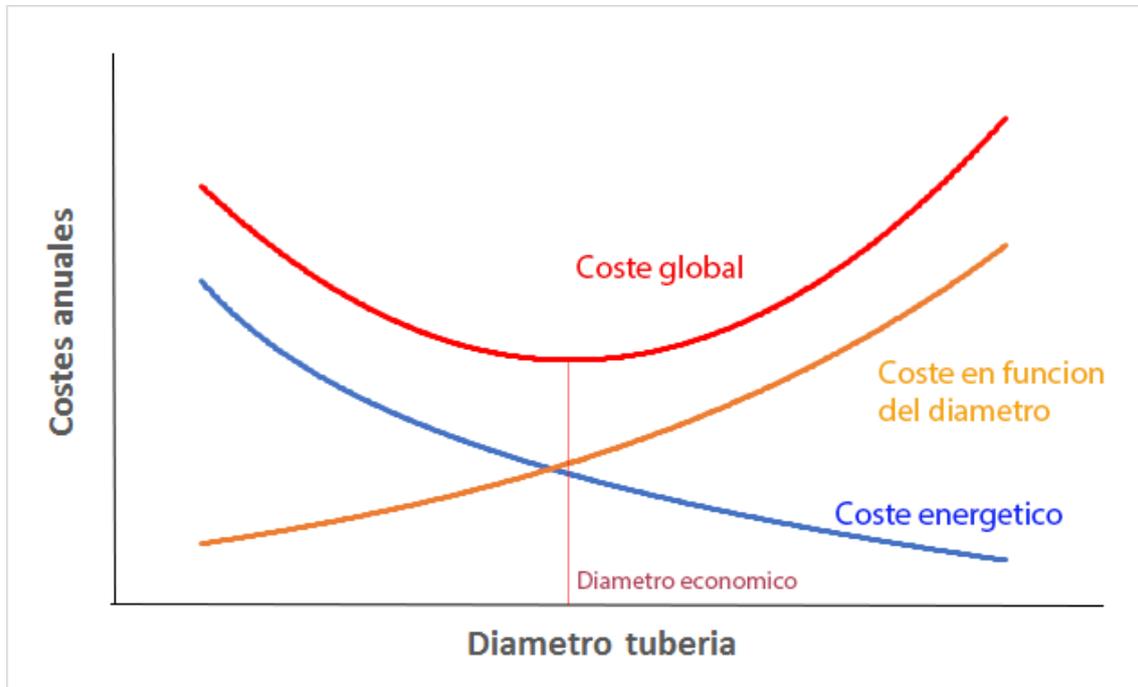
Es importante evitar suelos rocosos o que sean de difícil trabajo además de no adentrarse en zonas pantanosas dado que esto supondría un sobre coste notable.

En definitiva, el trazado óptimo será el que encuentre un compromiso entre todas las características anteriormente nombradas minimizando así su coste.

3.1.3 Optimización del caudal respecto los costes

Una vez establecido el tiempo de funcionamiento se obtendrá un caudal a suministrar y de este caudal dependerán en cierta medida el diámetro de las tuberías elegidas.

En conjunto los costes energéticos junto con el diámetro de tuberías empleados exigen una elección de compromiso que minimicen los costes globales de la instalación.



Como puede observarse en la imagen mientras que diámetros más pequeños introducen más pérdidas y por lo tanto más energía es necesaria para llevar la misma cantidad de agua, a diámetros más grandes esta energía se reduce, pero el precio de la tubería incrementa.

Por lo tanto, la solución óptima será la que minimice los dos factores y es llamado diámetro económico.

3.2 DIMENSIONADO INICIAL DEL DIAMETRO DE TUBERIA

Puesto que se realizará un análisis económico en función de los diámetros escogidos es necesario limitar el campo de estudio.

Para la selección de los diámetros más adecuados basaremos el cálculo de la tubería en métodos clásicos. Se fijará una velocidad de fluido adecuada y a partir de los caudales conocidos obtendremos los primeros diámetros a considerar en nuestro estudio.

Un criterio adecuado es fijar la velocidad a 0.9 m/s y el empleo de una ecuación clásica como:

$$D_{ini} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{proy}}}$$

Existe un gran repertorio de ecuaciones para el dimensionamiento, pero la mayoría están anticuadas y se basan en la utilización de velocidades bastante inferiores al criterio elegido.

3.3 MATERIAL DE LA ADUCCION

El terreno donde se asentará la tubería no es considerado como agresivo, además los esfuerzos debidos a la presión no son especialmente significativos.

El material más adecuado será la fundición dúctil dado que su disponibilidad es muy alta, posee un precio más que competitivo y soporta sobradamente las presiones de trabajo de la instalación. Se utilizarán proveedores que cumplan con la norma UNE-EN 545:2007.

3.5 PRECIO TUBERIAS

Las tuberías de fundición dúctil para el análisis tienen un precio:

D (mm)	€/m
150	47.87
200	58.34
250	73.82
300	96.32
350	123.15

Se observa que entre los diámetros elegidos existe una relación aproximadamente lineal, cosa que no se mantiene en tuberías de mayor diámetro. Esta apreciación nos ayuda a no descartar los diámetros más grandes en primera instancia.

3.4 BOMBAS UTILIZADAS

Se ha escogido el uso de electrobombas horizontales normalizadas que siguen la norma DIN 24255. Se plantea un diseño dual, con bombas en paralelo, así podría mantenerse el abastecimiento continuo en caso de una avería en una bomba.

3.5 TARIFAS ELECTRICAS

Posiblemente estemos ante la característica más decisiva en la selección de la tubería dada que dependiendo de la variación de estas tarifas nuestra solución final podría variar.

La empresa seleccionada es ENDESA y las características de nuestra instalación nos sitúan en las siguientes franjas de precios:

Precios Preferente

Preferente: > 15 ≤ 30 kW	Punta	Llano	Valle
Término de potencia	41,950752 €/kW y mes	25,170444 €/kW y mes	16,780296 €/kW y mes
Término de energía	0,166336 €/kWh	0,13345 €/kWh	0,09458 €/kWh
Término de energía con descuento del 34%	0,10978176 €/kWh	0,088077 €/kWh	0,0624228 €/kWh

Periodos Horarios Preferente

Ideal para empresas que por su actividad pueden adaptar sus consumos a los periodos horarios indicados a continuación:

Invierno	0-8	8-11	11-15	15-18	18-22	22-00
Verano	0-8	8-11	11-15	15-18	18-22	22-00
Península y Canarias						
Baleares						

Período Valle

Período Llano

Período Punta

Existen tres franjas horarias diferenciadas, estos periodos junto con las futuras hipótesis de bombeo permitirán elegir el horario que permita evitar las horas más caras.

Se puede observar como estas horas varían dependiendo la estación del año, por lo que también se diferenciarán dos horarios de bombeo diferentes en caso de necesitadas horas consideradas como punta.

3.6 DEFINICION ZANJA

Dada la orografía del terreno se utilizará una zanja de talud recto con entibación, puesto que la excavación se presenta muy próxima a una vía, facilitando así el uso de maquinaria pesada.

Se plantea una profundidad de 2 metros, la zona no presenta grandes heladas y es más que suficiente para impedir el congelamiento de la tubería.

El relleno de la zanja se llevará a cabo con dos tipos de relleno diferenciados. El primer relleno o cama y que rodeará a toda la tubería será un relleno de arenal seleccionado asegurando un mínimo del 95% del proctor normal. El relleno final será de las propias tierras de la excavación.

Las dimensiones finales dependerán del diámetro de tubería seleccionado.

3.7 ANCLAJES PUENTE

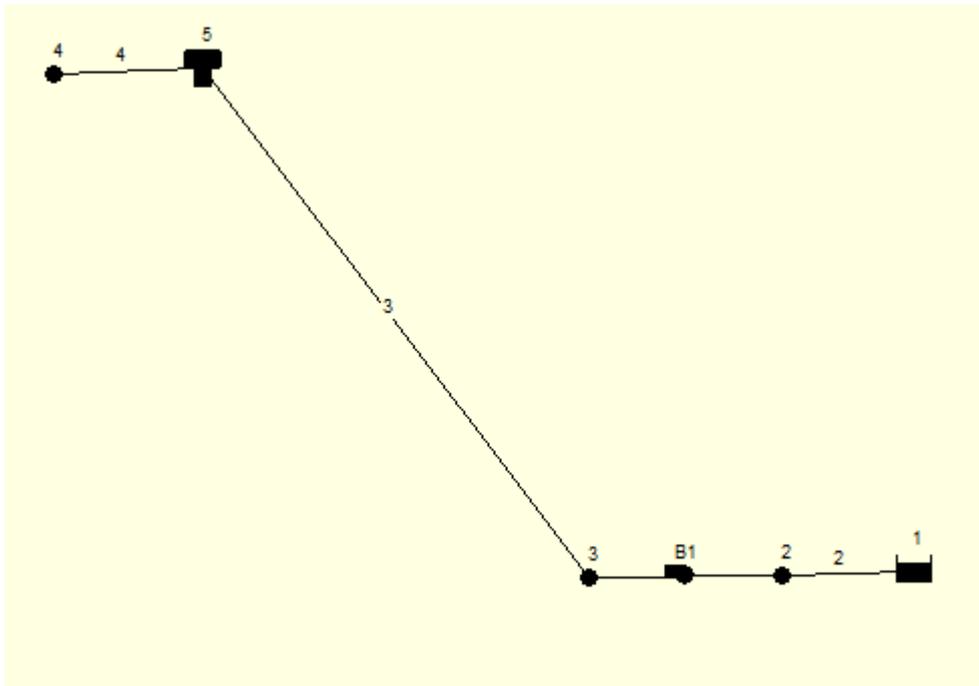
El trazado de la conducción atraviesa un puente por encima de la vía para automóviles por lo que la tubería será anclada a este mediante unas bridas de sujeción estándar. Estas bridas deben presentar una separación equidistante y que aseguren la integridad de la tubería.

3.8 METODO DE REGULACION

Se considera más conveniente el uso de un depósito para la correcta regulación del abastecimiento de agua consiguiendo así un menor número de horas de funcionamiento de las bombas y por lo tanto un coste económico mucho menor.

3.9 DEPOSITO DE REGULACION

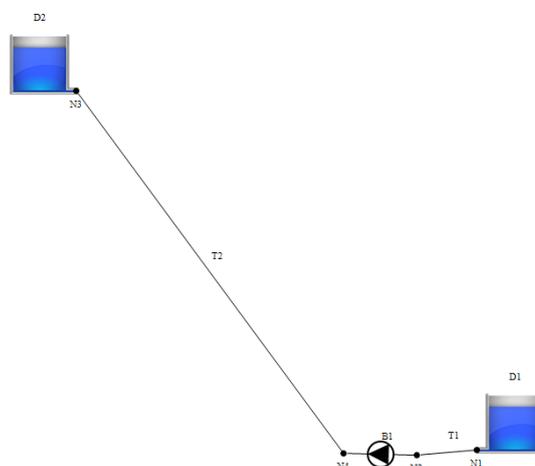
Para el cálculo del depósito será necesario el uso de EPANET. Gracias a este programa informático se realizarán simulaciones donde se tendrán en cuenta todas las variaciones estacionales y diarias consiguiendo así varios puntos donde iterar hasta encontrar el depósito más óptimo. Se evitará que el depósito supere los 4 metros de altura evitando así la necesidad de presentar un proyecto de obra civil para su construcción.



Gracias a EPANET se puede representar de forma muy simple la instalación para así poder realizar las simulaciones de consumo de agua.

3.10 GOLPE DE ARIETE

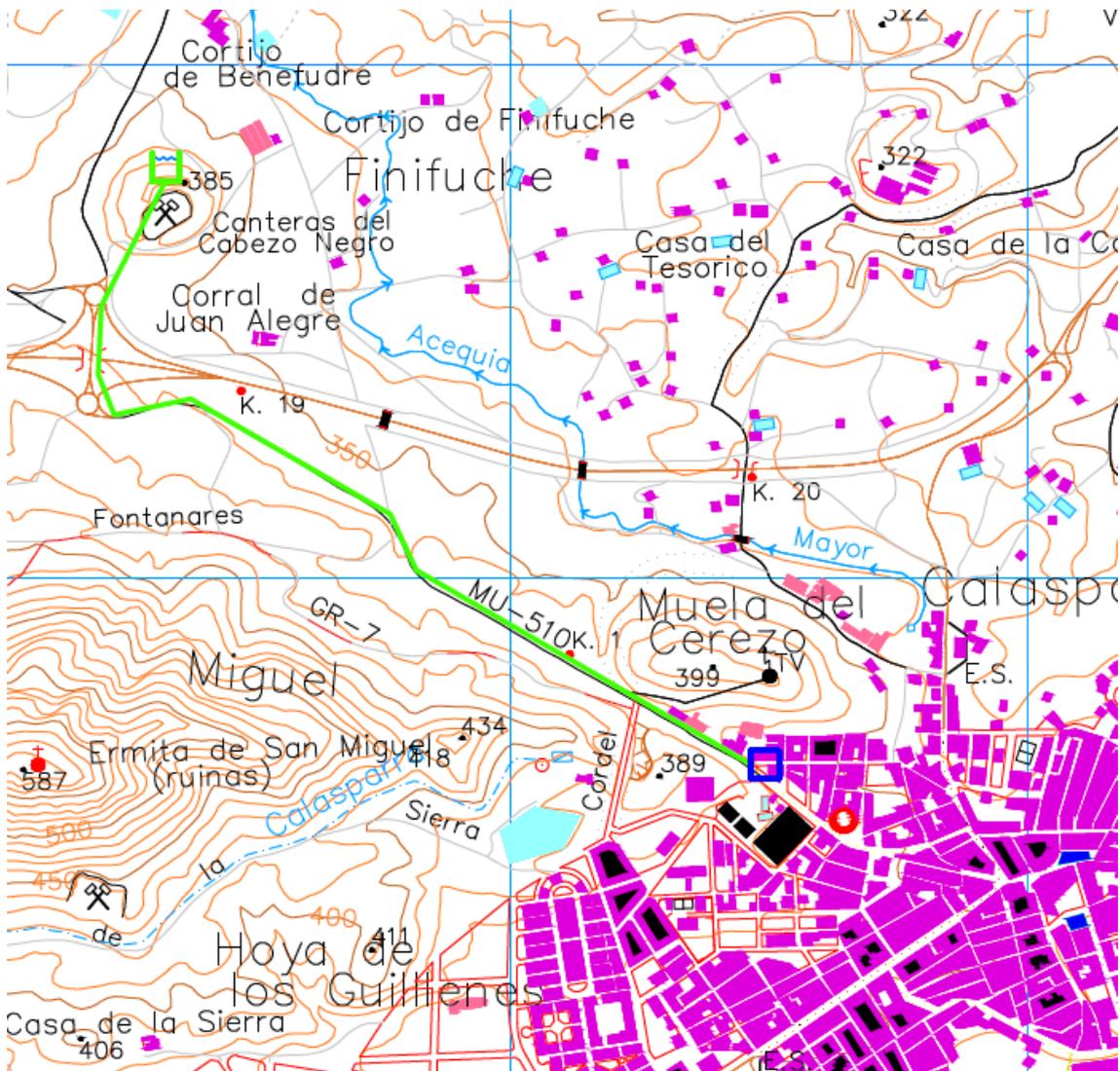
El transitorio hidráulico más desfavorable en la instalación es la desconexión de las bombas, generando así un golpe de ariete. Para el cálculo del golpe de ariete será utilizado un programa del Instituto Tecnológico del Agua llamado ALLIEVI. En el programa serán introducidos todos los datos de la instalación obteniendo así las envolventes. Como solución a este transitorios se planteará la inclusión de un calderín de regulación que será dimensionado gracias a las diversas simulaciones de ALLIEVI.



CAPITULO 4: METODOLOGIA DE DISEÑO

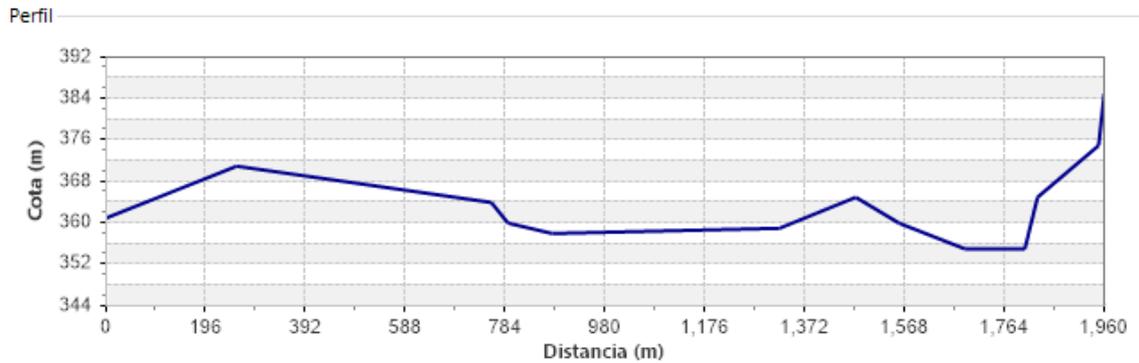
4.1 ESTUDIO DEL TRAZADO OPTIMO.

