



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **PROYECTO DE REDISEÑO DE LA RED DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DE LA COMARCA DEL ALTO PALANCIA**

AUTOR: MARCOS DOMINGO POMAR

TUTOR: ARNAU BAYÓN BARRACHINA

Selección

**Curso Académico: 2019-20**



## RESUMEN

La red de suministro de agua en muchos pueblos de la comarca del Alto Palancia está obsoleta y se encuentra en mal estado, lo que provoca que, en pueblos como Viver, pese a su alta disponibilidad de recursos hídricos, se produzcan frecuentes cortes de agua y diversos problemas de suministro

De esta manera, el objetivo principal del trabajo es rediseñar la red de suministro de agua potable para toda la comarca para acabar con los problemas y garantizar la sostenibilidad. La tasa de ocupación de algunos pueblos de la comarca presenta una alta variabilidad estacional, por lo que, para caracterizar las demandas se recurrirá a la demanda media mensual, que será agregada en la acometida de cada núcleo de población.

Por otro lado, dada la gran diferencia de cota entre los diversos puntos de la orografía de la comarca, se emplearán modelos de elevación digital del terreno del IGN, tratados con la plataforma de código abierto y libre distribución QGIS. Para el diseño de la red, se usará el modelo numérico de código abierto y libre distribución EPANET.

**Palabras Clave:** EPANET; hidráulica; red de distribución; depósitos de compensación; manantial; IGN



## RESUM

La xarxa de subministrament d'aigua en molts pobles de la Comarca de L'Alt Palància està obsoleta i en mal estat. Això provoca que, en pobles com Viver, malgrat la seua alta disponibilitat de recursos hídrics, es produïxen freqüents talls d'aigua i diversos problemes de subministrament.

D'aquest mode, l'objectiu principal del treball es redissenyar la xarxa de subministrament d'aigua potable per a tota la comarca, acabant així amb els problemes y garantint la sostenibilitat. La taxa d'ocupació d'alguns pobles de la comarca presenta una alta variabilitat estacional, per la qual cosa, per a caracteritzar les demandes es recorrerà a la demanda mitjana mensual, que serà agregada a la connexió de cada nucli de població.

Per alta banda, donada la gran diferència de cota entre els diversos punts de la orografia de la comarca, se empraran mètodes d'elevació digital del terreny del IGN, tractats amb la plataforma de codi obert y lliure distribució QGIS. Per al disseny de la xarxa, es farà servir el model numèric de codi obert i lliure distribució EPANET.

**Palabras Clave:** EPANET; hidràulica; xarxa de distribució; dipòsits de compensació; manantial; IGN



## ABSTRACT

The water supply network is outdated and also in poor condition in many towns in The Alto Palancia region, which causes that, in towns like Viver, despite their high availability of water resources, there are frequent water cuts and various supply problems.

In this way, the main objective of the work is to redesign the drinking water supply network for the entire region in order to end the problems and to guarantee the sustainability. The occupancy rate of some towns in the region presents a high seasonal variability, therefore, to characterize the demands, it will be used the average monthly water demand, which will be added in the rush of each population nucleus.

On the other hand, given the great difference in elevation between various points of the region's orography, digital elevation models of the IGN will be used, treated with the open source and free distribution platform QGIS. For the design of the network, the numerical model of open source and free distribution EPANET will be used.

**Palabras Clave:** EPANET, hidráulics, distribution network, compensation tanks, spring, IGN



## Documentos del Texto:

Memoria

Presupuesto

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>1 Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>10</b>
1.1.1 Objetivo General .....	10
1.1.2 Objetivos Específicos.....	10
<b>Localización geográfica.....</b>	<b>10</b>
1.2.1 Orografía .....	11
1.2.2 Fuentes de agua .....	11
<b>2 Alcance del proyecto.....</b>	<b>12</b>
<b>3 Número de consumidores y dotación por vivienda. ....</b>	<b>13</b>
3.1 Demanda Base .....	14
3.2 Patrón de Demanda .....	16
<b>4 La red hidráulica.....</b>	<b>17</b>
4.1 Perfiles de Elevación terrestre. ....	18
<b>5 Elementos de la Instalación .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 Tuberías .....</b>	<b>25</b>
5.1.1 Cálculo del Diámetro Nominal de Tuberías.....	26
5.1.2 Rugosidad .....	27
<b>5.2 Válvulas.....</b>	<b>27</b>
5.2.1 Válvulas de Retención .....	27
5.2.2 Válvulas de Seccionamiento.....	27
5.2.3 Válvulas Reductoras de Presión .....	28
5.2.4 Válvulas Reguladoras.....	28
<b>5.3 Bombas Hidráulicas .....</b>	<b>29</b>
<b>5.4 Depósitos de Compensación.....</b>	<b>30</b>
<b>6 Simulación de Epanet .....</b>	<b>31</b>
<b>6.1 Ecuaciones .....</b>	<b>31</b>
6.1.1 Ecuación de Continuidad.....	31
6.1.2 Principio de Bernouilli .....	31
6.1.3 Ecuación de Pérdidas de Darcy-Weisbach.....	32
<b>6.2 Condiciones de la simulación.....</b>	<b>32</b>
<b>6.3 Modelo de red.....</b>	<b>33</b>
6.3.1 Red aguas abajo .....	34
6.3.2 Red Aguas Arriba .....	36



<b>7 Análisis de Costes .....</b>	<b>43</b>
<b>7.1 Costes de explotación.....</b>	<b>43</b>
7.1.1 Costes de Energía .....	43
<b>7.2 Conclusiones .....</b>	<b>45</b>
<b>8 Bibliografía.....</b>	<b>46</b>



## Índice de Figuras:

Figura 1, Mapa de la Comunidad Valenciana con la Comarca del Alto Palancia destacada.....	10
Figura 2, Comarca del Alto Palancia.....	11
Figura 3, Embalse del Regajo .....	11
Figura 4, Patrón de demanda a lo largo de 24 horas en agosto introducido en el Programa Epanet. ....	16
Figura 5, Esquema de la trayectoria de la red hidráulica.....	17
Figura 6, Perfil de elevación entre Segorbe y Altura.....	18
Figura 7, Perfil de elevación entre Segorbe, Geldo, Soneja y Sot de Ferrer. ....	18
Figura 8, Perfil de elevación entre Sot de Ferrer, Azuébar y Chóvar. ....	18
Figura 9, Perfil de elevación entre Segorbe, Castellново y Almedíjar. ....	19
Figura 10, Perfil de Elevación entre el Embalse del Regajo, Navajas y Segorbe. ....	19
Figura 11, Perfil de elevación entre Viver, Jérica y el Embalse del Regajo. ....	19
Figura 12, Perfil de elevación entre Viver y Teresa.....	19
Figura 13, Perfil de elevación entre Teresa y Sacañet .....	20
Figura 14, Perfil de elevación entre Teresa y Bejís .....	20
Figura 15, Perfil de Elevación entre Bejís y Torás .....	20
Figura 16, Perfil de elevación entre Jérica y Gaibiel. ....	20
Figura 17, Perfil de elevación entre Gaibiel y Matet.....	21
Figura 18, Perfil de elevación entre Matet y Algimia de Almonacid. ....	21
Figura 19, Perfil de elevación entre Algimia de Almonacid y Vall de Almonacid.....	21
Figura 20, Perfil de elevación entre Viver y Benafer.....	21
Figura 21, Perfil de elevación entre Benafer y Caudiel. ....	22
Figura 22, Perfil de elevación entre Caudiel e Higueras. ....	22
Figura 23, Perfil de elevación entre Higueras y Pavías. ....	22
Figura 24, Perfil de elevación entre Viver y Barracas.....	22
Figura 25, Perfil de elevación entre Barracas y El Toro.....	23
Figura 26, Perfil de elevación entre Barracas y Pina de Montalgrao. ....	23
Figura 27, Tubería Pam Natural del Grupo Saint-Gobam. ....	25
Figura 28, Válvula de retención a la entrada a un depósito de la instalación.....	27
Figura 29, Válvula reductora de la instalación. ....	28
Figura 30, Bombeo desde un depósito de la instalación. ....	29
Figura 31, Depósito de compensación con posterior bombeo de la instalación. ....	30
Figura 32, Esquema conjunto de la red. ....	33
Figura 33, Dos partes diferenciadas de la comarca. ....	33
Figura 34, Curva característica de la bomba SP77-6. ....	34
Figura 35, Curva Característica de la bomba SP215-10. ....	34
Figura 36, Esquema de la red Aguas Abajo a las 8:00am.....	35
Figura 37, Esquema aguas arriba con exceso de presiones en horas valle.....	36
Figura 38, Esquema de la red Aguas arriba a las 8:00 am.....	38
Figura 39, Curva Característica de la bomba SP125-8. ....	39
Figura 40, Curva característica de la bomba SP46-10.....	39
Figura 41, Curva característica de la bomba SP30-21.....	39
Figura 42, Curva característica de la bomba SP160-4A.....	39



Figura 43, Curva característica de la bomba SP46-17.....	40
Figura 44, Curva característica de la bomba SP17-14.....	40
Figura 45, Curva característica de la bomba SP17-40.....	41
Figura 46, Curva característica de la bomba SP60-4.....	41
Figura 47, Curva característica de la bomba SP9-52.....	41
Figura 48, Curva característica de la bomba SP30-24.....	41
Figura 49, Precio de la electricidad en la tarifa de discriminación Horaria.....	43

## Índice de Tablas

Tabla 1,Coordenadas, cota y habitantes de cada municipio. ....	12
Tabla 2,Dotación Recomendada Por vivienda, NTE. ....	13
Tabla 3,Viviendas y dotación por vivienda de Cada Población. ....	14
Tabla 4, Demanda base de cada población.....	15
Tabla 5, Distancias Reales entre Poblaciones. ....	24
Tabla 6, PFA en relación con el DN de la tubería. ....	25
Tabla 7, Diámetro Nominal de los distintos tramos de la Red.....	26
Tabla 8, Volumen de regulación de los depósitos que se encuentran en la red aguas abajo. ....	35
Tabla 9, Presión en los nudos de consumo de la red Aguas Abajo a las 8.00am. ....	36
Tabla 10, Presión en los nudos de consumo de la red aguas arriba. ....	37
Tabla 11, Volumen de regulación de los depósitos de la red aguas arriba.....	42
Tabla 12, Caudal según Horas de bombeo.....	44
Tabla 13, Análisis del Coste de Explotación según las horas de consumo eléctrico. ....	44







## MEMORIA

## 1 Introducción

### Objetivos

#### 1.1.1 Objetivo General

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado es la simulación de un modelo hidráulico de tuberías que permita el abastecimiento de todos los pueblos de la Comarca del Alto Palancia, con el caudal y presión necesarias. Para ello se diseña un sistema de bombeo con depósitos de compensación que permite sortear el desnivel de la irregular topografía de dicha comarca.

#### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para llevar a cabo el trabajo, se desarrollan los siguientes objetivos específicos, determinar la cantidad de personas que se va a abastecer, esto se produce por la alta variación estacional de las poblaciones de esta comarca. Para ello, se analiza el caso más desfavorable, el verano, cuando además de ser más alto el consumo de agua, la población aumenta de manera considerable. Por último, el coste de la red es el menor posible que pueda garantizar el suministro.

### Localización geográfica

La comarca del Alto Palancia se encuentra al sur de la provincia de Castellón, donde hace frontera con la provincia de Valencia, al noroeste delimita con la provincia de Teruel. Sus coordenadas son: 39º 51' 12" N y 0º 29' 06" O. El principal núcleo de población se encuentra en el valle del río Palancia, cuyo río constituye un eje central.



Figura 1, Mapa de la Comunidad Valenciana con la Comarca del Alto Palancia destacada



Figura 2, Comarca del Alto Palancia

### 1.2.1 Orografía

El alto Palancia resulta un punto de transición entre los altiplanos turolenses y la llanura costera valenciana. Fruto de este encuentro se puede observar poblaciones como Barracas que se encuentra a 1000 m de altura sobre el nivel del mar y otras poblaciones como Sot de Ferrer que se encuentra a 230 metros de altura sobre el nivel del mar. De esta manera, Solventar esta gran diferencia de cota supone una cierta complejidad.

### 1.2.2 Fuentes de agua

Pese a ser una comarca rica en recursos hídricos, la comarca no dispone una red a la altura. En este proyecto, se unifica la red de suministro en una única red, cuya fuente de agua es el Embalse del Regajo situado a 382 msnm.



Figura 3, Embalse del Regajo



## 2 Alcance del proyecto

Ante la problemática en la red hidráulica en varios municipios de la comarca, se ha decidido unificar la red de abastecimiento, en una red cuya fuente de suministro es el embalse del regajo.

Así pues, el alcance de este proyecto ha sido proporcionar una acometida de agua en cada uno de los 27 municipios que componen la comarca, que son los que se presentan a continuación:

Municipio	Coordenadas UTM	Cota (msnm)	Habitantes
Segorbe	(4414140,715304)	368	8978
Altura	(4414206,712774)	391	3528
Jérica	(4420784,707542)	523	1548
Viver	(4421796,705346)	559	1536
Soneja	(4410415,719885)	263	1447
Castellnovo	(4415543,717478)	347	917
Navajas	(4417227,713148)	383	716
Caudiel	(4424743,707734)	632	664
Geldo	(4412795,716722)	304	635
Sot de Ferrer	(4409365,721680)	230	415
Bejís	(4420219,695812)	843	380
Azuébar	(4412660,725005)	298	315
Chóvar	(4414670,729213)	415	288
Vall de Almonacid	(4420126,717441)	440	269
Algimia de Almonacid	(4421394,718616)	486	263
El toro	(4428238,692253)	1011	256
Almedíjar	(4416756,721531)	411	254
Teresa	(4419314,700238)	636	242
Torás	(4421382,697792)	773	223
Gaibiel	(4422528,713998)	517	188
Barracas	(4432097,696495)	981	162
Benafer	(4423347,706979)	587	152
Pina de Montalgrao	(4432730,700118)	1039	111
Matet	(4423913,716277)	586	84
Sacañet	(4413848,695525)	1015	67
Pavías	(4427802,714990)	738	61
Higueras	(4429004,713311)	671	54

Tabla 1, Coordenadas, cota y habitantes de cada municipio.

Las coordenadas se muestran en la proyección UTM y junto con la cota a la que se encuentra cada población, se han extraído del Instituto Nacional de Geografía (IGN).

Por otra parte, los habitantes de cada municipio se han obtenido del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el apartado de “cifras oficiales de población de los municipios españoles: revisión del padrón municipal”.



### 3 Número de consumidores y dotación por vivienda.

Para hallar de manera precisa el número de consumidores que se ha de abastecer se ha recurrido a las normas tecnológicas (NTE), Normas para la redacción de proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento de poblaciones. Esta norma se aplica a las instalaciones para el suministro de agua potable a núcleos residenciales que no sobrepasen los 12000 habitantes. Estableciendo criterios de diseño y de presión, entre otros, que debe cumplir la red de suministro.

En esta norma se encuentra la siguiente recomendación, en base al número de viviendas o inmuebles que hay en el municipio:

Habitantes	<1000	1001 a 6000	6001 a 12000
Dotación de la vivienda (l/viv.día)	630	945	1260

*Tabla 2, Dotación Recomendada Por vivienda, NTE.*

Por tanto, se ha recurrido de nuevo al instituto nacional de estadística para saber los bienes inmuebles que dispone cada municipio, y de esta manera se calcula la dotación de cada población y su demanda base asociada, que es la utilizada en la simulación de Epanet.

Población	Habitantes	Viviendas	Dotación Por Vivienda (l/viv.día)
Segorbe	8978	6556	1260
Altura	3528	2942	945
Jérica	1548	1950	945
Viver	1536	1874	945
Soneja	1447	1250	945
Castellnovo	917	801	630
Navajas	716	1443	630
Caudiel	664	1074	630
Geldo	635	503	630
Sot de Ferrer	415	454	630
Bejís	380	892	630
Azuébar	315	416	630
Chóvar	288	358	630
Vall de Almonacid	269	466	630
Algimia De Almonacid	263	513	630
El toro	256	508	630
Almedíjar	254	337	630
Teresa	242	633	630
Torás	223	644	630
Gaibiel	188	627	630
Barracas	162	189	630
Benafer	152	249	630
Pina de Montalgrao	111	263	630
Matet	84	277	630
Sacañet	67	137	630
Pavías	61	181	630
Higueras	54	118	630

Tabla 3, Viviendas y dotación por vivienda de Cada Población.

