



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

## **RESUMEN**

El presente trabajo de fin de grado abarca el rediseño de la red de distribución de agua potable del municipio de Alcalá del Júcar, ya que la instalación actual ha devenido insuficiente, quedando obsoleta. Tras esta consideración y con el fin de mejorar las condiciones del servicio en Alcalá, se diseñará una red de distribución única para Alcalá y sus pedanías más cercanas y pobladas alimentadas por los pozos y depósitos de compensación preexistentes.

La abrupta orografía, la dispersión de los distintos núcleos urbanos del municipio, a ambos lados de un tramo del Júcar marcadamente encañonado y el aumento de la población en el periodo estival hacen considerablemente complejo el problema que plantea este proyecto.

Como ya se ha dicho, el diseño propuesto contará con los sondeos subterráneos y depósitos ya existentes, recayendo el peso del diseño en la ubicación y distribución de los puntos de consumo, el recorrido elegido para vencer las irregularidades del terreno, la selección de las conducciones adecuadas y la disposición de los grupos de bombeo necesarios.

Para diseñar la red estimando de forma fiable las longitudes reales de las conducciones y las cotas de los distintos puntos de la instalación, se hará uso del programa de gestión de sistemas de información geográfica de libre distribución QGIS en combinación con los modelos de elevación digital que facilita el Instituto Geográfico Nacional. Por supuesto, también se hará uso del programa EPANET para el cálculo hidráulico del conjunto de la instalación, una herramienta de análisis donde se podrá comprobar si se cumple con las condiciones de servicio en los puntos de consumo del municipio.

## RESUM

El present treball de fi de grau abarca el rediseny de la xarxa de distribució d' aigua potable al municipi d' Alcalà del Júcar, ja que la instal·lació actual ha devingut insuficient, quedant obsoleta. Tras aquesta consideració i amb la intenció de millorar les condicions del servici en Alcalà, es disenyarà una red de distribució única per Alcalà i les seues pedanies més properes i poblades alimentades pels pous i depòsits de compensació preexistents.

L' abrupta orografia, la dispersió dels distints nuclis urbans del municipi, a ambdós costats d' un tram del Xúquer marcadament encanonat i l' augment de la població en el període estival fan considerablement complexe el problema que planteja aquest projecte.

Com ja s'ha dit, el diseny proposat contarà amb les perforacions subterrànies per a extraure aigua i depòsits ja existents, recaient el pes del diseny en l' ubicació i distribució dels punts de consum, el recorregut escollit per a véncer les irregularitats del terreny, la selecció de les conduccions adequades i la disposició dels grups de bombament necessaris.

Per a disenyar la xarxa estimant de forma fiable les longituds reals de les conduccions i les cotes dels diferents punts de la instal·lació, es farà ús del programa de gestió de sistemes d' informació geogràfica de lliure distribució QGIS en combinació amb els models de elevació digital que facilita l' Institut Geogràfic Nacional. Per descomptat, també es farà ús del programa EPANET per al càlcul hidràulic del conjunt de la instal·lació, una ferramenta d' anàlisi on es podrà comprobar si es complix amb les condicions de servici en els punts de consum del municipi.

## ABSTRACT

This final degree project covers the redesign of the distribution network of drinking water in the municipality of Alcalá del Júcar, since the current facility it has become insufficient, becoming obsolete. After this consideration and in order to improve service conditions in Alcalá, a single distribution network will be designed for Alcalá and its closest and most populated districts, fed by the pumping wells and pre-existing water tanks.

The abrupt orography, the dispersion of the different urban centers of the municipality, on both sides of a stretch of the Júcar markedly canyoned, and the population increasement in the summer period, make the problem posed by this project considerably complex.

As it was mentioned, the proposed design will include the pumping wells and existing water tanks, being the important steps of the design: the location and distribution of consumption points, the route chosen to overcome the irregularities of the terrain, the selection of the appropriate pipes and the arrangement of the necessary pumping groups.

To design the network reliably estimating the real lengths of the pipes and the heights of the different points of the installation, the free distribution geographic information systems management program QGIS will be used in combination with the digital elevation models provided by the National Geographic Institute. Of course, the EPANET program will also be used for the hydraulic calculation of the whole facility, an analysis tool where it will be possible to check if the service conditions are met at the consumption points of the municipality.



# MEMORIA

## INDICE DE LA MEMORIA

INTRODUCCIÓN .....	10
ANTECEDENTES .....	11
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	11
DEMOGRAFÍA Y REPARTO POBLACIONAL .....	13
VARIACIÓN ESTACIONAL .....	14
ABONADOS .....	15
FUENTES DE SUMINISTRO .....	15
OBJETIVO.....	17
NORMATIVA .....	18
INSTALACIÓN A DISEÑAR .....	20
INTRODUCCIÓN .....	20
TERMINOLOGÍA.....	20
ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN .....	22
ANÁLISIS DEL TERRENO Y TRAZADO DE LA RED .....	27
COTAS Y PERFILES .....	28
ANÁLISIS TEÓRICO.....	32
ECUACIÓN DE BERNOUILLI .....	32
ECUACIÓN DE PÉRDIDAS .....	33
ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	36
DOTACIÓN DE LA DEMANDA .....	36
CURVA DE MODULACIÓN .....	37
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN .....	38
ELECCIÓN DE DIÁMETROS INICIAL .....	40
PRIMER ANÁLISIS .....	42

CONTROL DE SOBREPRESIONES .....	44
PRESIÓN DE SERVICIO .....	45
SISTEMA DE BOMBEO .....	47
ANÁLISIS DINÁMICO .....	49
COMPROBACIONES ANTE ALTERACIONES EN EL SUMINISTRO .....	52
COSTES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	54
COSTES DE EXPLOTACIÓN .....	54
COSTES DE MANTENIMIENTO .....	55
COSTE ANUAL .....	57
BIBLIOGRAFÍA .....	58

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Población Alcalá del Júcar .....	15
Tabla 2: Dimensiones nominales tuberías PVC comerciales .....	22
Tabla 3: Datos depósitos preexistentes en la instalación .....	26
Tabla 4: Cotas de los nudos de la red .....	29
Tabla 5: Características de las conducciones .....	31
Tabla 6: Ecuaciones de factor de fricción según número de Reynolds .....	35
Tabla 7: Caudales demandados .....	37
Tabla 8: Comprobación depósitos .....	39
Tabla 9: Diámetros conducciones .....	41
Tabla 10: Coste de explotación anual de las bombas de la red .....	55
Tabla 11: Costes de mantenimiento bombas .....	56
Tabla 12: Costes de mantenimiento anuales depósitos .....	57
Tabla 13: Costes anuales de mantenimiento y explotación .....	57



## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Provincia de Albacete, España.....	11
Imagen 2: Territorio de Alcalá del Júcar.....	11
Imagen 3: Alcalá del Júcar vista satelital.....	12
Imagen 4: Evolución demográfica Alcalá .....	13
Imagen 5: Evolución demográfica Alcalá del Júcar por núcleos urbanos .....	13
Imagen 6: Curvas de evolución demográfica población censada vs población máxima estacional .....	14
Imagen 7: Nudos de consumo, depósitos y pozos de agua subterránea en Alcalá del Júcar.....	16
Imagen 8: Esquema sistema de bombeo en paralelo.....	23
Imagen 9: Válvula de regulación .....	23
Imagen 10: Válvula antirretorno .....	23
Imagen 11: Válvula de compuerta.....	24
Imagen 12: Válvula reguladora de presión.....	24
Imagen 13: Depósito Las Eras.....	25
Imagen 14: Depósito Casas del Cerro .....	25
Imagen 15: Recorrido red de distribución propuesto.....	27
Imagen 16: Perfil D1 a D3.....	29
Imagen 17: Perfil D1 a C2.....	30
Imagen 18: Perfil D2 a A3.....	30
Imagen 19: Perfil D2 a A4.....	30
Imagen 20: Perfil D2 a A7 .....	30
Imagen 21: Perfil D3 a E2.....	30
Imagen 22: Perfil D3 a E3.....	30
Imagen 23: Perfil D3 a E4.....	30
Imagen 24: Diagrama de Moody .....	34
Imagen 25: Curva modulación de la demanda.....	37

Imagen 26: Esquema hidráulico red base .....	38
Imagen 27: Primer análisis red base .....	42
Imagen 28: Válvulas antirretorno y caudales red base .....	42
Imagen 29: Sobrepresiones en situación de mínimo caudal .....	43
Imagen 30: Presiones negativas primer análisis .....	43
Imagen 31: Control de sobrepresiones .....	44
Imagen 32: Presiones en el rango aceptado .....	45
Imagen 33: Curva motriz bomba TXI18/9 .....	46
Imagen 34: Curva motriz bomba TXI18/12 .....	46
Imagen 35: Curva motriz bomba TXI18/25 .....	47
Imagen 36: Red de distribución con sistemas de bombeo .....	48
Imagen 37: Curva motriz bomba TXI 40/18 .....	48
Imagen 38: Curva motriz bomba TXI 75/13 .....	49
Imagen 39: Curva motriz bomba TXI75/18 .....	49
Imagen 40: Red en funcionamiento al cabo de tres meses .....	50
Imagen 41: Evolución del depósito de Casas del Cerro .....	50
Imagen 42: Evolución del depósito de Alcalá del Júcar .....	50
Imagen 43: Evolución del depósito de Las Eras .....	50
Imagen 44: Evolución del Depósito Auxiliar Casas del Cerro-Alcalá .....	51
Imagen 45: Evolución del Depósito Auxiliar Las Eras-Alcalá .....	51
Imagen 46: Duplicado de conducciones L4 y L5 .....	52
Imagen 47: Curva bomba TXI40/15 .....	53
Imagen 48: Curva bomba TXI40/25 .....	53
Imagen 49: Evolución del precio de la luz en un día .....	54

## INTRODUCCIÓN

En el presente Trabajo de Fin de Grado se plantea un problema relacionado con la red de distribución de agua potable en el municipio Alcalá del Júcar.

Este municipio es abastecido por aguas subterráneas presentes en el territorio de la localidad debido a su emplazamiento, muy próximo al cauce del río Júcar. La extracción continuada de agua mediante bombeo hace que la calidad de estas aguas disminuya con el paso del tiempo. Además, cada una de las pedanías que forman parte de la localidad, extrae el agua para su consumo de pozos independientes unos de otros. Con este sistema, las diferentes redes de distribución existentes son muy poco resilientes ante averías en la red y no se aprovechan eficientemente las extracciones de agua.

Es por ello que en este trabajo se estudia con detalle el municipio de Alcalá y sus características, para tratar de dar una solución a los problemas planteados, y asegurar el futuro del agua que abastece esta localidad.

## ANTECEDENTES

### LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Alcalá del Júcar es un municipio situado al sureste de la península Ibérica perteneciente a la provincia de Albacete. Concretamente se encuentra ubicado en la comarca de La Manchuela, al noreste de la provincia. Desde esta situación el Júcar se encuentra a 120 km de su desembocadura, quedando el municipio de Alcalá sumergido en el curso medio del río.



Imagen 1: Provincia de Albacete, España

Las diferentes pedanías que componen el municipio de Alcalá están repartidas a lo largo de un amplio territorio. Con la siguiente imagen se podrá contemplar la distribución de éstas sobre el terreno.

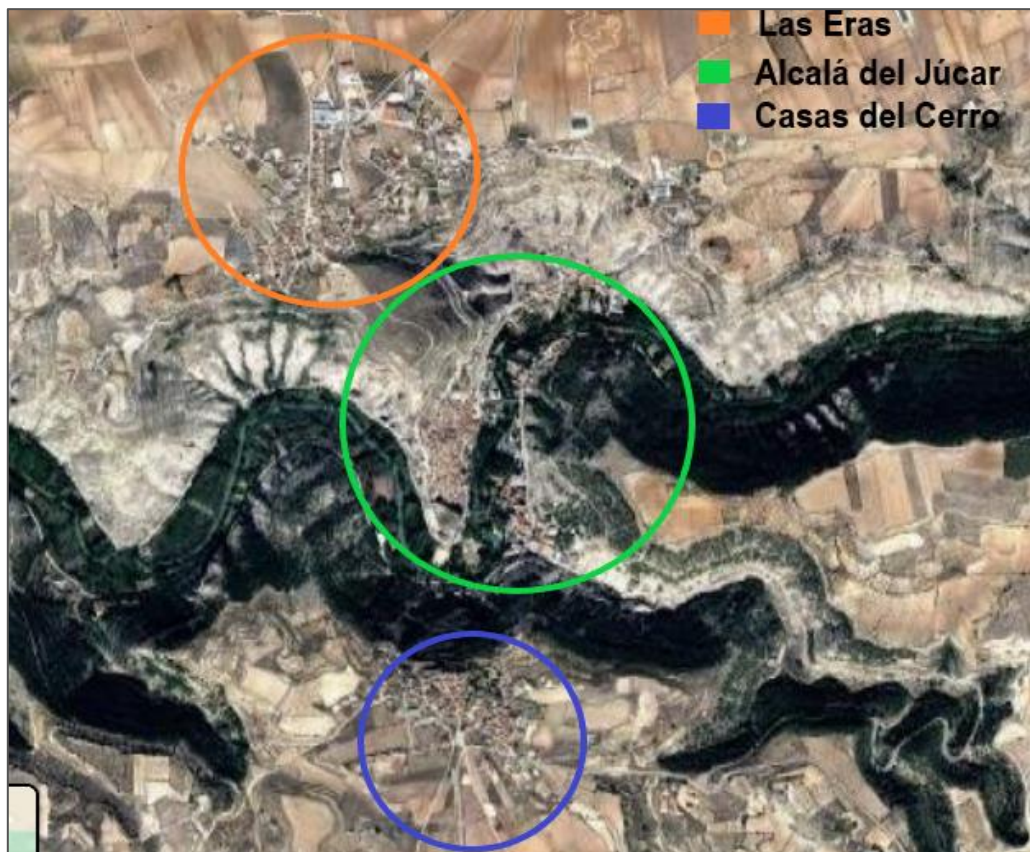


Imagen 2: Territorio de Alcalá del Júcar

Su cota está fijada en 568 m, aunque la realidad es que en el municipio de Alcalá se encuentran desniveles de hasta 150 metros. Estos grandes desniveles se dan debido a que Alcalá se encuentra encañonado en un tramo del río Júcar, distribuyendo sus núcleos urbanos entre las partes más elevadas del cañón y el fondo de éste.

Unos, Las Eras y Casas del Cerro, se encuentran en lo alto del cañón, uno a cada lado del río, en las direcciones Norte y Sur respectivamente. Y el otro, Alcalá, tiene su casco urbano antiguo en la escarpada pared del cañón y demás barrios en el fondo del cañón.

Aunque Alcalá del Júcar cuenta con tres pedanías más (La Gila, Tolosa y Zulema), en el estudio sólo se incluyen las mencionadas con anterioridad pues son las pedanías más próximas entre sí y, además, las más pobladas como se ve con posterioridad.



*Imagen 3: Alcalá del Júcar vista satelital*

En la anterior imagen se puede ver en vista satelital la ubicación de dichos municipios sujetos a estudio. Se puede apreciar claramente como Las Eras y Casas del Cerro se encuentran en lo alto del cañón, a unos 670 metros sobre el nivel del mar y cómo Alcalá desciende por la pared del cañón hasta llegar a los 520 metros.

## DEMOGRAFÍA Y REPARTO POBLACIONAL

El municipio de Alcalá del Júcar y sus pedanías quedan repartidos a lo largo de 147.22 km<sup>2</sup>. Los núcleos que no han sido considerados, no lo han sido por ser los de menor densidad poblacional y encontrarse a una distancia considerable. La única información que se va a aportar sobre la población de éstos es que es inferior a la mínima de las poblaciones estudiadas.

La población de Alcalá del Júcar, así como la mayoría de las poblaciones del medio rural, ha sufrido un receso durante los últimos años e incluso décadas debido al fenómeno conocido como éxodo rural, es decir, la emigración a las ciudades desde estas poblaciones hacia las oportunidades que ofrecen los lugares con mucha más densidad de población. Este fenómeno queda de manifiesto con la siguiente gráfica obtenida del Instituto Nacional de Estadística (INE) [1]:

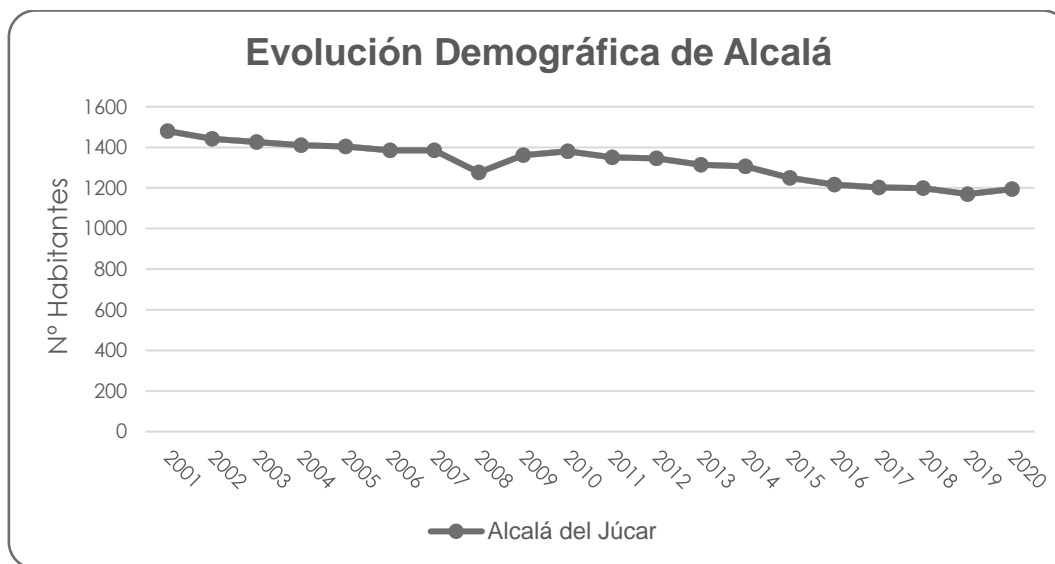


Imagen 4: Evolución demográfica Alcalá

A continuación, se muestra un gráfico que también recoge el receso poblacional sufrido por Alcalá, sólo que esta vez muestra la información separada en los distintos núcleos urbanos.

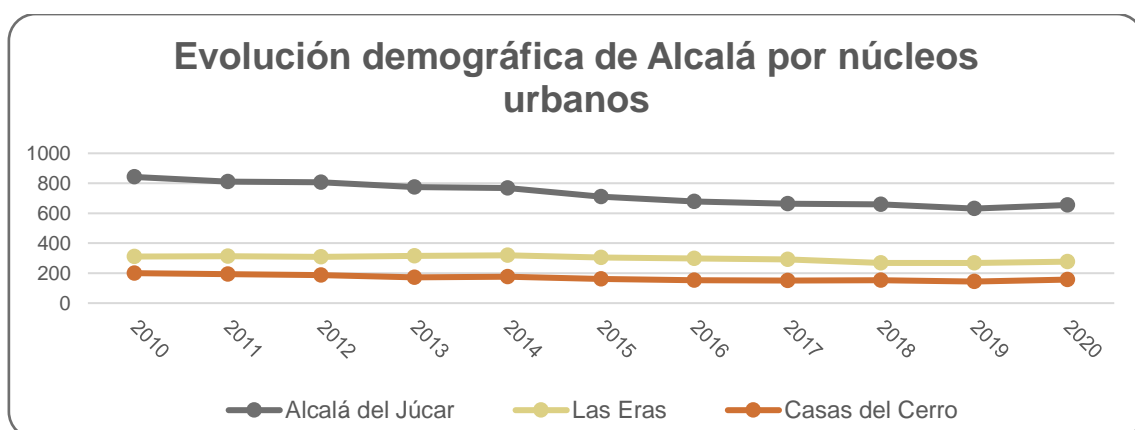


Imagen 5: Evolución demográfica Alcalá del Júcar por núcleos urbanos

De este último gráfico se recogen los datos del número de habitantes censados en 2020 que se usa posteriormente en la asignación de las demandas a los diferentes puntos de consumo distribuidos por los tres núcleos urbanos.