Dadas todas las alternativas viables, como es el uso de yacimiento de agua cercanos además de contar con la proximidad del río Segura, la alternativa más viable sin duda es el trazado de la aducción aprovechando el trazado de la vía para automóviles más cercana. Sigue un camino directo hacia el depósito de llegada con el inconveniente de que se necesita cruzar la carretera.



Se optará por desviar la tubería junto al puente puesto que realizar una zanja bajo la vía de circulación supondría aumentar el coste además de originar posibles problemas para la circulación de los vehículos.

Como puede observarse en la imagen el tramo final será el más dificultoso de ejecutar por el desnivel existente y la ausencia de caminos.



El perfil de la tubería no presenta grandes picos de cotas, pero el primero y más cercano a la bomba podría suponer un problema a la hora del cálculo del transitorio hidráulico.

Por tanto, la aducción comenzara con una toma de agua próxima al campo de futbol de Calasparra en una caseta impuesta por la empresa suministradora de agua. Llegará al depósito que será construido en el pico más cercano a la urbanización. Tendrá una longitud aproximada de 1960 metros y un desnivel total de 24 metros de altura.

4.2 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO.

Realizaremos un cálculo basado en la norma UNE 805 donde se tendrán en cuenta la variaciones estacionales y diarias.

$$Q_{proy} = (d * N) * k_{pd} * k_{pe}$$

d: Es la dotación, la cantidad de consumo de agua por habitante y día.

N: Número de habitantes de la urbanización.

K_{pd}: Máxima variación temporal diaria de consumo de agua

K_{pe}: Máxima variación estacional de consumo de agua.

Dado que nuestra urbanización es de uso recreativo y los usuarios presentan un perfil de alto consumo de agua especialmente en verano, estimamos una dotación de 400 litros por habitante y día.

La urbanización se compone de 400 viviendas unifamiliares con una media de 4 habitantes por vivienda.

El método de regulación de esta aducción es por un depósito por lo que más adelante se detallara con el depósito es capaz de hacer frente a las variaciones diarias, por lo que el factor que tiene en cuenta la regulación diaria será 1.

Para el cálculo de máxima variación estacional serán utilizadas las variaciones de una urbanización de similares características llamada "Balcón al Mar" en Javea.

Bimestre	V (m ³)	
1	22172	49,53%
2	15516	34,66%
3	38302	85,56%
4	64400	143,86%
5	84977	189,82%
6	43232	96,57%
PROMEDIO	44766,5	

Se observa que el bimestre 5 correspondiente a los meses de septiembre y octubre presenta una crecida del 189.82% que corresponderá con nuestro factor de variación estacional.

Finalmente se ha optado por mayorar los resultados un 5% como medida de seguridad.

$$Q_{proy} = \left(400 \frac{l}{hab * dia} * (400 * 4) hab \right) * 1 * 1.8982 * 1.05 = 12755904 \frac{l}{dia}$$

$Q_{proy} = 1275.5904 m^3/dia$
--

4.3 CALCULO DE LOS DIAMETROS INICIALES.

Antes de comenzar a calcular los diámetros iniciales se parte con la hipótesis de que se plantearan tres periodos de funcionamiento, 8, 20 y 24 horas, por lo que el caudal necesario diario ni los diámetros óptimos son los mismos.

El caudal necesario para el abastecimiento de un día en función de las horas de bombeo es el siguiente:

Periodo de funcionamiento (h)	Caudal (m ³ /s)
24	0,01476
20	0,01772
8	0,04429

Una vez tenemos los caudales, se procederá al dimensionado de la tubería para cada uno de los periodos de bombeo previstos utilizando la formula descrita en la introducción teórica. Se fijara una velocidad de fluido de 0.9 m/s.

Una vez obtenido se procederá al análisis de los dos diámetros comerciales más próximos tanto los más grandes como los pequeños.

$$D_{ini} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{proy}}}$$

Caudal (m ³ /s)	Diámetro inicial (m)	Diámetros seleccionados (mm)
0,01476	0,1445	100,125,150,200,250
0,01772	0,1583	125,150,200,250,300
0,04429	0,2503	150,200,250,300,350

4.4 CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCION

Una vez seleccionados los diámetros para cada hipótesis de funcionamiento es necesario calcular las perdidas por fricción que se generarían en cada tubería. Posteriormente estas pérdidas se traducirán en costes energéticos.

Para el cálculo de las perdidas por fricción recurriremos a la ecuación clásica:

$$H_f = \frac{8fLQ^2}{g\pi D^5}$$

L: Longitud de la tubería

f: Factor de fricción, en caso estándar es usual utilizar un valor de 0.016 pero en este proyecto se ha decidido realizar el cálculo completo

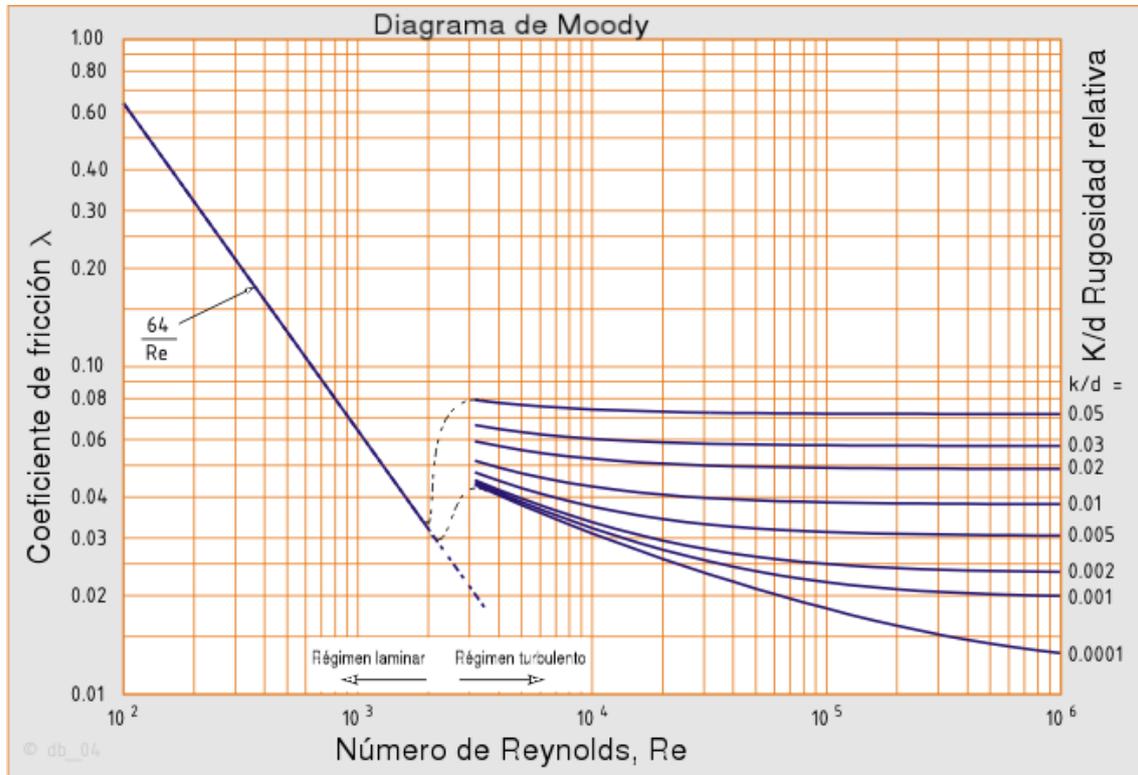
Q: Caudal de agua circulando por la tubería

g: Aceleración de la gravedad en la tierra

D: Diámetro de la tubería

4.4.1 Cálculo del factor de fricción.

El cálculo del factor de fricción se utilizará el diagrama de Moody basado en métodos empíricos, dado que no existe una forma cómoda de poder calcularlo.



Para el uso de este diagrama es necesario calcular el número de Reynolds y la rugosidad relativa de cada tubería.

$$Re = \frac{v_s * D}{\mu}$$

Se fijará una fijará la viscosidad cinemática de agua a 15 grados centígrados. Dado que la temperatura media del terreno en Murcia a lo largo del año es de 20°C a una profundidad de 20 cm. (Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto, 2012 IDAE)

$$\mu = 0.000115 \text{ m}^2/\text{s}$$

Para el cálculo de la rugosidad relativa es necesario conocer el diámetro de la tubería y la rugosidad máxima de tubería.

$$\varepsilon_{rel} = \frac{K}{d}$$

Dado que el material de la tubería es de función dúctil y se espera que cumpla con la norma UNE-EN 545:2007, la máxima rugosidad esperada es de **0.4 milímetros**.

4.4.2 Calculo de pérdidas para 24 horas de funcionamiento.

DN/ID (mm)	S (m ²)	v (m/s)	Re	ε_{rel}	f (Moody)	Hf (m)
100	0,0079	1,880	16345,8972	0,004	0,03	105,8989
125	0,0123	1,203	13076,7177	0,0032	0,03	34,7010
150	0,0177	0,835	10897,2648	0,0027	0,029	13,4807
200	0,0314	0,470	8172,9486	0,002	0,026	2,8681
250	0,0491	0,301	6538,3589	0,0016	0,025	0,9037

4.4.3 Calculo de pérdidas para 20 horas de funcionamiento.

DN/ID (mm)	S (m ²)	v (m/s)	Re	ε_{rel}	f (Moody)	Hf (m)
125	0,0123	1,444	15692,06128	0,0032	0,026	43,3068
150	0,0177	1,003	13076,71773	0,0027	0,027	18,0734
200	0,0314	0,564	9807,538299	0,002	0,025	3,9712
250	0,0491	0,361	7846,030639	0,0016	0,025	1,3013
300	0,0707	0,251	6538,358866	0,0013	0,024	0,5020

4.4.4 Calculo de pérdidas para 8 horas de funcionamiento.

DN/ID (mm)	S (m ²)	v (m/s)	Re	ε_{rel}	f (Moody)	Hf (m)
150	0,0177	2,506	32691,79433	0,0027	0,025	104,5915
200	0,0314	1,410	24518,84575	0,002	0,023	22,8345
250	0,0491	0,902	19615,0766	0,0016	0,022	7,1571
300	0,0707	0,627	16345,89716	0,0013	0,02	2,6148
350	0,0962	0,460	14010,769	0,0011	0,018	1,0888

4.4.5 Valoración de los cálculos

Con todas las pérdidas calculadas en base a los diámetros recomendados, es de notoriedad que los dos diámetros recomendados que se encuentran por debajo del calculado con la fórmula del dimensionado inicial introducen pérdidas mucho mayores. Este resultado ayuda a descartar estos dos diámetros inferiores para su posterior análisis energético. Ya se ha acotado la solución final entre los 150 y 350 de diámetros para su selección.

4.5 CALCULO DE PRECIO DE LA ENERGIA ANUAL

Para el correcto cálculo de la energía y sus costes asociados es necesario comprender como la empresa que se hará cargo del suministro eléctrico pretende facturarnos toda esa energía.

En primer lugar, se necesita contratar la potencia necesaria para el funcionamiento de las bombas y toda la instalación eléctrica asociada a ella. Y en segundo lugar pagaremos por la cantidad de energía que se consuma. Dependiendo a que horas se necesite de esa electricidad optaremos por la selección de una o varias tarifas.

Periodos Horarios Preferente

Ideal para empresas que por su actividad pueden adaptar sus consumos a los periodos horarios indicados a continuación:

Invierno	0-8	8-11	11-15	15-18	18-22	22-00
Verano	0-8	8-11	11-15	15-18	18-22	22-00
Península y Canarias						
Baleares						

Período Valle
 Período Llano
 Período Punta

La idea de realizar este análisis se origina de que el hecho de consumir en hora punta es mucho más cara que en los otros dos periodos además de que el precio de la potencia contratada también es mayor. Lo ideal desde un principio es solo utilizar el periodo valle, pero solo está disponible 8 horas diarias. El gran inconveniente es que para cumplir la demanda diaria de agua en solo 8 horas necesitaríamos y gran caudal y por tanto bombas de más potencia.

Por lo tanto, la clave está en analizar si el aumento o disminución de las horas de bombeo beneficia o perjudica a coste energético global.

4.5.1 Tarifa energética Endesa.

Tarifa Preferente ENDESA	Punta	Llano	Valle
Potencia (€/((KW*mes))	41.950752	25.170444	16.780096
Energía (€/KW*h)	0.166336	0.13345	0.09458

Periodos funcionamiento	Punta	Llano	Valle
Horas funcionamiento/día	4	12	8

Las tarifas anteriores corresponden al coste actual por los servicios de abastecimiento eléctrico de la empresa Endesa.

Nótese que en supuesto de necesitar la contratación de energía en el periodo punta existe una discriminación horaria tanto en verano como en invierno manteniéndose el número de horas, pero no el periodo.

Con respecto a la contratación de la potencia es necesario contratar las tarifas que entren dentro de la solución final, es decir suponiendo que se bombearan 24 horas, se necesitaría contratar las tres tarifas de potencia además de pagar por la energía con su precio correspondiente en esa hora en concreto.

Para facilitar el análisis posterior se plantea el coste energético por año en función de las horas de bombeo y su potencia necesaria en la hipótesis de máxima demanda hidráulica.

4.5.2 Coste energético en función de los Kilovatios de la instalación

-24 horas:

Potencia	Promedio 24 h (€/((KW*mes))	83.90			x12 meses	1006.82	€/((KW*año)
Energía	Promedio (€/KW*día)	3.02	x 30 días	90.70	x12 meses	1088.42	€/((KW*año)
						TOTAL	2095.23 €/((KW*año)

-20 horas:

Potencia	Promedio 20 h (€/((KW*mes))	41.95			x12 meses	503.41	€/((KW*año)
Energía	Promedio (€/KW*día)	2.36	x 30 días	70.74	x12 meses	848.89	€/((KW*año)
						TOTAL	1352.30 €/((KW*año)

-8 horas:

Potencia	Promedio 8 h (€/((KW*mes))	16.78			x12 meses	201.36	€/((KW*año)
Energía	Promedio (€/KW*día)	0.76	x 30 días	22.70	x12 meses	272.39	€/((KW*año)
TOTAL						473.75	€/((KW*año)

4.5.3 Resumen de los resultados.

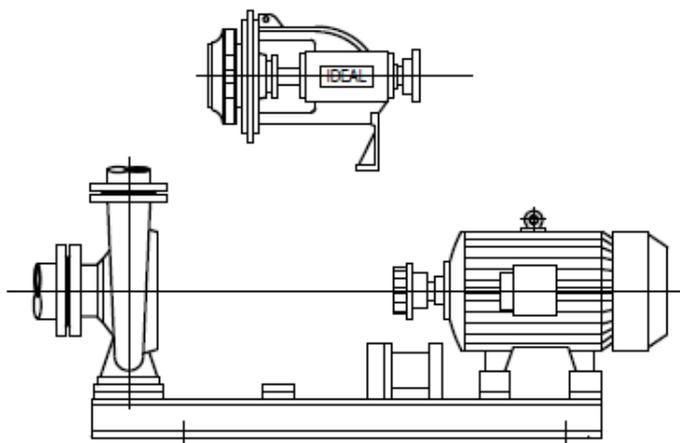
Periodo de funcionamiento (h)	Coste (€/((KW*año)
24	2095.23
20	1352.30
8	473.75

Como era de esperar el hecho de funcionar 24 horas resulta mucho más caro que simplemente 8 horas, pero en contra para bombear durante 8 horas se necesitan aproximadamente 3 veces más potencia que durante 24.

4.6 SELECCION DE BOMBAS.

Para el cometido de esta selección se ha seleccionado a la empresa nacional de bombas **Ideal** dado que presenta un catálogo capaz de cubrir todas las necesidades con buenos rendimientos.

El modelo seleccionando es el catalogado con **RNI**, que son electrobombas horizontales sujetas a la norma de especificaciones DIN 24255. Este tipo de bombas presentan gran intercambiabilidad además de que el cuerpo de la bomba y el motor pueden separarse. Esto es una gran ventaja puesto que en caso de que la instalación o la demanda de agua sufrieran ligeras variaciones, intercambiando únicamente el motor podríamos hacer frente a ellas con el rendimiento adecuado, además de tener en cuenta el ahorro económico que supondría el no tener que reemplazar la bomba ni las conexiones completamente.