### 3.1 Demanda Base

Una vez calculada, la dotación diaria de cada vivienda, se ha calculado la demanda base en litros por segundos, que es la variable que se ha introducido en la simulación del programa Epanet, Para ello se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$Db \left( \frac{l}{s} \right) = \frac{\text{Dotación} \left( \frac{l}{\text{vivienda} \cdot \text{día}} \right) \cdot N^{\circ} \text{Viviendas}}{86400 \left( \frac{s}{\text{día}} \right)}$$

Ecuación 1, Demanda base



Así, se obtiene la demanda base en cada nudo:

Población	Demanda Base (l/s)
Segorbe	95,61
Altura	32,18
Jérica	21,33
Viver	20,50
Soneja	13,67
Castellnovo	5,84
Navajas	10,52
Caudiel	7,83
Geldo	3,67
Sot de Ferrer	3,31
Bejís	6,5
Azuébar	3,03
Chóvar	2,61
Vall de Almonacid	3,4
Algimia De Almonacid	3,74
El toro	3,7
Almedíjar	2,46
Teresa	4,62
Torás	4,70
Gaibiel	4,57
Barracas	1,38
Benafer	1,82
Pina de Montalgrao	1,92
Matet	2,02
Sacañet	1,00
Pavías	1,32
Higueras	0,86

*Tabla 4, Demanda base de cada población.*



### 3.2 Patrón de Demanda

El programa Epanet, permite analizar la evolución de la instalación a lo largo de un día mediante la modelación cuasi-estática o simulación en periodo extendido. Este modelo permite enlazar distintas fotografías estáticas, siendo muy útil en el análisis de sistemas hidráulicos a lo largo de un día.

En este proyecto, se ha considerado un patrón de demanda de un día entero, que junto con la demanda base calculada previamente, representa con fidelidad un día del mes de agosto, el periodo en el que más agua se demanda en la comarca. Así, como se puede ver en la figura que se presenta a continuación, se distingue entre las horas nocturnas donde se ha considerado un consumo mucho menor a la demanda base, y otros periodos punta en los que se ha considerado un consumo mayor, siendo el valor medio a lo largo del día, la unidad.

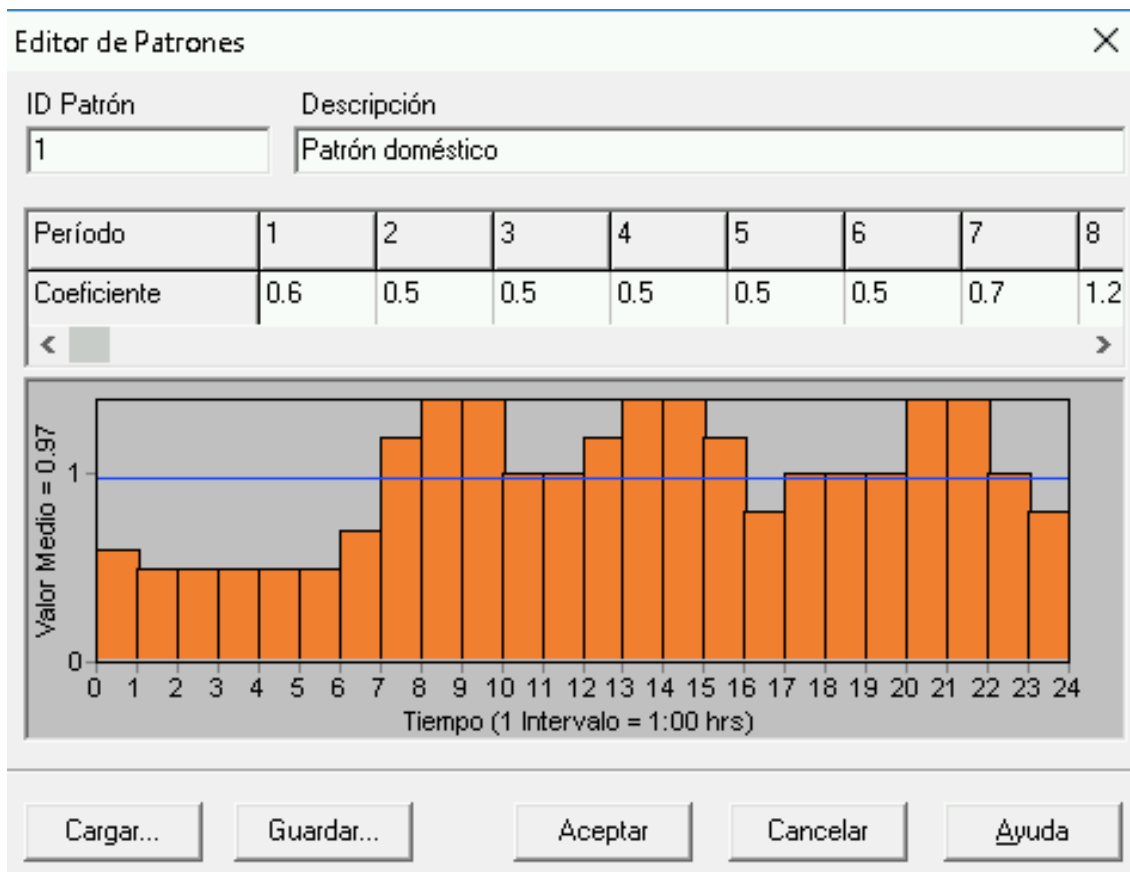


Figura 4, Patrón de demanda a lo largo de 24 horas en agosto introducido en el Programa Epanet.

## 4 La red hidráulica

Tras hacer un estudio de la orografía por donde va a transcurrir la red con el programa de código abierto QGIS, se constata la imposibilidad de realizar un trayecto en línea recta entre los distintos nudos. Esto se debe al enorme coste que supone indemnizar propietarios y de disponer de elementos necesarios para el paso de tuberías, por lo tanto se ha optado por desviar la red ligeramente para sortear dichos obstáculos, de forma que la trayectoria transcurra por donde existan menos colinas y otros tipos de cambios de nivel.

A continuación, se muestra la trayectoria de manera esquemática en línea recta que sigue la tubería, aunque para obtener los perfiles de elevación y las distancias reales entre puntos, se ha tenido en cuenta los desvíos que se deben tomar.

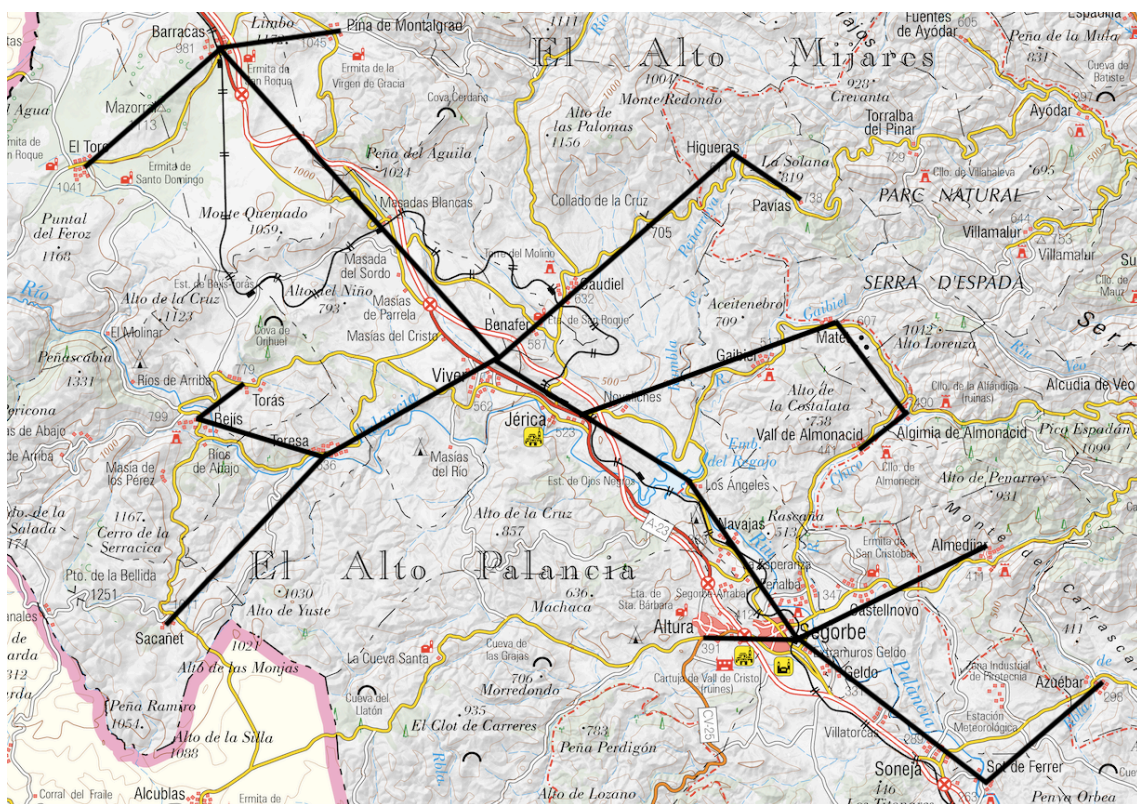


Figura 5, Esquema de la trayectoria de la red hidráulica.

La variante orografía que ha de sortear la nueva red hidráulica ha obligado a tener en cuenta los desniveles que se encuentran en el camino. De esta manera, para calcular la distancia real de la tubería se ha recurrido nuevamente al programa QGIS. Se han descargado Mapas georreferenciados de la provincia de Castellón, así como el modelo de elevación digital de dicha provincia en la web del Instituto de Geografía nacional (IGN).

A continuación se han introducido ambas capas en el programa, lo que ha permitido obtener los perfiles de elevación terrestre de las distintas trayectorias de la instalación.

#### 4.1 Perfiles de Elevación terrestre.

A continuación, se muestran todos los perfiles de elevación obtenidos, de esta manera se puede observar los puntos críticos del trazado y calcular la distancia real entre los distintos núcleos de población.

- Puntos altos donde la presión pueda ser tan baja que se den problemas de cavitación.
- Puntos bajos donde la presión pueda ser tan alta que supere la máxima admisible por los elementos de la instalación.

El programa proporciona las gráficas con las siguientes unidades, en el Eje Y son metros, mientras que las centésimas de las unidades del eje X son Kilómetros.



Figura 6, Perfil de elevación entre Segorbe y Altura.

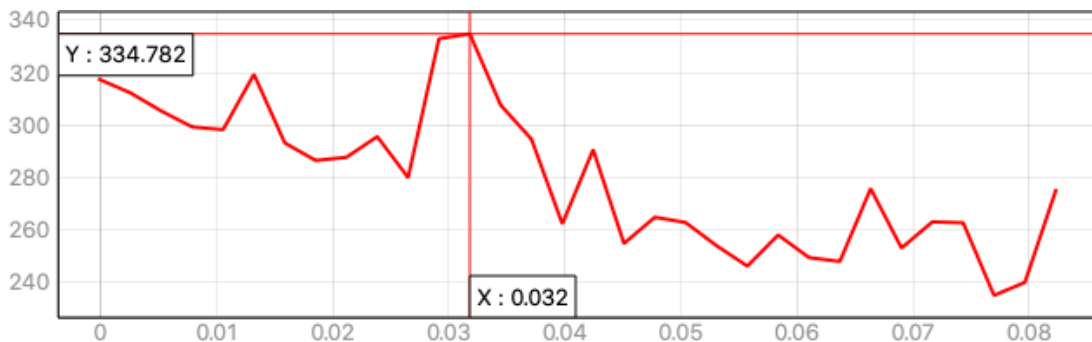


Figura 7, Perfil de elevación entre Segorbe, Geldo, Soneja y Sot de Ferrer.

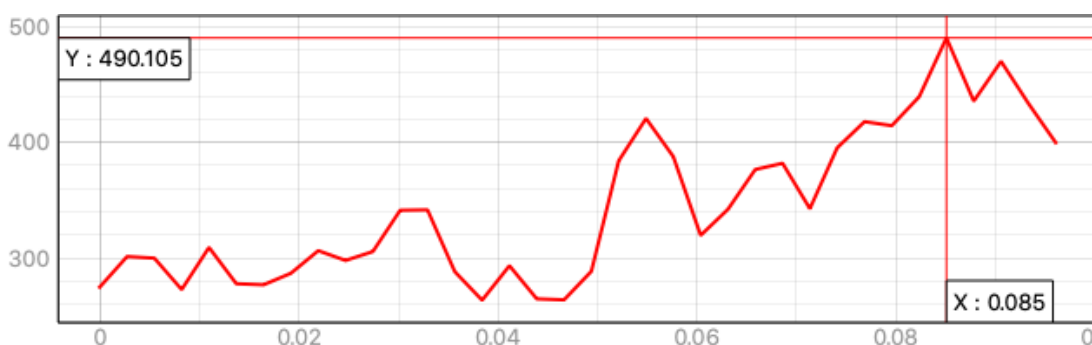


Figura 8, Perfil de elevación entre Sot de Ferrer, Azuébar y Chóvar.



Figura 9, Perfil de elevación entre Segorbe, Castellново y Almedijar.

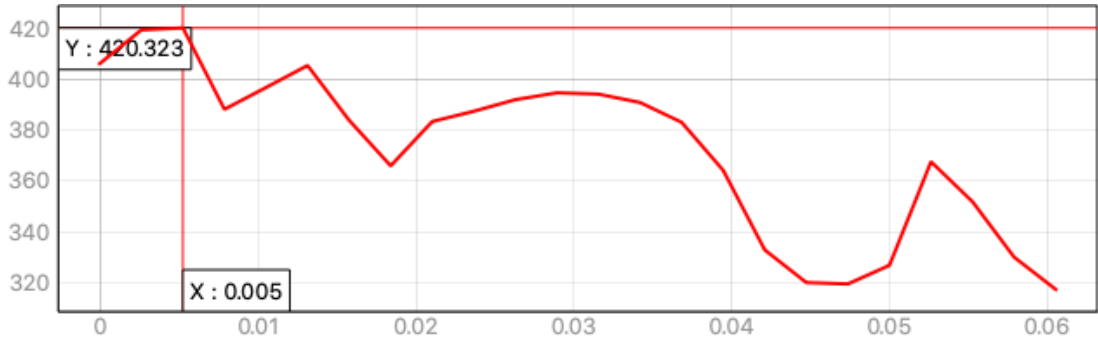


Figura 10, Perfil de Elevación entre el Embalse del Regajo, Navajas y Segorbe.

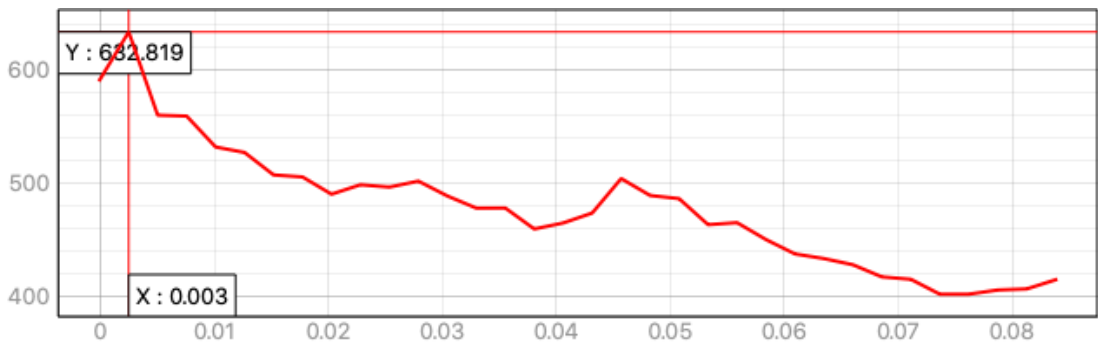


Figura 11, Perfil de elevación entre Viver, Jérica y el Embalse del Regajo.