## VARIACIÓN ESTACIONAL

Debido al receso demográfico que sufre Alcalá, el municipio ha optado por apostar por el turismo rural y de ocio. En los últimos años ha aumentado la oferta de actividades con fines lúdicos y celebración de eventos sociales, así como actividades de multiaventura, que, sumado al atractivo de Alcalá, al turismo rural o incluso a que forma parte de una de las rutas del camino de Santiago, la población en época estival puede ascender a más del doble, siendo necesario para el presente proyecto centrar la evaluación del suministro de agua potable en esta situación.

La nombrada situación considera que los abonados son la población máxima estacional, es decir, es una estimación de la población máxima que soporta Alcalá del Júcar. En el cálculo se incluyen las personas que tienen algún tipo de vinculación o relación con el municipio, ya sea porque residen, trabajan, estudian o pasan algún período de tiempo en él. Los datos son publicados anualmente por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, en colaboración con las Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consejos Insulares. Tanto la definición anterior como los datos de la evolución de la población máxima estacional han sido recogidos de foro-ciudad [2].

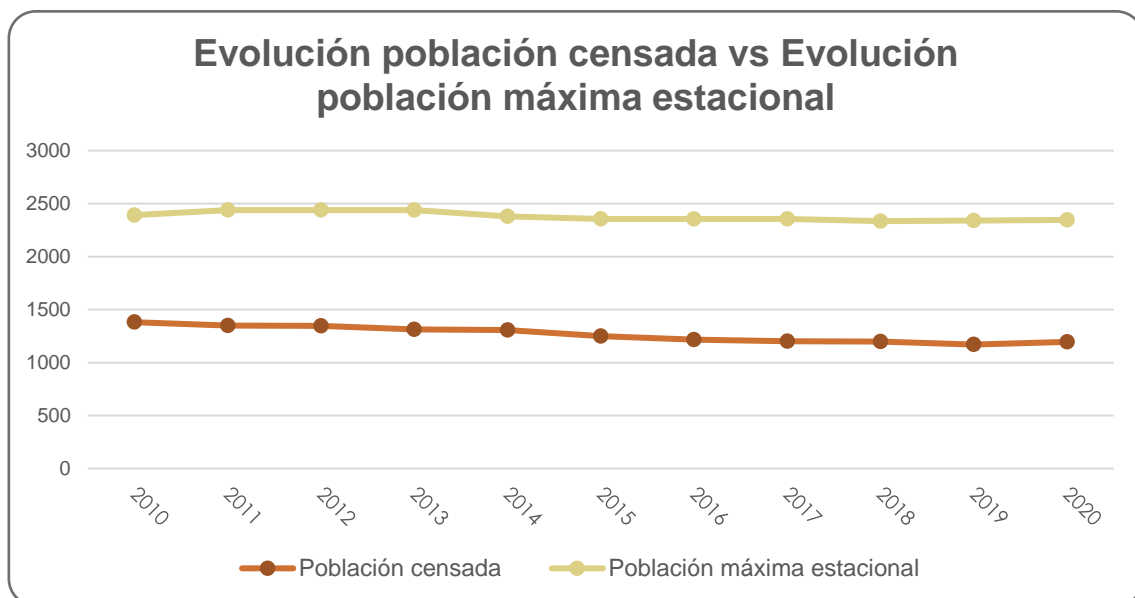


Imagen 6: Curvas de evolución demográfica población censada vs población máxima estacional

Estos datos muestran la evolución de la población máxima estacional junto con la evolución de la población censada. Remarcar que estos datos son de todos los municipios juntos por lo que este aumento se ve reflejado en el conjunto de núcleos urbanos y no sólo en el de Alcalá del Júcar. En este gráfico también queda reflejado cómo la población máxima estacional también ha disminuido con

el paso del tiempo. Con esta comparación queda de manifiesto que la población máxima estacional es aproximadamente el doble en todo el periodo que abarcan los gráficos, quedando el dato concreto actual registrado en la siguiente tabla.

Núcleo urbano	Población censada	Población máxima estacional
Casas del Cerro	158	316
Alcalá del Júcar	655	1310
Las Eras	277	554

Tabla 1: Población Alcalá del Júcar

## ABONADOS

Así, con la información sobre la población de Alcalá recogida, se ha considerado que, por ser la situación más desfavorable en términos de demandas, por la apuesta del pueblo a crecer, y aumentar sus demandas, la red se diseña contando como abonados la población máxima estacional (*Tabla 1*).

Estos abonados quedan representados en el diseño como nudos de consumo repartidos estratégicamente a lo largo de los núcleos urbanos. En ellos, queda representada la población por lo que se ubican de tal manera que puedan cubrir las necesidades de todos los abonados considerados.

## FUENTES DE SUMINISTRO

El agua para la distribución y el consumo proviene de pozos de aguas subterráneas, es decir, el agua es captada mediante bombeo de perforaciones realizadas en el terreno. Debido a que Alcalá está construida en las inmediaciones del cauce del río Júcar, y a ambos lados del cañón que forma el río, no es de extrañar la presencia de estos pozos en el territorio que abarca el municipio.

Con la información proporcionada por el ayuntamiento de Alcalá del Júcar, se conocen las coordenadas exactas de estos pozos. Éstas serán las coordenadas donde se ubican los sistemas de bombeo. Por otro lado, gracias nuevamente a la información del ayuntamiento, también se puede estimar el nivel freático del agua. Se considera que el agua se extrae a 60 metros por debajo de la cota geométrica asignada a los pozos. De la misma manera, el ayuntamiento de Alcalá también proporciona información sobre los depósitos que almacenan el agua extraída para su posterior distribución y consumo.



La siguiente imagen es una réplica de la *Imagen 3*, en un formato de Mapa Digital del Terreno (MDT), donde se puede observar la distribución de los núcleos urbanos sobre el terreno, así como la ubicación de los pozos y depósitos mencionados. Además, se muestra la distribución elegida para los puntos de consumo mencionados en el apartado *Abonados*, coincidiendo con las zonas de mayor densidad de población. Gracias a esta imagen se puede tomar una primera impresión del problema que se plantea, así como también esbozar una solución.

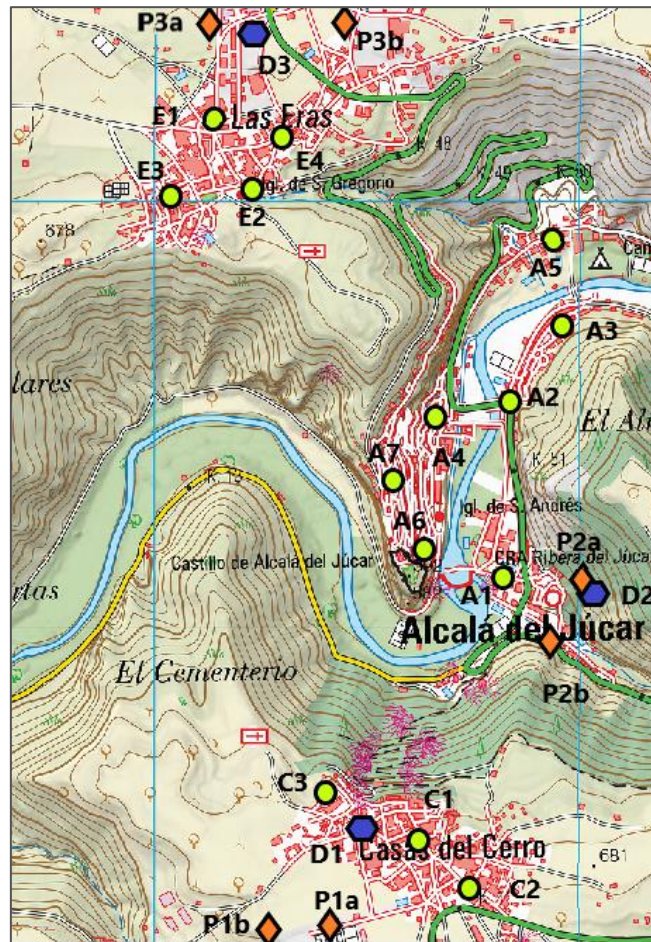


Imagen 7: Nudos de consumo, depósitos y pozos de agua subterránea en Alcalá del Júcar

Los rótulos que aparecen en la imagen hacen referencia a:

- **Pn**: Pozos de extracción de agua.
- **Dn**: Depósitos que almacenan el agua extraída.
- **An**: Nudos de demanda asociados a Alcalá del Júcar.
- **Cn**: Nudos de demanda asociados a Casas del Cerro.
- **En**: Nudos de demanda asociados a Las Eras.

## OBJETIVO

El objetivo del siguiente proyecto, tras un estudio de las características geográficas e hídricas de Alcalá, es el diseño de una red de distribución de agua potable en el municipio de Alcalá del Júcar, donde se considera que la red de distribución ha quedado obsoleta y el sistema de abastecimiento basado en el uso independiente de los pozos en cada pedanía insuficiente en los núcleos más poblados ante los cambios demográficos estacionales, ampliaciones, mantenimientos, averías e irregularidades en la red.

Con el propósito de conseguir una red de distribución más resiliente, y que sea capaz de repartir la carga hidráulica que representan las demandas entre las diferentes extracciones de agua subterránea que abastecen al municipio, los núcleos urbanos de Alcalá del Júcar, Las Eras y Casas del Cerro se unen en una única red de distribución con los pozos y depósitos ya existentes. Dicha red deberá discurrir a lo largo de la abrupta orografía en la que se halla Alcalá del Júcar. Además, en la búsqueda de un ahorro energético y económico, bombear en horas valle se convierte en condición fundamental en el estudio de la solución.

Para llevar a cabo nuestro objetivo, se utilizarán los programas informáticos QGIS y EPANET. El primero de ellos proporcionará las cotas de los diferentes puntos de consumo y elementos de la red y las longitudes de los recorridos entre estos puntos. EPANET será el programa utilizado para diseñar la red de distribución y hacer los cálculos hidráulicos que comprueben el funcionamiento de la red con la intención de verificar su estabilidad en las situaciones más desfavorable y a lo largo del tiempo.

## **NORMATIVA**

El presente trabajo, y en general los proyectos de suministro de agua, se rigen bajo unas condiciones concretas y únicas para cada diseño. Es por eso por lo que la normativa es sólo una herramienta para acotar la solución, pero no para generarla. Gracias a ellas la solución que se encuentre queda en un marco de seguridad garantizado.

La siguiente lista de normas serán las utilizadas para consultar los regímenes de caudal y cumplir con las dimensiones de la instalación, así como demás limitaciones o exigencias estructurales a cumplir.

### **NORMATIVA EUROPEA UNE 805:2000 [3]**

Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.

Esta norma establece:

- Especificaciones generales para las redes de abastecimiento de agua exteriores a los edificios, incluyendo conducciones principales, secundarias y acometidas de agua potable, los depósitos de red, otras instalaciones y conducciones de agua bruta (sin tratar), pero excluyendo las plantas de tratamiento y las fuentes de captación.
- Especificaciones generales para los componentes.
- Especificaciones generales destinadas a ser utilizadas por las normas de producto, las cuales pueden incluir exigencias más rigurosas.
- Especificaciones para instalación, ensayos en obra y puesta en servicio.

Las especificaciones de esta norma se aplican a:

- El diseño y construcción de nuevas redes de abastecimiento de agua.
- La extensión de áreas significativas formando parte coherente de una red de abastecimiento de agua existente.
- Modificación y/o rehabilitación importante de redes de abastecimiento de agua existentes.

## **NORMAS TECNOLÓGICAS (NTE) [4]**

Las Normas Tecnológicas de Edificación sirven para mostrar recomendaciones prácticas para cada una de las diferentes etapas del proceso de edificación: diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento de las construcciones.

No son normas de obligado cumplimiento, sino recomendaciones prácticas muy útiles para proyectistas y constructores.

## **REAL DECRETO 314/2006 [5]**

Este Real Decreto da validez al CTE (Código Técnico de la Edificación) un instrumento legal que fija las normas básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, en los distintos ámbitos (seguridad estructural, protección contra incendios, salubridad, protección contra el ruido, ahorro energético y accesibilidad para personal con movilidad reducida).

Respecto al agua de consumo, establece las normas que deben seguirse en los edificios e instalaciones de nueva construcción, ampliación, modificación, reforma o rehabilitación con el fin de que se cumplan medidas de ahorro de agua y eficiencia energética, por una parte, y por otra de que no se altere la aptitud del agua para el consumo, aportando caudales suficientes para su funcionamiento [6]. Concretamente, en su capítulo 4, establece el rango de presiones entre el que el agua potable debe llegar a los hogares.

Además, establece una lista de materiales aptos para el transporte de agua, así como la prohibición del uso de materiales que puedan producir concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el R.D. 140/2003.

## INSTALACIÓN A DISEÑAR

### INTRODUCCIÓN

Como ya se ha comentado, se pretende diseñar una red de suministro de agua potable que abastezca el municipio de Alcalá del Júcar utilizando las extracciones de agua y los depósitos ya existentes. La red mencionada estará formada por un conjunto de elementos, tales como: tuberías, depósitos, bombas, válvulas, arquetas y registros.

Uno de los factores más importantes a la hora de confeccionar nuestra red es la elección del recorrido que conecte los nudos de consumo elegidos en la *Imagen 7* y que se ajuste a las demandas de los abonados. Este paso y la asignación de las demandas a cada uno de estos nudos son los últimos pasos antes de comenzar con la confección del esquema hidráulico y su análisis.

### TERMINOLOGÍA

De acuerdo con la norma UNE-EN 805:2000 [6], los términos empleados para referirse a las presiones hidráulicas que solicitan a la tubería o a la red son los siguientes:

- **Presión estática:** Es la presión en una sección de la tubería cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo.
- **Presión de diseño (DP):** Es la mayor de la presión estática o de la presión máxima de funcionamiento en régimen permanente en una sección de la tubería, excluyendo, por tanto, el golpe de ariete. A pesar de su denominación no es esta la presión para la que realmente se diseña la tubería, ya que no se considera la sobrepresión debida al golpe de ariete.
- **Presión máxima de diseño (MDP):** Es la presión máxima de funcionamiento que pueda alcanzarse en una sección de la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete. Corresponde a este valor de la presión aquel para el que realmente se diseña la tubería.
- **Presión de prueba de la red (STP):** Es la presión hidráulica interior a la que se prueba la tubería una vez instalada, para comprobar su estanqueidad.

Otras definiciones también incluidas son las siguientes:

- **Presión de funcionamiento (OP):** Es la presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua.
- **Presión de servicio (SP):** Es la presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.

Respecto a los componentes de la red, los términos recogidos en la norma UNE-EN 805:2000, son los siguientes:

- **Presión de funcionamiento admisible (PFA):** Es la presión máxima que un componente es capaz de resistir de forma permanente en servicio.
- **Presión máxima admisible (PMA):** Es la presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.
- **Presión de prueba en obra admisible (PEA):** Es la presión hidrostática máxima que un componente recién instalado es capaz de soportar, durante un periodo de tiempo relativamente corto, con objeto de asegurar la integridad y la estanqueidad de la conducción.
- **Presión de prueba en fábrica:** Es la presión hidráulica interior a la que se prueban los tubos, con antelación a su suministro, para comprobar su estanqueidad.
- **Presión de rotura:** Es la presión hidrostática interior que, en ausencia de cargas externas, deja fuera de servicio al material constitutivo de la tubería.
- **Diámetro exterior (OD):** Diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
- **Diámetro interior (ID):** Diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
- **Diámetro Nominal (DN):** Designación numérica del diámetro de un componente mediante un número entero aproximadamente igual a la dimensión real en milímetros. Se puede referir tanto al diámetro interior (DN/ID), como al exterior (DN/OD).
- **Cavitación:** Efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli.

## ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

### TUBERÍAS

Las tuberías son un elemento muy importante en las redes de distribución y consumo de agua potable. Son conductos de sección circular que cumplen la función de transportar el agua desde su captación hasta su consumo.

La norma UNE:805 define una tubería de suministro como una línea que une los recursos, las plantas de tratamiento, depósitos, y/o áreas de consumo, por lo general, sin conexiones directas a los usuarios.

Entre los materiales más utilizados en el transporte y la distribución de agua potable como pueden ser el PVC, fundición dúctil (FD) o Polietileno, entre otros; el PVC es el material que más se ajusta a nuestras necesidades por ser de fácil instalación y bajo mantenimiento; tuberías extremadamente duraderas, fuertes y flexibles. Viendo estas propiedades se entiende que sea el material plástico más utilizado en Europa para la distribución y suministro de agua potable [8].

Además, las demandas, y por tanto los caudales que circulan por ellas no son demasiado elevados, por lo que el rango de diámetros comerciales es el idóneo para el diseño. En caso de tener que trasegar grandes caudales las tuberías de Fundición Dúctil serían las más apropiadas, y por tanto las escogidas.

<b>DN</b>	15	20	25	32	40	50
<b>OD</b>	20	25	32	40	50	63

Tabla 2: Dimensiones nominales tuberías PVC comerciales

Los diámetros internos y los diámetros nominales (DI y DN respectivamente) [9] que se muestran en las tablas acotan los diámetros usados en el diseño.

### SISTEMA DE BOMBEO

Los sistemas de bombeo son los encargados de elevar la energía del fluido hasta alcanzar la cota deseada. En este diseño, inicialmente son utilizados en la extracción de agua en los pozos subterráneos, hasta elevarla a los depósitos para su almacenamiento. No obstante, en la búsqueda de la solución pueden añadirse más bombas con la finalidad de superar presiones inferiores a las que se desea en los puntos de consumo, venciendo las pérdidas por fricción en las conducciones y diferencias de cota.

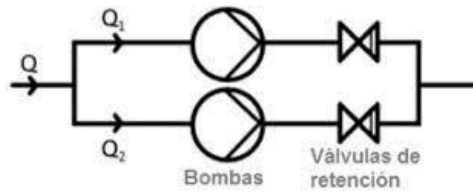


Imagen 8: Esquema sistema de bombeo en paralelo

Los sistemas o grupos de bombeo que se usará en el diseño son similares al visto en la imagen anterior. Dos bombas multicelulares con una disposición en paralelo con válvulas antirretorno (o de retención).