Para la selección es necesario conocer dos datos fundamentales, que son la altura resistente de la instalación y el caudal necesario de esta.

Anteriormente se ha realizado el cálculo de las pérdidas por fricción que sumadas al desnivel geométrico de la aducción darían lugar a la altura manométrica de la instalación. En las pérdidas calculadas están incluidas todas las pérdidas menores puesto que están contempladas gracias al factor de seguridad aplicado en el cálculo del caudal de diseño.

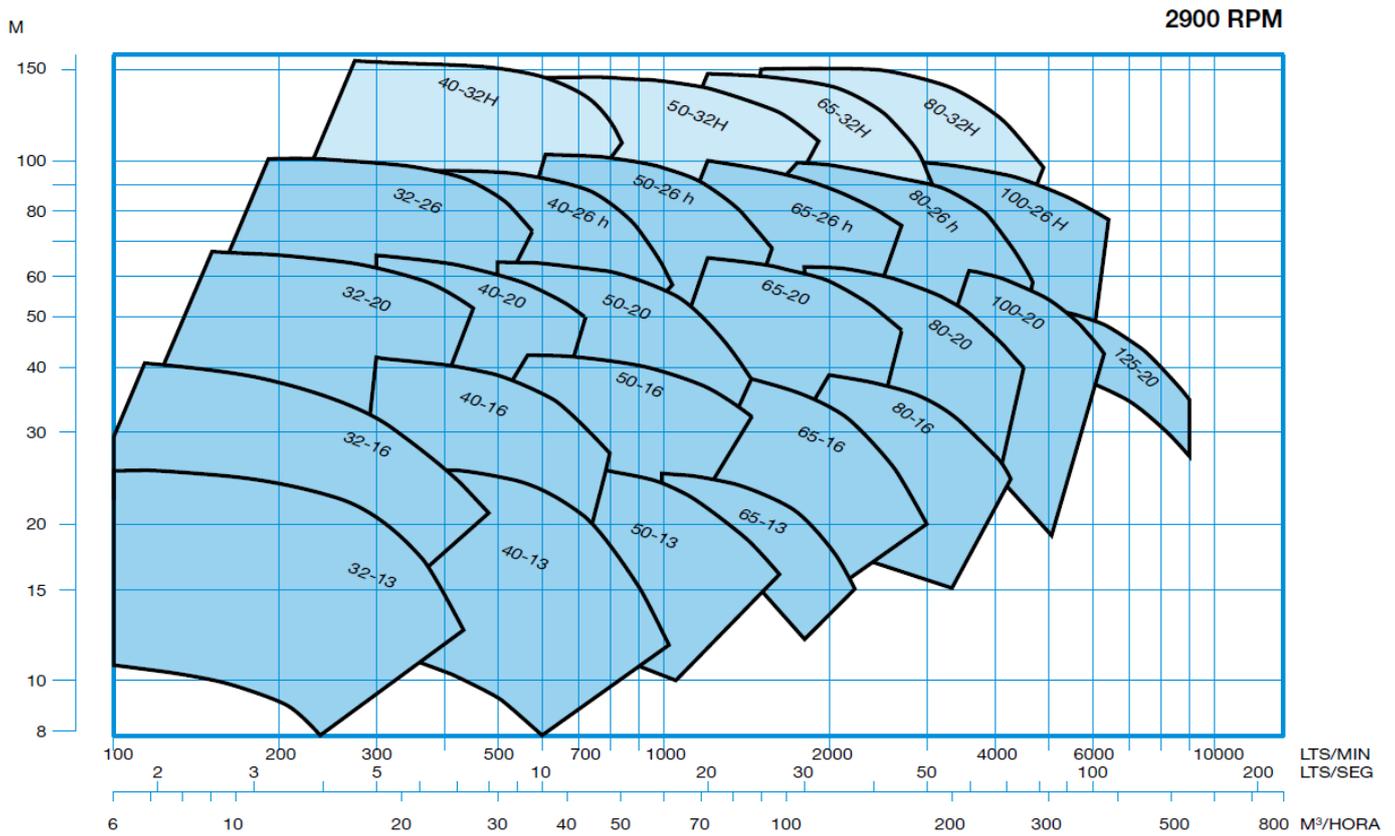
Ahora se buscará la bomba con mayor rendimiento para cada una de las hipótesis de funcionamiento se propusieron anteriormente.

Diámetros para 24 horas (mm)	Hf (m)	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)
150	13.4807	37.4807	53.1496
200	2.8681	26.8681	
250	0.9037	24.9037	
Diámetros para 20 horas (mm)	Hf (m)	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)
200	3.9712	27.9712	63.77952
250	1.3013	25.3013	
300	0.5020	24.5020	
Diámetros para 8 horas (mm)	Hf (m)	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)
250	7.1571	31.1571	159.4488
300	2.6148	26.6148	
350	1.0888	25.0888	

Con los datos anteriores se procederá a la selección de bombas gracias a los gráficos suministrados por el fabricante. En una primera vista se descartan las bombas que funcionan a 1450 rpm dado que su rendimiento es inferior que las que funcionan a 2900 rpm en este rango de caudales.

En el siguiente grafico están incluidos todos los modelos de bombas RNI del catálogo Ideal y abarcan el área de trabajo en el que mantienen el máximo rendimiento posible para esas características solicitadas. El cruce de la altura y caudal requeridos llevaran al modelo concreto y que posteriormente se necesitaran las curvas de funcionamiento de esa bomba específicamente.

Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad "La Cañada" del término municipal de Calasparra (Murcia)



Ateniéndose estrictamente al grafico obtenemos las siguientes series de bombas para cada tipo de tubería y periodo de impulsión:

Diámetros para 24 horas (mm)	Modelo RNI
150	50-16
200	50-16
250	50-16
Diámetros para 20 horas (mm)	Modelo RNI
200	50-16
250	50-16
300	50-16
Diámetros para 8 horas (mm)	Modelo RNI
250	80-16
300	65-16
350	65-16

4.7 CALCULO DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS.

Para el caculo de la potencia absorbida de la bomba se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_{abs} = \frac{\gamma * Q_{proy} * H_m}{\eta}$$

γ : Peso específico del agua.

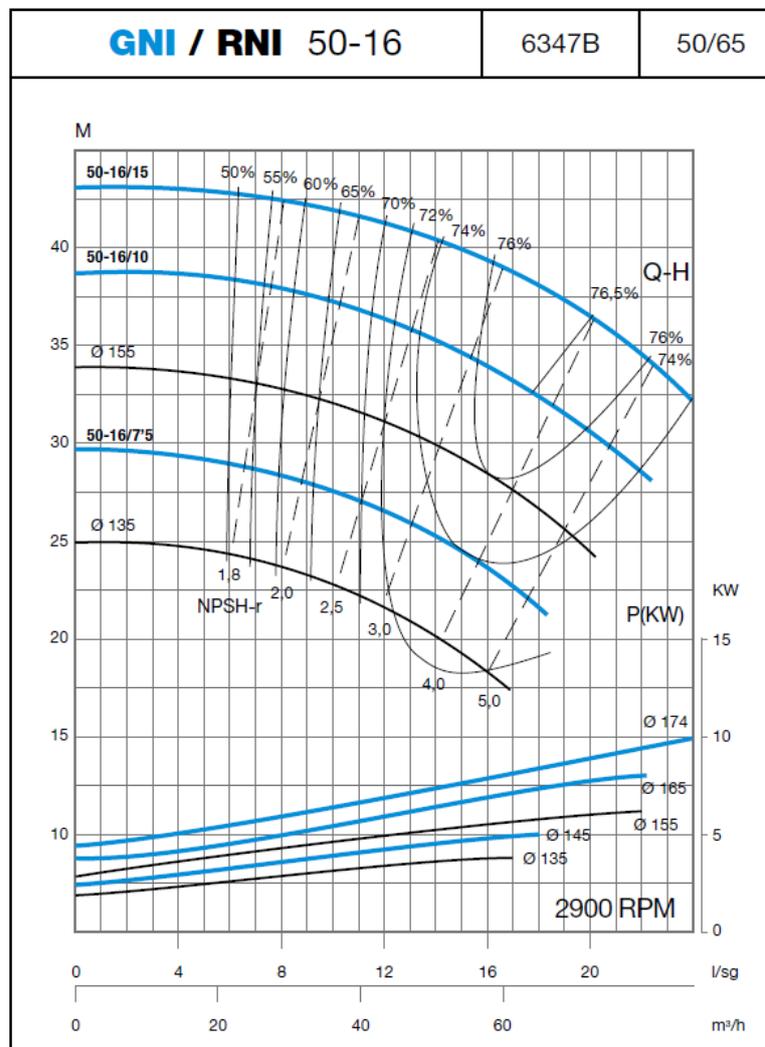
Q_{proy} : Caudal de proyecto

H_m : Altura manométrica de la instalación.

η : Rendimiento de la bomba en el punto de funcionamiento seleccionado.

4.7.2 Obtención del rendimiento de las bombas.

Para la obtención del rendimiento más próximo al real es necesario recurrir a las curvas de funcionamiento proporcionadas por el fabricante, en estas encontraremos el rendimiento de la bomba al caudal deseado, la potencia aproximada de la bomba, los diámetros de la boca de salida y entrada de la bomba, el NPSHr para la comprobación de la cavitación y las curvas H-Q de la bomba con motor específico en cuestión.



Atendiendo a las curvas de funcionamiento de cada modelo y serie específicos obtenemos los rendimientos de cada bomba:

Diámetros para 24 horas (mm)	Modelo RNI	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)	η
150	50-16	37.4807	53.1496	0.75
200	50-16	26.8681		0.73
250	50-16	24.9037		0.73
Diámetros para 20 horas (mm)	Modelo RNI	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)	η
200	50-16	27.9712	63.77952	0.76
250	50-16	25.3013		0.745
300	50-16	24.5020		0.74
Diámetros para 8 horas (mm)	Modelo RNI	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)	η
250	80-16	31.1571	159.4488	0.8
300	65-16	26.6148		0.74
350	65-16	25.0888		0.74

4.7.3 Potencia absorbida por cada bomba.

Diámetros para 24 horas (mm)	Modelo RNI	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)	η	Pabs (W)
150	50-16	37.4807	53.1496	0.75	7237.90
200	50-16	26.8681		0.73	5330.65
250	50-16	24.9037		0.73	4940.91
Diámetros para 20 horas (mm)	Modelo RNI	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)	η	Pabs (W)
200	50-16	27.9712	63.77952	0.76	6396.54
250	50-16	25.3013		0.745	5902.47
300	50-16	24.5020		0.74	5754.64
Diámetros para 8 horas (mm)	Modelo RNI	Hm (m)	Qproyecto (m3/hora)	η	Pabs (W)
250	80-16	31.1571	159.4488	0.8	16922.11
300	65-16	26.6148		0.74	15627.12
350	65-16	25.0888		0.74	14731.12

Con la potencia absorbida de cada bomba se procede al cálculo de todos los costes asociados, tanto de factura eléctrica como de las propias partes de la instalación.

4.8 COSTES ASOCIADOS A LA TUBERIA

Tanto los accesorios como todos los elementos necesarios para la puesta en obra de la tubería tienen variaciones de precio poco significativas para los distintos diámetros seleccionados, por tanto, solo se imputará en el análisis económico el coste de la tubería propiamente dicha.

Teniendo en cuenta los precios por metro lineal de tubería y los 1980 metros necesarios de la instalación obtenemos un coste global:

D (mm)	€/m	Precio total (€)
150	47.87	93825.20
200	58.34	114346.40
250	73.82	144687.20
300	96.32	188787.20
350	123.15	241374.00

4.9 ANALISIS ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS

Con el precio de la tubería, la potencia y coste de cada bomba, además de su coste eléctrico anual se procede al análisis de la opción más económica. Las tuberías y las bombas en este tipo de instalaciones tienen una amortización a 18 años, en el caso a estudio, para simplificar el problema se reparte equitativamente ese coste anualmente dado que sufrirán variaciones poco significativas con el estudio completo.

Dado que se presentó la estación de bombeo como dual, se requerirán la compra de dos bombas.

En este análisis se excluye el coste de la zanja debido a que el cambio de diámetro en la tubería de impulsión no representa una variación económica de apreciación para el cálculo económico.

Diámetros para 24 horas (mm)	Modelo RNI	Precio (€)	Pabs (kW)	Precio (€/KW*año)	Precio Tubería (€)
150	50-16	3299	7.2379	2095.23	93825.20
200	50-16	3299	5.3307	2095.23	114346.40
250	50-16	3299	4.9409	2095.23	144687.20
Diámetros para 20 horas (mm)	Modelo RNI	Precio (€)	Pabs (kW)	Precio (€/KW*año)	Precio Tubería (€)
200	50-16	3299	6.3965	1352.30	114346.40
250	50-16	3299	5.9025	1352.30	144687.20
300	50-16	3299	5.7546	1352.30	188787.20

Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad "La Cañada" del término municipal de Calasparra (Murcia)

Diámetros para 8 horas (mm)	Modelo RNI	Precio (€)	Pabs (kW)	Precio (€/KW*año)	Precio Tubería (€)
250	80-16	3972	16.9221	473.75	144687.20
300	65-16	4227	15.6271	473.75	188787.20
350	65-16	4227	14.7311	473.75	241374.00

Ahora se procede al cálculo del coste eléctrico anual, que es solo la multiplicación de los kilovatios que consume nuestra bomba por el precio anteriormente calculado en base a las horas de funcionamiento. Junto con el coste eléctrico se calcula también lo que es el coste de las dos bombas y la tubería distribuidos equitativamente a lo largo de 18 años.

Diámetros para 24 horas (mm)	Coste tarifa eléctrica (€/año)	Coste tubería más bombas a 18 años (€/año)	Total (€/año)
150	15165.10	5579.07	20744.17
200	11168.97	6719.13	17888.10
250	10352.36	8404.73	18757.10
Diámetros para 20 horas (mm)	Coste tarifa eléctrica (€/año)	Coste tubería más bombas a 18 años (€/año)	Total (€/año)
200	8650.05	6719.13	15369.19
250	7981.92	8404.73	16386.65
300	7782.01	10854.73	18636.74
Diámetros para 8 horas (mm)	Coste tarifa eléctrica (€/año)	Coste tubería más bombas a 18 años (€/año)	Total (€/año)
250	8016.87	8479.51	16496.39
300	7403.37	10957.84	18361.22
350	6978.89	13879.33	20858.22

Como decisión final se optará con una instalación compuesta por:

<p>-Tubería de 200 milímetros de diámetro.</p> <p>-Bomba Ideal RNI 50-16/10.</p> <p>-Bombeo diario de 20 horas en el periodo de máxima demanda con un caudal proyectado de 17.76 litros por segundo</p>
--

4.10 DESCRIPCIÓN DE LA ZANJA

Una vez seleccionada la tubería procederemos con las especificaciones de la zanja. Para este caso de estudio se ha seleccionado una profundidad de 2 metros, siendo estos más que suficientes para que la tubería se encuentre protegida ante las inclemencias meteorológicas y los bruscos cambios de temperatura.

La zona de Calasparra destaca por poseer un clima muy caluroso en verano y unas temperaturas más suaves en invierno.