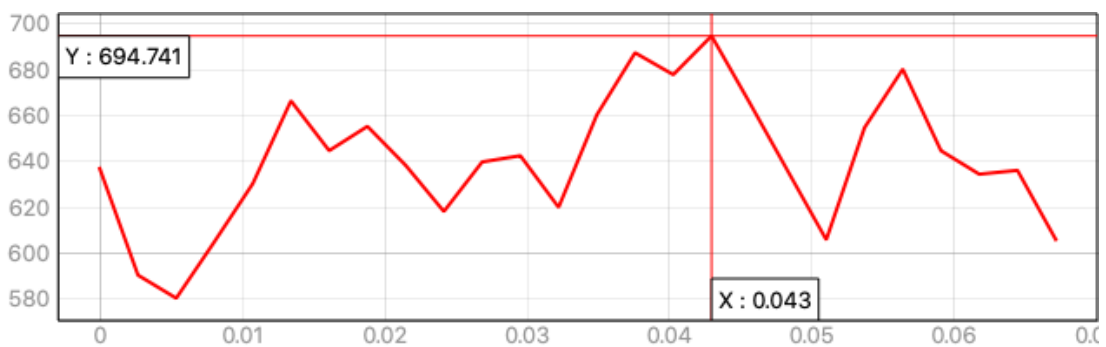


Figura 12, Perfil de elevación entre Viver y Teresa.

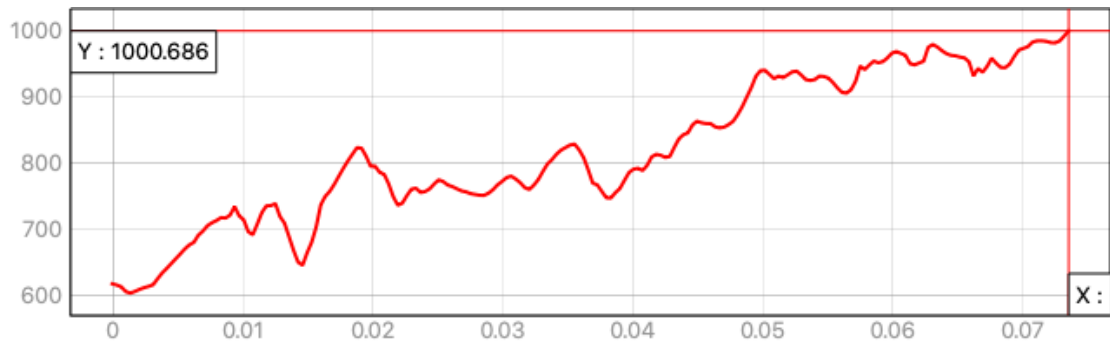


Figura 13, Perfil de elevación entre Teresa y Sacañet

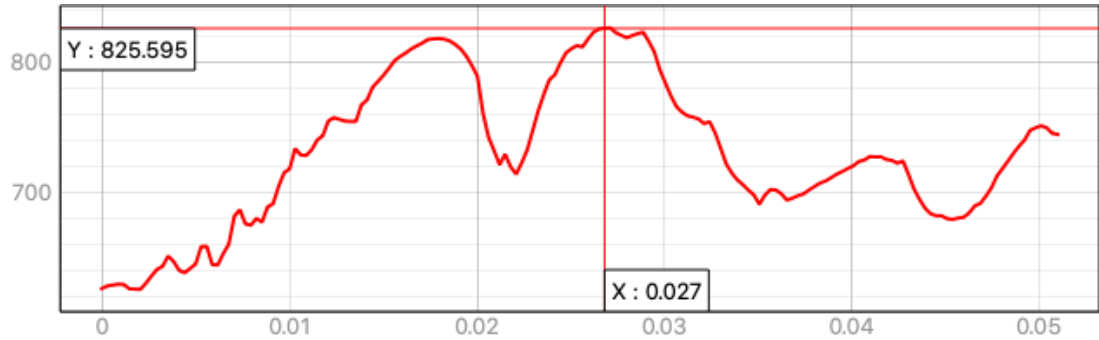


Figura 14, Perfil de elevación entre Teresa y Bejís

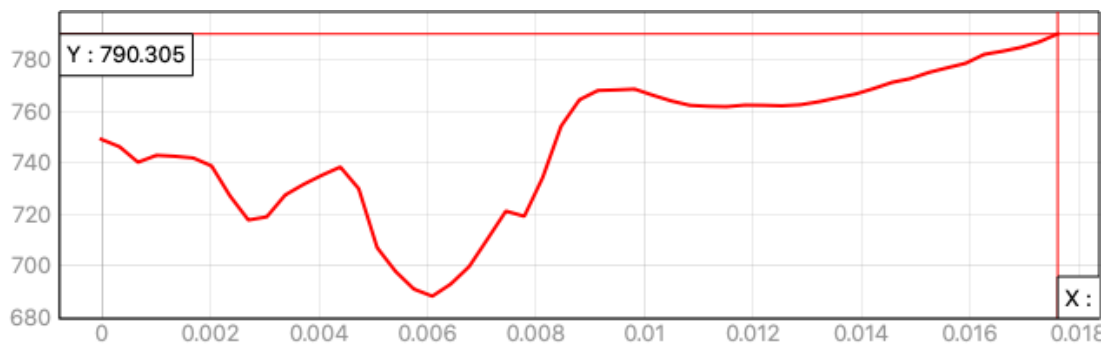


Figura 15, Perfil de Elevación entre Bejís y Torás

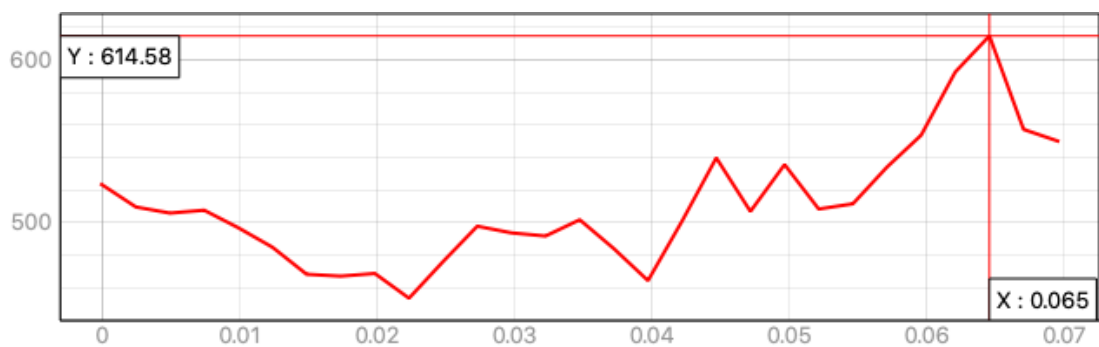


Figura 16, Perfil de elevación entre Jérica y Gabiel.

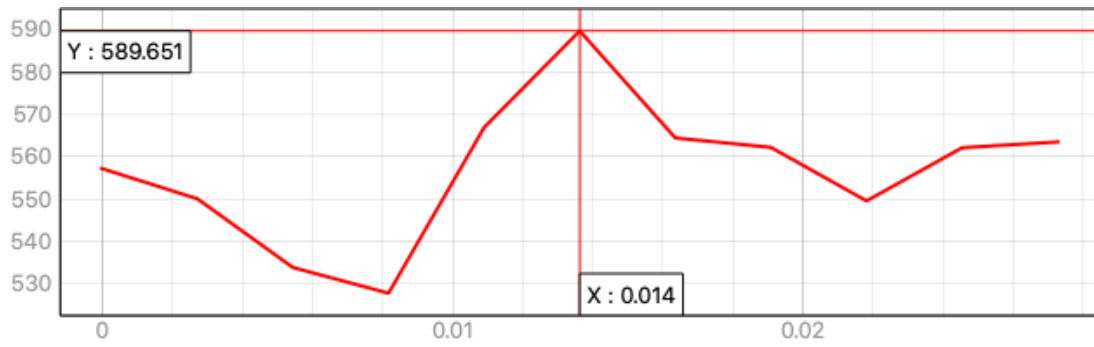


Figura 17, Perfil de elevación entre Gaibiel y Matet.

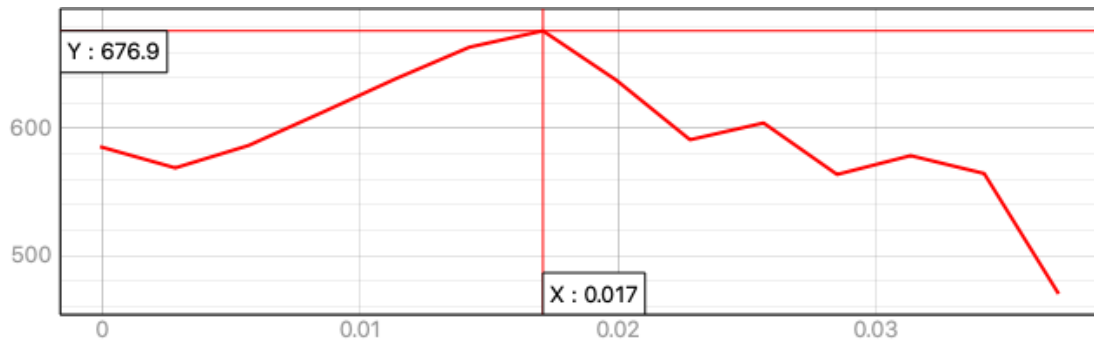


Figura 18, Perfil de elevación entre Matet y Algimia de Almonacid.

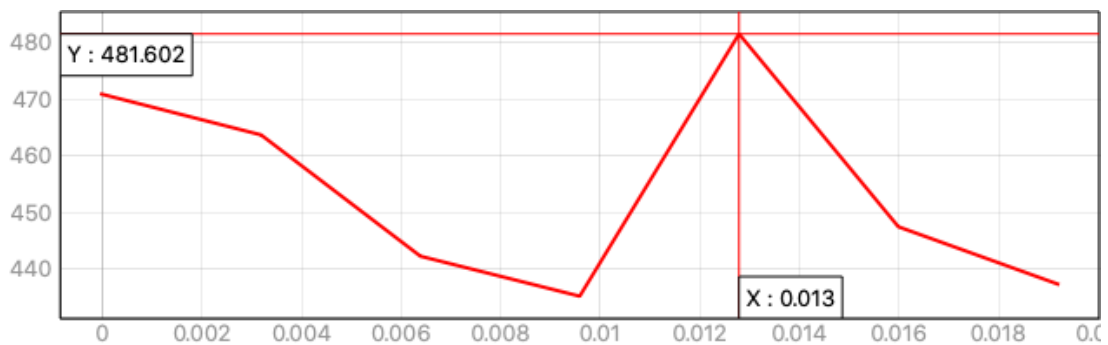


Figura 19, Perfil de elevación entre Algimia de Almonacid y Vall de Almonacid.

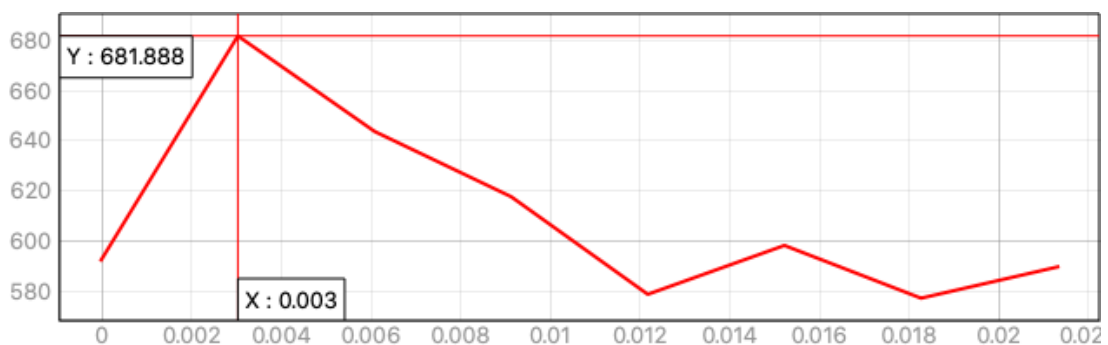


Figura 20, Perfil de elevación entre Viver y Benafar.

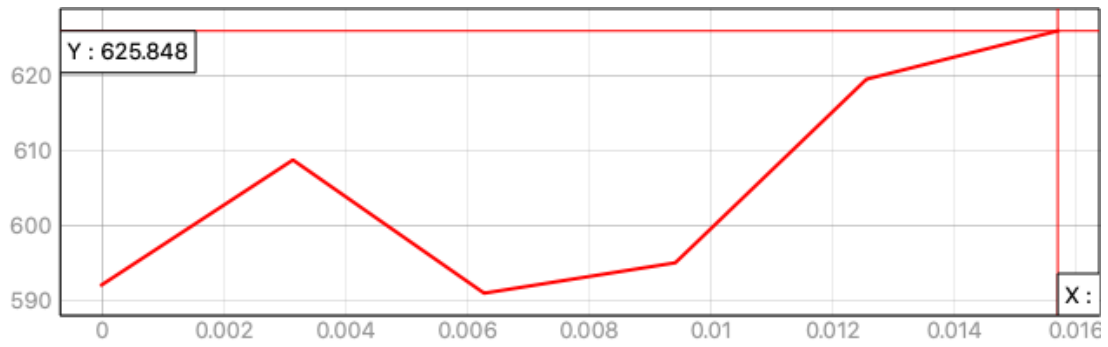


Figura 21, Perfil de elevación entre Benafar y Caudiel.

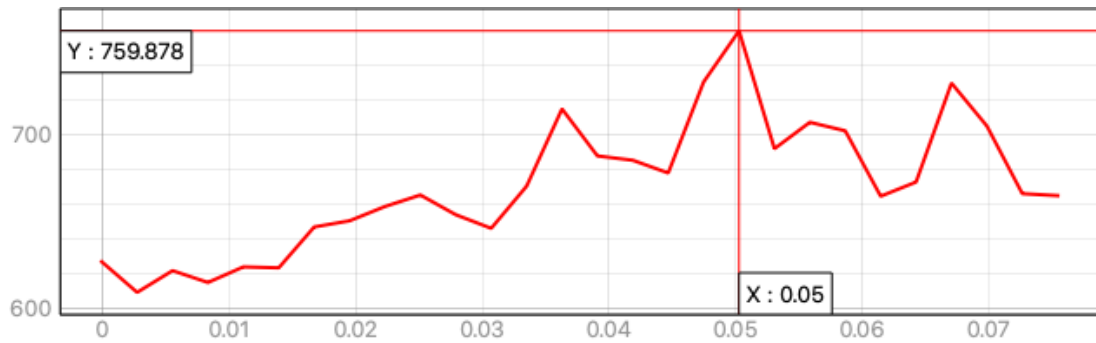


Figura 22, Perfil de elevación entre Caudiel e Higuera.

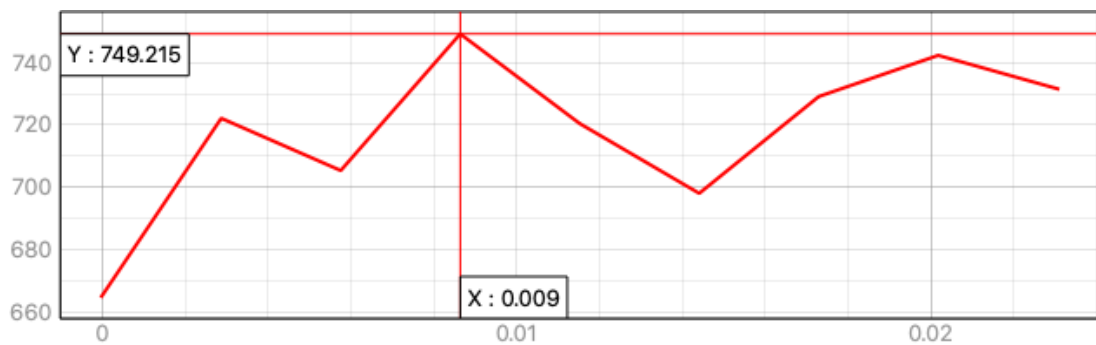


Figura 23, Perfil de elevación entre Higuera y Pavías.