## VÁLVULAS

El uso de válvulas en el diseño es fundamental para regular el flujo de agua en las conducciones. Las funciones que pueden desempeñar son varias, por lo que se usan diferentes tipos de válvula según la tarea que se quiera realizar:

- **Válvulas de regulación:** Son válvulas capaces de modificar el caudal de agua a través de una conducción concreta aumentando la resistencia del sistema al comportarse como un orificio de área continuamente variable. En la siguiente imagen se muestra, de manera simplificada, los componentes y el funcionamiento de una de estas válvulas.

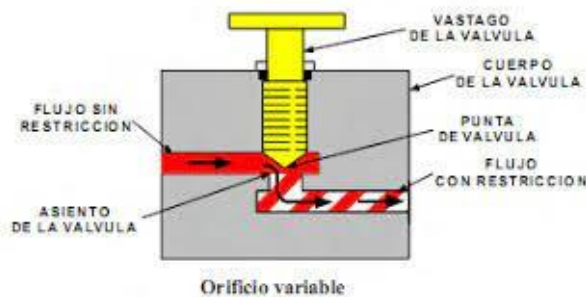


Imagen 9: Válvula de regulación

- **Válvulas antirretorno:** Son válvulas que permiten el flujo del agua en una sola dirección. Gracias a esto, serán de gran utilidad en los sistemas de bombeo para evitar el fenómeno conocido como Golpe de Ariete.

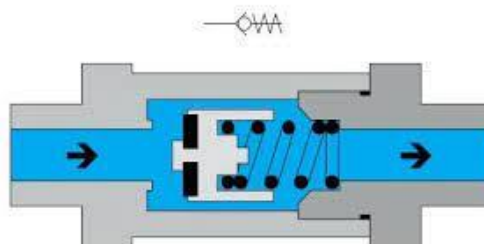


Imagen 10: Válvula antirretorno



- **Válvulas de corte:** Este tipo de válvulas actúan como un todo o nada, dejando las conducciones abiertas o cerradas, según se especifique. La principal utilidad de estas válvulas será la de aislar conducciones o partes del sistema para su mantenimiento. Se pueden encontrar de diferentes tipos, siendo las de compuerta y las de mariposa las más utilizadas, y su elección se basará, entre otras cosas, en el diámetro de las conducciones. De esta manera, las utilizadas en nuestro diseño serán de tipo compuerta, más aptas para diámetros pequeños, y con un coste de mantenimiento menor.

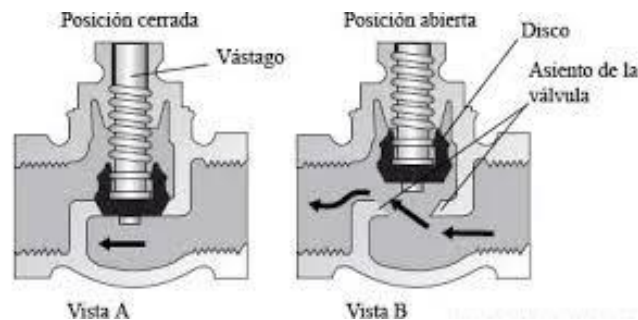


Imagen 11: Válvula de compuerta

- **Válvulas limitadoras de presión:** Esta válvula está basada en una válvula de pistón con muelle de carga. En condiciones normales de presión, el muelle mantiene el paso abierto, pero en caso de que la presión del sistema exceda la presión de tarado la fuerza ejercida por el muelle es superior y la válvula se cierra. La válvula vuelve a abrirse tras bajar la presión y el pistón vuelve debido a la fuerza del muelle a su posición inicial. En la red que se está diseñando pueden jugar un papel importante para compensar las grandes presiones que generará el desnivel presente.

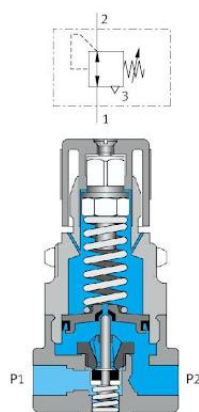


Imagen 12: Válvula reguladora de presión

## DEPÓSITOS DE COMPENSACIÓN

Como se especifica previamente, los núcleos urbanos sometidos a estudio cuentan con depósitos de compensación en activo. El agua queda almacenada en ellos, tras su extracción y potabilización. Además, se cuenta con el volumen que son capaces de almacenar para poder comprobar que son suficientes para suministrar el caudal demandado a lo largo de cierto espacio de tiempo en caso de averías, mantenimientos o irregularidades en la extracción de agua.

En las siguientes imágenes han sido extraídas de la extensión *Street View* de Google Maps. Gracias a ellas se pueden contemplar los depósitos ya construidos en los núcleos urbanos.



Imagen 13: Depósito Las Eras



Imagen 14: Depósito Casas del Cerro

Estos son los depósitos que abastecen Las Eras y Casas del Cerro respectivamente. Se observa claramente que se trata de depósitos sobreelevados. El depósito que abastece el municipio de Alcalá no es sobreelevado y por su situación no ha sido posible obtener una imagen como la de éstos.

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de los depósitos preexistentes en la instalación.

Depósitos	Elevación (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
D1	10	98.17
D2	0	351.85
D3	10	98.17

Tabla 3: Datos depósitos preexistentes en la instalación

Es probable que en la búsqueda de la solución se estudie la construcción de depósitos nuevos, con el fin de aligerar las sobrepresiones que causará el gran desnivel. En caso de evaluar nuevos depósitos, también se hace pensando en dotar a la red de suficiente autonomía como para bombear sólo en las horas valle.

### ZANJAS

Las zanjas serán las excavaciones que se efectúan para albergar las tuberías de la red. Las excavaciones se harán a lo largo del recorrido elegido y sus dimensiones dependerán directamente de las dimensiones de las tuberías y de los elementos de control que formen parte de éstas.

### ARQUETAS

Las arquetas, son pequeños depósitos utilizados para recibir, enlazar y distribuir canalizaciones o conductos subterráneos; suelen estar enterradas y tienen una tapa en la parte superior para poder registrarlas y limpiar su interior.

Serán distribuidas estratégicamente a lo largo de la red, pero no aparecerán representadas en el esquema de la red.

### REGISTROS

Los registros, también llamados pozos de visita, son un elemento de la infraestructura urbana que permite el acceso, desde la superficie, las instalaciones subterráneas de la red.

Estos registros forman parte de la red pues facilitan el acceso necesario para realizar tareas de inspección, mantenimiento y reparación de las infraestructuras subterráneas.

## ANÁLISIS DEL TERRENO Y TRAZADO DE LA RED

La situación geográfica de los municipios que se desea comunicar es delicada. Por un lado, dos de los depósitos se encuentran a 677 m, uno a cada lado del cañón; mientras que, el otro se encuentra a 573 m. Estos depósitos inicialmente estaban diseñados para abastecer los tres núcleos urbanos individualmente, por lo que las redes de distribución previas no se encontraban conectadas entre sí y, por tanto, el desnivel que se presenta en el problema que se aborda es un condicionante inexistente hasta ahora.

En la siguiente imagen se puede observar la situación de las demandas asociadas a los consumos distribuidas por el terreno, así como los recorridos de las conexiones elegido.



Imagen 15: Recorrido red de distribución propuesto

La imagen es una evolución de la *Imagen 7* y usa la misma leyenda. Se recuerda: los nudos con la letra B, hacen referencia a sistemas de bombeo; con la letra D, a depósitos; y, por último, C, A y E, hacen referencia a los núcleos urbanos Casas del Cerro, Alcalá del Júcar y Las Eras respectivamente.

Para el enlace entre Casas del Cerro y Alcalá (en color amarillo) se usa este recorrido y no otro por diversos motivos. Por un lado, no es necesario buscar la ruta más favorable en términos de desnivel que favorezcan el flujo del agua, esto

ya se tiene, se elija la ruta que se elija por la diferencia de cotas existente. Por otro, se intenta que la conducción ofrezca la mayor resistencia al circuito posible, para aliviar las sobrepresiones que creará tal pendiente, con el menor gasto de material posible. Es decir, superar el desnivel con unas pérdidas unitarias considerables, pero sin un uso de conducciones excesivamente largas. Un último factor que decanta esta solución es el hecho de que la ladera escogida ya posee caminos y pequeñas construcciones, cosa que facilitaría las obras de la instalación.

El criterio a seguir para decidir el enlace entre Alcalá y las Eras será el mismo que el explicado anteriormente. En este caso se bordea un risco elevado aprovechando caminos y carreteras ya construidos ofreciendo resistencia en calidad de pérdidas a la sobrepresión debida al desnivel.

Las conducciones representadas en color turquesa hacen referencia a las destinadas a transportar el agua desde su extracción a los depósitos.

Notar que, en esta imagen, las rutas especificadas no coinciden exactamente con el recorrido de la red, que puede ser más enrevesado por la fuerte pendiente y porque, como se ha dicho, su construcción aprovechará carreteras y caminos ya existentes. Es decir, se muestra un esquema del trazado de las conducciones que aparecen en la red.

## **COTAS Y PERFILES**

En el estudio que se aborda, el programa informático EPANET realiza un análisis hidráulico de la red planteada. Como se ve más adelante, las cotas de los diferentes puntos de consumo, así como las longitudes de las conducciones son un parámetro vital para estos cálculos.

Para la obtención de las cotas en las demandas, depósitos y pozos subterráneos de Alcalá, se ha utilizado el programa QGIS, un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto. Además, ha sido necesario el uso de Mapas Digitales del Terreno (MDT), extraídos del IGN (Instituto Geográfico Nacional) [10]. Mediante el complemento *Point Sampling Tools* del programa, se han obtenido las cotas buscadas tal y como se muestran en la siguiente tabla.

<b>NUDOS RED</b>	<b>COTA (m)</b>	<b>NUDOS RED</b>	<b>COTA (m)</b>
B1a	677,86	A4	523,161
B1b	677,75	A5	524,54

D1	676,973	A6	552,779
C1	676,578	A7	591,415
C2	676,372	B3a	682,392
C3	669,746	B3b	682,3
B2a	569,156	D3	683,964
B2b	524,53	E1	672,478
D2	573,01	E2	668,949
A1	524,232	E3	671,01
A2	521,129	E4	676,874
A3	533,547	-	-

Tabla 4: Cotas de los nudos de la red

En el caso del cálculo de las longitudes de las conducciones, se hará uso del complemento *Terrain profile*. A continuación, se exponen algunos de los perfiles más significativos del recorrido:

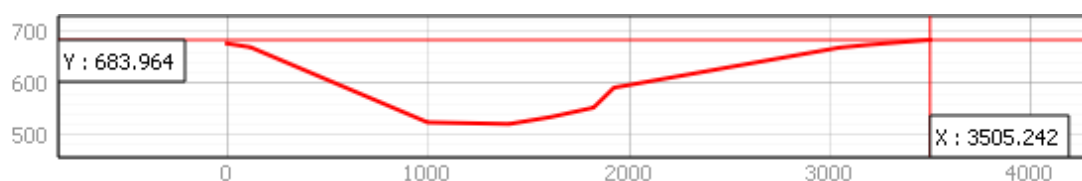


Imagen 16: Perfil D1 a D3

Este primer perfil recorre la red de sur a norte, es decir, de Casas del Cerro hacia las Eras abarcando toda la red de inicio a fin. Desciende desde unos 675 metros hasta el fondo del cañón a unos 520 metros, volviendo a aumentar su cota mientras asciende por la ladera opuesta del cañón hasta alcanzar la cota máxima de la red, 684 metros sobre el nivel del mar. Además, muestra la longitud total, siendo de 3502.242 metros.

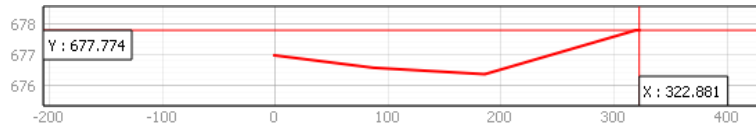


Imagen 17: Perfil D1 a C2

El perfil anterior corresponde al recorrido de la red a través del núcleo urbano Casas del Cerro, desde su depósito D1 hasta su nudo más alejado C2.

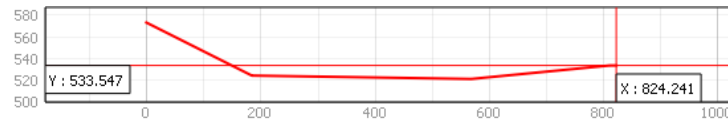


Imagen 18: Perfil D2 a A3

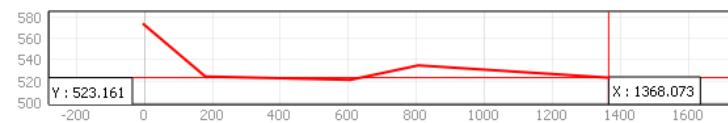


Imagen 19: Perfil D2 a A4

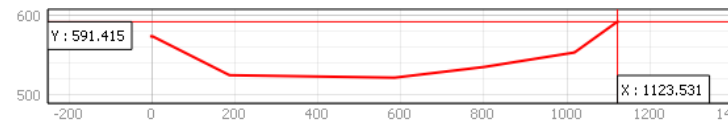


Imagen 20: Perfil D2 a A7

Los tres anteriores muestran los recorridos por los que discurre la red por Alcalá del Júcar hasta sus demandas terminales y hasta la parte más alta del municipio.

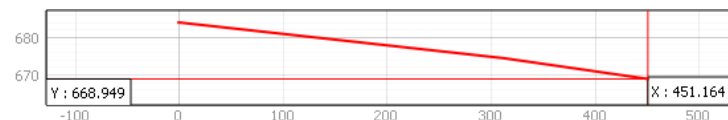


Imagen 21: Perfil D3 a E2

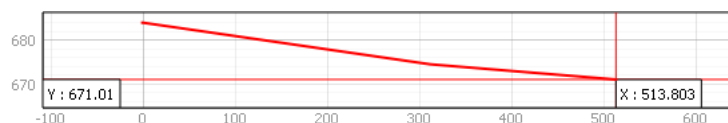


Imagen 22: Perfil D3 a E3

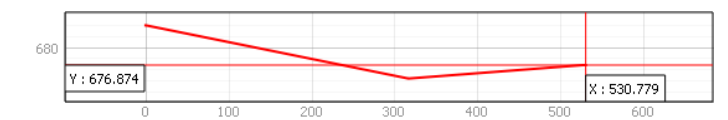


Imagen 23: Perfil D3 a E4

Por último, estos perfiles describen los trayectos de la red en el núcleo urbano de Las Eras.

En la siguiente tabla, gracias al complemento comentado con anterioridad, aparecen las longitudes de las conducciones representadas en la Imagen 15. La red está formada por un total de 17 conducciones que distribuyen el agua desde los depósitos a los nudos de consumo y que a partir de ahora se conocen como  $L_n$ . La red queda completa con 6 conducciones que transportan el agua desde su extracción hasta los depósitos denominados como  $LE_n$ . Con el fin de identificar correctamente dichas conducciones en tabla quedan registrados sus nudos de inicio y de fin.

Línea	Inicio	Fin	Longitud(m)	Línea	Inicio	Fin	Longitud(m)
L1	D1	C3	54.9	L10	C1	C2	201.34
L2	C3	A1	1390	L11	D2	A1	185.22
L3	A1	A2	416.46	L12	A2	A3	251.35
L4	A2	A4	243.01	L13	A4	A5	553.21
L5	A4	A7	213.5	L14	A6	A4	233.265
L6	A7	E2	1227.38	L15	A7	A6	122.42
L7	E2	E1	136.5	L16	E1	E4	267.13
L8	E1	D3	328.7	L17	E1	E3	238.52
L9	D1	C1	161.688	LE1	B1a	D1	377.9
LE2	B1b	D1	437.9	LE3	B2a	D2	10
LE4	B2b	D2	108.9	LE5	B3a	D3	157.95
LE6	B3b	D3	245.5	-			

Tabla 5: Características de las conducciones



## ANÁLISIS TEÓRICO

Una vez descrito y analizado el problema, el siguiente paso es dar forma a la red de distribución mediante un esquema hidráulico implementado en el programa informático EPANET.

EPANET es un software libre, desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), que realiza simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Está diseñado para el uso con sistemas de distribución de agua potable, aunque en general puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión. Un software libre que permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y dinámicas de los nudos (consumos) para obtener la presión y los caudales en nodos y tuberías respectivamente, así como el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido desde la fuente hasta los nodos del sistema.

## ECUACIÓN DE BERNOULLI

Para llevar a cabo los análisis hidráulicos, EPANET basa sus cálculos en la ecuación Bernoulli, o Trinomio de Bernoulli como también es conocido. Dicha ecuación será capaz de describir el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Lo hace gracias a la siguiente expresión:

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z = \text{constante}$$

Donde, los términos que aparecen son:

- **V**: Velocidad del fluido. (m/s)
- **g**: aceleración gravitatoria. ( $g=9,8 \text{ m/s}^2$ )
- **P**: presión. (Pascales)
- **$\gamma$** : peso específico del fluido. (Para el agua  $\gamma = 1\text{N/m}^3$ )
- **z**: cota geométrica

Además, la expresión se podría entender como la suma de dos presiones, una estática y otra dinámica

- $\frac{v^2}{2g}$  : representa la presión dinámica del fluido que se estudia, o lo que es lo mismo, la energía cinética por unidad de volumen.
- $\frac{P}{\gamma} + z$  : la suma de ambas componentes representa la presión estática, compuesta por la altura piezométrica del fluido y el estado del fluido.

## ECUACIÓN DE PÉRDIDAS

La ecuación vista en el apartado anterior sólo es válida en un marco teórico ideal, pues la ecuación no contempla las pérdidas que se producen por el trasego del fluido a lo largo de la red.

Estas pérdidas se pueden cuantificar en dos grandes grupos: pérdidas por fricción y pérdidas locales.

### PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

Este tipo de pérdidas son las generadas por la fricción ocurrida entre el fluido y las tuberías por las que circula a una cierta velocidad. Se podrán calcular con el uso de la ecuación de Darcy-Weisbach:

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

En esta ecuación cada término hace referencia a:

- **h<sub>f</sub>**: pérdida de carga [metros]
- **f**: factor de fricción de Darcy-Weisbach. [adimensional]
- **L**: longitud de la tubería. [metros]
- **Q**: caudal trasegado. [m<sup>3</sup>/s]
- **g**: aceleración gravitatoria [ 9.81 m/s<sup>2</sup>]
- **D**: diámetro de la tubería [metros]

El factor de fricción utilizado en esta fórmula es un parámetro que dependerá del tipo de flujo (régimen laminar o régimen turbulento). Para saber el régimen de un fluido se usa el número de Reynolds, Re. Si:

- $Re \leq 2300$ : Régimen laminar.
- $Re \geq 4000$ : Régimen turbulento.

Para cualquier valor intermedio del número de Reynolds, el fluido se encuentra en régimen de transición y se comporta dualmente como fluido laminar y turbulento.