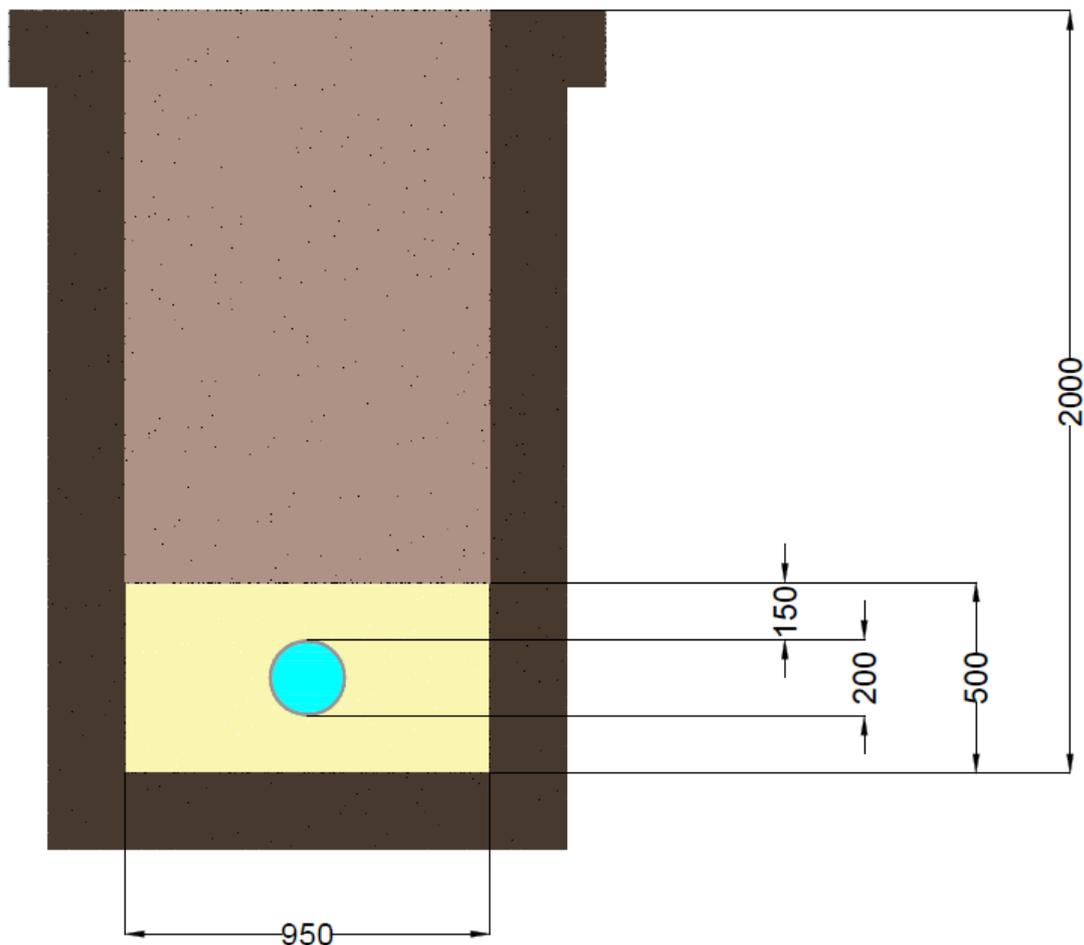
La zanja está compuesta por:

-Un primer relleno que es una cama de arena, el material donde la tubería asentará y debe ser capaz de hacer frente a las vibraciones y pequeños desplazamientos de la tubería durante los transitorios asegurando la integridad de la misma. Este relleno rodeará a toda la tubería y para su correcta instalación será necesario el uso de separadores anclados a la base de la zanja.

-Un segundo relleno que es el mismo material del resultado de la excavación solo que estará previamente seleccionado y compactado al nivel adecuado que garantice el asentamiento de la zanja.

La zanja será realizada mediante una retroexcavadora mecánica, poseerá un talud recto debido a su sencillez de ejecución y deberá ser correctamente entibada.

A continuación, se presenta el esquema de la zanja:



Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad “La Cañada” del término municipal de Calasparra (Murcia)

Otro detalle a tener en cuenta es que la zanja no cubrirá la totalidad de la tubería puesto que esta discurre pues un puente que dispone vías de circulación para automóviles. Durante este trayecto la tubería estará en contacto con la atmosfera pudiendo ser necesario el uso de un aislamiento radial. La subida y la bajada de la tubería serán realizados mediante macizos de hormigón y su anclaje al puente será mediante unas bridas de sujeción metálicas y atornilladas al puente.

Teniendo en cuenta una longitud de zanja de 1890 metros, el volumen de excavación y relleno son los siguientes:

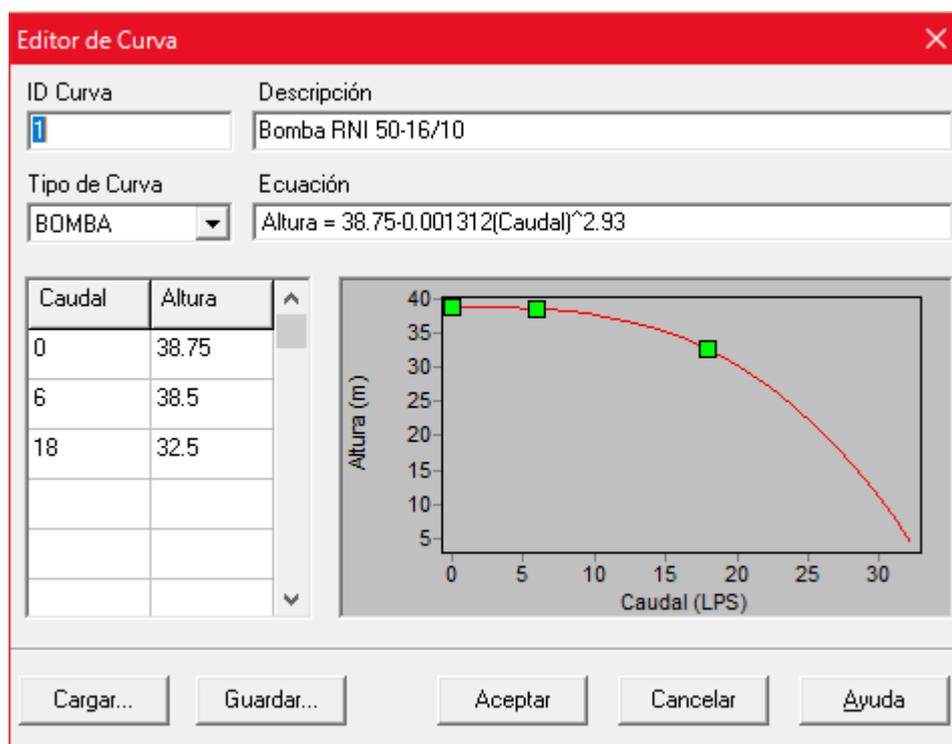
Longitud Excavación (m)	1890		
Díámetro tubería (mm)	Excavación tierras (m ³)	Relleno arena (m ³)	Relleno propias tierras (m ³)
200	3591	838.37	2693.25

CAPITULO 5: DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA SOLUCION PROPUESTA.

5.1 CALCULO DEL DEPOSITO DE REGULACION MEDIANTE EPANET

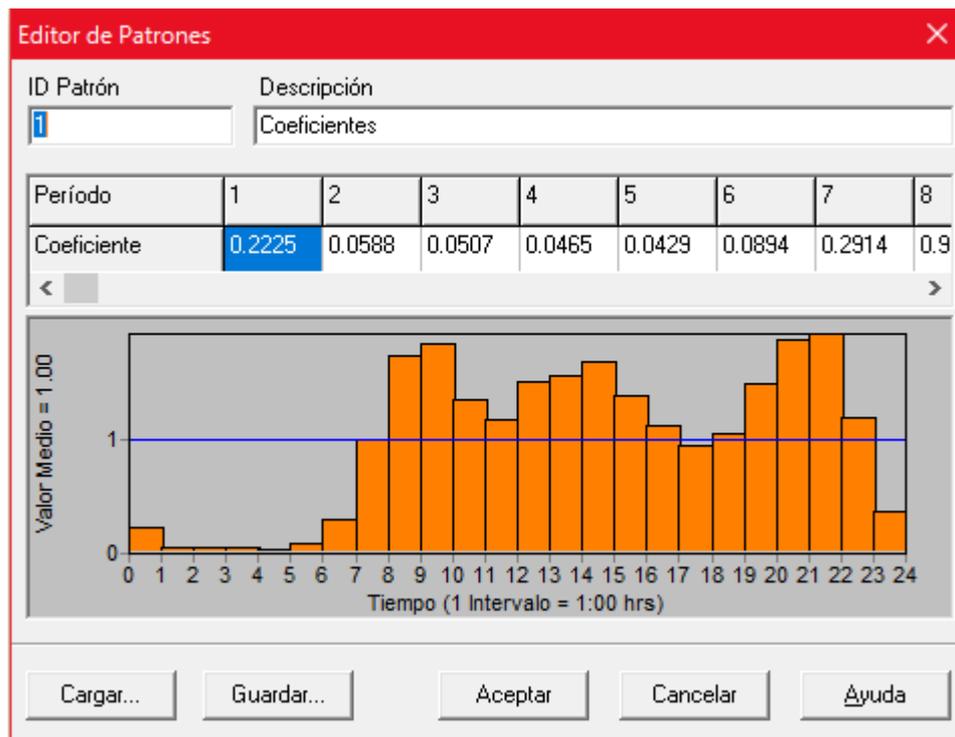
Una vez ha sido modelada la instalación en EPANET se procede a la introducción de los datos cruciales de nuestro problema. En primer lugar, la curva de funcionamiento de la bomba.

Con los tres puntos más característicos de las hojas de catálogo de nuestra bomba escogida, EPANET es capaz de modelizarla mediante una sencilla ecuación.



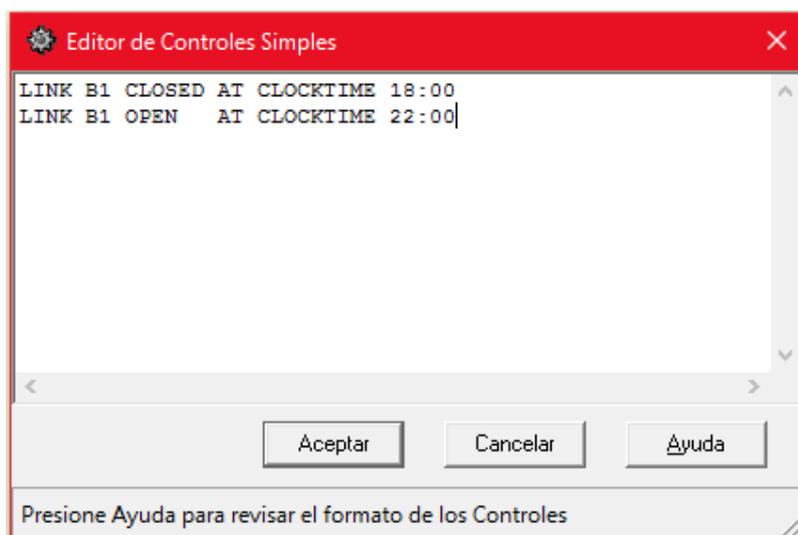
El siguiente paso tomado es la instrucción del patrón del consumo, este patrón se extrajo de los consumos que se dieron el año anterior en la urbanización “Balcón al Mar” situada en Javea dado su similitud con la aducción que se está proyectando.

EPANET pone a disposición de una herramienta para la edición de los patrones horarios.



El siguiente dato de gran importancia es la demanda base, que se proyectó anteriormente de 17.72 litros por segundo para un periodo de 20 horas.

Para terminar una vez introducidos todos los datos básicos referentes a la tubería se programa el horario de funcionamiento, definiendo un horario de funcionamiento donde se evite el periodo punta.



Propiedad	Valor
*ID Conexión	4
Coordenada-X	2138.89
Coordenada-Y	7333.33
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	24
Demanda Base	14.76
Patrón de Demanda	1
Categoría de Demanda	1
Coef. Emisor	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Demanda Actual	No Disponible
Altura Total	No Disponible
Presión	No Disponible
Calidad	No Disponible

5.1.1 Método iterativo.

El primer resultado de la simulación introdujo diversos errores entre ellos, el desbordamiento del depósito, presiones erróneas, etc...

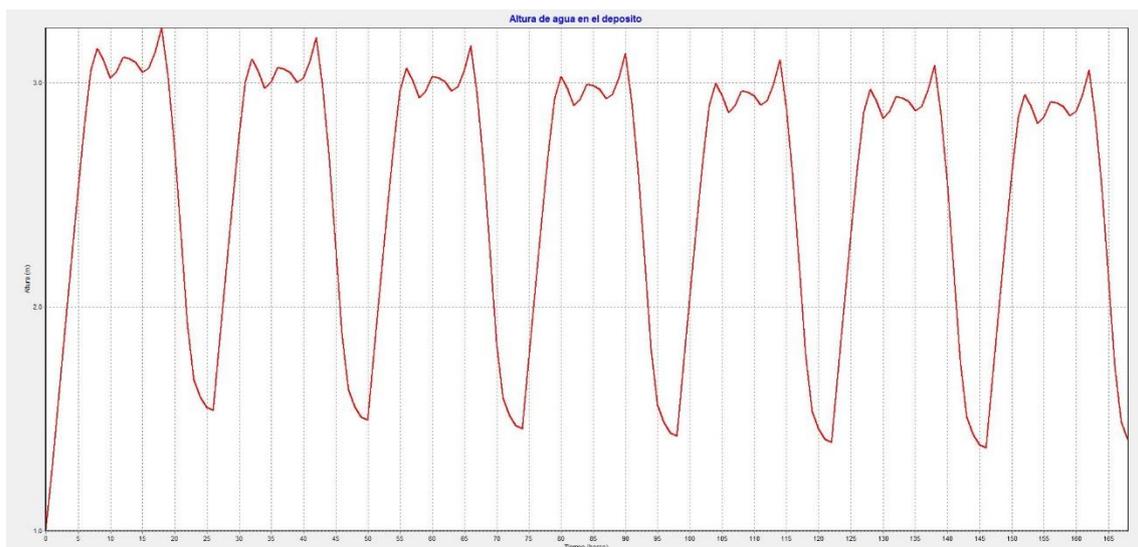
Para llegar a un resultado adecuado se siguió el siguiente algoritmo:

- 1) Para una simulación de 7 días y con la programación de 20 horas, se dimensiono un depósito que no presentara problemas.
- 2) Seguidamente se extiende la simulación a 30 días para comprobar la tendencia del depósito, si el nivel aumentaba o descendía.
- 3) En función de la tendencia se modifican las horas de funcionamiento, en este caso fue necesario reducir a 16 horas puesto que el caudal dado por la bomba es mayor del calculado teóricamente.
- 4) Se modifican las medidas del depósito para conseguir un volumen que obtenga el régimen permanente.
- 5) Se observa la variación de volumen de agua en nuestro depósito, obteniendo el volumen final requerido.

Con el volumen final calculado podemos presentar varios depósitos con diferentes cotas geométricas con la única restricción de la altura máxima que es de 4 metros.

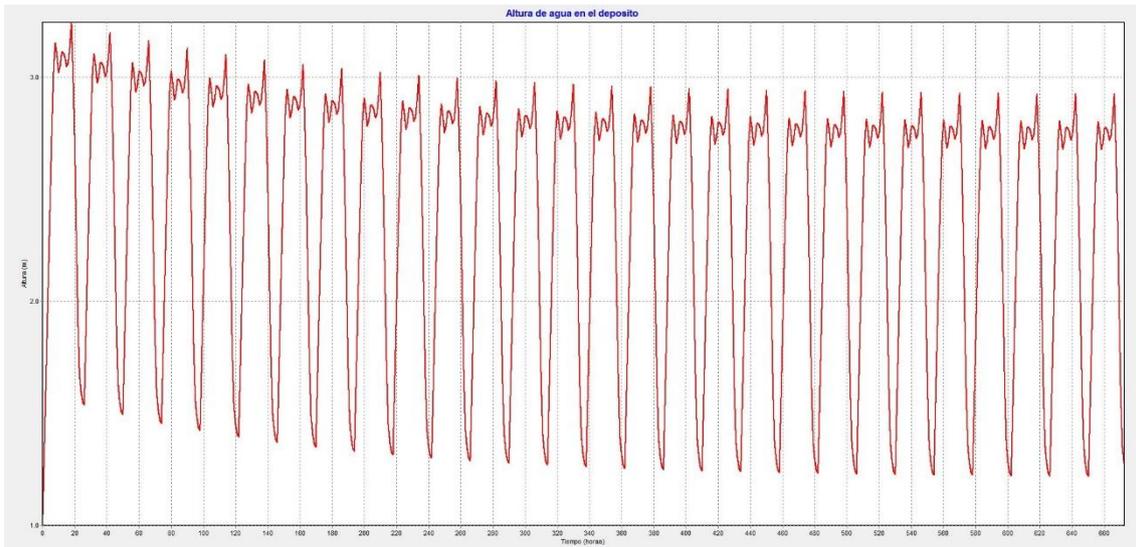
Simulación final 7 días:

La variación de altura presentada es de un depósito circular de 18 metros de diámetro con una altura máxima de 3.28 metros y una mínima de 1.6 metros



Simulación final 30 días.

La variación de altura presentada es de un depósito circular de 18 metros de diámetro con una altura máxima de 3.28 metros y una mínima de 1.35 metros.



5.1.2 Cálculo del volumen de regulación útil.

Variación de altura:

$$3.28 - 1.35 = 1.93 \text{ m}$$

Volumen útil:

$$\pi * 18^2 * 1.93 = 1964.50 \text{ m}^3$$

Como medida de seguridad y para ejercer un mejor desempeño en el abastecimiento en caso de avería o problema se añade un nivel de agua permanente de 0.5 metros.