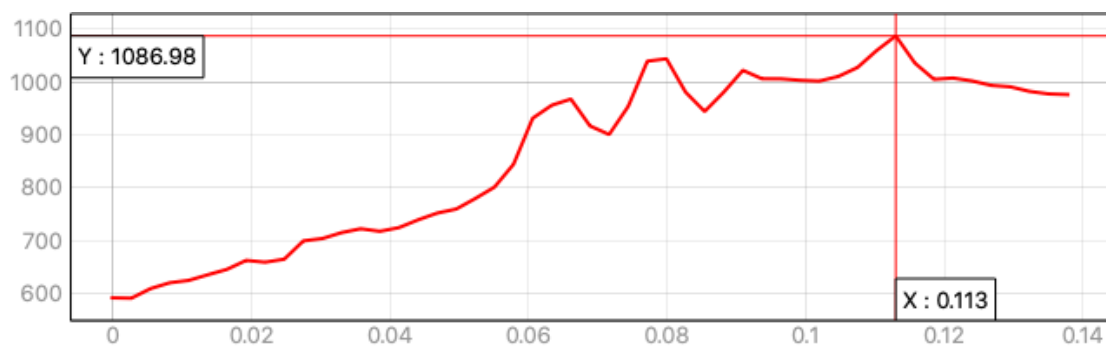


Figura 24, Perfil de elevación entre Viver y Barracas.

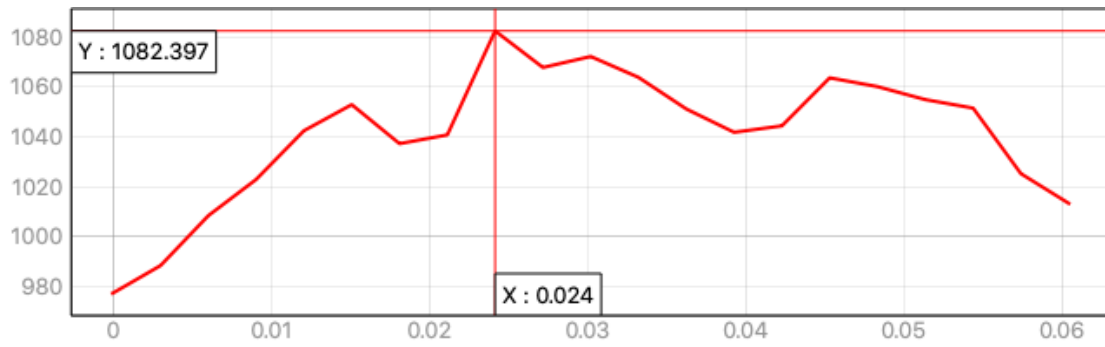


Figura 25, Perfil de elevación entre Barracas y El Toro.

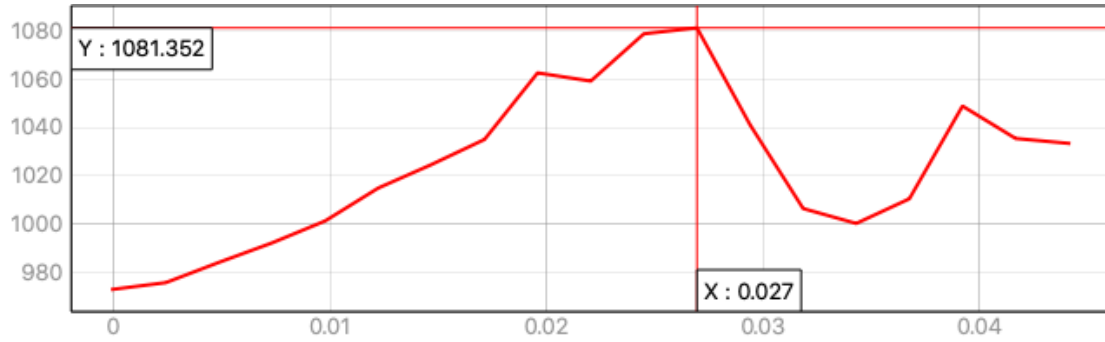


Figura 26, Perfil de elevación entre Barracas y Pina de Montalgrao.





De esta manera, utilizando la información de los perfiles y las herramientas del programa QGIS, se ha podido obtener la distancia real de la tubería a utilizar, en la siguiente tabla se muestra la distancia de cada tramo respecto al punto anterior.

Nudo	Distancia Desde El Punto Anterior (m)
Embalse Del Regajo	0
Posible Cavitación Embalse-Navajas	472
Navajas	1852
Segorbe	4287
Altura	3221
Castellnovo	3827
Almedijar	6030
Geldo	1972
Posible Cavitación Geldo-Soneja	1723
Soneja	5917
Sot de Ferrer	1711
Azuébar	6212
Posible Cavitación Azuebar-Chóvar	823
Chóvar	6183
Jérica	6782
Posible Cavitación Jérica-Viver	3561
Viver	422
Posible Cavitación Viver-Teresa	5392
Teresa	2809
Sacañet	10467
Posible Cavitación Viver-Benafer	403
Benafer	2113
Caudiel	1817
Posible Cavitación Caudiel-Higueras	6242
Higueras	3169
Posible Cavitación Higueras-Pavías	1138
Pavías	1756
Posible Cavitación Viver-Barracas	14253
Barracas	2652
Posible Cavitación Barracas-El Toro	3071
El Toro	4207
Posible Cavitación Barracas-Pina	3578
Pina de Montalgrao	1835
Posible Cavitación Jérica-Gaibiel	7281
Gaibiel	593
Posible Cavitación Gaibiel-Matet	1723
Matet	1424
Posible Cavitación Matet-Algimia	1940
Algimia de Almonacid	2108
Posible Cavitación Algimia-Vall	1577
Vall de Almonacid	601
Posible Cavitación Teresa-Bejís	4111
Bejís	2729
Torás	2381

Tabla 5, Distancias Reales entre Poblaciones.

## 5 Elementos de la Instalación

### 5.1 Tuberías

Para el presente proyecto, se han utilizado tuberías de fundición dúctil, por las ventajas que ofrecen respecto a otros materiales:

- Robustez y fiabilidad
- Facilidad y rapidez de instalación
- Elevadas prestaciones mecánicas e hidráulicas.

Se han seleccionado el sistema de canalizaciones de fundición dúctil para abastecimiento de agua potable con revestimiento exterior reforzado Pam Natural, del Grupo Saint-Gobain. Las tuberías seleccionadas cumplen los requisitos de presión preferentes según las Normas UNE-EN 545:2011. De esta manera, tienen una presión máxima admisible según el diámetro nominal de cada tubería.

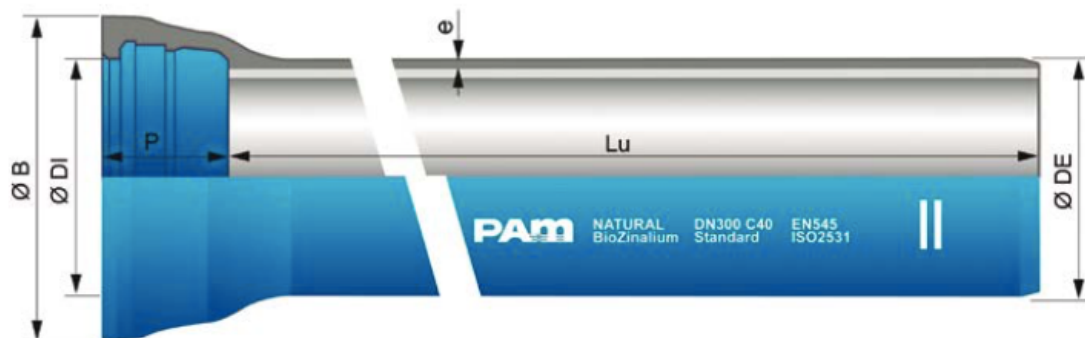


Figura 27, Tubería Pam Natural del Grupo Saint-Gobain.

Diámetro Nominal (DN)	Presión de Funcionamiento Admisible (PFA) en Bar
100	100
125	64
150	64
200	50
250	50
300	50
350	40
400	40
450	40
600	40

Tabla 6, PFA en relación con el DN de la tubería.

Con la información obtenida en esta tabla, se ha delimitado la presión de funcionamiento admisible en cada tramo de la simulación de Epanet, especialmente en los puntos que se encuentran a menor cota entre dos nudos de consumo.

### 5.1.1 Cálculo del Diámetro Nominal de Tuberías

Para determinar que tamaño deben tener las tuberías de la instalación, se ha recurrido al Criterio de Velocidad. Para ello se ha establecido una velocidad de diseño de 1m/s y se ha usado la demanda base en cada punto, para saber que caudal de agua va a discurrir por cada tramo. Y con la siguiente fórmula se ha obtenido el diámetro teórico que debe tener cada tubería:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_t^2}{4} v_{diseño}$$

*Ecuación 2, Diámetro teórico con Criterio de Velocidad*

Tras obtener el diámetro teórico, haciendo uso de la ecuación 2, se selecciona el diámetro nominal (DN) inmediatamente superior que se encuentra en el catálogo.

Tramos	Caudal (m/s)	D <sub>t</sub> (mm)	DN (mm)
Embalse-Navajas	0.1324	410.62	450
Navajas-Segorbe	0.1219	393.97	400
Segorbe-Altura	0.0322	202.42	250
Segorbe-Castellново	0.0083	102.8	150
Castellново-Almedíjar	0.0025	55.97	100
Segorbe-Geldo	0.0263	182.96	200
Geldo-Soneja	0.0226	169.71	200
Soneja-Sot de Ferrer	0.0089	106.75	150
Sot de Ferrer-Azuébar	0.0056	84.74	100
Azuébar-Chóvar	0.0026	57.65	100
Embalse-Jérica	0.0912	340.78	450
Jérica-Gaibiel	0.0137	132.22	150
Gaibiel-Matet	0.0092	107.99	125
Matet-Algimia de Almonacid	0.0071	95.35	100
Algimia de Almonacid-Vall de Almonacid	0.0034	65.80	100
Jérica-Viver	0.0562	267.38	300
Viver-Teresa	0.0168	146.34	150
Teresa-Bejís	0.0112	119.42	125
Teresa-Sacañet	0.0014	35.68	100
Bejís-Torás	0.0047	77.35	100
Viver-Benafer	0.0118	122.73	150
Benafer-Caudiel	0.0101	112.90	125
Caudiel-Higueras	0.0022	52.69	100
Higueras-Pavías	0.0013	40.99	100
Viver-Barracas	0.0071	94.4	100
Barracas-Pina de Montalgrao	0.0019	49.44	100
Barracas- El Toro	0.0037	68.63	100

*Tabla 7, Diámetro Nominal de los distintos tramos de la Red.*

### 5.1.2 Rugosidad

El agua al discurrir a presión por las tuberías de la instalación se ve sometida a una pérdida de carga que es función de la rugosidad del material que esté fabricado entre otros factores. Al haberse optado por tuberías de fundición dúctil es de  $0.26 \varepsilon$  (mm). Dicho valor se ha obtenido de la tabla de rugosidades absolutas de materiales que se encuentra en los apuntes de la asignatura Mecánica de Fluidos.

### 5.2 Válvulas

Las válvulas son elementos resistentes y su uso es fundamental para el correcto funcionamiento de una instalación hidráulica, a continuación, se presentan los tipos de válvulas que se han utilizado y el sentido de su utilización.

#### 5.2.1 Válvulas de Retención

Son válvulas que obligan a que el fluido vaya en una sola dirección, se han utilizado para:

- Impedir que elementos de gran valor como las bombas se vean afectados tras un posible golpe de ariete al manipular una válvula de seccionamiento.
- Para impedir que el flujo vaya en la dirección equivocada en un depósito.

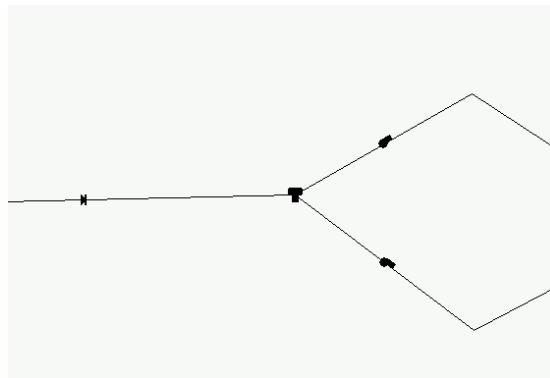


Figura 28, Válvula de retención a la entrada a un depósito de la instalación.

#### 5.2.2 Válvulas de Seccionamiento

Este tipo de válvulas se utilizan para aislar partes de la instalación con el objetivo de maniobrar ante una posible avería, si bien estas válvulas no se han introducido en el modelo de Epanet, se han tenido en cuenta y se han situado en:

- La zona de impulsión y aspiración de cada Bomba de la instalación.
- Entre el Embalse del Regajo y la instalación de Bombeo.
- A ambos lados de cada depósito de compensación.
- Aguas Arriba de Cada Población.

De esta forma, ante una eventual avería, se procederá a cortar el suministro y reparar dicha avería sin mayor inconveniente.

### 5.2.3 Válvulas Reductoras de Presión

Este tipo de Válvulas se utilizan para reducir la presión aguas debajo de la válvula, son especialmente interesantes cuando una instalación de bombeo debe suministrar agua a puntos con bastante diferencia de cota entre sí, como es el caso de esta instalación, por ello en un punto crítico de la instalación se ha utilizado una válvula reductora. En la siguiente imagen observamos una válvula reductora de esta instalación que fija la presión en el nudo siguiente a 50mca.



Figura 29, Válvula reductora de la instalación.

### 5.2.4 Válvulas Reguladoras

Sirven para regular el caudal, aumentando la resistencia de la instalación en caso de querer reducir el caudal. Este tipo de válvulas tampoco se han incluido en el modelo de Epanet, si bien se han introducido en la zona de impulsión de cada bomba para reducir el caudal en caso de ser necesario.

### 5.3 Bombas Hidráulicas

Las bombas hidráulicas son el elemento que aporta energía al agua, energía que es necesaria para solventar la diferencia de cota entre los distintos puntos de consumo.

Para el presente proyecto se han utilizado las bombas sumergibles de la empresa Grundfos, ya que ofrecen una amplia gama de Bombas capaces de manejar caudales de hasta  $470\text{m}^3/\text{h}$  y alturas de hasta 600m.

Además presentan un bajo coste de instalación, El acero inoxidable se traduce en un peso bajo que facilita el manejo de las bombas y da lugar a un menor coste de los equipos y a un menor tiempo de instalación y de revisión.

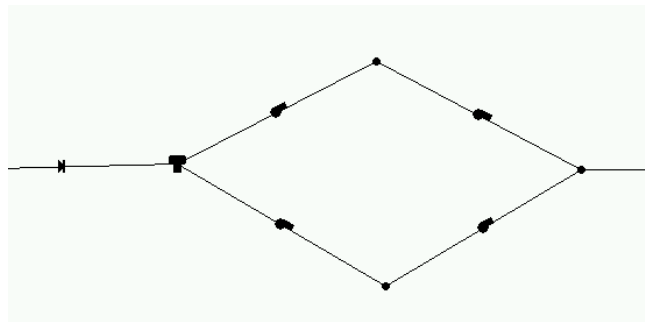


Figura 30, Bombeo desde un depósito de la instalación.

Para llevar a cabo el siguiente proyecto, se ha optado por utilizar bombas de menor tamaño agrupadas en serie y paralelo. Esta decisión se toma desde el punto de vista económico y desde el punto de vista de utilidad ya que:

- El coste energético de una instalación hidráulica puede suponer hasta el 70% del coste final de la instalación, de esta manera, el uso de bombas de menor potencia ayuda a reducir costes energéticos.
- Ante una eventual avería de una bomba se puede mantener el suministro, ya que pueden estar funcionando las bombas en paralelo.

## 5.4 Depósitos de Compensación

Los depósitos de compensación sirven para almacenar agua en forma de energía potencial. Se caracterizan por su nivel mínimo, nivel máximo y diámetro. Su nivel de agua varía a lo largo de la simulación.

En este proyecto, se han utilizado por los siguientes motivos:

- La alta variación entre las horas valle de consumo y las horas punta, provocan un exceso de presión a altas horas de la noche, esto se traduce en altas presiones, que exceden la máxima permitida en el RD 314/2006. De esta manera se puede almacenar la energía sobrante en forma de energía potencial.
- El uso de depósitos de compensación permite reducir el tamaño de las bombas, lo que se traduce en un menor coste final de la instalación.
- En caso de avería de las bombas, contar con depósitos de compensación permite seguir suministrando agua a la población.