Así, una vez conocido el régimen del fluido podremos calcular el factor de fricción por dos métodos:

- Usando el diagrama de Moody

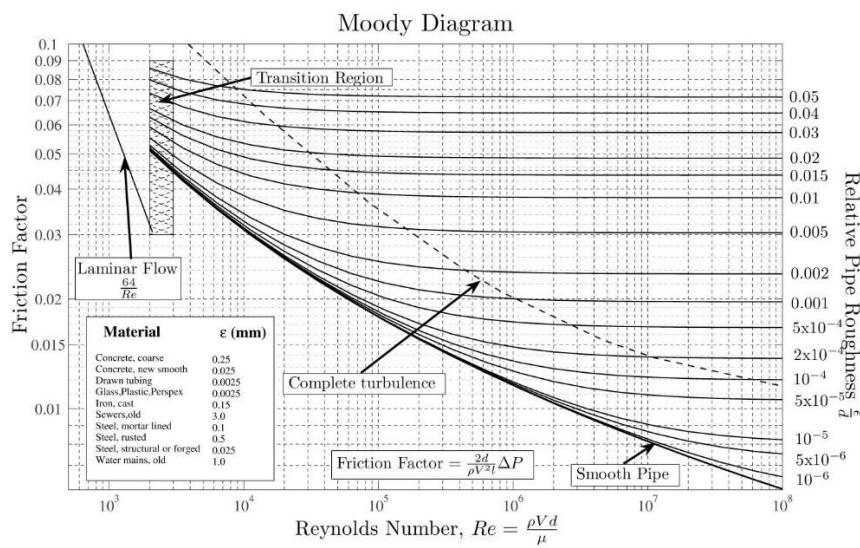


Imagen 24: Diagrama de Moody

- Usando las expresiones del factor fricción en función del régimen de circulación del fluido:

Régimen	Coefficiente de fricción(f)	Dependencia
Laminar	$f_{lam} = \frac{64}{Re}$	$f_{lam} = f(Re)$
Turbulento liso	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}}\right)$	$f_{turb.liso} = f(Re)$
Turbulento intermedio	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \cdot \log\left[\left(\frac{6.9}{Re}\right) + \left(\frac{\epsilon_r}{3.7}\right)^{1.11}\right]$	$f_{turb.inter} = f(Re, \epsilon_r)$

Turbulento rugoso	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\epsilon_r}{3.7}\right)$	$f_{\text{turb.rug}} = f(\epsilon_r)$
-------------------	---	---------------------------------------

Tabla 6: Ecuaciones de factor de fricción según número de Reynolds

Cualquiera de los dos métodos usados es válido. En ambos existe la misma dependencia entre factor de fricción, rugosidad relativa y número de Reynolds.

### PÉRDIDAS LOCALES

Este tipo de pérdidas, también llamadas pérdidas menores, son las relacionadas con el paso del fluido a través de diferentes elementos en la red, así como giros en el trazado o cambios bruscos de sección.

Estas pérdidas pueden ser evaluadas mediante la siguiente ecuación:

$$H_1 = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Los datos que usa la ecuación son:

- K: Coeficiente que depende de la obstrucción del flujo. [adimensional]
- V: Velocidad del fluido [m<sup>3</sup>/s]
- g: aceleración gravitatoria [g=9.81 m/s<sup>2</sup>]

El coeficiente K tomará diferentes valores dados por una tabla en función del obstáculo que se presente. Es muy probable que estos coeficientes genéricos disten de la realidad, debido a las diferencias que pueda tener un mismo elemento de diferente fabricante.

Por tanto, para el cálculo de las pérdidas locales, y ante la imprecisión de la ecuación anterior, se considerarán las pérdidas locales como un 10% de las pérdidas mayores. Esta es una práctica de uso frecuente para ajustar a las pérdidas locales.

Así, en la ecuación de Bernoulli para que estas pérdidas queden representadas se aumenta las longitudes de las conducciones un 10%.

$$\frac{V_1^2}{2 \cdot g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + h_B = \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + f \cdot \frac{8 \cdot 1.1 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

## ANÁLISIS DE LA DEMANDA

### DOTACIÓN DE LA DEMANDA

Para poder estimar las demandas de agua potable de la población de Alcalá del Júcar, se hace uso de las recomendaciones aportadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) (1976) en función del número de habitantes. Dichas recomendaciones se muestran en la siguiente tabla:

Núcleos de población con un nº de habitantes	Dotación (l/hab. día)
Menor de 1.000	100
Entre 1.000 y 6.000	150
Entre 6.000 y 12.000	200
Entre 12.000 y 50.000	250
Entre 50.000 y 250.000	300
Mayor de 250.000	400

Como se ha nombrado anteriormente, la zona bajo estudio abarca tres núcleos urbanos diferentes. Con los datos de abonados obtenidos y registrados en la *Tabla 1*, se puede ver que Las Eras y Casas del Cerro responden al primer rango y Alcalá del Júcar, con mucha más población, al segundo rango. Así, con las dotaciones asignadas, el cálculo del caudal demandado se efectúa utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{población} (L/s) = \frac{(n^{\circ} \text{ habitantes} \cdot \text{Dotación}(MOP))}{(24 \cdot 3600)}$$

De esta manera, en la siguiente tabla se recoge el consumo final para cada núcleo (Alcalá, Casas del Cerro y Las Eras) y para cada uno de los puntos de consumo elegidos que se muestran en la Imagen 14. La demanda de cada núcleo poblacional ha sido repartida a partes iguales entre los nudos asociados a cada uno de estos núcleos.

Núcleos poblacionales	Caudal demandado	Nudos de la red	Caudal en nudos
Casas del Cerro	0.366	Cn	0.122
Alcalá del Júcar	2.275	An	0.325
Las Eras	0.642	En	0.161

Tabla 7: Caudales demandados

La letra *n* usada en la tabla anterior hace referencia a cualquier nudo de consumo genérico asociado a Casas del Cerro (C), Alcalá del Júcar (A) o Las Eras (E).

## CURVA DE MODULACIÓN

Los caudales finales obtenidos no serán constantes. Hay que tener en cuenta que, a lo largo de un día, el consumo de agua no es el mismo en todas las horas; por ello, se establece una curva de modulación que se asigna a cada punto de consumo, donde los caudales demandados se multiplican por un coeficiente según la hora del día.

En la siguiente gráfica se observa la variación diaria del consumo de agua asignada a las demandas. Falcon (2021) [11].

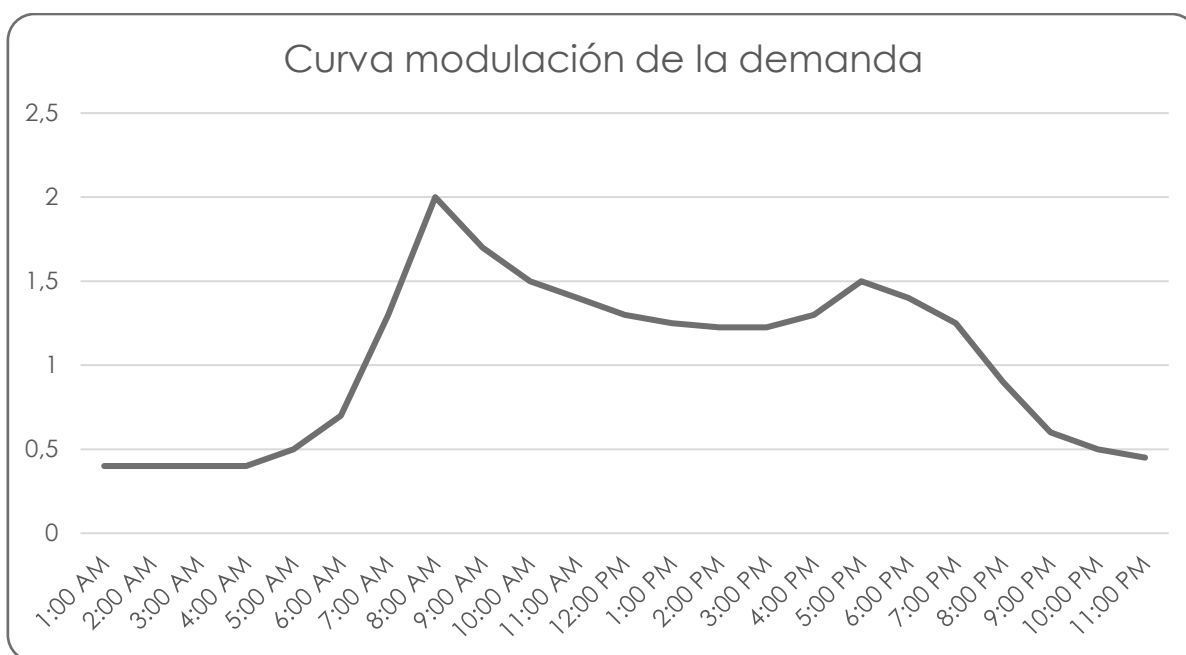


Imagen 25: Curva modulación de la demanda

## DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Una vez estudiado el problema, conociendo las demandas y con un trazado de la red ya definido, se procede a crear el esquema hidráulico para introducirlo en el programa informático EPANET, encargado de efectuar todos los cálculos y comprobaciones hidráulicas utilizando como base teórica la ecuación de Bernoulli.

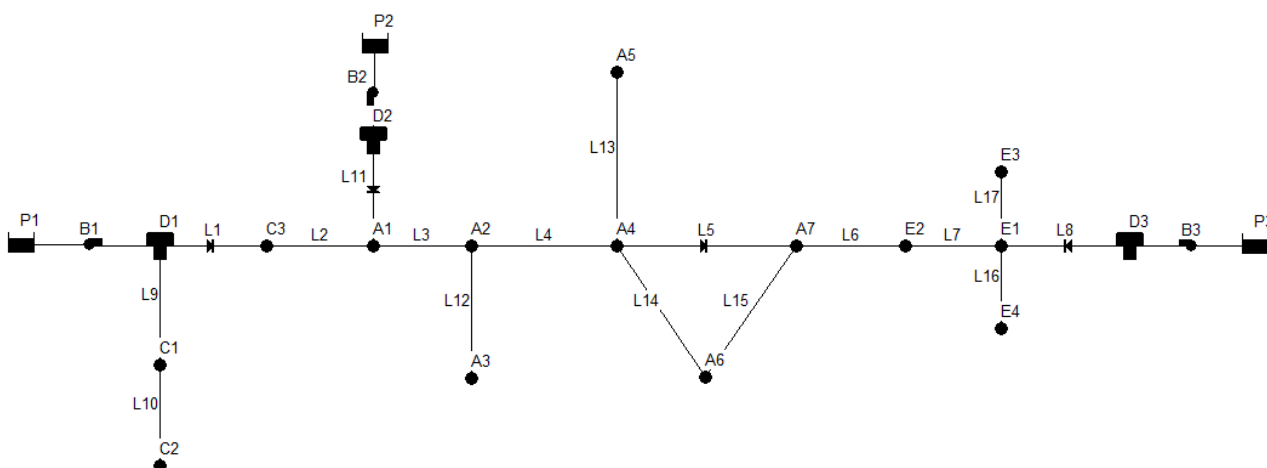


Imagen 26: Esquema hidráulico red base

La red que se muestra en la imagen anterior es una primera aproximación hacia la solución. Esta red contiene todos los datos necesarios e involucrados en los cálculos hidráulicos y análisis, por lo que la solución que se genere tiene que ser una modificación de esta red. Por tanto, a partir de ahora, esta red aparece referenciada como *red base*.

Se puede observar que los nudos de consumo elegidos con anterioridad aparecen representados con los mismos rótulos elegidos en la *Imagen 14*. Asimismo, las conducciones vendrán referenciadas tal y como se ha hecho en la *Tabla 5*. Los sistemas de bombeo aparecen simplificados como un único pozo y una única bomba pues inicialmente se muestran desconectados.

Esta red de distribución debe garantizar una serie de condiciones:

- **Volumen depósitos:** Por norma general los depósitos se diseñan para albergar suficiente agua como para satisfacer las demandas durante unas 36h (un día y medio) sin recibir ningún aporte de agua. Al utilizar los depósitos ya existentes cuyas medidas han sido suministradas y conocer las demandas de cada núcleo, es sencillo hacer esta comprobación.

Con la siguiente tabla se ve claramente como los volúmenes son suficientes para satisfacer este requisito.

Depósito	Núcleo que abastece	Volumen(m <sup>3</sup> )	Volumen demandado tras 36h (m <sup>3</sup> )
D1	Casas del Cerro	98.17	31.6
D2	Alcalá del Júcar	351.85	294.75
D3	Las Eras	98.17	83.1

Tabla 8: Comprobación depósitos

Esto quiere decir que los volúmenes de los depósitos con los que parte la red son aceptados.

- **Presión en los nudos:** Según el RD 314/2006 la presión en los nudos de consumo ha de ser mínimo de 150 kPa y máximo de 500kPa. Es decir, el rango de presiones admitido en los nudos de consumo es [15, 50] mca.
- **Presiones no negativas:** Con el fin de dotar a la red de un buen funcionamiento se debe garantizar que en ningún momento aparezcan presiones negativas. La aparición de estas presiones podría provocar el fenómeno de cavitación y restar años de vida útil a los componentes de la instalación afectados.
- **Reparto de carga hidráulica:** Uno de los motivos principales por los que se pretende unir todos los núcleos poblacionales bajo estudio, a parte de la resiliencia y robustez que aporta; es aprovechar las extracciones de agua ya existentes de tal manera que todas contribuyan en el aporte del caudal demandado en los nudos que representan a las densidades de población más altas.
- **Bombeo en horas valle:** Se persigue tener una red de distribución que sea capaz de realizar el llenado de los depósitos sólo durante horas valle. Conseguir esta situación es de vital importancia para conseguir un importante ahorro energético y económico.



A lo largo de los siguientes puntos se da forma a la red de distribución planteada hasta que cumpla con todas las condiciones expuestas.

## ELECCIÓN DE DIÁMETROS INICIAL

Para la creación y comprobación de dicho esquema es necesario obtener los diámetros de las conducciones. Con el uso de una sencilla fórmula y en un proceso iterativo, se busca que el agua trasegada tenga una velocidad de **1 m/s**.

$$Q = A \cdot v$$

Donde:

- A: Área de sección de la tubería
- Q: Caudal trasegado

Al ser la tubería de sección circular, el área viene dada por:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

En el esquema, se aprecia como el conjunto de nudos que representa a Alcalá del Júcar (desde A1 hasta A7) es alimentado por tres depósitos simultáneamente. Dimensionar las conducciones empleadas en trasegar el agua hasta estos nudos es una tarea difícil de abordar por ahora. Aunque se pretende que las conducciones de nueva instalación, que unen Alcalá con Casas del Cerro y Las Eras, trasieguen entre las dos como mucho el mismo caudal que suministra D2; y la conducción que suministra desde el depósito de Alcalá D2 aporte como mínimo la mitad del caudal demandado por toda Alcalá; éstos deben estar preparados para suministrar agua por sí solos en caso de avería de alguno de los otros depósitos, por lo que sus diámetros son susceptibles a cambios a lo largo del desarrollo. No obstante, para el cálculo del resto de conducciones que trasiegan el agua hasta Casas del Cerro y Las Eras se usan las fórmulas mencionadas anteriormente.

Con estas consideraciones los diámetros utilizados para un primer análisis serán:

Conducción	Máximo Caudal trasegado (l/s)	Diámetro nominal (DN)	Conducción	Máximo Caudal Trasegado	Diámetro Nominal (DN)
L1	1.64	40	L10	0.18	15
L2	1.5	40	L11	2.7	50
L3	2.85	63	L12	0.65	25
L4	1.57	40	L13	0.65	25
L5	0.85	32	L14	0.57	25
L6	1.6	40	L15	1.2	32
L7	1.75	50	L16	0.32	20
L8	2.2	50	L17	0.32	20
L9	0.37	25		-	

Tabla 9: Diámetros conducciones

## PRIMER ANÁLISIS

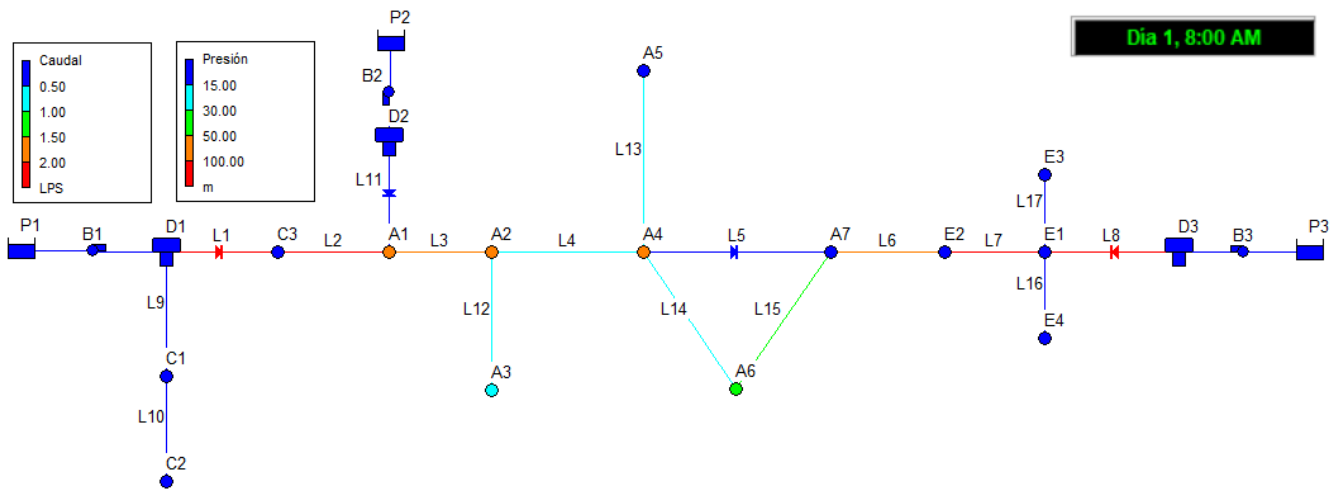


Imagen 27: Primer análisis red base

La anterior imagen muestra los resultados del análisis de la red mostrada en la *Imagen 25* en su situación más desfavorable, es decir, a la hora en la que la curva de modulación alcanza su máximo. Nótese, que la red carece de elementos de control, exceptuando las líneas remarcadas en la *Imagen 28* y que han sido representadas como válvulas antirretorno para asegurar que estas conducciones sólo trasieguen el agua en una dirección. Se han utilizado para garantizar que los depósitos suministren agua por esa conducción y no puedan llenarse por aquí; y para conseguir un mejor reparto de la demanda de los nudos que representan a Alcalá del Júcar. Además, los grupos de bombeo se han desconectado, para su posterior análisis, y son los depósitos, llenos, quienes suministran el agua a los distintos núcleos urbanos en el análisis efectuado.

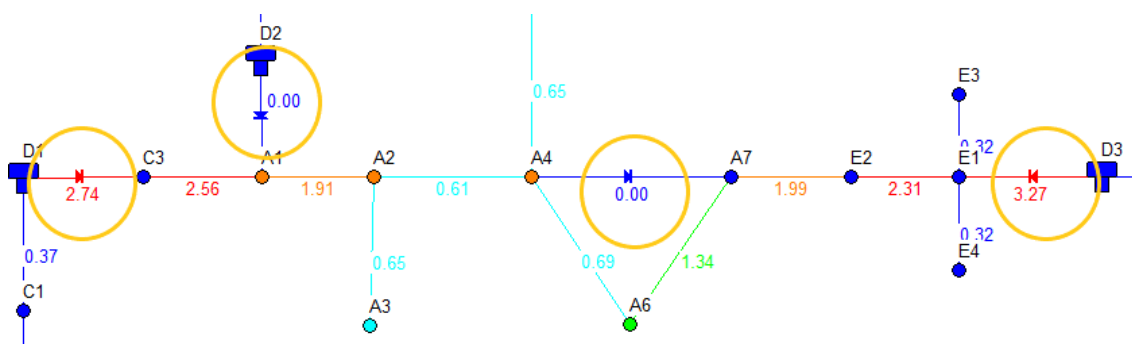
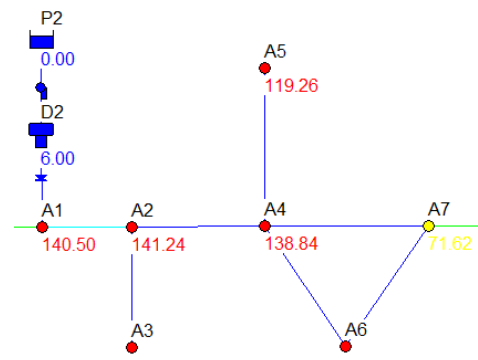


Imagen 28: Válvulas antirretorno y caudales red base

Aunque estas imágenes muestran grandes carencias y resultados muy alejados de la solución deseada, también revelan los puntos a abordar y que necesitan de elementos de control para asegurar que la red de distribución cumpla con las condiciones impuestas.