Volumen del depósito:

$$\pi * 18^2 * (1.93 + 0.5) = 2473.44 \text{ m}^3$$

Volumen final:

$$V = 2500 \text{ m}^3$$

5.1.3 Tiempo de funcionamiento en el periodo de menor demanda.

Con todo el diseño realizado para la máxima demanda de agua posible, se decide realizar el análisis para el periodo estacional con menor demanda, para obtener el periodo mínimo de funcionamiento de la bomba.

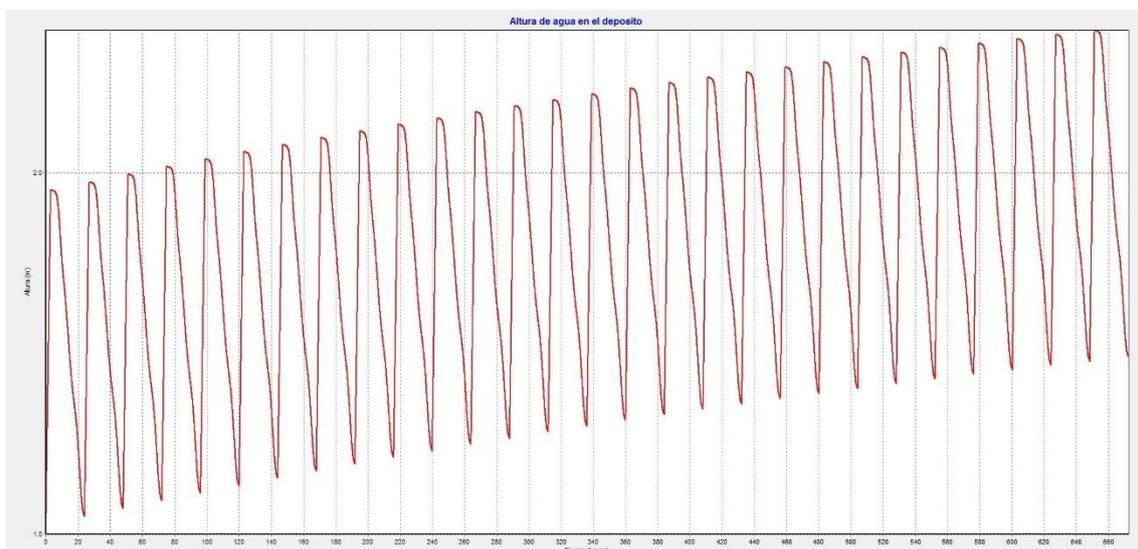
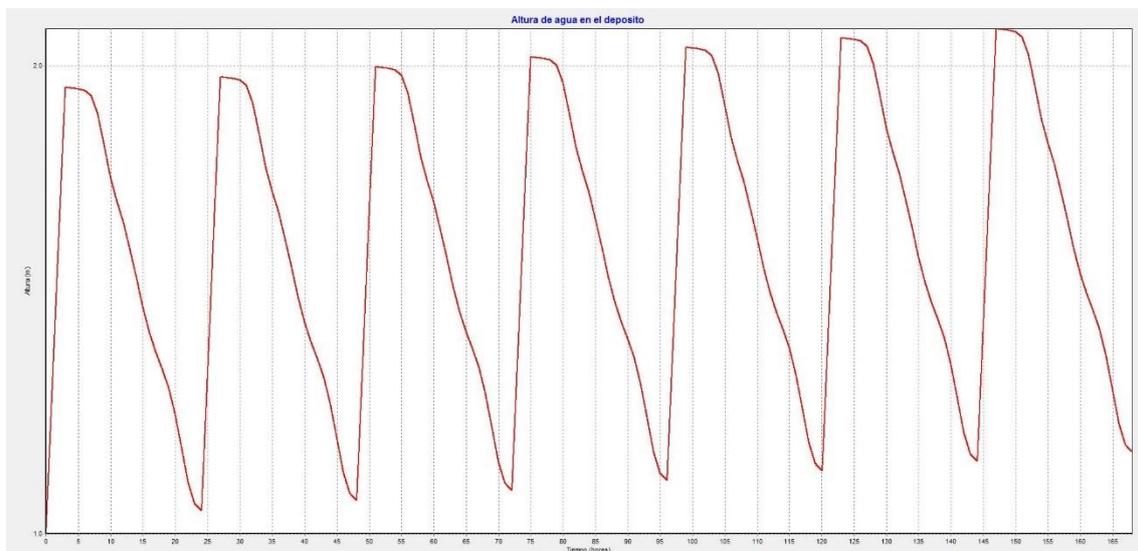
Este periodo tiene lugar en los meses de marzo y abril y presenta un $K_{pe}=0.3466$

$$Q_{proy} = \left(400 \frac{l}{hab * dia} * (400 * 4) hab\right) * 1 * 0.3466 * 1.05 = 232915.2 \frac{l}{dia}$$

$$Q_{proy} = 232.9152 m^3 / dia$$

En definitiva, tenemos una demanda base de 2.7 litros por segundo.

Simulaciones finales de 7 y 30 días:



El régimen permanente se consigue con únicamente 3 horas y 5 minutos de bombeo siendomuy sensible la tendencia del depósito con esta pequeña demanda.

5.1.4 Modo de funcionamiento.

Ha quedado demostrado que las horas de funcionamiento de la bomba son muy sensibles a la demanda de agua y esta variara constantemente a lo largo de las estaciones. La forma de regulación de este depósito y la hora de bombeo deberán realizarse de tal manera que nunca se sobrepase la capacidad del depósito. El periodo de bombeo en conjunción con la bomba y la instalación nunca deberían rebasar las 16 horas como se han calculado anteriormente.

Por tanto, se debe planear un control diferente para cada periodo que presente cambios notables en el consumo, con las siguientes restricciones:

- Se evitará el bombeo en horas punta.
- Debe instalarse un dispositivo de seguridad que evite sobrepasar el volumen máximo del depósito.
- La adecuación del tiempo de bombeo a la demanda actual.

Dado que existen periodos de consumo bastante bajos, en esos periodos puede estudiarse la posibilidad de bombear en solo horas valle, obteniendo una rebaja del coste de la factura eléctrica en el término de potencia durante ese periodo.

La manera más eficaz de obtener el control más preciso se basaría en el uso de controladores electrónicos y el uso de sensores junto con caudalímetros. También la inclusión de un variador de frecuencia o un arrancador estrella-triangulo para el correcto arranque de las bombas, pero esta materia escapa del contenido de este proyecto.

5.1.5 Presupuesto del depósito.

Puesto que el cálculo de un depósito de las características solicitadas implicaría un alto coste en tiempo y escapa fuera del contenido de este proyecto se decide utilizar los presupuesto estudiados en un trabajo de la universidad politécnica de Cataluña.

La elección de un depósito de 2500 metros cúbicos cilíndrico y de hormigón armado con una altura de 3.5 metros y un diámetro de 16.5 metros con un precio de **220514,77 euros**.

(Riba Genescà, E. (2005). Cálculo y elección óptima de un depósito de agua. PFC presentado en la UPC.)

5.2 CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE MEDIANTE ALLIEVI

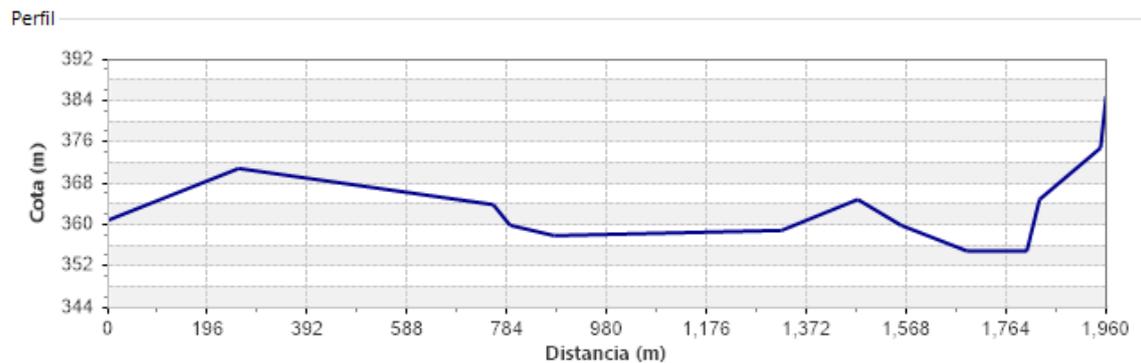
El objetivo a conseguir con ALLIEVI es la evaluación de la aducción frente a los regímenes transitorios, entre ellos el más peligroso que sería la parada de la bomba de forma brusca debido a una avería.

En primer lugar, modelizamos la instalación mediante las herramientas que pone a nuestra disposición ALLIEVI, en comparación con EPANET este posee una interfaz mucho más gráfica y

de mayor simplicidad de uso, aunque a veces puede resultar complicado la inclusión de nuevos nudos.

En primera instancia, será necesario la introducción de diversos datos referentes a la tubería.

En este caso es necesario la inclusión completa del perfil de la tubería siendo un dato crucial para la detección de partes de la instalación más vulnerables ante el golpe de ariete.



	Dist. (m)	Cota (m)
1	0	361
2	256	371
3	756	364
4	789	360
5	876	358
6	1322	359
7	1472	365
8	1557	360
9	1687	355
10	1804	355
11	1829	365
12	1949	375
13		
14	1960	385

ALLIEVI cuenta con un editor de perfiles que permite introducir de manera sencilla y en forma de tabla todos los datos referentes a la conducción.

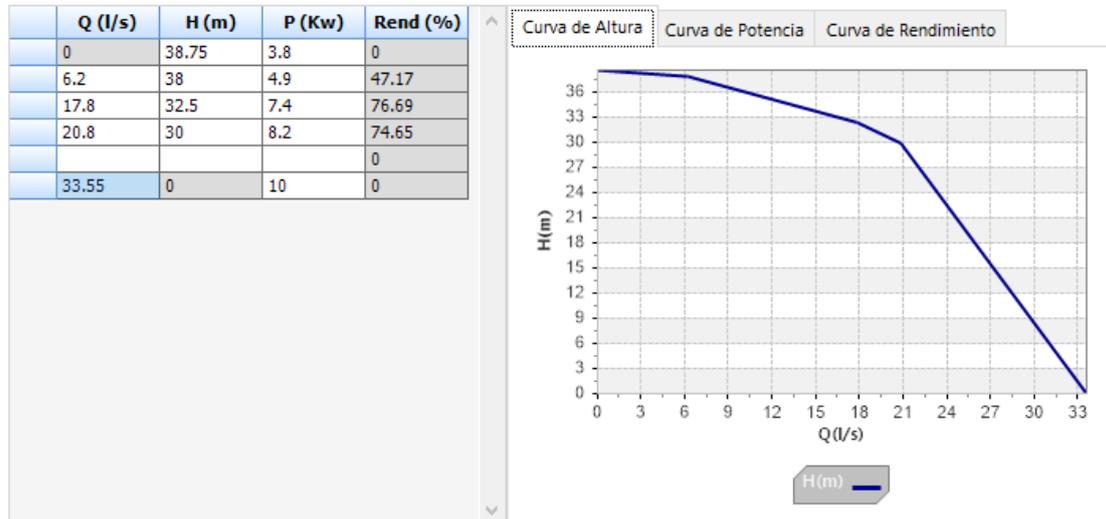
Además será necesario la introducción del espesor de la pared de nuestra tubería y la rugosidad escogida, en nuestro caso un espesor de 3.5 milímetros y una rugosidad de 0.4 milímetros.

Para finalizar con la introducción de la tubería es necesario especificar la celeridad. El programa nos ofrece un cálculo sencillo introduciendo el diámetro, espesor y coeficiente del material K que tiene la tubería.

Se escogió un coeficiente K de 0.6 siendo el más adecuado para las tuberías de fundición dúctil y se comprueba que el cálculo realizado por el programa es más que aceptable, puesto que la comparación con el cálculo teórico es prácticamente el mismo.

Seguidamente configuramos el depósito de llegada del agua, que en el caso de estudio es un depósito de forma circular y con un diámetro de 18 metros presentando un área de 254.47 m².

Finalmente es necesario introducir diversos datos referentes a la bomba en cuestión.



Como en EPANET, es necesario la introducción de los puntos de funcionamiento añadiendo el rendimiento de cada uno de esos puntos. Como se realizó anteriormente se acude al catálogo del fabricante para su obtención.

De ser necesario podrían introducirse toda una gama de puntos de funcionamiento de la bomba, pero en este caso no lo es debido a que se aumentaría el tiempo de cálculo innecesariamente para obtener un resultado un poco más preciso.

Como último dato de relevancia es necesaria la introducción de la inercia de la bomba y como no es posible obtener ese dato mediante el fabricante se propone una estimación, dado que la proporcionada por ALLIEVI es muy reducida.

5.2.1 Cálculo de la inercia de la bomba.

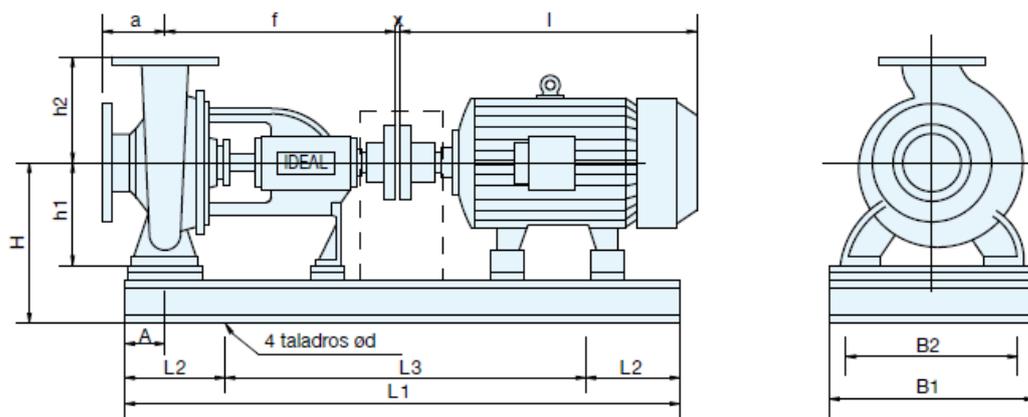
Se procede a la estimación de la inercia de la bomba mediante la aproximación del rotor y el eje de la bomba a un cilindro macizo.

$$I = \frac{1}{2} * m * r^2$$

Para el cálculo es necesaria la masa en kilogramos y el diámetro del eje y rotor del nuestro motor.

En base a las medidas proporcionadas por el fabricante se estiman las dimensiones del rotor y rodete de la bomba.

Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad "La Cañada" del término municipal de Calasparra (Murcia)



TIPO TYPE	Motor	CV (HP)		DIMENSIONES / DIMENSIONS														ASP	IMP	Kg
		1500 RPM	3000 RPM	a	f	x	l	A	L1	L2	L3	B1	B2	d	H	h1	h2			
RNI 50-16	80 L	0,75-1	*	100	360	5	275	60	800	130	540	300	270	18	258	160	180	65	50	100
	90 S	1,5	*	100	360	5	310	60	800	130	540	300	270	18	258	160	180	65	50	104
	90 L	2	*	100	360	5	330	60	800	130	540	300	270	18	258	160	180	65	50	108
	112 M	*	5,5	100	360	5	385	60	800	130	540	300	270	18	258	160	180	65	50	123
	132 S	*	7,5-10	100	360	5	450	60	800	130	540	300	270	18	258	160	180	65	50	148
	160 M	*	15,20	100	360	5	600	60	1000	170	660	340	310	18	258	160	180	65	50	238

Destacar que la bomba elegida en cuestión es la que tiene el motor de nominado: **132 S**

En primer lugar, observando el esquema geométrico se puede estimar que el diámetro del rodete sean la mitad de la suma de h1 más h2.

En cuanto al espesor, la medida A parece bastante correcta teniendo en cuenta las dimensiones de los rodetes actuales.

En segundo lugar, podemos estimar el diámetro del rotor igual que el del rodete con la diferencia que el espesor debería ser mayor que L2

Medidas estimadas:

	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Volumen del cilindro generado (m ³)
Rodete	170	60	0.0136
Rotor	170	200	0.0454

Para el cálculo de la masa de cada una de las partes son utilizadas la densidad del acero para el rodete y la del cobre para el rotor.

	Volumen del cilindro generado (m ³)	Densidad (kg/m ³)	Masa (kg)
Rodete	0.0136	7850	106.908
Rotor	0.0454	8960	406.749

Nótese que la masa es inusualmente alta para las piezas de la bomba que estamos calculando, esto es debido a que nuestra aproximación está basada en cilindros macizos y esas piezas no son macizas ni mucho menos. Por lo que se propone a continuación es una minoración de esa masa teniendo en cuenta el volumen que podría ocupar realmente, además matizar que el rotor está formado por más componentes además del cobre y que presentan menor densidad que este.