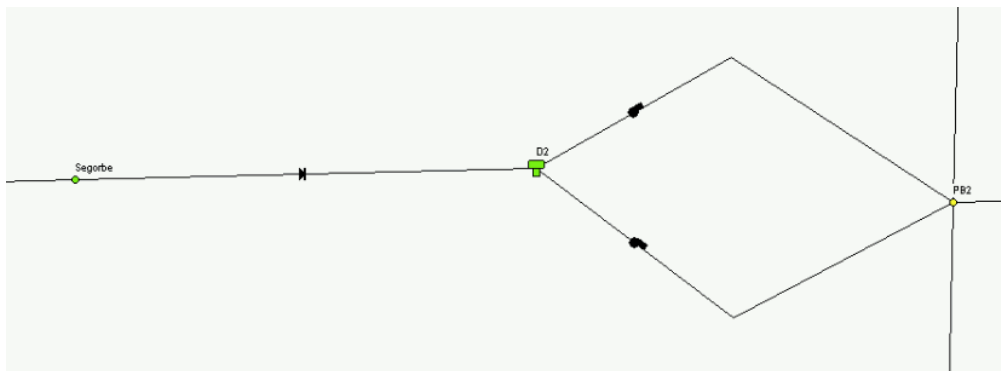


Figura 31, Depósito de compensación con posterior bombeo de la instalación.



## 6 Simulación de Epanet

Epanet es un programa de libre distribución de la EPA, agencia medioambiental de los estados unidos. Es ampliamente utilizado para el análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua. Permite analizar una red de distribución de agua en periodo extendido, es decir, analiza lo que ocurre en cada momento mediante distintas fotografías que luego enlaza.

### 6.1 Ecuaciones

El programa se rige por las siguientes ecuaciones hidráulicas que permiten analizar el flujo a presión.

#### 6.1.1 Ecuación de Continuidad

Esta ecuación representa el balance de masa entre fluidos, e indica que la masa de fluido que entra a una sección es igual a la que sale, por lo tanto el caudal de agua que entra a un nudo es igual a la suma de caudales que sale hacia otros nudos. En las siguientes Ecuaciones los términos representan:

- A= Area de la sección.
- v= Velocidad del Fluído.
- Q= Caudal trasegado.

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \qquad Q_1 = Q_2$$

*Ecuación 3, Ecuación de Continuidad.*

#### 6.1.2 Principio de Bernouilli

El principio de Bernouilli representa la Ley de Conservación de Energía a lo largo de una línea de flujo. Dicha Ecuación es un balance de energías donde se distingue entre Energía de Presión, Energía Potencial y Energía Cinética. De esta manera, indica que entre dos puntos de la instalación la energía es la misma, esto se produce en sistemas sin rozamiento. La ecuación real incluye un término de pérdidas energéticas que se producen por las resistencias que debe atravesar el fluido. Las unidades de los términos de la ecuación se expresan en metros de columna de agua.

$$P_1 + H_1 + \frac{v_1}{2g} = P_2 + H_2 + \frac{v_2}{2g} + Pérdidas_{1,2}$$

*Ecuación 4, Principio de Bernouilli.*

Los términos de la ecuación representan:

- P= Presión del fluido en el nudo en metros de columna de Agua.
- H= Cota del nudo sobre el nivel del mar.
- V= Velocidad Del Fluido.
- g= Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).





### 6.1.3 Ecuación de Pérdidas de Darcy-Weisbach.

Para caracterizar las pérdidas de carga a lo largo del recorrido Epanet hace uso de la Ecuación de Darcy-Weisbach, que es una ecuación empírica que caracteriza las pérdidas de carga hidráulica en función de una serie de parámetros:

- L= Longitud del tramo de tubería
- Q= Caudal que trasiega el tramo de tubería.
- D= Diámetro de la conducción.
- G= Aceleración de la gravedad (9.81m/s).

$$H_f = \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5}$$

*Ecuación 5, Ecuación de Pérdidas de Darcy Weisbach.*

## 6.2 Condiciones de la simulación

La red debe cumplir una serie de requisitos desde el punto de vista legal y desde el punto de vista técnico.

- El RD 314/2006 indica que las presiones a la llegada a la vivienda deben estar comprendidas entre 150kPa y 500kPa, es decir, entre 15.36 y 51.02 metros de columna de agua. Por consiguiente, la presión en los distintos nudos de consumo de la red, que en esta instalación son las acometidas a la entrada de cada población, debe oscilar entre dichos valores a lo largo de las 24 horas.
- Si bien el programa Epanet calcula de manera automática las pérdidas de Carga mayores con la Ecuación de Darcy-Weisbach, Es necesario caracterizar las pérdidas de carga locales, que generalmente constituyen entre un 8% y un 15% de las pérdidas mayores. Por ende, la decisión que se ha tomado es multiplicar la longitud de las tuberías por un factor de 1.11 y de esta manera, se toman en cuenta como parte de la Ecuación de Pérdidas de Darcy-Weisbach.
- Como se indica en la tabla 6, la presión máxima de funcionamiento de las tuberías es de 40Bar, es decir, 400 metros de columna de Agua. Por otra parte, para evitar que se produzca el fenómeno de la cavitación, se ha decidido que la presión sea mayor que cero metros de columna de agua en todos los tramos. Como consecuencia de ello, la presión a lo largo de las líneas de consumo oscilará entre 0 y 400 mca.
- Es necesaria la presencia de depósitos de regulación que den autonomía a las distintas poblaciones en caso de avería, por tanto, se establece el volumen mínimo de los depósitos de compensación como el volumen de agua necesario para dar suministro a la población durante 12 horas.

### 6.3 Modelo de red

Tras realizar los análisis previos y teniendo en cuenta las condiciones de contorno, se ha procedido a realizar la simulación en el programa. Para ello, en primer lugar, se pensó en utilizar el siguiente esquema:

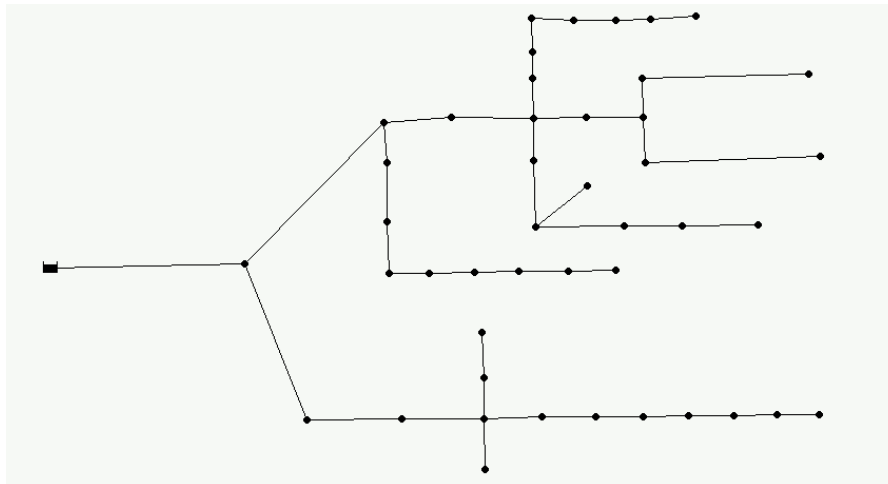


Figura 32, Esquema conjunto de la red.

En dicho esquema se distinguen dos partes claramente diferenciadas, una que se encuentra aguas arriba del embalse y otra que se encuentra aguas abajo, en la siguiente imagen se pueden ver con sombreado azul y sombreado rojo respectivamente:

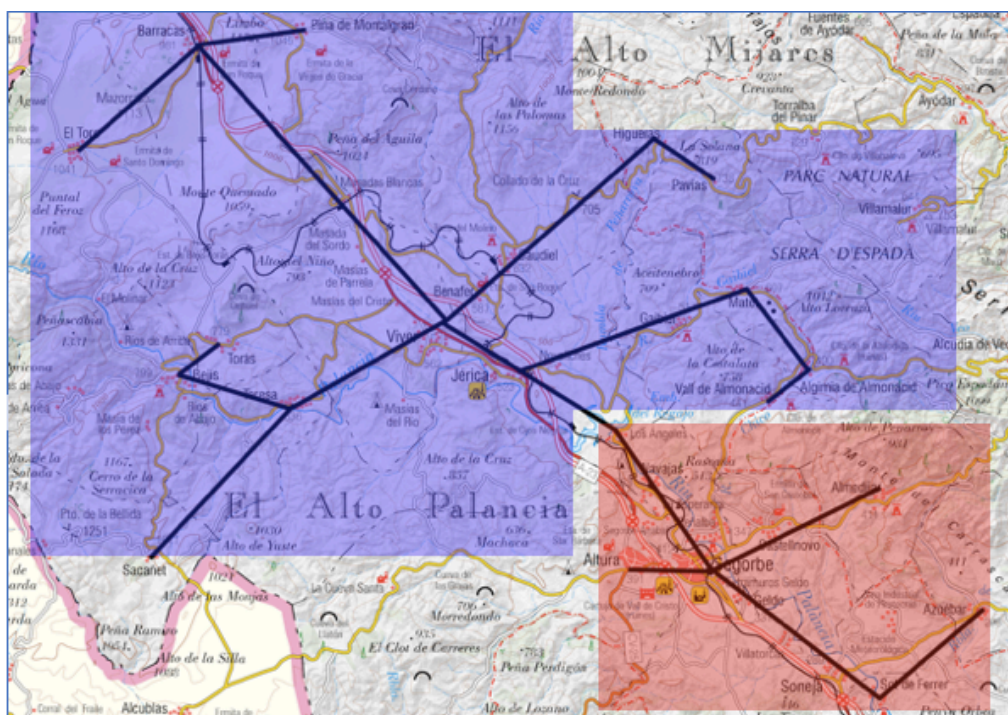


Figura 33, Dos partes diferenciadas de la comarca.

Como consecuencia, se ha optado por dividir, la red en dos simulaciones distintas de Epanet.

### 6.3.1 Red aguas abajo

Para diseñar este tramo de red, al no tener que aumentar excesivamente la cota, ya que la mayor parte de ella se encuentra por debajo de la cota del embalse, la principal dificultad radica en trasegar el enorme caudal que necesitan pueblos como Segorbe, cuya demanda base son 95,6 l/s.

Para ello, en primer lugar, se propuso utilizar una única instalación de bombeo, rápidamente se descartó esta opción debido a que en los pueblos que se encontraban más cerca del Embalse se obtenían presiones excesivas, mientras que en los que se encontraban más alejados, las presiones no eran suficientes. Finalmente se ha optado por la siguiente solución.

#### 6.3.1.1 Bombas hidráulicas

- Se han dispuesto 5 bombas del tipo SP215-10 en paralelo a la salida del Embalse.
- Se han colocado 2 bombas SP77-6 tras depósito a la Salida de Segorbe.
- Se han conectado 4 bombas SP77-6 en serie y Paralelo tras depósito en Sot de Ferrer.

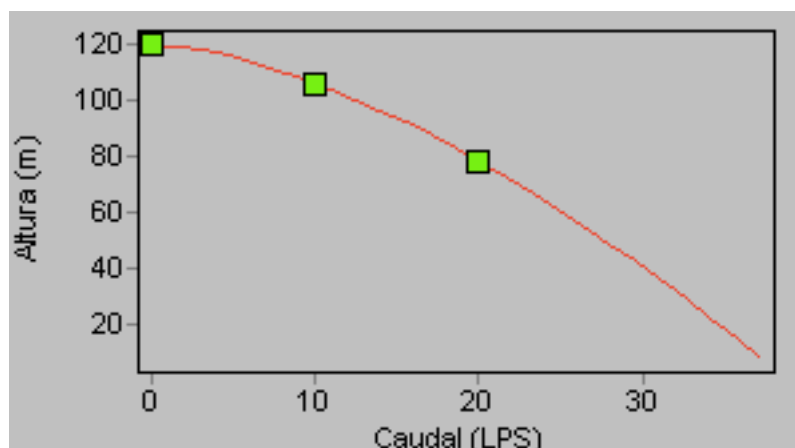


Figura 34, Curva característica de la bomba SP77-6.

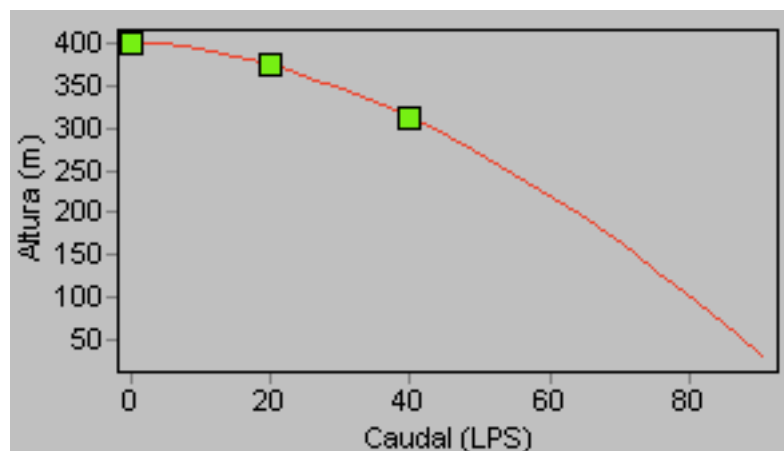


Figura 35, Curva Característica de la bomba SP215-10.

### 6.3.1.2 Depósitos de Compensación y Válvulas

Depósitos	Volumen De Regulación (m3)
1	14804
2	11843
3	3022
4	3947
5	1974
6	2368
7	789

Tabla 8, Volumen de regulación de los depósitos que se encuentran en la red aguas abajo.

También se han introducido en el programa diversas válvulas de retención a la entrada de los depósitos, para impedir el flujo en sentido inverso, y una válvula de regulación previa a la población de Geldo, para no exceder la presión máxima del RD 314/2006.

### 6.3.1.3 Esquema Final de la Red

A continuación, se muestra el esquema que cumple con todos los requisitos a las 8:00am, considerada hora punta de consumo en el patrón de demanda y una tabla que registra la presión de los nudos de consumo a dicha hora.

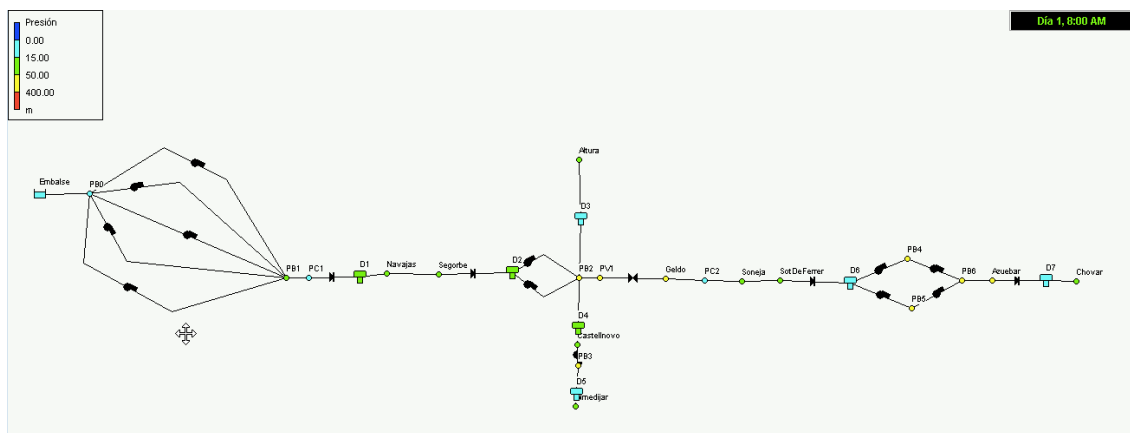


Figura 36, Esquema de la red Aguas Abajo a las 8:00am

Al comprobar las pérdidas en las líneas, se ha notificado que, en la primera línea, la cual discurre entre el Embalse del Regajo y Navajas, las pérdidas unitarias eran excesivas.

Esto se debe a que el caudal que circula por el tramo aumenta considerablemente al introducir el depósito. Las pérdidas son directamente proporcionales al cuadrado del caudal y inversamente proporcionales a la quinta potencia del diámetro. Como consecuencia, se ha tomado la decisión de aumentar el diámetro nominal del tramo de 450mm a 600mm. El resto de los diámetros conservan los valores previamente calculados.

Nudo de Consumo	Presión a las 8:00am en mca
Segorbe	17.34
Navajas	35.12
Altura	32.24
Castellnovo	30.05
Almedíjar	30.03
Geldo	50.00
Soneja	20.57
Sot de Ferrer	18.99
Azuébar	41.92
Chóvar	20.53

Tabla 9, Presión en los nudos de consumo de la red Aguas Abajo a las 8.00am.