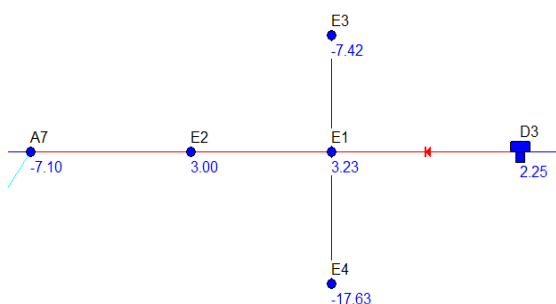
Por un lado, gracias a la *Imagen 29* se observan las sobrepresiones producidas en los nudos de cotas inferiores cuando el caudal y las pérdidas son mínimas. Aunque el desnivel que se tiene es considerable y se esperarían sobrepresiones más elevadas, el reducido diámetro de las conducciones genera muchas pérdidas. Comparando con la situación más desfavorable (*Imagen 27*) se puede ver que debido a las pérdidas las presiones en los nudos de consumo se encuentran en rangos aptos para el servicio o incluso por debajo como ocurre con el nudo A7.



*Imagen 29: Sobrepresiones en situación de mínimo caudal*

Por otro, se observa cómo, cumpliendo con la Ecuación de Bernoulli, los tres depósitos no se reparten la carga simultáneamente, como se puede ver en la *Imagen 28* (datos numéricos de caudales), si no que los depósitos situados en lo alto del cañón, D1 y D3, alimentan Alcalá hasta vaciarse y es entonces cuando el tercer depósito, D2, comienza a suministrar agua. En el momento en que D1 y D3 se agotan, Casas del Cerro y Las Eras quedan sin suministro. A partir de las 12:00 PM el depósito D3 agota sus reservas y deja de prestar servicio.

Los depósitos D1 y D3 están preparados para abastecer independientemente a dos núcleos urbanos de población reducida, por lo que sus dimensiones son insuficientes para cubrir las demandas de los citados núcleos y de Alcalá sin un constante aporte externo de agua.



*Imagen 30: Presiones negativas primer análisis*

Por último, aunque en la mayoría de los recorridos elegidos, el flujo del agua es favorable energéticamente, las pérdidas generadas por los pequeños diámetros hacen que, en las situaciones de máximo caudal, muchos nudos de la red se encuentran con presiones fuera del rango establecido e incluso con presiones negativas como se muestra en la *Imagen 30*. Los nudos que se muestran no son los únicos con

presiones negativas, son sólo una muestra de cómo en la situación más desfavorable del día la red necesita de un aporte energético que aumente las presiones en la red. El uso de las bombas adecuadas aborda la última carencia observable de este primer análisis.

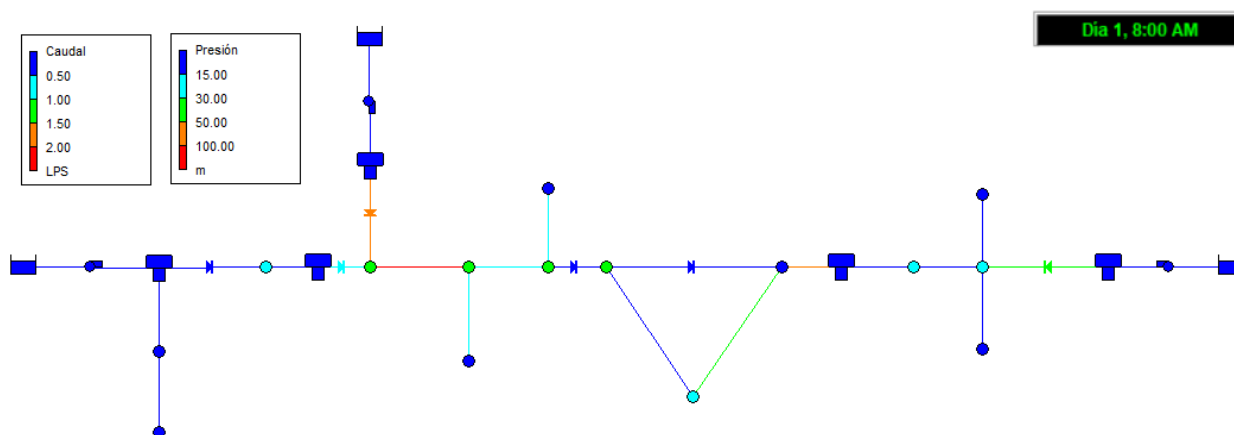
Por tanto, repartir la carga hidráulica, elegir elementos de control adecuados y ajustar las presiones en los nudos para que se encuentren en el rango deseado son los problemas que se tratan a continuación.

## CONTROL DE SOBREPRESIONES

Debido a las fuertes pendientes del trazado de la red, en las horas en que se tiene un coeficiente de la curva de modulación moderado y los caudales no son muy elevados, los nudos desde A1 a A6 registran presiones excesivamente altas como muestra la *Imagen 29*. No sólo es un problema tener presiones de servicio fuera del rango establecido, sino que, además, aunque las conducciones soportan el esfuerzo, el trasiego prolongado a tanta presión puede reducir la vida útil de éstas.

Ante esta situación el uso de válvulas reguladoras de presión a lo largo de la red es una posible solución. El uso de estas válvulas suavizaría las presiones en las cotas inferiores y, por supuesto, tendría validez en el esquema hidráulico y los análisis de EPANET; pero todo esto lo haría a costa de un enorme gasto de agua. Estas válvulas, son útiles para controlar la presión de manera puntual, pues utilizan una derivación que, cuando se supere el umbral de presión tarado, desvía el agua regulando así la presión. En la red sometida a estudio estas válvulas actuarían continuamente con un gasto de agua desorbitado, lo que contradice uno de los objetivos perseguidos de esta red que es poder aprovechar de manera eficiente toda el agua extraída. Es por esto por lo que las válvulas reguladoras de presión no son una alternativa; o, por lo menos, no lo son si tienen que actuar de manera continuada.

Otra posibilidad a la hora de controlar las sobrepresiones es el uso de depósitos de rotura de carga. Estos depósitos se ubican en las líneas que unen Alcalá con Casas del Cerro y Las Eras, pues son las conducciones con mayor pendiente. La posición de estos depósitos debe ser la idónea para evitar las sobrepresiones en el fondo del cañón y, a su vez, proporcionar presión suficiente para el servicio aguas abajo. Además, aunque geográficamente la línea que alimenta el nudo A5 parte del nudo de A4, esta línea queda separada de A4 para favorecer un mejor reparto hidráulico; de otra manera, el DAux2 aportaría un caudal excesivo.



*Imagen 31: Control de sobrepresiones*

En la *Imagen 31* se puede observar el resultado de un análisis hidráulico tras haber implementado en la red dos depósitos en las conducciones con mayor pendiente. Estos depósitos se encuentran en el esquema hidráulico con el nombre de DAuxn.

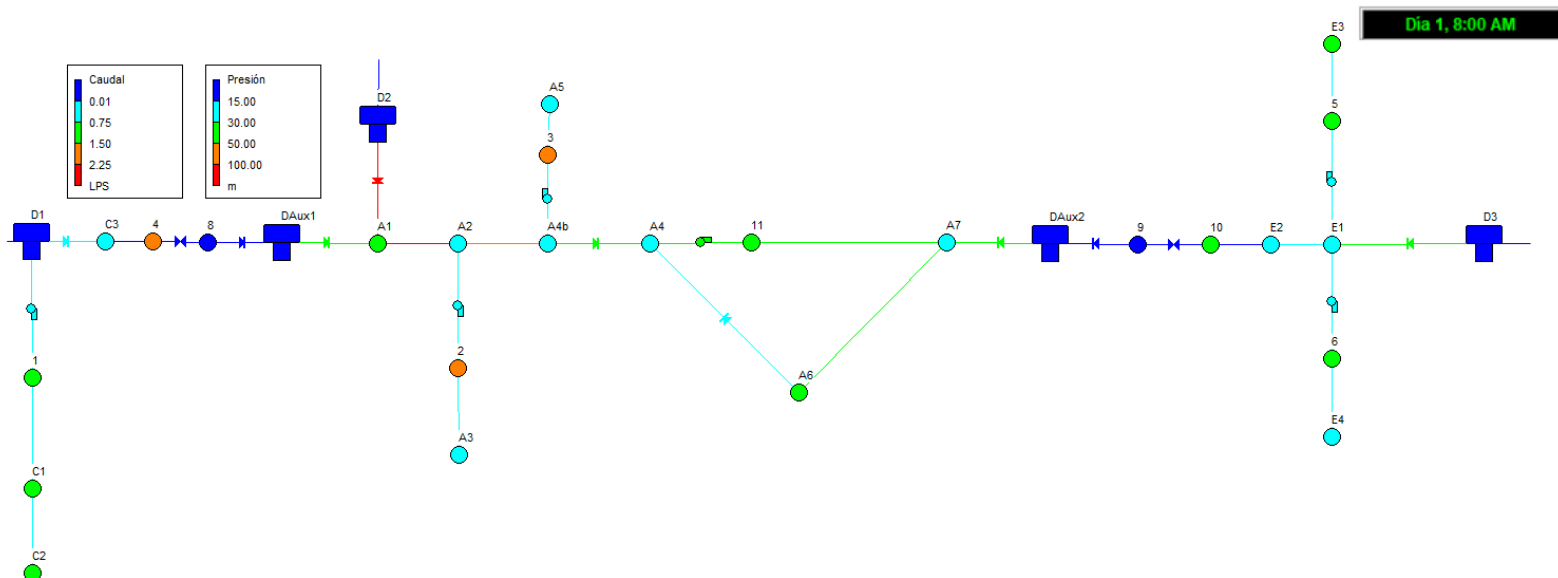
Los dos depósitos utilizados son de menores dimensiones que los ya existentes pues su principal función no es almacenar agua sino liberar de sobrepresiones a la red. Ambos depósitos serán cilíndricos y de las mismas dimensiones. El volumen que son capaces de almacenar es de 78,54 m<sup>3</sup>.

Analizando los resultados se comprueba cómo las presiones elevadas han desaparecido y los nudos con cotas inferiores alcanzan presiones de servicio mucho más suavizadas acercándose a las deseadas. No obstante, la mayoría de los nudos en la red continua por debajo del rango establecido e incluso muestra presiones negativas.

Aunque el uso de estos depósitos son clave para poder controlar las sobrepresiones, hará falta de otros elementos de control que permitan establecer las presiones dentro del rango deseado.

## PRESIÓN DE SERVICIO

Como ya se ha comentado, para conseguir las presiones de servicio deseadas en cada nudo de consumo, se hace uso de bombas que aumenten la energía del fluido hasta obtener la presión necesaria. Los datos que conforman las curvas características de las bombas implementadas en el esquema hidráulico se han extraído del inventario de Bombas Ideal. A continuación, se muestran dichas curvas, puntos pertenecientes a la curva y el modelo en la que se basa.



*Imagen 32: Presiones en el rango aceptado*

Las bombas en las que están basadas las curvas implementadas son:

- **TXI 18/9:** Esta bomba ha sido la más utilizada en el diseño contando con cuatro de las seis bombas incorporadas. Esta bomba proporciona poca altura para caudales bajos como muestra su curva motriz:

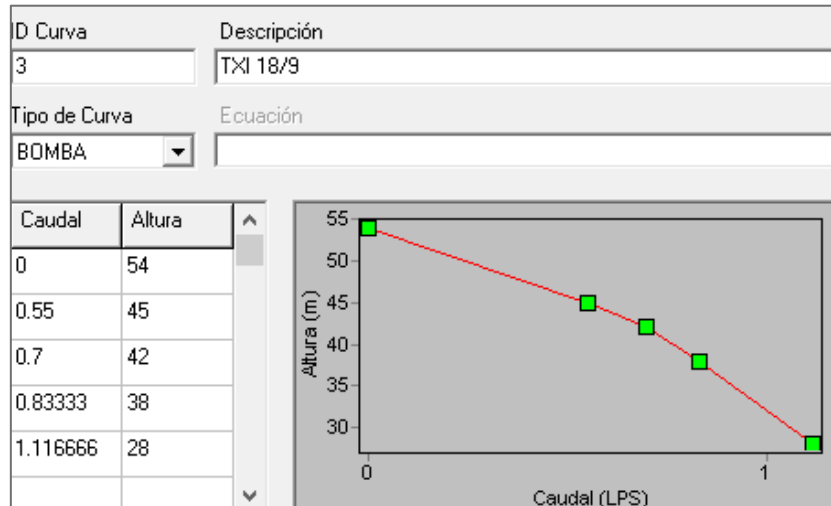


Imagen 33: Curva motriz bomba TXI18/9

Se han usado tanto en la línea que alimenta los nudos de Casas del Cerro C1 y C2, como en las líneas que alimentan E3 y E4. La última bomba se ha utilizado para conseguir la presión deseada en A3.

- **TXI18/18:** Esta bomba aparece una única vez. Trabaja en el mismo rango de caudales que la bomba expuesta anteriormente sólo que está dotada de más potencia y es capaz de proporcionar más altura. En la siguiente imagen se muestra su curva motriz:

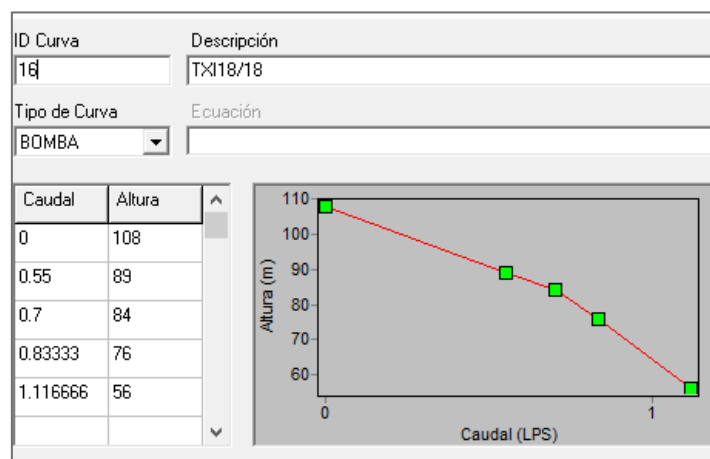


Imagen 34: Curva motriz bomba TXI18/12

Esta bomba ha sido utilizada para poder vencer las altas pérdidas de la línea que alimenta A5, mucha longitud y reducido diámetro. Es por esto que la bomba anterior TXI 18/9 era insuficiente en los casos de mayor caudal.

- **TXI 18/25:** Esta bomba que también aparece sólo una vez en la red. Se mueve en el mismo rango de caudales que las anteriores, pero aportando mucha más altura pues la función que desempeña esta bomba es la de elevar el fluido desde las cotas más bajas de Alcalá hasta las más altas. La imagen siguiente muestra su curva motriz:

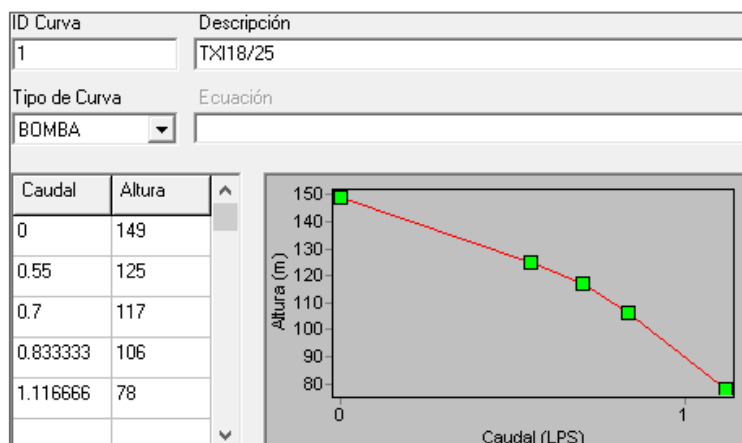


Imagen 35: Curva motriz bomba TXI18/25

## SISTEMA DE BOMBEO

Hasta ahora, en todos los análisis realizados, los sistemas de bombeo que extraen agua de los pozos preexistentes en el terreno han aparecido desconectados, al igual que las líneas previas a los depósitos auxiliares han aparecido cerradas. Han sido los depósitos, llenos, quienes han suministrado el agua.

Con esta estimación, se puede comprobar el funcionamiento de la red en un breve periodo (hasta el vaciado de los depósitos), pero no su funcionamiento real. La red necesita ser funcional a lo largo del tiempo, es por esto que es necesario elegir el sistema de bombeo adecuado, así como la evolución de llenado y vaciado de los depósitos auxiliares instalados con la dificultad añadida de sólo disponer de las horas valle para esta tarea.



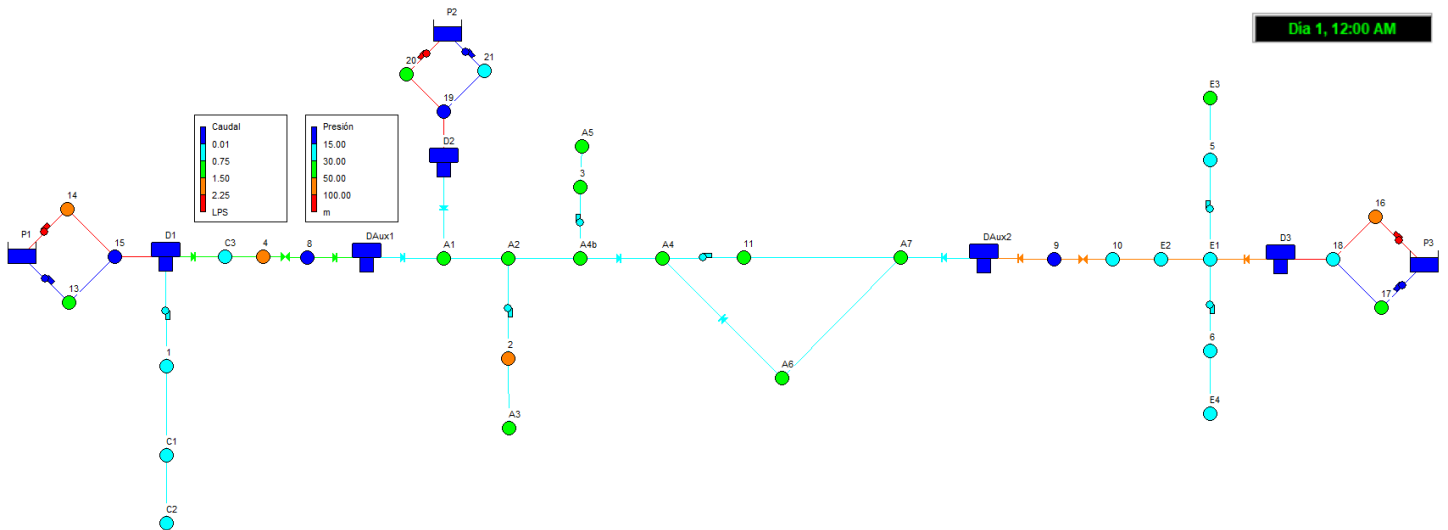


Imagen 36: Red de distribución con sistemas de bombeo

La imagen anterior muestra la red con todos los elementos que necesita para su correcto funcionamiento. Cada núcleo poblacional está provisto de dos pozos preparados para la extracción de agua, es por ello que en la imagen anterior aparecen dos bombas para cada uno de los depósitos. Sin embargo, los dos pozos han sido representados como uno considerando que se trata del mismo reservorio de agua. Ya que en las extracciones subterráneas el uso de bombas en paralelo no es posible, una de las bombas actúa como la principal, y la otra actúa de bomba auxiliar en caso de avería o mantenimiento de la bomba principal. De esta manera se garantiza la continuidad del suministro de agua.