También se procede con el cálculo de la inercia final.

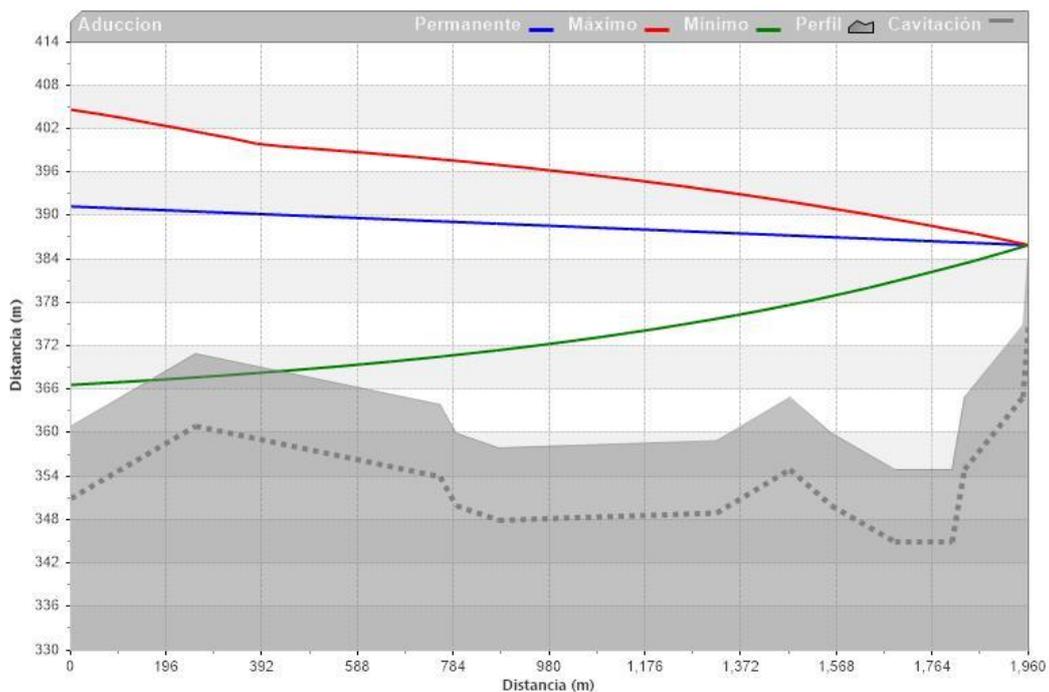
	Masa (kg)	Factor minoración	Masa final (kg)	Diámetro (mm)	Inercia (kg*m2)
Rodete	106.908	0.25	26.727	170	0.0966
Rotor	406.749	0.2	81.350	170	0.2939
				TOTAL	0.3904

La inercia adoptada finalmente es:

$$I = 0.4 \text{ kg} * \text{m}^2$$

5.2.2 Análisis del transitorio.

Con todos los datos introducidos, se procede con el cálculo del régimen permanente y el cálculo del transitorio. Se extraen las gráficas de envolventes donde se representa la altura piezométrica para ver el comportamiento actual de la impulsión.



Comprobamos con la presión mínima baja por debajo del nivel de la tubería, aproximadamente a 200 metros de la estación de bombeo.

Por tanto, se procede con la instalación de un calderín para la solución de esta problemática.

5.2.3 Inclusión de un calderín de seguridad.

Existen diversos calderines en el mercado y la característica más importante para el correcto funcionamiento de la instalación es la presión de hinchado.

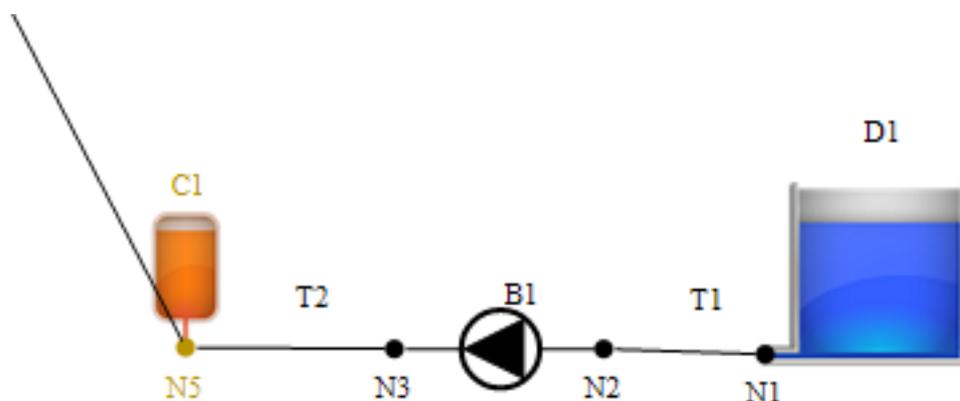
Se observa que la altura mínima alcanzada es de aproximadamente 367 metros, mientras que el pico que queremos tener por debajo es de 370 metros.

Se decide una presión de hinchado de 5.6 bares para obtener un margen de seguridad aceptable.

Dado que las variaciones de precio en calderines similares de diferentes volúmenes, son muy pequeñas se elige un calderín de la marca Ibaiondo de 500 litros, aunque podría elegirse uno de menor volumen si así lo precisara la caseta donde se encontrara la impulsión.

El modelo elegido es: Ibaiondo 500 AHN-P debido a su simplicidad de construcción y al uso de una membrana elástica con diversos sistemas de seguridad.

Se procede al modelado de la nueva instalación y la inclusión de los nuevos datos referentes al calderín.

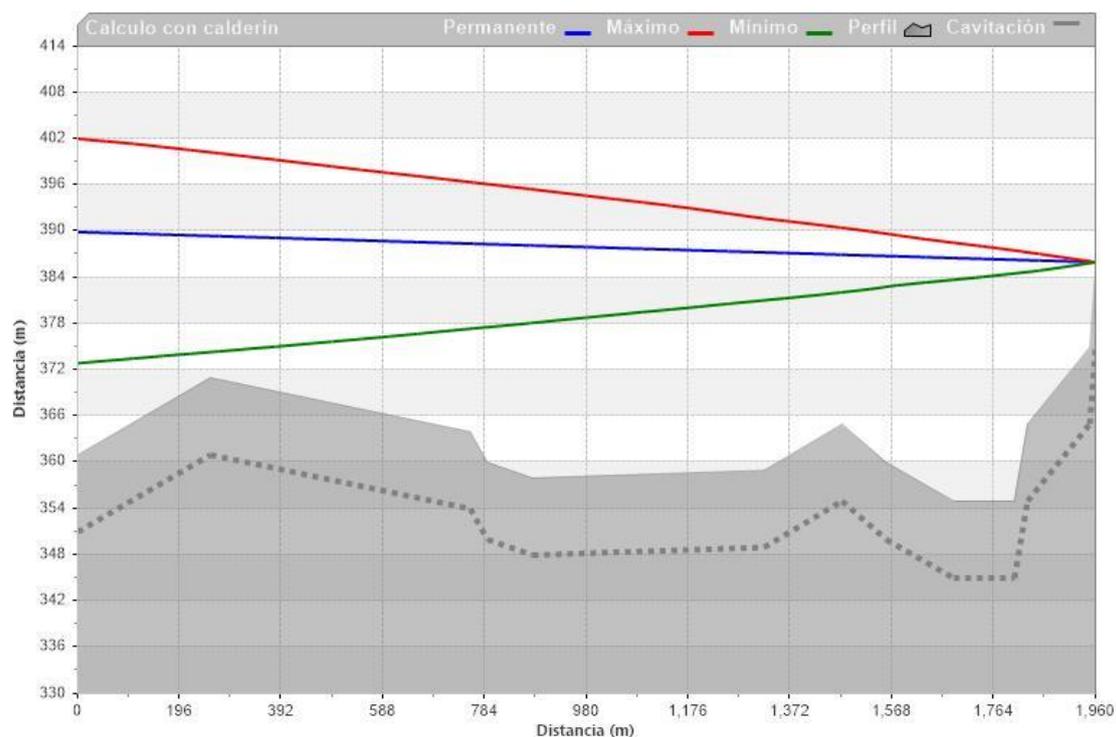


Calderines - Datos básicos					Características físicas del calderín								
Nombre	Nudo	Zu (m)	Num	Act	D (m)	L (m)	V (m ³)	Rug (mm)	Zb (m)	Posición	Vejiga	P (m)	EP
C1	N5	361	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.6	2.155	0.6093118	0.4	361	Vertical	Si	5.6	Calc. 1.2

Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad "La Cañada" del término municipal de Calasparra (Murcia)

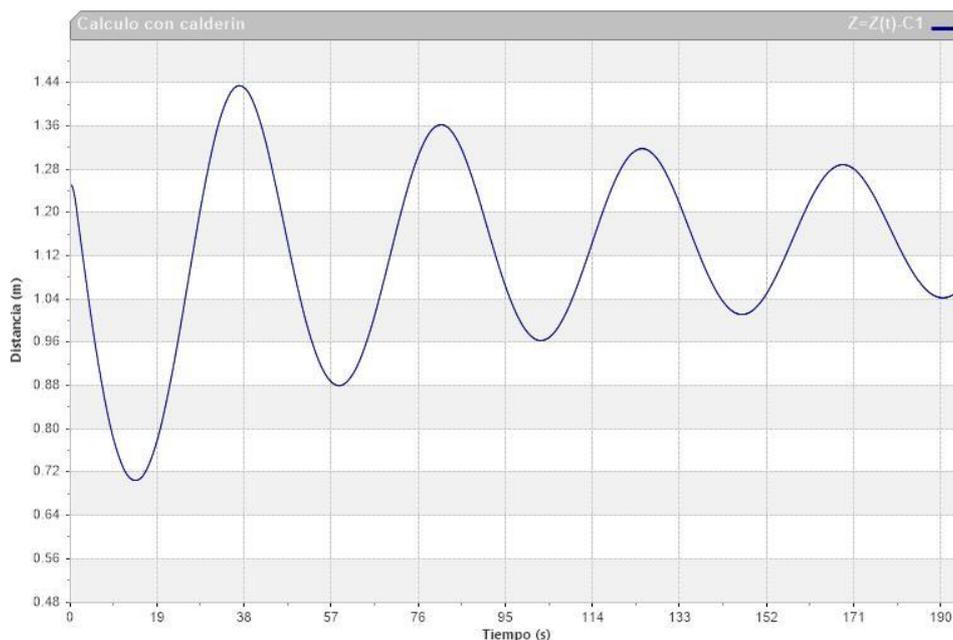
Con todo preparado, se procede de nuevo al cálculo del régimen permanente y transitorio.

Se obtiene la siguiente grafica de envolvente:



Se puede apreciar como la función del calderín sitúa la presión mínima en el punto más desfavorable de la tubería 3 metros por encima, por lo se afirma que la instalación está protegida frente a golpes de ariete en su tipo más problemático, la parada repentina de la bomba.

Variación de la altura del calderín:



Como hemos citado anteriormente podríamos usar un calderín de menor volumen puesto que la variación actual de altura del calderín dispone de cierto margen, también es cierto que ante el supuesto calderín más pequeño sería necesaria una presión de hinchado un poco mayor para compensar esa pérdida de volumen y obtener la misma respuesta en el transitorio.

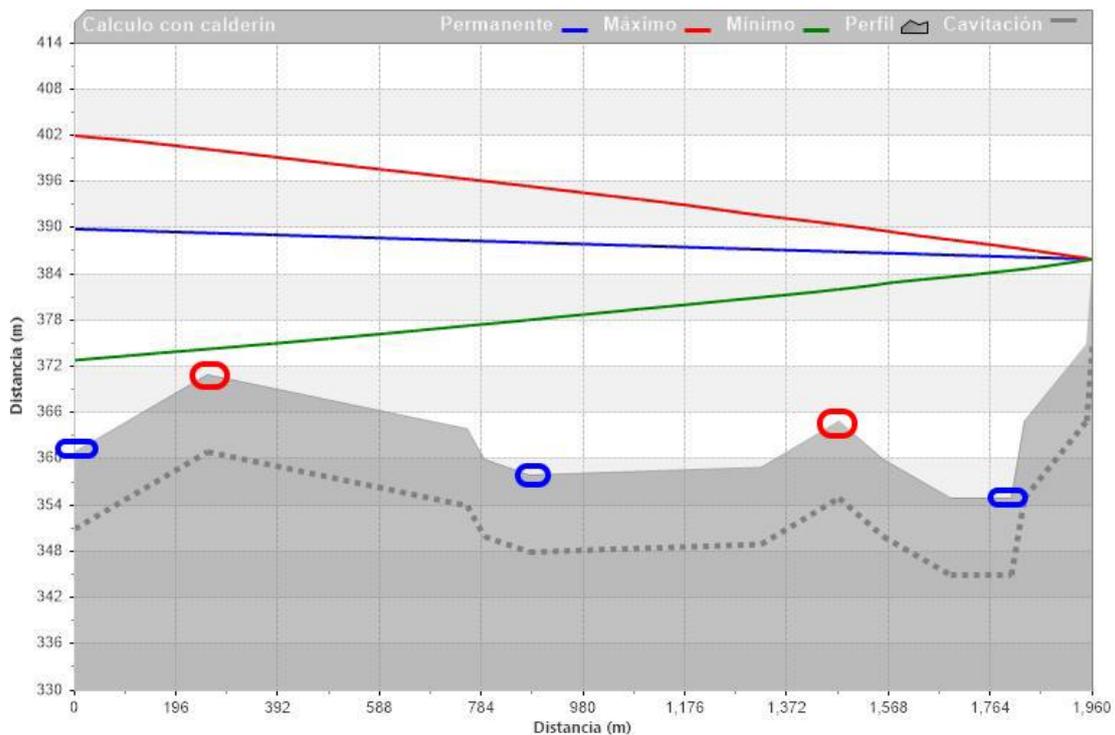
5.2.4 Introducción de los elementos de seguridad.

Como última medida se procede a la instalación de dos elementos de seguridad, que son las ventosas y los desagües.

Las ventosas se colocarán en los puntos de la aducción que puedan presentar posibilidades de acumulación de aire, es decir en las zonas con mayor cota. Su función asegurara la eliminación del aire acumulado en la tubería evitando así la aparición de presiones peligrosas para la integridad y buen funcionamiento de la tubería.

Para su instalación se recomendará el uso de un acople tipo “T” y una ventosa de 200 milímetros.

Los desagües serán colocados en las cotas más bajas de la instalación, su función será la de drenado de la tubería en caso de avería o mantenimiento. A la hora de su instalación debe tenerse en cuenta la elección de un diámetro no muy grande puesto que un vaciado rápido de la tubería es susceptible a cavitación y eso podría resultar fatal.



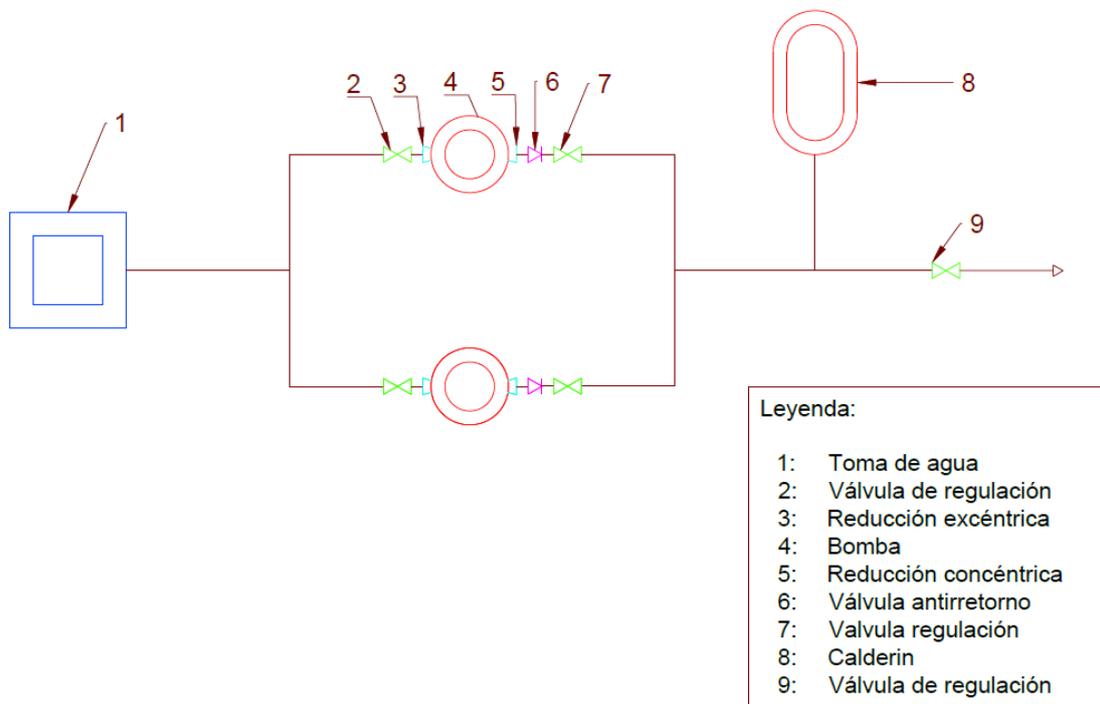
Las marcas en rojo representan el lugar de colocación de las ventosas y las marcas en azul la de los desagües. Como se puede apreciar están colocados de tal forma que permitirían un correcto vaciado de la tubería. El primer desagüe puede ser colocado a la salida de la tubería de impulsión

Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad “La Cañada” del término municipal de Calasparra (Murcia)

siendo indiferente su colocación dentro o fuera de la caseta de la bomba. La decisión final se tomará teniendo en cuenta los aspectos constructivos.