### 6.3.2 Red Aguas Arriba

Este tramo de Red resulta más complejo, en él Hay puntos que se encuentran hasta 700 metros por encima del embalse y hay más nudos de consumo, aunque la demanda base conjunta de la red es bastante menor.

Por todo ello, la principal dificultad de esta parte radica en lograr bombear agua a los nudos más elevados de manera coherente y de la forma más económica posible.

En primer lugar, se ha obtenido el siguiente esquema:

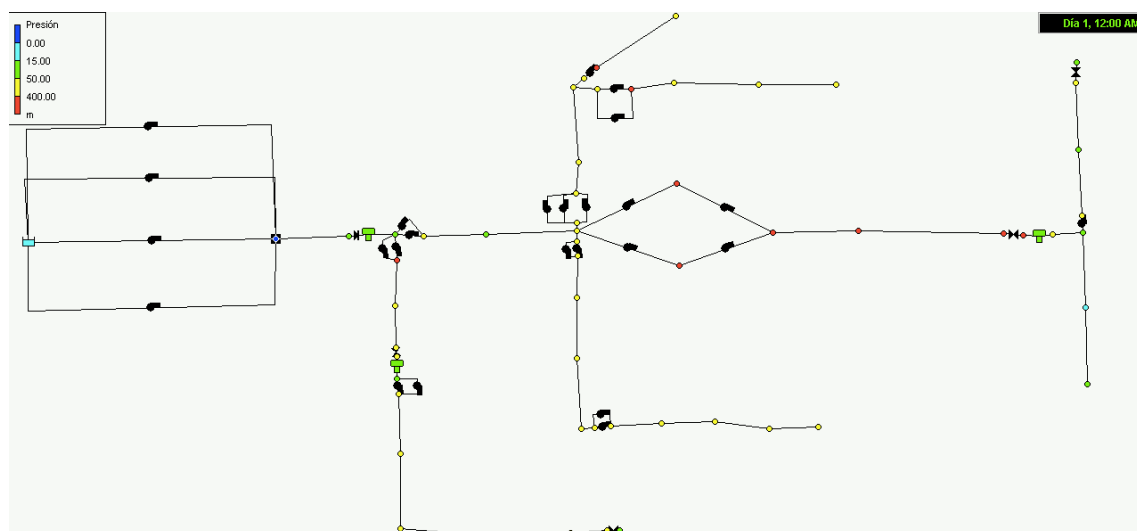


Figura 37, Esquema aguas arriba con exceso de presiones en horas valle.

En dicho esquema, que representa la situación a las 12:00am, hora de consumo valle, se puede observar que las presiones en los nudos de consumo son excesivas, ya que superan holgadamente los 50 mca, incumpliendo así el RD 314/2006.

También se puede observar que la distribución de depósitos es escasa, ya que no garantiza el suministro ante una posible avería.



Por estos dos motivos, se ha decidido ampliar el número de depósitos, de esta manera se puede controlar la presión en horas valle y garantizar la autonomía.

De esta manera, se consigue que todos los nudos de consumo se encuentren dentro del rango de presiones admitido y se obtiene la siguiente tabla, donde se muestran las presiones de los nudos de consumo en horas valle y en horas punta.

Nudo de consumo	Presión 12:00am en mca (Horas Valle)	Presión 8:00am en mca (Horas Punta)
Jérica	30.00	31.16
Gaibiel	37.90	37.29
Matet	32.99	33.29
Algimia de Almonacid	40.00	40.00
Vall de Almonacid	40.00	40.00
Viver	37.30	37.29
Teresa	23.00	23.53
Sacañet	41.41	28.08
Bejís	37.00	35.64
Toràs	49.45	30.55
Benafer	50.00	49.85
Caudiel	25.14	18.40
Higueras	46.47	41.57
Pavías	40.00	15.87
Barracas	47.80	46.94
El Toro	30.00	30.00
Pina de Montalgrao	34.85	26.50

*Tabla 10, Presión en los nudos de consumo de la red aguas arriba.*

Nótese en la tabla, que hay puntos como El Toro, Algimia de Almonacid y Vall de Almonacid, que presentan la misma presión a cualquier hora, esto se debe a que se han situado sendas válvulas reductores con un valor de consigna igual al que se muestra en la tabla. Se ha tomado esta decisión porque ya se disponía de depósitos aguas arriba para garantizar la autonomía, y era la mejor forma de controlar el exceso de presión en Horas Valle. A continuación, se muestra el esquema de la red que cumple los requisitos.

### 6.3.2.1 Esquema de la red

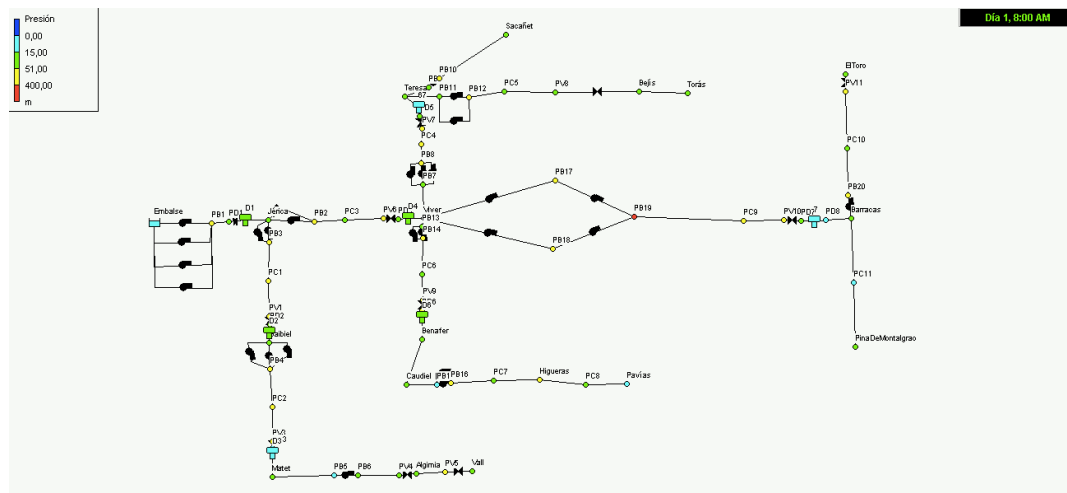


Figura 38, Esquema de la red Aguas arriba a las 8:00 am.

En el esquema anterior, se pueden observar puntos rojos en ciertos nudos tras bombeo, es decir más de 400 mca, presión máxima que había sido establecida. Pese a esto se han admitido estos valores porque el diámetro nominal de ese tramo de tuberías es de 150, y como podemos observar en la tabla 6, la presión de funcionamiento admisible para tuberías de ese diámetro es de 64 bar, es decir 640 mca, valor que no es superado en ningún momento.

### 6.3.2.2 Estaciones de bombeo:

- 4 bombas SP125-8 conectadas en paralelo a la salida del Embalse del regajo.
- 4 bombas SP46-10, 2 conectadas en paralelo entre Jérica y Gaibiel y otras 2 conectadas en paralelo entre Viver y Benafer.
- 3 bombas SP30-21 conectadas en paralelo entre Gaibiel y Matet.
- 2 bombas SP160-4 conectadas en paralelo entre Jérica y Viver.
- 3 bombas SP46-17 conectadas en paralelo entre Viver y Teresa.
- 2 bombas SP17-14 conectadas en paralelo entre Caudiel y Higuera.
- 4 bombas SP17-40 conectadas en serie y paralelo Entre Viver y Barracas.
- 1 bomba SP60-4 situada entre Barracas y el toro.
- 1 bomba SP9-52 situada entre Teresa y Sacañet.
- 2 bombas SP30-24 conectadas en paralelo entre Teresa y Bejís.

A continuación, se muestran todas las curvas características de las bombas en el programa Epanet, dónde se han introducido a mano utilizando la información del catálogo del fabricante, el grupo Grundfos.

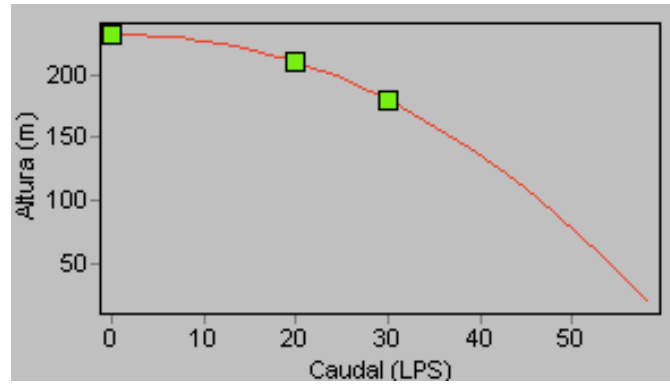


Figura 39, Curva Característica de la bomba SP125-8.

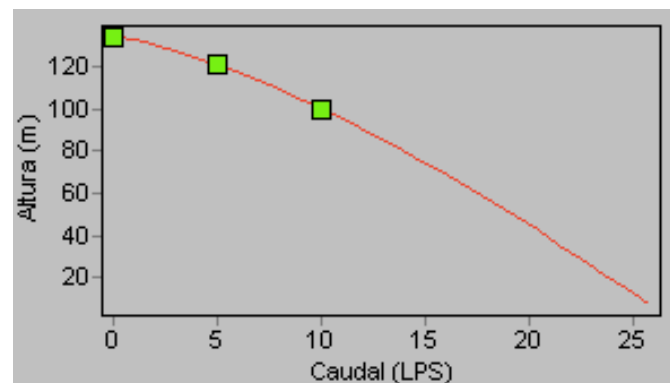


Figura 40, Curva característica de la bomba SP46-10.

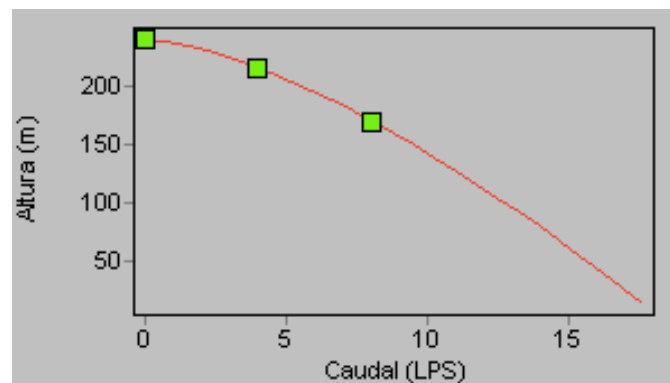


Figura 41, Curva característica de la bomba SP30-21.

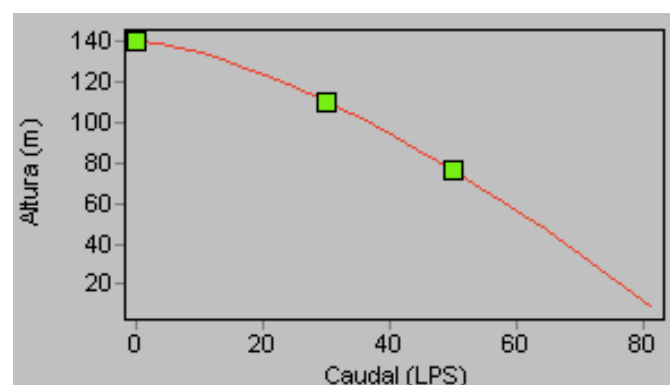


Figura 42, Curva característica de la bomba SP160-4A.



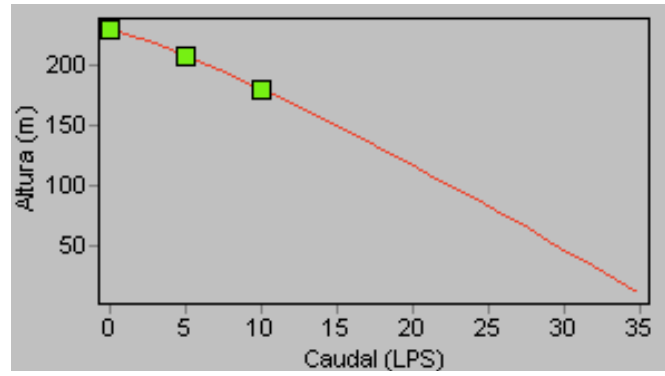


Figura 43, Curva característica de la bomba SP46-17.

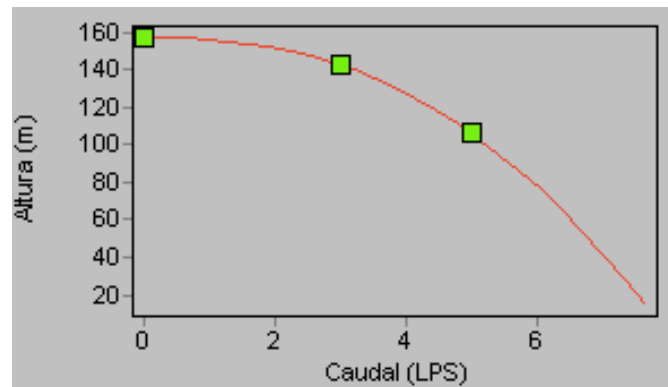


Figura 44, Curva característica de la bomba SP17-14.

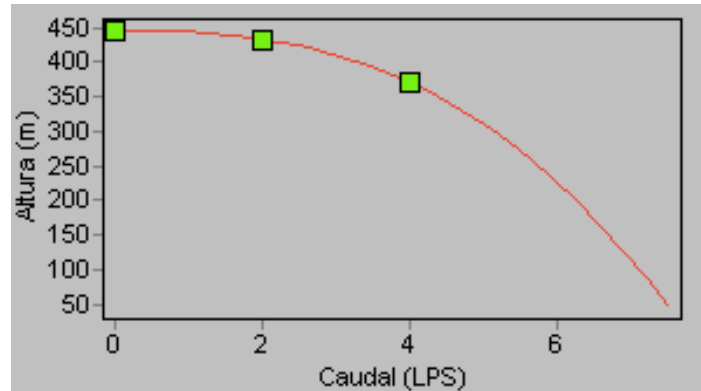


Figura 45, Curva característica de la bomba SP17-40.

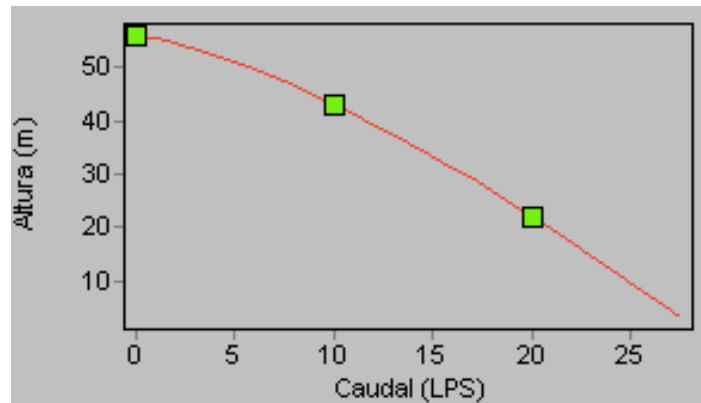


Figura 46, Curva característica de la bomba SP60-4.

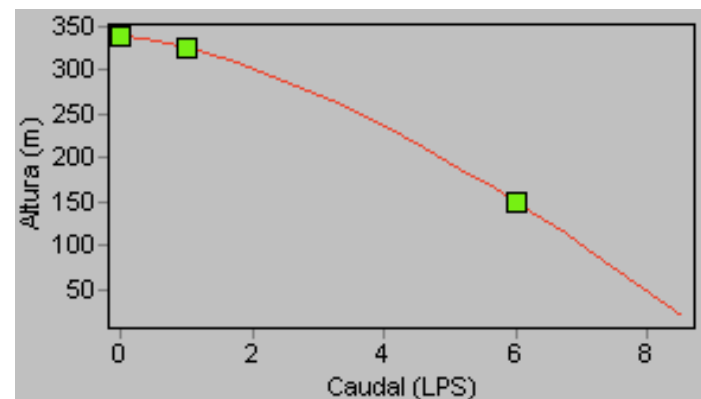


Figura 47, Curva característica de la bomba SP9-52.