Las bombas utilizadas en los sistemas de bombeo son diferentes en cada extracción ajustándose individualmente a las necesidades. Cada pareja de bombas (principal y auxiliar) tienen las mismas características. Así, las bombas utilizadas en los pozos de Casas del Cerro, Alcalá del Júcar y Las Eras correspondientemente son:

- **TXI40/18:** Es la bomba más pequeña usada en las extracciones debido a que Casas del Cerro es el núcleo con menor densidad de población.

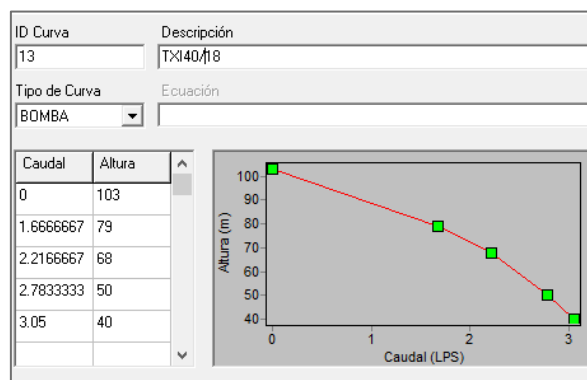


Imagen 37: Curva motriz bomba TXI 40/18

- **TXI75/13:** Esta es la bomba usada en las extracciones de Alcalá, con un rango de caudales más amplio que la anterior.

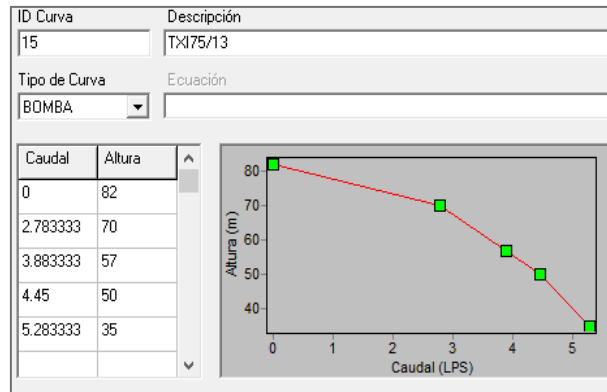


Imagen 38: Curva motriz bomba TXI 75/13

- **TXI75/18:** Por último, esta bomba impulsa el agua al depósito de Las Eras. Por requerir diariamente un caudal similar al de Alcalá, pero ser su pozo más profundo, se usa esta bomba con mismo rango de caudales que la anterior pero mayor potencia.

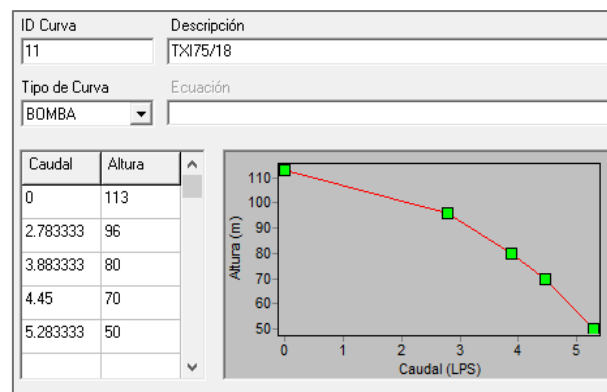


Imagen 39: Curva motriz bomba TXI75/18

## ANÁLISIS DINÁMICO

Hasta ahora, en los cálculos realizados no se ha practicado un análisis de la red a lo largo del tiempo. Así pues, la siguiente imagen muestra la situación de la red en hora punta al cabo de tres meses. Tiempo considerado suficiente para dar validez al modelo en su análisis dinámico.

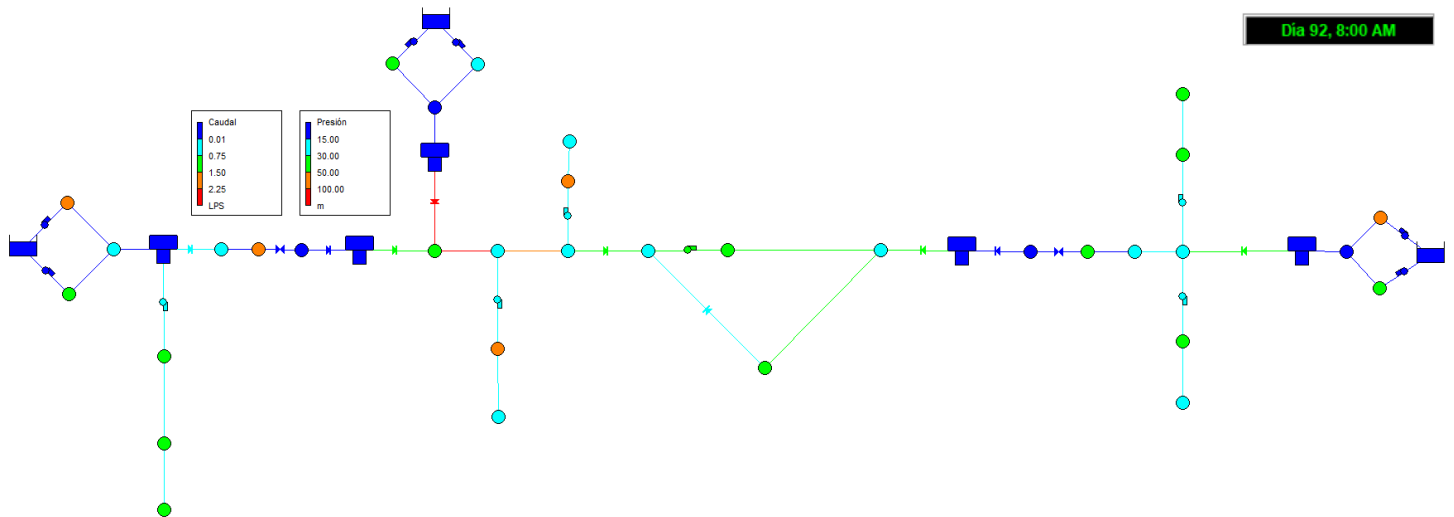


Imagen 40: Red en funcionamiento al cabo de tres meses

Aunque en el apartado anterior se muestra la elección de las bombas destinadas a la extracción de agua, no se comprueba su correcto funcionamiento. Para verificar la correcta elección de las bombas se muestran a continuación las curvas de llenado y vaciado para comprobar cómo, y bombeando solo en horas valle, los depósitos principales tienden a llenarse garantizando un suministro continuo a la población.

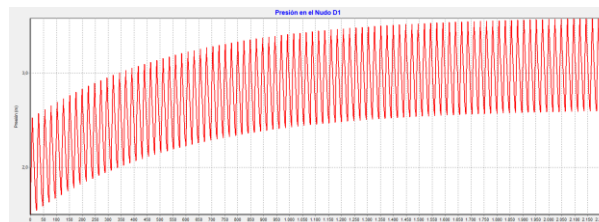


Imagen 41: Evolución del depósito de Casas del Cerro

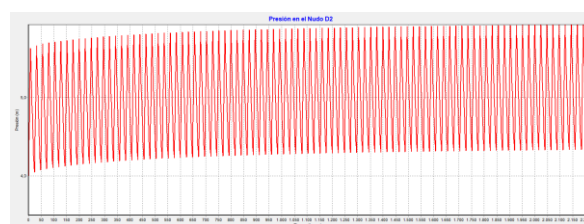


Imagen 42: Evolución del depósito de Alcalá del Júcar

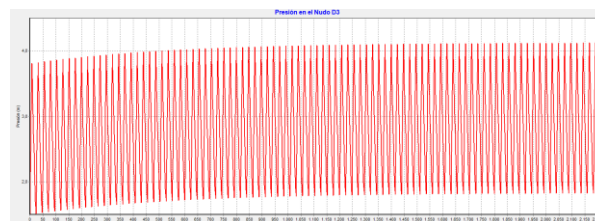
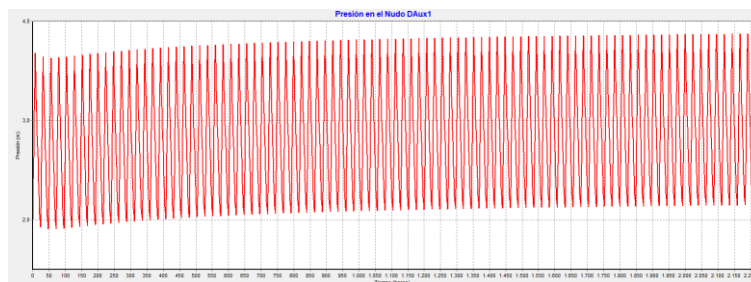


Imagen 43: Evolución del depósito de Las Eras

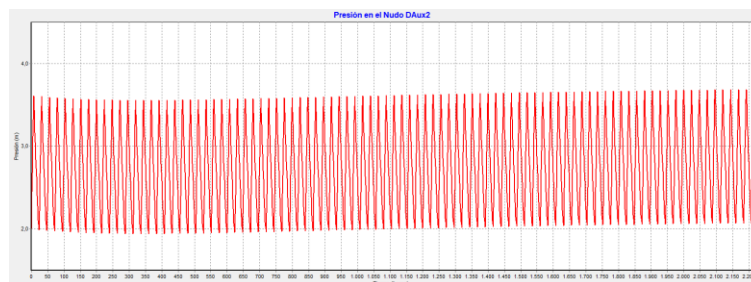
Como se puede observar, los tres depósitos principales (D1, D2 y D3) siguen una tendencia a llenarse, y bombeando sólo en horas valle, por lo que se garantiza la buena elección de las bombas. No obstante, la *Imagen 43* pone de manifiesto que el volumen del depósito D3 (previamente construido), aunque es suficiente para el caso abordado, y se da por válido, podría no serlo en caso de un aumento demográfico tomando como medidas posibles bombear fuera de horas valle.

Por otro lado, en la *Imagen 40* aparece un elemento nuevo que no ha sido comentado hasta ahora. Son válvulas limitadoras de caudal utilizadas para controlar el ritmo de llenado de los depósitos auxiliares asegurando así que éste ocurra sólo en horas valle a un ritmo estipulado. Aunque estos depósitos se llenan por gravedad y, por tanto, es indiferente la hora en la que se llene, por comodidad su llenado ocurre también en horas valle, siendo posible en caso de necesidad, abrir las conducciones pertinentes para su llenado a cualquier hora sin necesidad de bombeo.

En las siguientes imágenes se observan sus ciclos la evolución del nivel depósito:



*Imagen 44: Evolución del Depósito Auxiliar Casas del Cerro-Alcalá*



*Imagen 45: Evolución del Depósito Auxiliar Las Eras-Alcalá*

Como se puede apreciar, estos depósitos siguen una evolución similar al del depósito D3 (*Imagen 43*) conservan una tendencia creciente, aunque su margen en términos de volumen es ajustado. Esto es porque la principal misión de estos depósitos es la de librar a la red de las sobrepresiones y no el almacenamiento masivo de agua.

## COMPROBACIONES ANTE ALTERACIONES EN EL SUMINISTRO

Uno de los propósitos de este diseño es dotar de mayor resiliencia a la red de distribución de agua potable. Tras concluir el diseño que cumple con las condiciones impuestas, se estudian diferentes situaciones con las que se comprueba que, efectivamente, se tiene una red resistente a mantenimientos en las líneas o averías.

Las situaciones bajo estudio vienen referidas al cese de suministro de agua de alguno de los depósitos; o bien por una situación de mantenimiento del mismo o por un problema en la línea de suministro. Estos eventos se dan de forma eventual, pero aun así la red debe estar preparada para soportarlo al menos por un breve periodo de tiempo.

Las diferentes situaciones que se analizan son:

- **DAux1 no suministra:** En este caso, la situación de la red sigue siendo la misma sólo que el depósito D2 debe suministrar más caudal.
- **DAux2 no suministra:** En caso de que Alcalá quede sin suministro desde este depósito la situación de diseño de la red cambia. Desde Las Eras no hay aporte de agua por lo que D2 y DAux2 deben suministrar todo el volumen demandado. La bomba que impulsa el agua desde A4 a A7 no está diseñada para impulsar tanto caudal, por lo que queda insuficiente. Además, las conducciones están diseñadas para caudales menores por lo que las pérdidas se hacen no tables y en situaciones de máximo caudal, los elementos que utiliza la red con regularidad quedan insuficientes.

Para que la red pueda afrontar dichas carencias se han duplicado las líneas L5 y L4, dotando a éstas de mayor envergadura, y se han implementado dos bombas nuevas que dejen a la red protegida frente a esta situación.

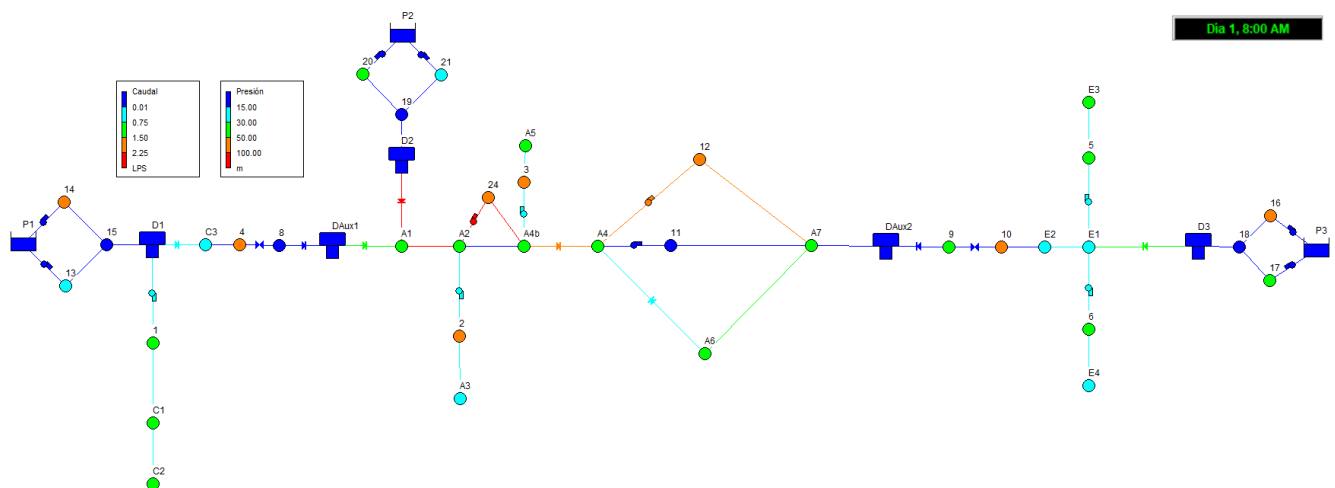


Imagen 46: Duplicado de conducciones L4 y L5

En la imagen se aprecia cómo la red con estas medidas es capaz de hacer frente a la ausencia de aporte de agua por parte de DAux2 en hora punta. Las bombas utilizadas para las líneas L4 y L5 han sido TXI40/15 y TXI40/25 respectivamente.

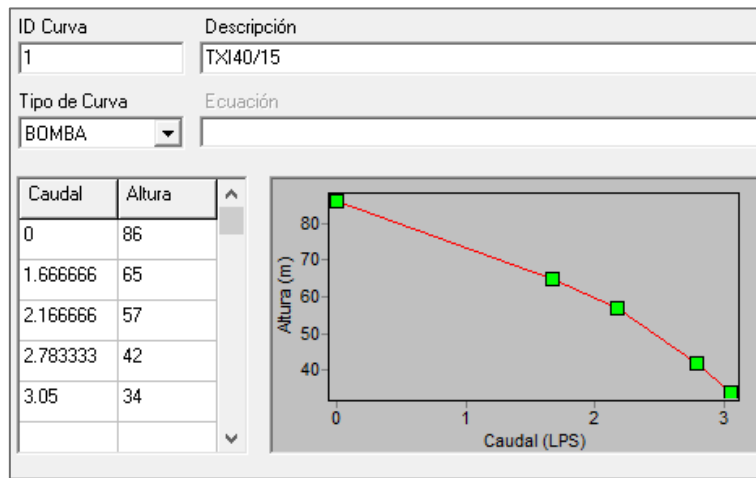


Imagen 47: Curva bomba TXI40/15

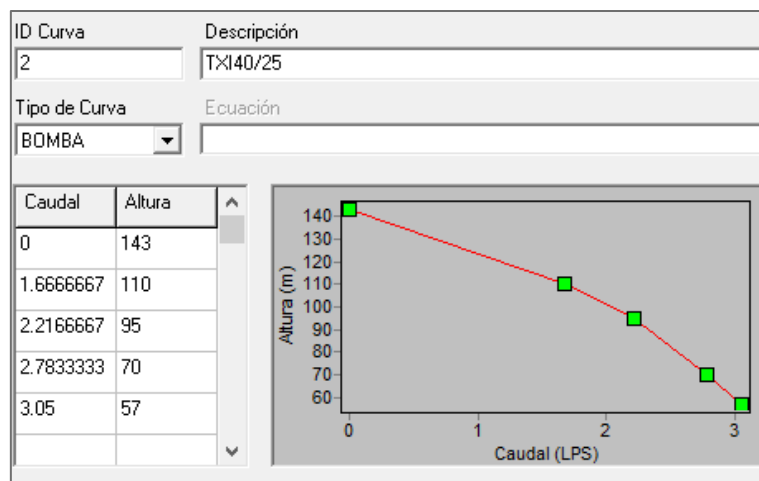


Imagen 48: Curva bomba TXI40/25

- **DAux1 y Daux2 no suministran:** Ante esta situación, las medidas tomadas en el punto anterior son las que también solucionan esta alteración en el servicio. La única diferencia es que D2 aportará todo el caudal de Alcalá.
- **D2 no suministra:** Por último, en caso de que el depósito D2 no fuera capaz de suministrar caudal, la red también puede soportarlo. El inconveniente de esta avería es la capacidad de los depósitos DAux1 y DAux2. Para poder hacer frente a esta situación durante el tiempo suficiente la red puede bombear agua y llenar los depósitos auxiliares al ritmo que se gastan, aunque tenga que ser en horas valle.