CAPITULO 6: ESQUEMA DE LA ESTACION DE BOMBEO

Como se ha citado anteriormente la distribución de las bombas es dual y cada una de ellas debe tener todos los accesorios pertinentes para su correcto funcionamiento.



En el esquema anterior puede observarse como cada bomba debe disponer de dos válvulas de regulación, tanto en la tubería de impulsión como la de aspiración. Además, deben contar con sus válvulas antirretorno para evitar que el agua circule en sentido contrario al especificado.

Finalmente, en la tubería de impulsión en la que convergen todas las demás, se situara la última válvula de regulación para determinar el caudal y presión final.

Esta instalación presenta varias ventajas, en primer lugar, está protegida ante la avería de una de las bombas. En determinados momentos si fuera necesario podrían conectarse las dos bombas y trabajar en paralelo. Además, este esquema permite la inclusión de una tercera bomba en caso de que la urbanización se ampliase.

6.1 ACCESORIOS DE LA INSTALACION

- Cada desagüe estará formado por una unión tipo "T" y una válvula de compuerta.
- La instalación de las ventosas estarán formadas por una unión tipo "T" y una ventosa de triple efecto.
- La instalación del calderín necesitara de una reducción de 100 milímetros además la unión tipo "T"
- La boca de aspiración de la bomba necesita una reducción de 65 milímetros mientras que la de impulsión necesitara una de 50 milímetros
- Las válvulas de retención no necesitan ningún tipo de reducción se instalarán con un diámetro igual al de la tubería de 200 milímetros.
- Para la configuración de las bombas en paralelo es necesaria la inclusión de 2 uniones tipo "T"

Resumen de elementos:

Elemento	Cantidad
Válvula compuerta o regulación	8
Válvula antirretorno o retención	2
Reducción 200-65	2
Reducción 200-50	2
Reducción 200-100	1
Uniones tipo "T" 200	8
Ventosa	2

CAPITULO 7: RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Presupuesto	Importe (€)
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	481106,05
Gastos generales (13%)	62543,79
Beneficio industrial (6%)	28866,36
PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA	572516,20
IVA (21%)	120228,40
PRESUPUESTO BASE DE LICITACION	692744,60

El presupuesto base de licitación tiene un importe de:

SEISCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA CENTIMOS.

CAPITULO 8: CONCLUSIONES

En este proyecto se han abordado todos los elementos fundamentales desde el punto de vista hidráulico para la correcta realización de una instalación para abastecimiento de agua.

Entre el trabajo realizado destacar la elección de una tubería óptima desde el punto de vista económico en conjunción con una bomba que trabaje a máximo rendimiento posible dadas las características solicitadas.

La metodología llevada a cabo durante este proyecto es totalmente extrapolable a diseño de instalaciones de mayor magnitud con la única precaución de ser mucho más exhaustivos con las medidas de seguridad, dadas presiones y caudales más altos.

La elección del uso de un diseño dual, con la colocación de dos bombas en paralelo, supone una gran ventaja desde el punto de vista de averías o un suministro de agua más alto del esperado. Además de todas las facilidades que presenta para su futura ampliación en caso de ser necesario.

Dado que las compañías eléctricas impondrán siempre su tipo de facturación de la energía serán condicionantes plenamente en la decisión de que tipo de bombas seleccionar y como funcionarán estas. Unos cambios significativos en el tipo de facturación podrían resultar en que la instalación proyectada en este documento sea poco eficiente y por tanto una mala solución.

La eficiencia de la solución adoptada en este proyecto podría mejorar si se complementara con un proyecto de automatización y control. En el que se implantaran válvulas solenoides, diversos sensores con control informático para realizar la función del abastecimiento del agua.

El estudio del golpe de ariete se ha realizado mediante la simulación de una parada repentina de la bomba, que es la más desfavorable y por tanto al diseñar los elementos de seguridad para ese caso, se considera que está protegida para cualquier tipo de transitorio.

Ha quedado plasmado que se han conseguido todos los objetivos impuestos al principio de este proyecto llegando a una solución final de aplicación práctica.

CAPITULO 9: BIBLIOGRAFIA

9.1 NORMAS UTILIZADAS

- Norma **UNE-EN 545:2011** Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo.
- Norma **UNE-EN 805:2000** Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- Norma **UNE-EN 13331-1:2002** Sistemas de entibación de zanjas. Parte 1: Especificaciones del producto.

9.2 CATALOGOS

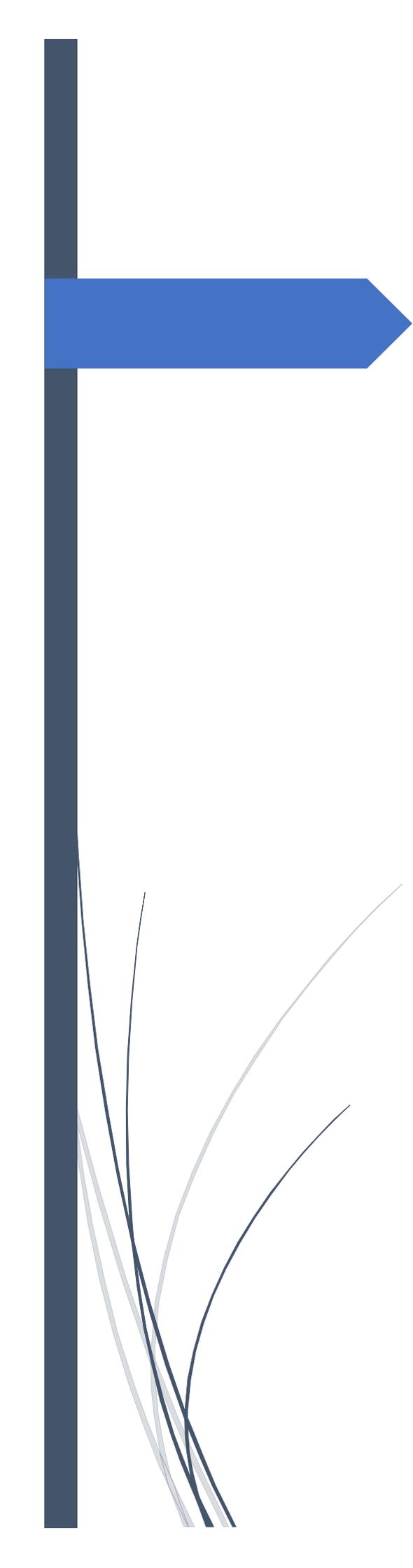
- IDEAL (2017) Catalogo serie RNI-GNI.
<http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/03-RNI-GNI.pdf>
(consultado 20/05/2017)
- IDEAL (2012) Lista de precios.
http://perfildecontratante.aretne.com/acosol/administracion/resources/anexos/licitaciones/19_2012/19_2012_anexo13.pdf
(consultado 24/05/2017)
- IBAIONDO (2017) Catalogo de producto.
http://www.ibaiondo.es/descargas/catalogo_IBAIONDO.pdf
(consultado 16/06/2017)
- IBAIONDO (2011) Tarifa de precios.
<https://www.saneamientosdimasa.es/descargas/IBAIONDO%202011.pdf>
(consultado 16/06/2017)
- FECTOR DUCTIL (2015) Tarifa
<http://www.fertorductil.com/catalogo/Tarifas.pdf>
(consultado 25/06/2017)
- MASA (2014-2015) Catalogo y Lista de Precios.
<http://www.masa.es/wp-content/uploads/2014/09/TARIFA-2014-2015-MASA-BR.pdf>
(consultado 25/06/2017)

9.3 SOFTWARE UTILIZADO

- Rossman, L. A. (2000). EPANET 2: user’s manual.
- ITA. (2015) ALLIEVI 2.2.0.0: Manual técnico.

9.4 MATERIAL COMPLEMENTARIO

- Cabrera, E., Espert, V., García-Serra, J., Martínez, F., & Aguas de Valencia, S. A. (1996). Ingeniería hidráulica aplicada a los sistemas de distribución de agua. Volumen I, II. In Ingeniería hidráulica aplicada a los sistemas de distribución de agua. Volumen I, II. Imprenta Sichert.
- White, (2008) Mecánica de fluidos. McGraw Hill. Nueva York.
- EMASESA (2007) Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento (PD 005 02-REV.4)
- IGN (2017) Cartografía y datos geográficos.
<http://www.ign.es/web/ign/portal/cbg-area-cartografia>
(consultado 12/04/2017)
- Riba Genescà, E. (2005). Cálculo y elección óptima de un depósito de agua. PFC presentado en la UPC.



PRESUPUESTO

Contenido

1. CUADRO PRECIOS DESCOMPUESTOS.....	1
2. PRESUPUESTO PARCIAL.....	2
3. PRESUPUESTO BASE DE LICITACION	3

Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad "La Cañada" del término municipal de Calasparra (Murcia)

1. CUADRO PRECIOS DESCOMPUESTOS

Cuadro precios descompuestos	Codigo	Unidad	Rendimiento	Precio unitario (€)	Importe(€)
Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 200 mm de diámetro nominal.	T1	m			58,34
Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 200 mm de diámetro nominal, según UNE-EN 545.		m	1	55,31	55,31
Lubricante para unión mediante junta elástica de tubos y accesorios.		kg	0,005	9,96	0,05
Camión con grúa de hasta 6 t.		h	0,011	50,01	0,55
Oficial 1ª fontanero.		h	0,038	17,82	0,68
Ayudante fontanero.		h	0,038	16,1	0,61
Costes directos complementarios		%	2	57,20	1,14
Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, entibación metálica deslizante, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	E1	m³			21,39
Módulo metálico, compuesto por paneles de chapa de acero y codales extensibles, para apuntalamiento y entibación de excavaciones de hasta 3 m de profundidad y entre 1 y 2 m de anchura.		m ²	0,005	241,28	1,21
Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 115 kW.		h	0,332	48,42	16,08
Peón ordinario construcción.		h	0,232	15,92	3,69
Costes directos complementarios		%	2	20,98	0,42
Relleno de zanjas para instalaciones, con arena 0/5 mm, y compactación al 95% del Proctor Modificado con bandeja vibrante de guiado manual.	R1	m³			28,31
Cinta plastificada.		m	1,1	0,14	0,15
Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para relleno de zanjas.		t	1,8	8,95	16,11
Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.		h	0,101	9,25	0,93
Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.		h	0,151	6,38	0,96
Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.		h	0,01	40,02	0,40
Peón ordinario construcción.		h	0,194	15,92	3,09
Costes directos complementarios		%	2	21,65	0,43

Proyecto de una impulsión por bombeo para abastecimiento de agua de la comunidad "La Cañada" del término municipal de Calasparra (Murcia)

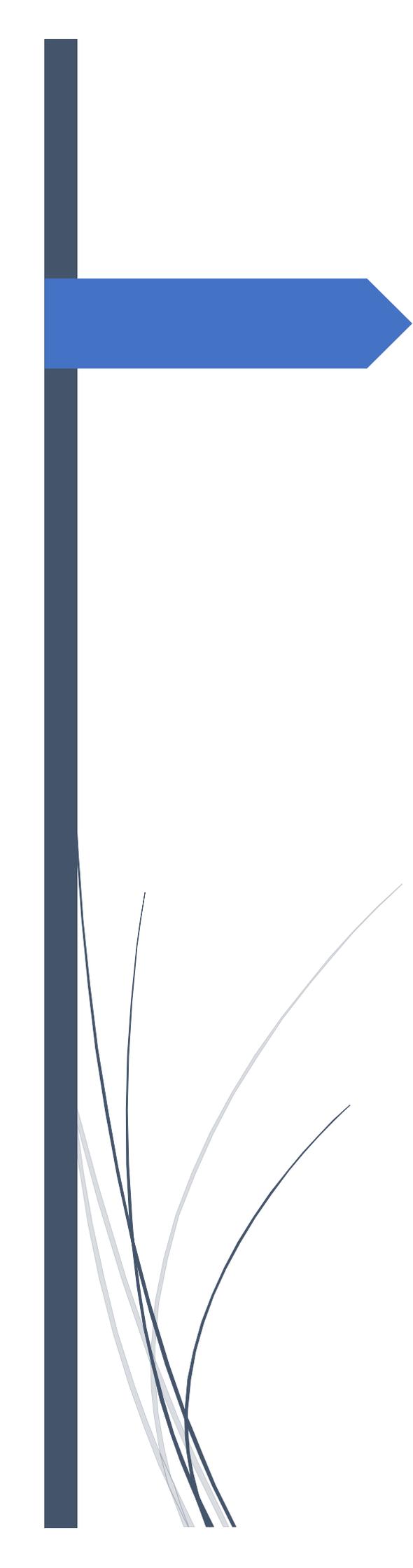
Cuadro precios descompuestos	Codigo	Unidad	Rendimiento	Precio unitario (€)	Importe (€)
Relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra de la propia excavación, y compactación al 95% del Proctor Modificado mediante equipo manual con bandeja vibrante.	R2	m³			6,22
Cinta plastificada.		m	1,1	0,14	0,15
Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil, con mecanismo hidráulico.		h	0,101	9,25	0,93
Bandeja vibrante de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.		h	0,151	6,38	0,96
Camión con cuba de agua		h	0,01	35,98	0,36
Camión basculante de 12 t de carga.		h	0,015	40,08	0,60
Peón ordinario construcción.		h	0,194	15,92	3,09
Costes directos complementarios		%	2	6,10	0,12
Electrobomba centrifuga (Ideal) sobre bancada normalizada DIN 24255 a 2900 RPM Modelo: RNI 50-16	B1	ud	1	3299,00	3299
Calderin (Ibaiondo) 500 AHN-P	C1	ud	1	3954,93	3954,93
Valvula de compuerta F-5 (Factor ductil, REF:23F52N20) DN 200	V1	ud	1	905,00	905
Valvula de retencion clapeta serie 48 (Masa, REF:66620000028) DN 200	V2	ud	1	1077,90	1077,9
Reduccion 200-65 (Factor ductil, REF: 04R02006)	RE1	ud	1	103,00	103
Reduccion 65-50 (Factor ductil, REF: 04R00605)	RE2	ud	1	40,00	40
Reduccion 200-100 (Factor ductil, REF: 04R02010)	RE3	ud	1	109,00	109
Union tipo "T" (Factor ductil, REF: 04T02020	U1	ud	1	296,00	296
Ventosa automatica triple efecto (Masa, REF: 666200003005) DN 200 PN16	VE1	ud	1	3000,53	3000,53
Deposito 2500 metros cubicos hormigon armado	D1	ud	1	220514,77	220514,77