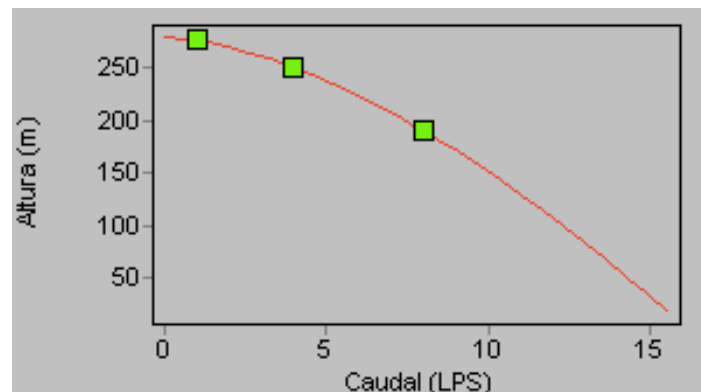


Figura 48, Curva característica de la bomba SP30-24.



### 6.3.2.3 Depósitos de Compensación y Válvulas

Depósito	Volumen de regulación (m3)
1	7896
2	4441
3	2171
4	5921
5	1579
6	1974
7	2566

*Tabla 11, Volumen de regulación de los depósitos de la red aguas arriba.*

Se han incluido válvulas reductoras de presión aguas arriba de Bejís, Algimia de Almonacid y Vall de Almonacid. Así como válvulas sostenedoras de presión aguas arriba de los depósitos de compensación, para introducirlos correctamente en el programa.

## 7 Análisis de Costes

En una instalación hidráulica, los costes totales del proyecto corresponden al agregado de los costes de inversión y los costes de explotación. En primer lugar, los costes de inversión se corresponden con los costes del equipo de bombeo, los depósitos de compensación y todas las obras que haya que realizar para poner la instalación en marcha. Mientras que los costes de explotación son los costes energéticos y de mantenimiento. El aumento de los costes de inversión supone una disminución de los costes de explotación y viceversa. Como consecuencia, se busca un compromiso entre ambos costes, para que el coste total sea el menor posible.

### 7.1 Costes de explotación

#### 7.1.1 Costes de Energía

En España, la tarifa eléctrica se puede contratar con una tarifa de discriminación horaria, esto quiere decir que hay 3 periodos a lo largo del día en los que la energía se vende a distinto precio. Como consecuencia, es objetivo de este trabajo determinar cuantas horas al día van a estar activas las bombas, principal elemento que consume energía de la instalación. En la siguiente figura se puede observar la discriminación horaria en el mes de agosto de 2020, cuya fuente es la Red Eléctrica de España.



Figura 49, Precio de la electricidad en la tarifa de discriminación Horaria.

Se puede observar que el coste del kilovatio hora al bombear solo en horas valle es de entre 2 y 3 veces menor que el de bombear en horas punta.

A continuación, se analiza los costes de explotación. Al bombear solo en horas valle, es necesario aumentar el caudal al doble. Por lo tanto, para saber que Tarifa elegir se ha analizado el caso específico del primer bombeo de la red aguas abajo. Para calcular, el caudal de bombeo durante 24 horas, se han sumado todas las demandas base de los pueblos aguas abajo del embalse. Mientras que para calcular el bombeo en horas valle, se ha multiplicado la cifra obtenida para el caudal de las 24 horas por dos.

Red	Caudal bombeo 12 horas (l/s)	Caudal bombeo 24 horas (l/s)
Red aguas abajo	1141.44	570.72

Tabla 12, Caudal según Horas de bombeo.

Para solucionar el primer caso, que es bombear durante 24 horas, se han posicionado 5 bombas SP215-10. Esta bomba tiene una potencia de 190kW. Para solucionar el bombeo en 12 horas, existen dos tipos de soluciones:

- Seleccionar bombas más grandes, el inconveniente de esta solución es que al ser el primer caudal muy grande, Seleccionar bombas que trasieguen el doble de caudal aumentaría de manera ingente el coste, tanto de explotación como de inversión.
- Duplicar las bombas SP215-10, es decir, disponer 10 bombas SP215-10 en paralelo.

Finalmente seleccionamos la segunda opción para analizar su viabilidad, para ello, calculamos el coste de explotación anual de ambos casos. No se han incluido costes de mantenimiento porque las diferencias entre ambos casos resultan insignificantes en comparación con los costes energéticos.

Situación	€/kWh	Potencia del Conjunto (kW)	Coste Anual (€)
Bombeo 12 horas	0.0429	1900	596715,14
Bombeo 24 horas	0.0717	950	714740,91

Tabla 13, Análisis del Coste de Explotación según las horas de consumo eléctrico.

Se comprueba que la opción seleccionada previamente, bombeando durante las 24 horas del día, es la más económica desde el punto de vista de los costes de explotación. No es necesario calcular los costes de inversión, ya que siempre van a ser menores cuando se bombea durante menos horas por los siguientes motivos:

- O se utilizan menos bombas, o las que se utilizan son más baratas.
- Los diámetros de las tuberías son menores.
- Los depósitos de compensación son menores, ya que no es necesario almacenar tanta energía potencial.



## 7.2 Conclusiones

No ha sido necesario analizar las distintas posibilidades dentro de los costes de inversión, esto se debe a que tras analizar los costes de explotación, la opción más económica resulta la más económica en costes de inversión también. De esta manera, los costes de inversión se descomponen en unidades de obra dentro del apartado de presupuestos.

Como consecuencia, se bombeará agua durante las 24 horas del día, este es el modelo que se ha introducido en el programa Epanet, en el apartado 6 de la memoria.



## 8 Bibliografía

- (1) Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- (2) Instituto Nacional de Estadística (INE).
- (3) Normas tecnológicas (NTE), Normas para la redacción de proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento de poblaciones.
- (4) Manual del Usuario de Epanet 2.0 – IIAMA UPV.
- (5) Catálogo de Tuberías del Grupo Sant-Gobain.
- (6) Normas UNE-EN 545:2011, requisitos de presiones preferentes en las conducciones.
- (7) Apuntes asignatura Mecánica de Fluidos Curso 2019/2020.
- (8) Apuntes asignatura Máquinas Hidráulicas curso 2019/2020.
- (9) Catálogo de bombas sumergibles del grupo Grundfos S.A.
- (10) Real Decreto 314/2006, rangos de presiones de llegada a los hogares.
- (11) Normativa Europea UNE-EN 805:2000, especificaciones relativas a la construcción de las nuevas redes de abastecimiento de agua, así como, las modificaciones que se realicen sobre las redes ya existentes.
- (12) Página web [tarifaluzhora.es](http://tarifaluzhora.es), donde se extraen los precios del kilovatio hora por discriminación horaria.



## PRESUPUESTOS





Para el cálculo de presupuestos, se ha hecho uso de la base de datos del IVE de 2019, y del generador de precios de Cype para calcular el coste de los tramos de tubería.

Dicho presupuesto se ha dividido en tres capítulos, con sus unidades de obra correspondientes, un capítulo corresponde al movimiento de tierras, otro corresponde al coste de los elementos hidráulicos que componen la instalación, y el último capítulo tiene en cuenta el coste del trabajo de diseño del proyecto.

Para el cálculo del precio de los depósitos, se ha recurrido al proyecto final de carrera *Cálculo y elección óptima de un depósito de agua* presentado en la UPC en 2005 por Riba Genescà E.

U.M. Descripción					
Capítulo 1 Movimiento de tierras					
Código	Ud	Descripción	RDTO.	Precio	Imp.
UO1.1	m3	Excavación de zanja			15,62
		Excavación de zanja entibada en roca realizada mediante martillo rompedor, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero			
MOOA.8a	h	Oficial 1ª construcción	0,011	18,61	0,20
MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	0,022	15,57	0,34
MMME.5fd	h	Retro de orugas 150cv 1,4m3	0,143	83,30	11,91
MMME.7a	h	Suplemento por martillo picador	0,143	20,00	2,86
%		Costes directos complementarios	0,020	15,31	0,31
UO1.2	m3	Relleno material granular en zanja			14,04
MOOA.8a	h	Oficial 1a construcción	0,040	18,61	0,74
PBRG.1fb	t	Grava caliza 6/12 lvd 10km	1.900	6,50	12,35
MMMR.1de	h	Pala crgra de neum 179cv 3,2 m3	0,012	55,76	0,67
%		Costes directos complementarios	0,020	13,76	0,28
UO1.3	m3	Relleno y extendido de material indeferenciado			14,66
		Relleno y extendido de gravas con medios mecánicos en capas de 25cm de espesor máximo, incluido el riego y compactación			
MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	0,020	15,57	0,31
PBRG.1hb	t	Grava caliza 10/20 lvd 10km	1.700	6,20	10,54
MMMC.8c	h	Motoniveladora 140 CV	0,020	63,49	1,27



MMMC12b	h	Rodll autpro 10 T	0,020	49,41	0,99
MMMR.1de	h	Pala crgra de neum 179cv 3,2 m3	0,020	55,76	1,12
%		Costes directos complementarios	0,030	14,23	0,43
<b>UO1.4</b>	<b>m3</b>	<b>Formación terraplén</b>			<b>2,67</b>
		Suministro, extendido y compactado de suelo procedente de excavación clasificado como adecuado en zona de cimiento, núcleo o espaldones para la formación de terraplén, extendido con un espesor no superior a 30cm, compactado hasta conseguir una densidad del 95% del Protor normal, incluso humectación y/o desecación.			
MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	0,072	15,57	1,12
MMMT.5a	h	Camión cisterna 8 m3	0,015	54,97	0,82
MMMC.8f	h	Motoniveladora 220 CV	0,005	88,00	0,44
MMMC12d	h	Rodll autpro 17 T	0,004	61,18	0,27
%		Costes directos complementarios	0,020	2,62	0,05
<b>UO1.5</b>	<b>m2</b>	<b>Pavimento árido triturado</b>			<b>19,37</b>
		Formación de pavimento de árido basáltico blanco triturado de 10 cm de espesor de acabado, comprendiendo la colocación y fijación de malla antihierba tejida de polipropileno resistente al paso de la radiación solar y permeable al agua y aire, el extendido y refino manual, compactado con bandeja vibratoria manual, incluido reforzado de bordes, humectación y limpieza, sin incluir la formación de la base.			
MOOA.8a	h	Oficial 1a construcción	0,050	18,61	0,93
MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	0,150	15,57	2,34
PBRG21b	m3	Árido triturado basáltico	0,105	122,40	12,85
PNIS12a	m2	Malla antihierbas	1.100	0,95	1,05
MMMR.1bb	h	Pala crgra de neum 102cv 1,5m3	0,010	44,61	0,45
MMMC.2bb	h	Band vibr 140kg 660x600 cm	0,200	6,83	1,37
%		Costes directos complementarios	0,020	18,99	0,38
<b>UO1.6</b>	<b>m2</b>	<b>Carga de tierras</b>			<b>0,46</b>



Carga de RCDs compuestos por tierras y piedras (LER 17 05 04) de una densidad aproximada de 1.8 t/m<sup>3</sup> realizada mediante medios mecánicos.

MMMR.1bb	h	Pala crgra de neum 102cv 1,5m3	0,010	44,61	0,45
%		Costes directos complementarios	0,020	0,45	0,01

UO1.7	m2	Transporte de tierras			3,20
-------	----	-----------------------	--	--	------

Transporte de tierras y piedras o material de desbroce en camión de 15 t realizado por transportista autorizado a instalación de valorización y/o eliminación considerando una distancia de 30 km y los tiempos de carga y espera.

MMMT14cca	h	Cmn de transp 15T 12m3 2ejes	0,064	49,05	3,14
%		Costes directos complementarios	0,020	3,14	0,06

#### Capítulo 2 Elementos hidráulicos

Código	Ud	Descripción	RDTO.	Precio	Importe
UO2.1	m	Tubo de fundición dúctil Ø100 mm			30,97

Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 100 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.  
Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

mt37tfd010ca	m	Tubo fundición Ø100 mm	1	29,17	29,17
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión mediante junta elástica	0,002	10,19	0,02
mQ04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,011	50,43	0,55
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,033	19,42	0,64
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,033	17,86	0,59
%	%	Costes directos complementarios	2	30,97	0,62

UO2.2	m	Tubo de fundición dúctil Ø125 mm			37,62
-------	---	----------------------------------	--	--	-------

mt37tfd010da	m	Tubo de fundición Ø125 mm	1	35,81	35,81
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,003	10,19	0,03



mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,011	50,43	0,55
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,033	19,42	0,64
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,033	17,86	0,59
%	%	Costes directos complementarios	2	37,62	0,75
<b>UO2.3</b>	<b>m</b>	<b> tubo de fundición dúctil Ø150 mm</b>			<b>43,41</b>
mt37tfd010ea	m	Tubo de fundición Ø150 mm	1	41,59	41,59
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,004	10,19	0,04
mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,011	50,43	0,55
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,033	19,42	0,64
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,033	17,86	0,59
%	%	Costes directos complementarios	2	43,41	0,87
<b>UO2.4</b>	<b>m</b>	<b> tubo de fundición dúctil Ø200 mm</b>			<b>59,07</b>
mt37tfd010fa	m	Tubo de fundición Ø200 mm	1	57,01	57,01
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,005	10,19	0,05
mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,011	50,43	0,55
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,039	19,42	0,76
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,039	17,86	0,7
%	%	Costes directos complementarios	2	59,07	1,18
<b>UO2.5</b>	<b>m</b>	<b> tubo de fundición dúctil Ø250 mm</b>			<b>74,71</b>
mt37tfd010ga	m	Tubo de fundición Ø250 mm	1	72,64	72,64
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,006	10,19	0,06
mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,011	50,43	0,55
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,039	19,42	0,76
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,039	17,86	0,7
%	%	Costes directos complementarios	2	74,71	1,49
<b>UO2.6</b>	<b>m</b>	<b> tubo de fundición dúctil Ø300 mm</b>			<b>97,45</b>
mt37tfd010ha	m	Tubo de fundición dúctil Ø300 mm	1	94,64	94,64
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,006	10,19	0,06
mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,022	50,43	1,11
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,044	19,42	0,85
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,044	17,86	0,79
%	%	Costes directos complementarios	2	97,45	1,95
<b>UO2.7</b>	<b>m</b>	<b> tubo de fundición dúctil Ø400 mm</b>			<b>146,58</b>



mt37tfd010ja	m	Tubo de fundición dúctil Ø400 mm	1	143,52	143,52
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,009	10,19	0,09
mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,022	50,43	1,11
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,05	19,42	0,97
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,05	17,86	0,89
%	%	Costes directos complementarios	2	146,58	2,93
<b>UO2.8</b>	<b>m</b>	<b>Tubo de fundición dúctil Ø450 mm</b>			<b>171,56</b>
mt37tfd010ka	m	Tubo de fundición dúctil Ø450 mm	1	168,49	168,49
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,01	10,19	0,1
mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,022	50,43	1,11
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,05	19,42	0,97
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,05	17,86	0,89
%	%	Costes directos complementarios	2	171,56	3,43
<b>UO2.9</b>	<b>m</b>	<b>Tubo de fundición dúctil Ø600 mm</b>			<b>262,89</b>
mt37tfd010ma	m	Tubo de fundición dúctil Ø600 mm	1	259,39	259,39
mt11ade100a	kg	Lubricante para unión	0,012	10,19	0,12
mq04cag010a	h	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,022	50,43	1,11
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	0,061	19,42	1,18
mo107	h	Ayudante fontanero.	0,061	17,86	1,09
%	%	Costes directos complementarios	2	262,89	5,26
<b>UO2.10</b>	<b>u</b>	<b>Válvula hidráulica fundición reductora Ø200</b>			<b>1.972,65</b>
		Suministro e instalación de válvula hidráulica de diafragma reductora de presión instalada en conducción de abastecimiento de agua, de 8" de diámetro nominal, cuerpo de fundición y una presión nominal 25atm, con marcado AENOR, incluso conexionado y tarado del pilotaje, tornillería, juntas y accesorios de montaje, totalmente instalada, probada y en correcto estado de funcionamiento.			
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	3,5	18,49	64,72
MOOF12a	h	Peón fontanería	3,5	14,71	51,49
MOOF11a	h	Especialista fontanería	1,75	15,71	27,49
PUAV.7aahb	u	Val hdr reductora de presión Ø8" 25atm	1	1567,22	1567,2