## COSTES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

Como último paso, hay que tener en cuenta que la red de distribución diseñada conlleva unos costes de explotación y mantenimiento debido al consumo eléctrico de las bombas, así como el mantenimiento en los depósitos que deben asegurar la salubridad del agua, entre otros.

En este apartado no se incluyen los costes de inversión inicial pues estos vienen incluidos en el presupuesto. A continuación, se estiman por un lado los costes relacionados con la explotación, y por otro los de mantenimiento para finalmente poder esclarecer los costes anuales que conlleva la red.

### COSTES DE EXPLOTACIÓN

En este apartado se calculan los costes que conlleva el consumo eléctrico de las bombas. Para ello, hace falta conocer el precio de mercado por horas del kWh y la potencia de cada bomba suministrada por el fabricante. Así, con la siguiente fórmula se puede obtener el coste por día, mes, año...

$$\text{Precio} = \text{Pot} \cdot N_{\text{horas}} \cdot \text{€/KWh}$$

Según la web [tarifadeluz.com](http://tarifadeluz.com) [12], los precios por horas de la electricidad son los que aparecen en la siguiente tabla

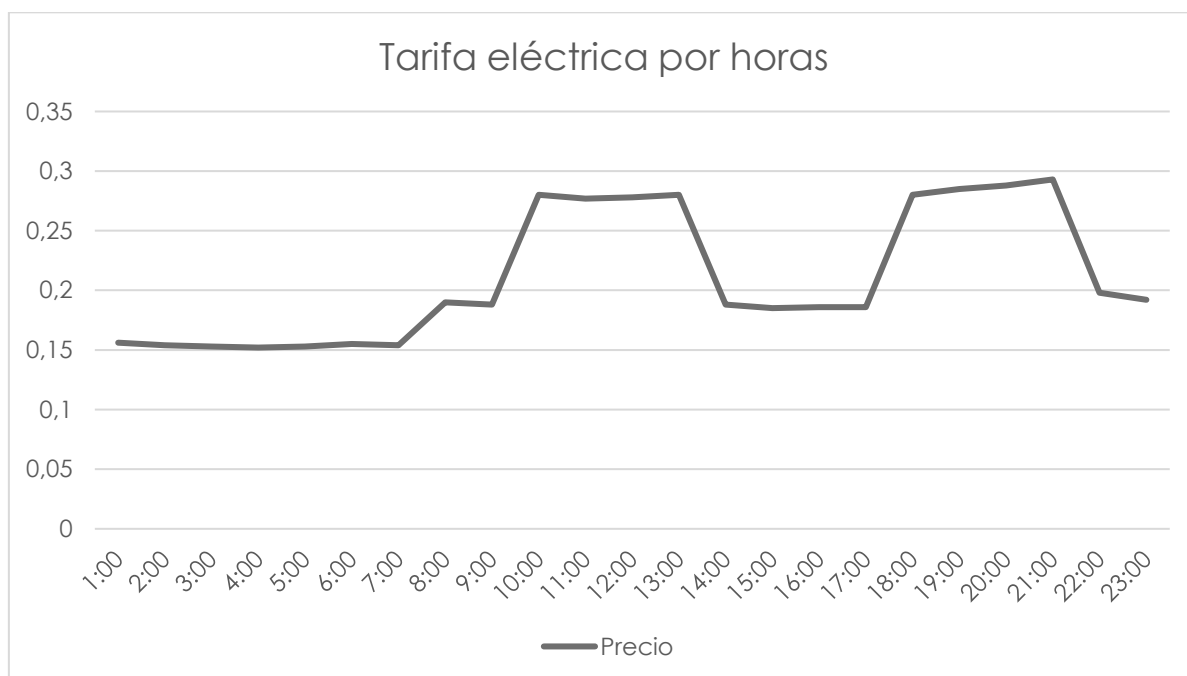


Imagen 49: Evolución del precio de la luz en un día

Así en la siguiente tabla, teniendo en cuenta los periodos de funcionamiento de cada bomba, se recogen los gastos anuales por bomba:

Modelo Bomba	Nº bombas	Horas func. / día	Pot (kW)	Coste Anual (€)
TXI18/9	4	24	0.55	1005.155
TXI18/18	1	24	1.1	2010.311
TXI18/25	1	24	1.5	2741.333
TXI 40/18	1	8	3	1350.135
TXI75/13	1	8	4	1800.18
TXI75/18	1	8	55	2475.248
TXI40/15	1	0.48	2.2	77.83463
TXI40/25	1	0.48	4	141.5175

Tabla 10: Coste de explotación anual de las bombas de la red

Para las bombas TXI40/15 y TXI 40/25 que son las instaladas para poder ofrecer servicio en caso de que alguno de los suministros fallara se ha estimado que a lo largo de un año estarán en funcionamiento un 2% del tiempo total. Como tampoco se puede saber en qué horas funcionará el cálculo se ha efectuado con una media de los precios a lo largo del día

## COSTES DE MANTENIMIENTO

En este apartado se enumeran los costes referentes a revisiones y mantenimientos periódicos necesarios para garantizar un correcto funcionamiento de la red, así como alargar la vida útil de los componentes de la instalación.

Se van a evaluar los costes de mantenimiento de las bombas por un lado de y por otro el de los depósitos. Para ambos elementos se establecen revisiones cuatrimestrales.

- **BOMBAS:** Aunque el mantenimiento de cada bomba puede tener un coste único asociado que depende de sus características, desde la web



habitissimo [13] la cual ofrece precios reales de empresas dedicadas afirma que esta labor puede oscilar entre los 80 y los 7000. Siendo que las bombas elegidas son de reducidas dimensiones y con características estandarizadas, se asumen 200 euros por revisión. Así, con revisiones semestrales, el coste del mantenimiento de los grupos de presión es:

Modelo Bomba	Nº bombas	Coste Anual (€)
TXI 18/9	4	1.600 €
TXI18/18	1	400 €
TXI 18/25	1	400 €
TXI 40/18	2	800 €
TXI75/13	2	800 €
TXI75/18	2	800 €
TXI 40/15	1	400 €
TXI 40/25	1	400 €

Tabla 11: Costes de mantenimiento bombas

- DEPÓSITOS:** Los procesos de mantenimiento en los depósitos son muy importantes para asegurar el buen estado del agua que se quiere suministrar. El coste de estas acciones viene dado de forma anual y dependiente del volumen del depósito. Según la web habitissimo [14] utilizada anteriormente, el precio medio del mantenimiento de depósitos de agua potable oscila entre 400 y 1000 euros por 10 metros cúbicos. Así, para el cálculo se utiliza la media de este rango de precios, siendo el valor de 660 euros. Se aplica una reducción de un 5% por cada 10 metros cúbicos, sabiendo que a más volumen menos valor del metro cúbico.

De esta manera los costes de mantenimiento quedan:

Depósito	Volumen	Coste anual (€)
D1	98.17	5.700 €
D2	351.85	12.000 €
D3	98.17	5.700 €
DAux1	78.54	1.500 €
DAux2	78.54	1.500 €

Tabla 12: Costes de mantenimiento anuales depósitos

## COSTE ANUAL

Combinando los gastos comentados con anterioridad, en la siguiente tabla se muestra el total de la inversión anual que requiere el funcionamiento de la red y su mantenimiento.

Tipo de coste	Costes anuales (€)
Costes de explotación (Bombas)	11.601,71 €
Costes de mantenimiento (Bombas)	5.600 €
Costes de mantenimiento (Depósitos)	26.400 €
Coste total	43.601,71 €

Tabla 13: Costes anuales de mantenimiento y explotación

Las cantidades que aparecen en la segunda columna de esta tabla se obtienen directamente como suma de los totales de las tablas anteriores. Podemos concluir que el funcionamiento de la red conlleva anualmente una inversión de **24901,71 €**.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Nacional de Estadística (INE). <https://www.ine.es/>
- [2] Datos población Alcalá. (mayo 2021). *Forociudad*. <https://www.forociudad.com/albacete/alcala-del-jucar/habitantes.html>
- [3] UNE-EN 805:2000. *Abastecimiento de agua*. AENOR
- [4] Normas Tecnológicas NTE. (MOPU). *Normas para la Redacción de Proyectos de Abastecimiento de agua y Saneamiento de poblaciones*.
- [5] Real Decreto 314/2006.
- [6] Código Técnico de la Edificación (CTE). (junio 2021). *Madridsalud*. <https://madridsalud.es/el-codigo-tecnico-de-la-edificacion-y-el-agua-de-consumo-humano/>
- [7] UNE-EN 805:2000. *Definiciones*. [http://normativaconstruccion.cype.info/sev\\_ins\\_agua/pagina11.html?438](http://normativaconstruccion.cype.info/sev_ins_agua/pagina11.html?438)
- [8] Información tuberías plásticas y metálicas. (junio 2021). *@amrandado*. <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/amrandado/tipos-de-tuberias-segun-el-tipo-de-instalacion/>
- [9] Tabla dimensiones tuberías PVC. (junio 2021). *Coplastic*. <http://www.coplastic.es/categorias/caracteristicas-y-medidas/3>
- [10] Instituto Geográfico Nacional (IGN). <https://www.ign.es/web/ign/portal>
- [11] Falcon, F. Curva modulación de la demanda. (junio 2021). *LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/pulse/curvas-de-modulaci%C3%B3n-demanda-fremy-falcon>
- [12] Tarifas energéticas por horas. (agosto 2021). *Tarifadeluz*. <https://www.tarifadeluz.com/>
- [13] Mantenimiento grupos de presión. (agosto 2021). *Habitissimo*. <https://www.habitissimo.es/presupuestos/mantenimiento-de-grupo-de-presion>
- [14] Limpieza depósitos. (agosto 2021). *Habitissimo*. <https://www.habitissimo.es/presupuestos/limpieza-de-depositos-aljibes-y-pozos>



# PRESUPUESTO

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

Obra:		Red de distribución de agua potable de Alcalá del Júcar				
Presupuesto		% C.I. 3				
Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
<b>VAMOOOS</b>	<b>Capítulo</b>				<b>1.009.398,69</b>	<b>1.009.398,69</b>
<b>Cap01</b>	<b>Capítulo</b>		<b>Acondicionamiento del terreno</b>		<b>663.942,15</b>	<b>663.942,15</b>
<b>01.01</b>	Partida	m <sup>3</sup>	Excavación de zanjas en tierra blanda, de más de 1,25 m de profundidad máxima, con medios mecánicos, y carga a camión. Excavación de zanjas en tierra blanda, de más de 1,25 m de profundidad máxima, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluye: Replanteo en el terreno. Situación de los puntos topográficos. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.	11.711,300	14,84	173.795,69
mq01ret020b	Maquinaria	h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,286	37,240	10,65
mo087	Mano de obra	h	Ayudante construcción de obra civil.	0,193	18,050	3,48
%		%	Costes directos complementarios	2,000	14,130	0,28
			<b>01.01</b>	<b>11.711,300</b>	<b>14,84</b>	<b>173.795,69</b>
<b>01.02</b>	Partida	m <sup>2</sup>	Compactación de fondo de zanja o pozo, al 95% del Proctor Modificado, con pisón vibrante de guiado manual. Compactación de fondo de zanja o pozo, al 95% del Proctor Modificado, con pisón vibrante de guiado manual. Incluye: Situación de los puntos topográficos. Bajada de la maquinaria al fondo de la excavación. Humectación de las tierras. Compactación. Retirada de la maquinaria del fondo de la excavación. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en perfil compactado, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.	7.184,840	5,65	40.594,35
mq02rop020	Maquinaria	h	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	0,165	3,570	0,59

mq02cia020j	Maquinaria	h	Camió cisterna, de 8 m <sup>3</sup> de capacidat.	0,024	40,870	0,98
mo087	Mano de obra	h	Ayudante construcció de obra civil.	0,211	18,050	3,81
%	%	%	Costes directos complementarios	2,000	5,380	0,11
<b>01.02</b>				<b>7.184,843</b>	<b>5,65</b>	<b>40.594,36</b>
<b>01.03</b>	Partida	m <sup>3</sup>	Relleno de zanjas con zahorra artificial caliza, y compactación en tongadas sucesivas de 25 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Relleno de zanjas con zahorra artificial caliza, y compactación en tongadas sucesivas de 25 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluye: Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en perfil compactado, el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.	3.592,420	31,80	114.238,96
mt01zah010c	Material	t	Zahorra artificial caliza.	2,200	9,680	21,30
mq02cia020j	Maquinaria	h	Camió cisterna, de 8 m <sup>3</sup> de capacidat.	0,006	40,870	0,25
mq01pan010a	Maquinaria	h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m <sup>3</sup> .	0,011	41,020	0,45
mq02rod010d	Maquinaria	h	Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.	0,165	6,520	1,08
mo087	Mano de obra	h	Ayudante construcció de obra civil.	0,398	18,050	7,18
%	%	%	Costes directos complementarios	2,000	30,260	0,61
<b>01.03</b>				<b>3.592,422</b>	<b>31,80</b>	<b>114.239,02</b>
<b>01.04</b>	Partida	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-30/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión Hormigón HM-30/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata. Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	1.436,970	94,96	136.454,67
mt10hmf010Om	Material	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-30/B/20/I, fabricado en central.	1,100	77,090	84,80
mo092	Mano de obra	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,297	18,780	5,58
%	%	%	Costes directos complementarios	2,000	90,380	1,81

01.04				1.436,970	94,96	136.454,67
<b>01.05</b>	Partida	m <sup>2</sup>	Firme flexible para tráfico, compuesto de capa de 10 cm de espesor de suelocemento SC40 y mezcla bituminosa en caliente: capa de 5 cm de AC 22 bin D, según UNE-EN 13108-1; capa de rodadura de 3 cm de BBTM 11B, según UNE-EN 13108-2.	7.184,840	17,49	125.662,85
			Firme flexible para tráfico pesado T41 sobre explanada E2, compuesto por: capa de 25 cm de espesor de suelocemento formada por la mezcla en central de material granular para la fabricación de SC40, adecuado para tráfico T41 con cemento CEM II / A-V 32,5 N, a granel; riego de curado mediante la aplicación de emulsión bituminosa, tipo ECR-1, a base de betún asfáltico; mezcla bituminosa en caliente: riego de adherencia mediante la aplicación de emulsión bituminosa, tipo ECR-1, a base de betún asfáltico; capa de 5 cm de espesor formada por material granular para la fabricación de mezcla bituminosa en caliente AC 22 bin D, según UNE-EN 13108-1, coeficiente de Los Ángeles <=25, adecuado para tráfico T41 con filler calizo, para mezcla bituminosa en caliente y betún asfáltico B60/70; riego de adherencia mediante la aplicación de emulsión bituminosa, tipo ECR-1, a base de betún asfáltico; capa de rodadura de 3 cm de espesor formada por material granular para la fabricación de mezcla bituminosa en caliente BBTM 11B, según UNE-EN 13108-2, coeficiente de Los Ángeles <=25, adecuado para tráfico T4 con filler calizo, para mezcla bituminosa en caliente y betún asfáltico B60/70. Incluye: Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo de la mezcla con cemento. Preparación de la superficie existente para la mezcla con cemento. Fabricación de la mezcla con cemento. Transporte de la mezcla con cemento. Vertido y extensión de la mezcla con cemento. Prefisuración de la capa de mezcla con cemento. Compactación y terminación de la capa de mezcla con cemento. Ejecución de juntas de construcción en la capa de mezcla con cemento. Curado de la capa de mezcla con cemento. Tramo de prueba para la capa de mezcla con cemento. Preparación de la superficie para el riego de adherencia. Aplicación de la emulsión bituminosa. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa. Preparación de la superficie existente para la capa de mezcla bituminosa. Aprovechamiento de áridos para la fabricación de la mezcla bituminosa. Fabricación de la mezcla bituminosa. Transporte de la mezcla bituminosa. Extensión de la mezcla bituminosa. Compactación de la capa de mezcla bituminosa. Ejecución de juntas transversales y longitudinales en la capa de mezcla bituminosa. Tramo de prueba para la capa de mezcla bituminosa. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.			
mt01arp100m	Material	t	Material granular para la fabricación de SC40, adecuado para tráfico T41, según PG-3. Según UNE-EN 13043.	0,553	2,550	1,41
mt08cet020c	Material	t	Cemento CEM II / A-V 32,5 N, a granel, según UNE-EN 197-1.	0,017	94,440	1,61
mt14ebc010a	Material	kg	Emulsión bituminosa, tipo ECR-1, a base de betún asfáltico, según PG-3.	2,800	0,250	0,70
mt01arp120bCme	Material	t	Material granular para la fabricación de mezcla bituminosa en caliente AC 22 bin D, según UNE-EN 13108-1, coeficiente de Los Ángeles <=25, adecuado para tráfico T41, según PG-3. Según UNE-EN 13043.	0,104	9,460	0,98
mt01arp060b	Material	t	Filler calizo, para mezcla bituminosa en caliente.	0,005	41,890	0,21
mt14ebc020zbo1c	Material	t	Betún asfáltico B60/70, según PG-3.	0,005	299,080	1,50
mt01arp120cCvm	Material	t	Material granular para la fabricación de mezcla bituminosa en caliente BBTM 11B, según UNE-EN 13108-2, coeficiente de Los Ángeles <=25, adecuado para tráfico T4, según PG-3. Según UNE-EN 13043.	0,061	10,370	0,63
mt01arp060c	Material	t	Filler calizo, para mezcla bituminosa en caliente.	0,004	41,890	0,17
mt14ebc020Ajb2c	Material	t	Betún asfáltico B60/70, según PG-3.	0,003	299,080	0,90
mq10csc010	Maquinaria	h	Central discontinua para tratamiento de materiales con cemento, de 160 t/h.	0,006	88,230	0,53

mq04tk010	Maquinaria	t·km	Transporte de áridos.	9,405	0,100	0,94
mq04cab010d	Maquinaria	h	Camión basculante de 14 t de carga, de 184 kW.	0,011	39,910	0,44
mq01mot010b	Maquinaria	h	Motoniveladora de 154 kW.	0,006	76,370	0,46
mq02cia020j	Maquinaria	h	Camión cisterna, de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,010	40,870	0,41
mq02rov010i	Maquinaria	h	Compactador monocilíndrico vibrante autopropulsado, de 129 kW, de 16,2 t, anchura de trabajo 213,4 cm.	0,006	63,530	0,38
mq01pan010a	Maquinaria	h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m <sup>3</sup> .	0,011	41,020	0,45
mq02cia020f	Maquinaria	h	Camión cisterna equipado para riego, de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,009	42,830	0,39
mq11bar010	Maquinaria	h	Barredora remolcada con motor auxiliar.	0,004	12,540	0,05
mq10mbc010	Maquinaria	h	Central asfáltica continua para fabricación de mezcla bituminosa en caliente, de 200 t/h.	0,005	315,090	1,58
mq04tk020	Maquinaria	t·km	Transporte de aglomerado.	3,010	0,100	0,30
mq04deq010	Maquinaria	Ud	Desplazamiento de maquinaria de fabricación de mezcla bituminosa en caliente.	1,100	1,050	1,16
mq11ext030	Maquinaria	h	Extendedora asfáltica de cadenas, de 81 kW.	0,005	81,920	0,41
mq02rot030b	Maquinaria	h	Compactador tandem autopropulsado, de 63 kW, de 9,65 t, anchura de trabajo 168 cm.	0,005	41,810	0,21
mq11com010	Maquinaria	h	Compactador de neumáticos autopropulsado, de 12/22 t.	0,005	59,350	0,30
mo041	Mano de obra	h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción de obra civil.	0,011	19,030	0,21
mo087	Mano de obra	h	Ayudante construcción de obra civil.	0,018	18,050	0,32
%		%	Costes directos complementarios	2,000	16,650	0,33
			<b>01.05</b>	<b>7.184,843</b>	<b>17,49</b>	<b>125.662,90</b>
<b>01.06</b>	Partida	m <sup>3</sup>	Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia no limitada.	11.711,300	6,25	73.195,63



Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia no limitada. Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado. Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.

mq04cab010e	Maquinaria	h	Camión basculante de 20 t de carga, de 213 kW.	0,141	42,230	5,95
%		%	Costes directos complementarios	2,000	5,950	0,12
			<b>01.06</b>	<b>11.711,300</b>	<b>6,25</b>	<b>73.195,63</b>
<b>Cap01</b>					<b>663.942,15</b>	<b>663.942,15</b>
<b>Cap02</b>	<b>Capítulo</b>		<b>Instalaciones hidráulicas</b>		<b>336.819,54</b>	<b>336.819,54</b>
<b>02.01</b>	Partida	m	Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 16 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,8 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales. Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 16 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,8 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo y trazado. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Ejecución del relleno envolvente. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.	100,100	362,32	36.268,23
mt01ara010	Material	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	28,030	12,020	336,92
mt37tvg010kg	Material	m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 16 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,8 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	6,010	6,01
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,012	19,030	0,23
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,012	17,820	0,21

mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,040	19,560	0,78
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,040	18,010	0,72
%		%	Costes directos complementarios	2,000	344,870	6,90
			<b>02.01</b>	<b>100,100</b>	<b>362,32</b>	<b>36.268,23</b>
<b>02.02</b>	Partida	m	Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 20 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,3 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales.	672,100	12,39	8.327,32
			Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 20 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,3 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo y trazado. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Ejecución del relleno envolvente. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.			
mt01ara010	Material	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,088	12,020	1,06
mt37tvg010lg	Material	m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 20 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,3 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	8,790	8,79
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,012	19,030	0,23
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,012	17,820	0,21
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,040	19,560	0,78
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,040	18,010	0,72
%		%	Costes directos complementarios	2,000	11,790	0,24
			<b>02.02</b>	<b>672,100</b>	<b>12,39</b>	<b>8.327,32</b>

<b>02.03</b>	Partida	m	<p>Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 25 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,8 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales.</p> <p>Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 25 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,8 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Ejecución del relleno envolvente. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.</p>	1.128,000	16,34	18.431,52
mt01ara010	Material	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,090	12,020	1,08
mt37tvg010mg	Material	m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 25 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 2,8 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	12,030	12,03
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,015	19,030	0,29
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,015	17,820	0,27
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,050	19,560	0,98
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,050	18,010	0,90
%		%	Costes directos complementarios	2,000	15,550	0,31
			<b>02.03</b>	<b>1.128,000</b>	<b>16,34</b>	<b>18.431,52</b>
<b>02.04</b>	Partida	m	<p>Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 32 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 3,6 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales.</p>	295,700	24,33	7.194,38

Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 32 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 3,6 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo y trazado. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Ejecución del relleno envolvente. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.

mt01ara010	Material	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,092	12,020	1,11
mt37tvg010ng	Material	m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 32 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 3,6 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	19,140	19,14
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,018	19,030	0,34
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,018	17,820	0,32
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,060	19,560	1,17
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,060	18,010	1,08
%		%	Costes directos complementarios	2,000	23,160	0,46
			<b>02.04</b>	<b>295,700</b>	<b>24,33</b>	<b>7.194,38</b>
<b>02.05</b>	Partida	m	Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 40 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 4,5 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales.	2.835,670	34,88	98.908,17

Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 40 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 4,5 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo y trazado. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Ejecución del relleno envolvente. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.

mt01ara010	Material	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,095	12,020	1,14
mt37tvg010og	Material	m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 40 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 4,5 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	28,660	28,66
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción.	0,021	19,030	0,40
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,021	17,820	0,37
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1 <sup>a</sup> fontanero.	0,070	19,560	1,37
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,070	18,010	1,26
%		%	Costes directos complementarios	2,000	33,200	0,66
			<b>02.05</b>	<b>2.835,670</b>	<b>34,88</b>	<b>98.908,17</b>
<b>02.06</b>	Partida	m	Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 50 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 5,6 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales.	697,400	51,97	36.243,88

Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 50 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 5,6 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo y trazado. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Ejecución del relleno envolvente. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.

mt01ara010	Material	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,098	12,020	1,18
mt37tvg010pg	Material	m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 50 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 5,6 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	44,400	44,40
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción.	0,024	19,030	0,46
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,024	17,820	0,43
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1 <sup>a</sup> fontanero.	0,080	19,560	1,56
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,080	18,010	1,44
%		%	Costes directos complementarios	2,000	49,470	0,99
			<b>02.06</b>	<b>697,400</b>	<b>51,97</b>	<b>36.243,88</b>
<b>02.07</b>	Partida	m	Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 63 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 7,1 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales.	480,260	87,75	42.142,82

Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 63 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 7,1 mm de espesor, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo y trazado. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Ejecución del relleno envolvente. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.

mt01ara010	Material	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,102	12,020	1,23
mt37tvg010qg	Material	m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 63 mm de diámetro exterior, PN=25 atm y 7,1 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	77,920	77,92
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,027	19,030	0,51
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,027	17,820	0,48
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,090	18,010	1,62
%		%	Costes directos complementarios	2,000	83,520	1,67
			<b>02.07</b>	<b>480,260</b>	<b>87,75</b>	<b>42.142,82</b>
<b>02.08</b>	Partida	ud	Bomba TXI18/9	4,000	610,43	2.441,72
			Bomba 1			
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
txi18/9	Material	ud	Bomba TXI 18/9	1,000	578,000	578,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	581,030	11,62
			<b>02.08</b>	<b>4,000</b>	<b>610,43</b>	<b>2.441,72</b>
<b>02.09</b>	Partida	ud	Bomba TXI18/18	1,000	845,76	845,76
			Bomba 2			

mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
txi18/18	Material	ud	Bomba TXI18/18	1,000	802,000	802,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	805,030	16,10
			<b>02.09</b>	<b>1,000</b>	<b>845,76</b>	<b>845,76</b>
<b>02.10</b>	Partida	ud	Bomba TXI18/25	1,000	1.038,02	1.038,02
			Bomba 3			
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
txi18/25	Material	ud	Bomba TXI 18/25	1,000	985,000	985,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	988,030	19,76
			<b>02.10</b>	<b>1,000</b>	<b>1.038,02</b>	<b>1.038,02</b>
<b>02.11</b>	Partida	ud	Bomba TXI40/18	2,000	1.955,20	3.910,40
			Bomba 4			
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
txi40/18	Material	ud	Bomba TXI40/18	1,000	1.858,000	1.858,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	1.861,030	37,22
			<b>02.11</b>	<b>2,000</b>	<b>1.955,20</b>	<b>3.910,40</b>
<b>02.12</b>	Partida	ud	Bomba TXI75/13	2,000	2.323,96	4.647,92
			Bomba 5			
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76



txi75/13	Material	ud	Bomba TXI 75/13	1,000	2.209,000	2.209,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2.212,030	44,24
			<b>02.12</b>	<b>2,000</b>	<b>2.323,96</b>	<b>4.647,92</b>
<b>02.13</b>	Partida	ud	Bomba TXI75/18	2,000	2.970,08	5.940,16
			Bomba 6			
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
txi75/18	Material	ud	Bomba TXI75/18	1,000	2.824,000	2.824,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2.827,030	56,54
			<b>02.13</b>	<b>2,000</b>	<b>2.970,08</b>	<b>5.940,16</b>
<b>02.14</b>	Partida	ud	Bomba TXI 40/15	1,000	1.642,12	1.642,12
			Bomba 7			
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
txi40/15	Material	ud	Bomba TXI 40/15	1,000	1.560,000	1.560,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	1.563,030	31,26
			<b>02.14</b>	<b>1,000</b>	<b>1.642,12</b>	<b>1.642,12</b>
<b>02.15</b>	Partida	ud	Bomba TXI40/25	1,000	2.500,46	2.500,46
			Bomba TXI40/25			
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,090	19,560	1,76
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1º Electricista	0,065	19,560	1,27
txi40/25	Material	ud	Bomba TXI40/25	1,000	2.377,000	2.377,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2.380,030	47,60
			<b>02.15</b>	<b>1,000</b>	<b>2.500,46</b>	<b>2.500,46</b>

<b>02.16</b>	Partida	ud	Depósito rotura de carga	2,000	33.011,04	66.022,08
			Depósito regulador de 101 m3. de capacidad para abastecimiento de agua potable a núcleos de población, ejecutado mediante muros de curvatura circular prefabricados de hormigón H-350 armados con acero B 500 S, de planta circular de 5 m. de diámetro y 4,00 m. de altura, incluso excavación, losa de cimentación ejecutada in situ de 15 cm. de espesor y H-250, con zuncho perimetral de 50x50 y colocación de tuberías de entrada, salida, limpieza y rebosadero embebidas en la solera. Colocación de cubierta prefabricada y sellado de juntas e impermeabilización de paredes mediante productos no tóxicos.			
mo041	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,011	19,030	0,21
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,180	19,560	3,52
mt37www010	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,400	1,40
dep.rot.	Material	ud	Depósito Rotura de Carga 78,54 m3	1,000	31.416,000	31.416,00
%		%	Costes directos complementarios	2,000	31.421,130	628,42
			<b>02.16</b>	<b>2,000</b>	<b>33.011,04</b>	<b>66.022,08</b>
<b>02.17</b>	Partida	Ud	Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 32 mm, PN 25 atm.	1,000	43,03	43,03
			Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 32 mm, PN 16 atm. Incluye: Replanteo. Colocación. Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
mt37svr020a	Material	Ud	Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 32 mm, PN 25 atm.	1,000	32,800	32,80
mt37www010	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,400	1,40
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,180	19,560	3,52
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,180	18,010	3,24
%		%	Costes directos complementarios	2,000	40,960	0,82
			<b>02.17</b>	<b>1,000</b>	<b>43,03</b>	<b>43,03</b>
<b>02.18</b>	Partida	Ud	Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 40 mm, PN 25 atm.	4,000	43,03	172,12

Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 40 mm, PN 16 atm.  
 Incluye: Replanteo. Colocación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.  
 Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.  
 Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

mt37svr020b	Material	Ud	Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 40 mm, PN 25 atm.	1,000	32,800	32,80
mt37www010	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,400	1,40
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,180	19,560	3,52
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,180	18,010	3,24
%		%	Costes directos complementarios	2,000	40,960	0,82
			<b>02.18</b>	<b>4,000</b>	<b>43,03</b>	<b>172,12</b>

<b>02.19</b>	Partida	Ud	Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 50 mm, PN 16 atm. Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 50 mm, PN 16 atm. Incluye: Replanteo. Colocación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	1,000	44,61	44,61
mt37svr020c	Material	Ud	Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 50 mm, PN 25 atm.	1,000	32,800	32,80
mt37www010	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,400	1,40
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,220	19,560	4,30
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,220	18,010	3,96
%		%	Costes directos complementarios	2,000	42,460	0,85
			<b>02.19</b>	<b>1,000</b>	<b>44,61</b>	<b>44,61</b>

<b>02.20</b>	Partida	Ud	Válvula de reguladora de caudal Válvula de retención de latón para roscar de 1/2". Incluye: Replanteo. Colocación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	2,000	27,41	54,82
--------------	---------	----	--	-------	-------	-------

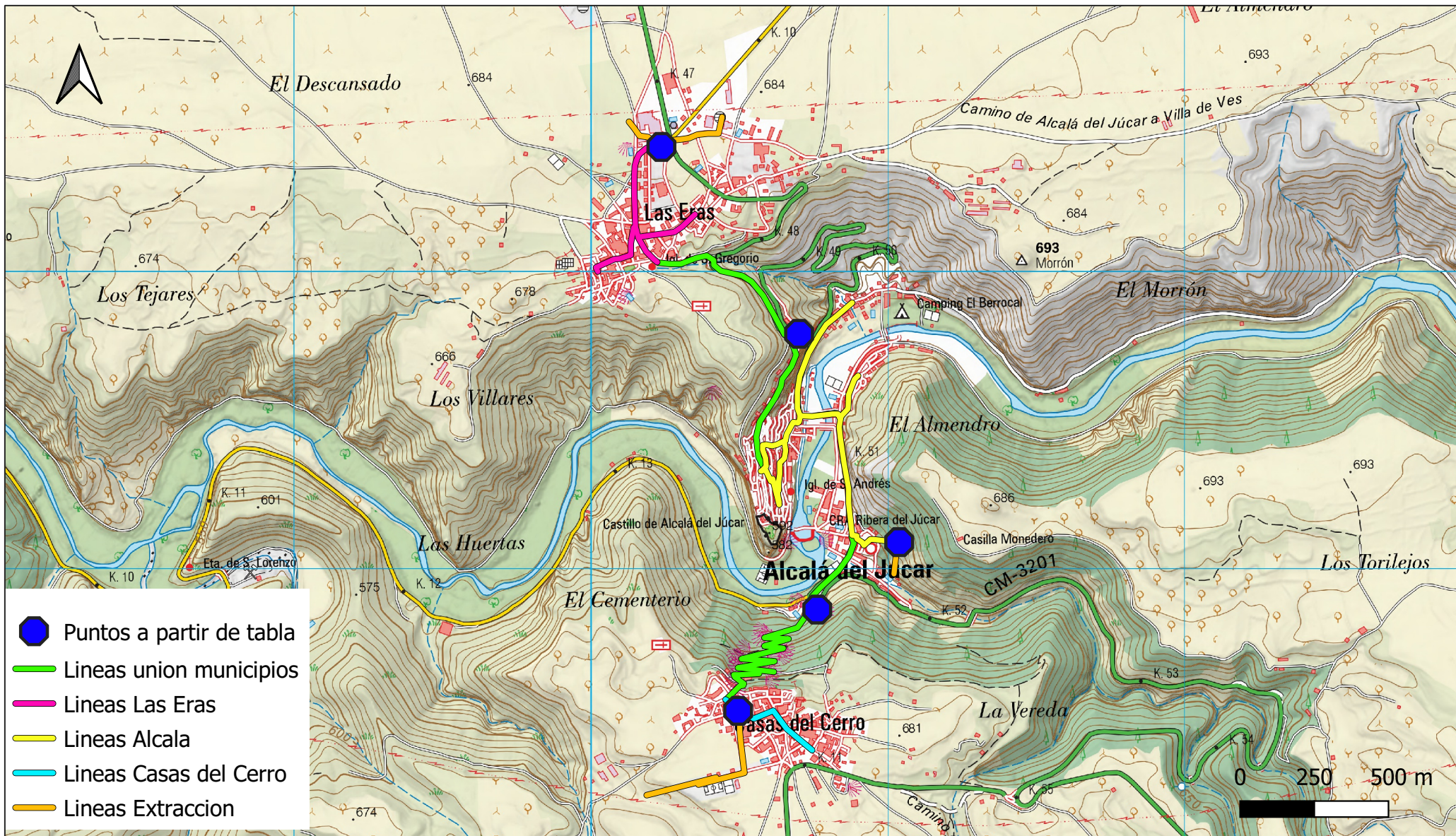
mt37svr010a	Material	Ud	Válvula reguladora de caudal de esfera	1,000	18,640	18,64
mt37www010	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,400	1,40
mo008	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,161	19,560	3,15
mo107	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,161	18,010	2,90
%		%	Costes directos complementarios	2,000	26,090	0,52
<b>02.20</b>				<b>2,000</b>	<b>27,41</b>	<b>54,82</b>
<b>Cap02</b>				<b>336.819,54</b>	<b>336.819,54</b>	
<b>Cap03</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Trabajo de desarrollo y redacción del proyecto</b>		<b>8.637,00</b>	<b>8.637,00</b>	
<b>03.01</b>	Partida	ud	Trabajo de desarrollo de la solución	300,000	28,79	8.637,00
			Trabajo de desarrollo de la solución y su redacción			
it00	Mano de obra	ud	Ingeniero técnico	1,000	27,400	27,40
%		%	Costes directos complementarios	2,000	27,400	0,55
<b>03.01</b>				<b>300,000</b>	<b>28,79</b>	<b>8.637,00</b>
<b>Cap03</b>				<b>8.637,00</b>	<b>8.637,00</b>	
<b>Rd de distribución agua potable Alcaá del Júcar</b>				<b>1.009.398,69</b>	<b>1.009.398,69</b>	

## PRESUPUESTO FINAL

Presupuesto y ejecución de materiales	1.009.398,69
10% gastos generales	100939,869
4% Beneficio Industrial	40375,9476
Presupuesto de ejecución por contrata	1.150.714,51
21% IVA	241650,0464
Presupuesto base de la licitación	<b>1.392.364,55</b>



# PLANOS



Trabajo Fin de Grado en Ingeniería en  
Tecnologías Industriales



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**Proyecto:**

Diseño de la red de  
distribución de agua  
potable de Alcalá del  
Júcar

**Plano:**

Recorrido de las conducciones  
por Alcalá del Júcar

**Autor:**

Eduardo Belenguer Navarro

**Fecha:**

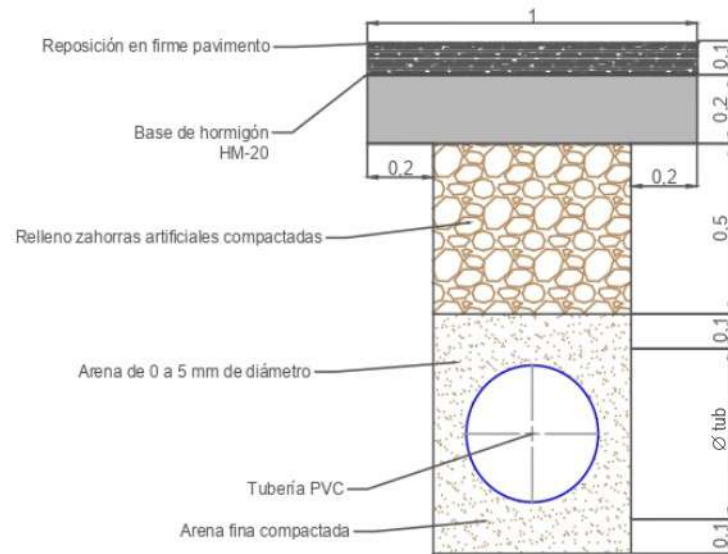
Agosto 2021

**Escala:**

1:12500

**Nº Plano:**

1



Trabajo Fin de Grado en Ingeniería en  
Tecnologías Industriales



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**Proyecto:**

Diseño de la red de  
distribución de agua  
potable de Alcalá del  
Júcar

**Plano:**

Detalle constructivo zanja

**Autor:**

Eduardo Belenguer Navarro

**Fecha:**

Agosto 2021

**Escala:**

1:25

**Nº Plano:**

2