2. PRESUPUESTO PARCIAL

Presupuesto parcial	Codigo	Unidad	Medicion	Importe (€)	Total (€)
Junta elastomérica estándar, de 200 mm de diámetro nominal.	T1	m	1960	58,34	114351,98
semidura, con medios mecánicos, entibación metálica deslizante, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	E1	m ³	3591	21,39	76828,68
Relleno de zanjas para instalaciones, con arena 0/5 mm, y compactación al 95% del Proctor Modificado con bandeja vibrante de guiado manual.	R1	m ³	838,37	28,31	23731,38
Relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra de la propia excavación, y compactación al 95% del Proctor Modificado mediante equipo manual con bandeja vibrante.	R2	m ³	2693,25	6,22	16760,45
Electrobomba centrifuga (Ideal) sobre bancada normalizada DIN 24255 a 2900 RPM Modelo: RNI 50-16	B1	ud	2	3299,00	6598,00
Calderin (Ibaiondo) 500 AHN-P	C1	ud	1	3954,93	3954,93
Valvula de compuerta F-5 (Factor ductil, REF:23F52N20) DN 200	V1	ud	8	905,00	7240,00
REF:66620000028) DN 200	V2	ud	2	1077,90	2155,80
Reduccion 200-65 (Factor ductil, REF: 04R02006)	RE1	ud	4	103,00	412,00
Reduccion 65-50 (Factor ductil, REF: 04R00605)	RE2	ud	2	40,00	80,00
Reduccion 200-100 (Factor ductil, REF: 04R02010)	RE3	ud	1	109,00	109,00
Union tipo "T" (Factor ductil, REF: 04T02020	U1	ud	8	296,00	2368,00
Ventosa automatica triple efecto (Masa, REF: 666200003005) DN 200 PN16	VE1	ud	2	3000,53	6001,06
Deposito 2500 metros cubicos hormigon armado	D1	ud	1	220514,77	220514,77
Total presupuesto parcial (€)					481106,05

3. PRESUPUESTO BASE DE LICITACION

Presupuesto	Importe (€)
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	481106,05
Gastos generales (13%)	62543,79
Beneficio industrial (6%)	28866,36
PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA	572516,20
IVA (21%)	120228,40
PRESUPUESTO BASE DE LICITACION	692744,60

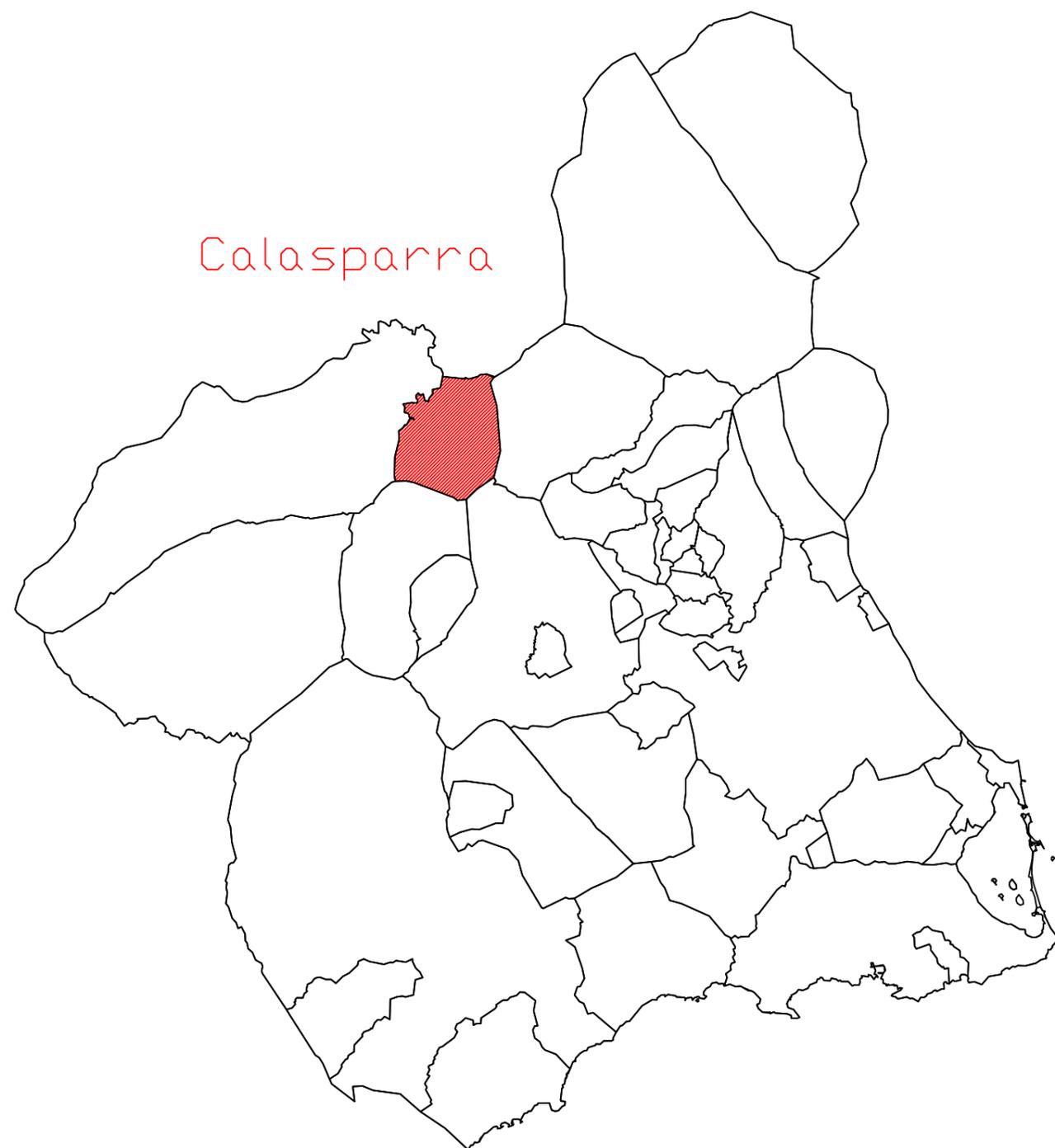


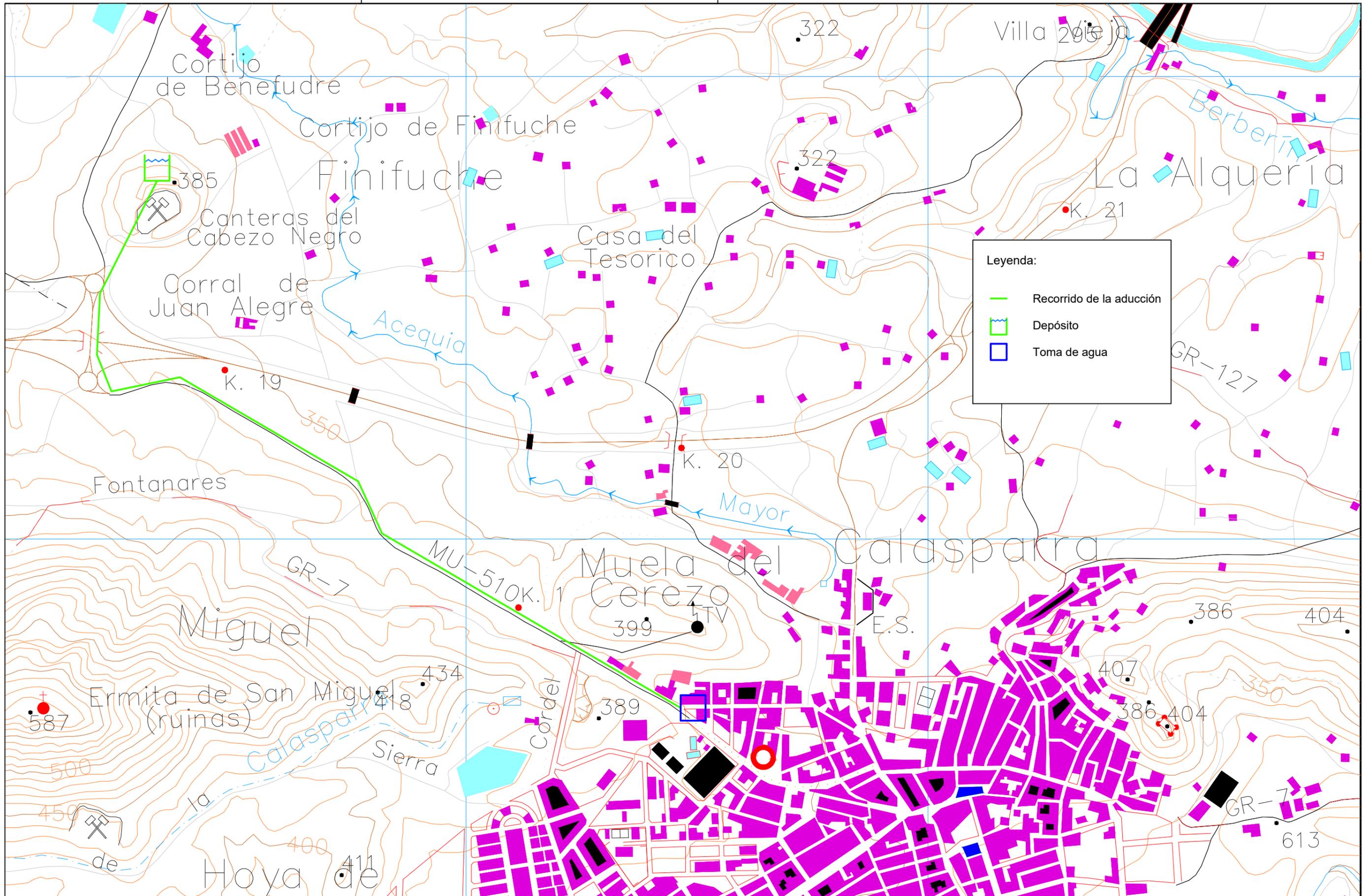
PLANOS

Contenido

PLANO N.º 1 LOCALIZACION.....	1
PLANO N.º 2 TRAZADO DE LA ADUCCION.....	2
PLANO N.º 3 PLANO DETALLE DE LA ZANJA	3
PLANO N.º 4 ESQUEMA DE LA ESTACION DE BOMBEO	4

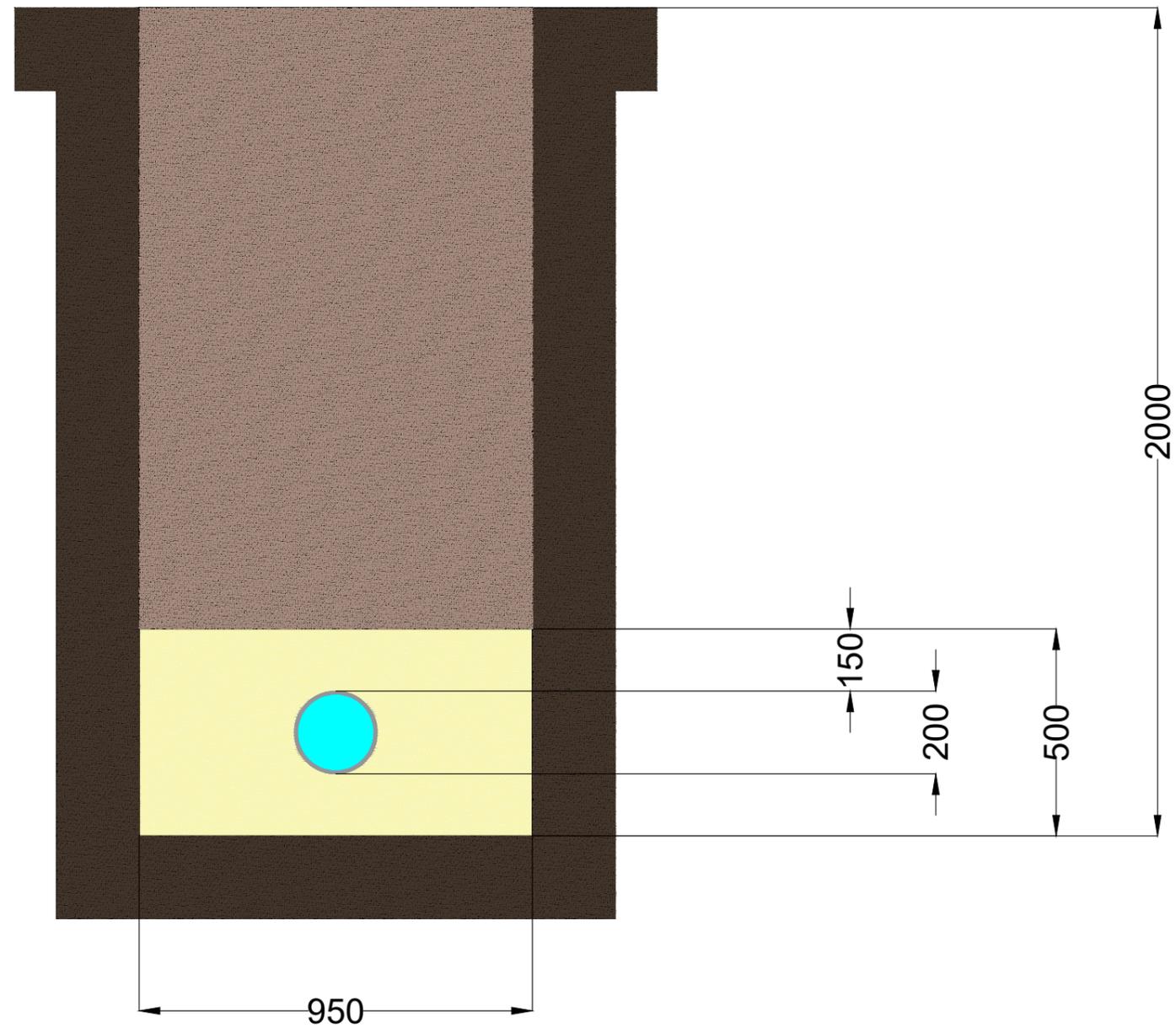
Región de Murcia

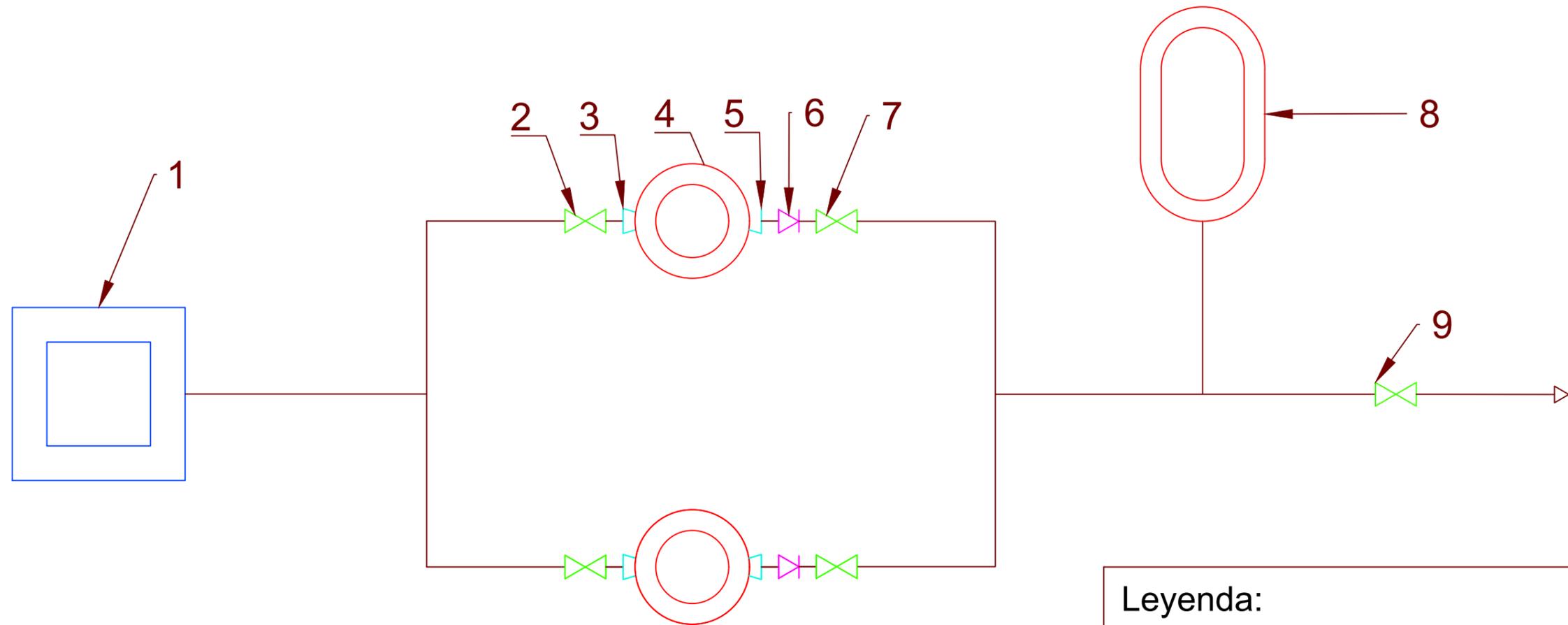




Leyenda:

- Recorrido de la aducción
- Depósito
- Toma de agua





Leyenda:

- 1: Toma de agua
- 2: Válvula de regulación
- 3: Reducción excéntrica
- 4: Bomba
- 5: Reducción concéntrica
- 6: Válvula antirretorno
- 7: Válvula regulación
- 8: Calderin
- 9: Válvula de regulación