PUAV%01		Incremento accesorios conexión valv	0,01	1567,2	15,67
PUAV12aah	u	Pilotaje val hdr reductora de presión Ø8"	1	118	118
MMMG.1a	h	Cmn grúa 6T	2	44,69	89,38
%		Costes directos complementarios	0,02	1933,97	38,68
<b>UO2.11</b>	<b>u</b>	<b>Válvula hidráulica fundición reductora Ø150</b>			<b>799,06</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	3,3	18,49	61,02
MOOF12a	h	Peón fontanería	3,3	14,71	48,54
MOOF11a	h	Especialista fontanería	1,65	15,71	25,92
PUAV.7aagb	u	Val hdr reductora de presión Ø6" 25atm	1	524,66	524,66
PUAV%01		Incremento accesorios conexión valv	0,01	524,66	5,25
PUAV12aag	u	Pilotaje val hdr reductora de presión Ø6"	1	118	118
%		Costes directos complementarios	0,02	783,39	15,67
<b>UO2.12</b>	<b>u</b>	<b>Válvula hidráulica fundición reductora Ø100</b>			<b>420,53</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	2,75	18,49	50,85
MOOF12a	h	Peón fontanería	2,75	14,71	40,45
MOOF11a	h	Especialista fontanería	1,375	15,71	21,6
PUAV.7aafb	u	Val hdr reductora de presión Ø6" 25atm	1	179,58	179,58
PUAV%01		Incremento accesorios conexión valv	0,01	179,58	1,8
PUAV12aaf	u	Pilotaje val hdr reductora de presión Ø6"	1	118	118
%		Costes directos complementarios	0,02	412,28	15,67
<b>UO2.13</b>	<b>u</b>	<b>Válvula hidráulica fundición sostenedora Ø300</b>			<b>6769,43</b>
		Suministro e instalación de válvula hidráulica de diafragma sostenedora de presión instalada en conducción de abastecimiento de agua, de 12" de diámetro nominal, cuerpo de fundición y una presión nominal 25atm, con marcado AENOR, incluso conexionado y tarado del pilotaje, tornillería, juntas y accesorios de			



		montaje, totalmente instalada, probada y en correcto estado de funcionamiento.			
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	4,1	18,49	75,81
MOOF12a	h	Peón fontanería	4,1	14,71	60,31
MOOF11a	h	Especialista fontanería	2,05	15,71	32,21
PUAV.7abjb	u	Val hdr sostenedora de presión Ø12" 25atm	1	6037,92	6037,9
PUAV%01		Incremento accesorios conexión valv	0,01	6037,92	60,38
PUAV12abj	u	Pilotaje val hdr sostenedora de presión Ø12"	1	236	236
MMMG.1a	h	Cmn grúa 6T	3	44,69	134,07
%		Costes directos complementarios	0,02	6636,7	132,73
<b>UO2.14</b>	<b>u</b>	<b>Válvula hidráulica fundición sostenedora Ø150</b>			<b>919,42</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	3,3	18,49	61,02
MOOF12a	h	Peón fontanería	3,3	14,71	48,54
MOOF11a	h	Especialista fontanería	1,65	15,71	25,92
PUAV.7abgb	u	Val hdr sostenedora de presión Ø6" 25atm	1	524,66	524,66
PUAV%01		Incremento accesorios conexión valv	0,01	524,66	5,25
PUAV12abg	u	Pilotaje val hdr sostenedora de presión Ø6"	1	236	236
%		Costes directos complementarios	0,02	901,39	18,03
<b>UO2.15</b>	<b>u</b>	<b>Válvula hidráulica fundición sostenedora Ø100</b>			<b>540,89</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	2,75	18,49	50,85
MOOF12a	h	Peón fontanería	2,75	14,71	40,45
MOOF11a	h	Especialista fontanería	1,375	15,71	21,6
PUAV.7abfb	u	Val hdr sostenedora de presión Ø6" 25atm	1	179,58	179,58
PUAV%01		Incremento accesorios conexión valv	0,01	179,58	1,8
PUAV12abf	u	Pilotaje val hdr sostenedora de presión Ø6"	1	236	236
%		Costes directos complementarios	0,02	530,28	10,61
<b>UO2.16</b>	<b>u</b>	<b>Válvula retención fundición Ø600</b>			<b>10580,26</b>
		Válvula de retención de disco partido, colocado en tubería de abastecimiento de agua o en instalaciones de riego, de 600mm de diámetro nominal, cuerpo de fundición, presión nominal 25 atm. Incluso junta y accesorios. Con marcado AENOR. Totalmente instalada y en correcto estado de funcionamiento			
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	0,6	18,49	11,09
MOOF11a	h	Especialista fontanería	0,3	15,71	4,71
PUAV.7nac	u	Val rtn di partd Ø600 PN25	1	10357	10357



%		Costes directos complementarios	0,02	10372,8	207,46
<b>UO2.17</b>	<b>u</b>	<b>Válvula retención fundición Ø450</b>			<b>4151,9</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	0,55	18,49	10,17
MOOF11a	h	Especialista fontanería	0,27	15,71	4,24
PUAV.6mac	u	Val rtn di partd Ø450 PN25	1	4056,08	4056,1
%		Costes directos complementarios	0,02	4070,49	81,41
<b>UO2.18</b>	<b>u</b>	<b>Válvula retención fundición Ø100</b>			<b>85,31</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	0,35	18,49	6,47
MOOF11a	h	Especialista fontanería	0,17	15,71	2,67
PUAV.6eac	u	Val rtn di partd Ø100 PN25	1	74,5	74,5
%		Costes directos complementarios	0,02	83,64	1,67
<b>UO2.19</b>	<b>u</b>	<b>Bomba Hidráulica SP125-8</b>			<b>17987,904</b>
		Bomba hidráulica sumergible del grupo Grundfos, que aporta 125 m3/h de caudal nominal, cuenta con 8 impulsores, una potencia de 75 kilovatios. Un rodete de 192 mm de diámetro y el material del que está compuesta es acero inoxidable.			
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	16	18,49	295,84
MOOF11a	h	Especialista fontanería	16	15,71	251,36
17A00308	u	Bomba SP125-8 y caudalímetro	1	17088	17088
%		Costes directos complementarios	0,02	17635,2	352,7
<b>UO2.20</b>	<b>u</b>	<b>Bomba Hidráulica SP46-10</b>			<b>6457,416</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	14	18,49	258,86
MOOF11a	h	Especialista fontanería	14	15,71	219,94
15A21910	u	Bomba SP46-10 y caudalímetro	1	5852	5852
%		Costes directos complementarios	0,02	6330,8	126,62
<b>UO2.21</b>	<b>u</b>	<b>Bomba Hidráulica SP30-21</b>			<b>8011,692</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	13	18,49	240,37
MOOF11a	h	Especialista fontanería	13	15,71	204,23
13A01921	u	Bomba SP30-21 y caudalímetro	1	7410	7410
%		Costes directos complementarios	0,02	7854,6	157,09





UO2.22	u	Bomba Hidráulica SP160-4			14173,308
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	17	18,49	314,33
MOOF11a	h	Especialista fontanería	17	15,71	267,07
20020304	u	Bomba SP160-4 y caudalímetro	1	13314	13314
%		Costes directos complementarios	0,02	13895,4	277,91
UO2.23	u	Bomba Hidráulica SP46-17			9399,096
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	14	18,49	258,86
MOOF11a	h	Especialista fontanería	14	15,71	219,94
15A21917	u	Bomba SP46-17 y caudalímetro	1	8736	8736
%		Costes directos complementarios	0,02	9214,8	184,3
UO2.24	u	Bomba Hidráulica SP17-14			5318,28
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	10	18,49	184,9
MOOF11a	h	Especialista fontanería	10	15,71	157,1
12A01914	u	Bomba SP17-14 y caudalímetro	1	4872	4872
%		Costes directos complementarios	0,02	5214	104,28
UO2.25	u	Bomba Hidráulica SP17-40			9617,58
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	10	18,49	184,9
MOOF11a	h	Especialista fontanería	10	15,71	157,1
12A01940	u	Bomba SP17-40 y caudalímetro	1	9087	9087
%		Costes directos complementarios	0,02	9429	188,58
UO2.26	u	Bomba Hidráulica SP60-4			8584,728
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	12	18,49	221,88
MOOF11a	h	Especialista fontanería	12	15,71	188,52
14A01914	u	Bomba SP60-4 y caudalímetro	1	8006	8006
%		Costes directos complementarios	0,02	8416,4	168,33
UO2.27	u	Bomba Hidráulica SP9-52			6935,796
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	9	18,49	166,41
MOOF11a	h	Especialista fontanería	9	15,71	141,39
98699074	u	Bomba SP9-52 y caudalímetro	1	6492	6492
%		Costes directos complementarios	0,02	6799,8	136
UO2.28	u	Bomba Hidráulica SP30-24			8577,384
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	11	18,49	203,39
MOOF11a	h	Especialista fontanería	11	15,71	172,81



13A01924	u	Bomba SP30-24 y caudalímetro	1	8033	8033
%		Costes directos complementarios	0,02	8409,2	168,18
<b>UO2.29</b>	<b>u</b>	<b>Bomba Hidráulica SP215-10</b>			<b>42709,032</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	18	18,49	332,82
MOOF11a	h	Especialista fontanería	18	15,71	282,78
180AV0310	u	Bomba SP215-10 y caudalímetro	1	41256	41256
%		Costes directos complementarios	0,02	41871,6	837,43
<b>UO2.30</b>	<b>u</b>	<b>Bomba Hidráulica SP77-6</b>			<b>8170,2</b>
MOOF.8a	h	Oficial 1ª fontanería	15	18,49	277,35
MOOF11a	h	Especialista fontanería	15	15,71	235,65
16A01906	u	Bomba SP77-6 y caudalímetro	1	7497	7497
%		Costes directos complementarios	0,02	8010	160,2
<b>UO2.31</b>	<b>u</b>	<b>Depósito de compensación v=14804m3</b>			<b>724525,48</b>
		Depósito de almacenamiento de agua y rotura de carga.			
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	10	17,11	171,1
d1	u	Depósito v=14804m3	1	710148	710148
%		Costes directos complementarios	0,02	710319	14206
<b>UO2.32</b>	<b>u</b>	<b>Depósito de compensación v=11843m3</b>			<b>614656,07</b>
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	9	17,11	153,99
d2	u	Depósito v=11843m3	1	602450	602450
%		Costes directos complementarios	0,02	602604	12052
<b>UO2.33</b>	<b>u</b>	<b>Depósito de compensación v=7896m3</b>			<b>455933,76</b>
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	8	17,11	136,88
d3	u	Depósito v=7896m3	1	446857	446857
%		Costes directos complementarios	0,02	446994	8939,9
<b>UO2.34</b>	<b>u</b>	<b>Depósito de compensación v=5921m3</b>			<b>368788,93</b>
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	7	17,11	119,77
d4	u	Depósito v=5921m3	1	361438	361438
%		Costes directos complementarios	0,02	361558	7231,2
<b>UO2.35</b>	<b>u</b>	<b>Depósito de compensación v=4441m3</b>			<b>298349,65</b>



MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	6	17,11	102,66
d5	u	Depósito v=4441m3	1	292397	292397
%		Costes directos complementarios	0,02	292500	5850
UO2.36	u	Depósito de compensación v=3947m3			273522,85
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	6	17,11	102,66
d6	u	Depósito v=3947m3	1	268057	268057
%		Costes directos complementarios	0,02	268160	5363,2
UO2.37	u	Depósito de compensación v=3022m3			224659,64
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	5	17,11	85,55
d7	u	Depósito v=3022m3	1	220169	220169
%		Costes directos complementarios	0,02	220255	4405,1
UO2.38	u	Depósito de compensación v=2566m3			199154,54
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	5	17,11	85,55
d8	u	Depósito v=2566m3	1	195164	195164
%		Costes directos complementarios	0,02	195250	3905
UO2.39	u	Depósito de compensación v=2368m3			187715,24
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	5	17,11	85,55
d9	u	Depósito v=2368m3	1	183949	183949
%		Costes directos complementarios	0,02	184035	3680,7
UO2.40	u	Depósito de compensación v=2171m3			176081,12
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	5	17,11	85,55
d10	u	Depósito v=2171m3	1	172543	172543
%		Costes directos complementarios	0,02	172629	3452,6
UO2.41	u	Depósito de compensación v=1974m3			164147,01
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	4	17,11	68,44
d11	u	Depósito v=1974m3	1	160860	160860
%		Costes directos complementarios	0,02	160928	3218,6
UO2.42	u	Depósito de compensación v=1579m3			139252,89
MOOA12a	h	Peón Ordinario de Construcción	4	17,11	68,44
d12	u	Depósito v=1579m3	1	136454	136454
%		Costes directos complementarios	0,02	136522	2730,4



Capítulo 3 Trabajo de Diseño del Proyecto					
UO3.1	u	Trabajo de investigación ingenieril			30,01
		Investigación necesaria para llegar a las condiciones de contorno necesarias para el desarrollo del proyecto.			
MOOF.2a	h	Ingeniero Técnico	1	29,42	29,42
%		Costes directos complementarios	0,02	29,42	0,5884
UO3.1	u	Trabajo de modelización			31,03
		Trabajo de modelización de la instalación hidráulica.			
MOOF2.a	h	Ingeniero técnico	1	29,42	29,42
PC00		Ordenador de Trabajo Asus	1	1	1
%		Costes directos complementarios	0,02	30,42	0,6084



## 2 MEDICIONES Y PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

UNIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	ALTO Y ANCHO	LARGO	IMPORTE
<b>Capítulo 1</b>				<b>11.812.079,78 €</b>
UO1.1	15,62	1,56	144074	3.510.679,97 €
UO1.2	14,04	0,12	144074	242.735,88 €
UO1.3	14,66	1,80	144074	3.801.824,71 €
UO1.4	2,67	0,32	144074	123.096,83 €
UO1.5	19,37	1,40	144074	3.906.998,73 €
UO1.6	0,46	0,43	144074	28.497,84 €
UO1.7	3,20	0,43	144074	198.245,82 €
<b>Capítulo 2</b>				<b>12.041.083,55 €</b>
UO2.1	30,97		81895	2.536.288,15 €
UO2.2	37,62		11804	444.066,48 €
UO2.3	43,41		24129	1.047.439,89 €
UO2.4	59,07		9612	567.780,84 €
UO2.5	74,71		3221	240.640,91 €
UO2.6	97,45		4073	396.913,85 €
UO2.7	146,58		4287	628.388,46 €
UO2.8	171,56		6782	1.163.519,92 €
UO2.9	262,89		2324	610.956,36 €
UO2.10	1972,65		1	1.972,65 €
UO2.11	799,06		1	799,06 €
UO2.12	420,53		1	420,53 €
UO2.13	6769,43		1	6.769,43 €
UO2.14	919,42		3	2.758,26 €
UO2.15	540,89		1	540,89 €
UO2.16	10580,26		1	10.580,26 €
UO2.17	4151,90		1	4.151,90 €
UO2.18	85,31		2	170,62 €
UO2.19	17987,90		4	71.951,60 €
UO2.20	6457,42		4	25.829,68 €
UO2.21	14173,31		2	28.346,62 €
UO2.22	8011,69		3	24.035,07 €
UO2.23	9399,10		2	18.798,20 €
UO2.24	5318,28		2	10.636,56 €
UO2.25	9617,58		4	38.470,32 €
UO2.26	8584,73		1	8.584,73 €
UO2.27	6935,79		1	6.935,79 €
UO2.28	8577,38		2	17.154,76 €
UO2.29	42709,03		5	213.545,15 €
UO2.30	8170,20		6	49.021,20 €
UO2.31	724525,48		1	724.525,48 €
UO2.32	614656,07		1	614.656,07 €



UO2.33	455933,76	1	455.933,76 €
UO2.34	368788,93	1	368.788,93 €
UO2.35	298349,65	1	298.349,65 €
UO2.36	273522,85	1	273.522,85 €
UO2.37	224659,64	1	224.659,64 €
UO2.38	199154,54	1	199.154,54 €
UO2.39	187715,24	1	187.715,24 €
UO2.40	176081,12	2	352.162,24 €
UO2.41	164147,01	1	164.147,01 €
Capítulo 3			9.237,60 €
UO3.1	30,01	70	2.100,70 €
UO3.2	31,03	230	7.136,90 €



### 3. PRESUPUESTO FINAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	23.862.400,93€
10% GASTOS GENERALES	2.386.240,09€
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	1.431.744,06€
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	27.680.385,08€
21% IVA	5.812.880,87€
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	33.493.265,94€

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de:

TREINTA Y TRES MILLONES CUATROCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.