

Trabajo Fin de Máster

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

Análisis de sistemas de recursos hídricos

Autor:

Ana Fe Mocholí Almudéver

Director:

Dr. Juan B. Marco

Valencia, Julio 2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma

Resumen del Trabajo de Fin de Máster

Datos del proyecto

Título: SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY.

Alumno: ANA FE MOCHOLI ALMUDEVER.

Director: DR. JUAN B. MARCO

Codirector/es:

Fecha de Lectura: JULIO 2015

Resumen

En castellano (máximo 2000 palabras)

Hoy en día el problema más común a la hora de gestionar una red de distribución de agua potable es el de tener que mejorar las condiciones hidráulicas de las redes en servicio. Actualmente para mejorar la gestión de la red y poder mejorar su eficiencia hídrica se recurre a la sectorización de la red de distribución, que consiste básicamente en dividir físicamente la red en sectores hidráulicos independientes (también llamados District Metered Area o sectores hidrométricos) e incluir a la entrada y a la salida de los mismos unos contadores de caudal, con el fin de conseguir un mejor control del balance hídrico.

Los objetivos específicos de la sectorización son los siguientes:

- Reducir las áreas afectadas por los cortes de suministro, reduciendo así el número de usuarios afectados.
- Facilitar la tarea de cortes de agua.
- Mejora del control de los caudales aportados y por tanto mejor control del rendimiento del sistema.
- Mejora de la presión de suministro.

- Disminución de fugas en la red de abastecimiento para aumentar el rendimiento hídrico del sistema.
- Reducción de costes en el suministro.

El estudio que se presenta se basa en la descripción de las problemáticas que actualmente presenta la red de distribución del municipio de Muro de Alcoy. La antigüedad del entramado de tuberías de la red del municipio junto a la elevada diferencia de cota existente entre las instalaciones de almacenamiento de agua potable y las de la red de distribución ha abocado al sistema de abastecimiento de agua potable de Muro de Alcoy a una postura insostenible.

La situación del bajo rendimiento hidráulico(42%) y las elevadas presiones que ofrece la red(70-90 mca) sumado a la falta de medio de gestión que faciliten el funcionamiento óptimo del sistema y la falta de recursos económicos para realizarlos hacen de esta red de abastecimiento un rompecabezas difícil de resolver.

Son estas razones las que han motivado a realizar un estudio en detalle de la red del municipio de Muro de Alcoy mediante un modelo matemático que reproduzca el comportamiento de la red.

El sistema de distribución de agua potable de la red de Muro de Alcoy esta compuesto por dos captaciones independientes que alimentan a dos depósitos de cabecera y ambos distribuyen a la red general. Se debe destacar que la inyección de agua potable a la red de abastecimiento se produce únicamente desde los depósitos de regulación.

La confección de este modelo se ha realizado mediante el programa EPANET para lo cual se ha requerido multitud de información como presiones existentes, datos de caudales registrados, demandas de los usuarios, topografía del terreno, características de la red, etc.

Como en el empleo de todo modelo, el primer paso ha consistido en la calibración y validación del modelo. En este caso en concreto no se ha realizado una calibración como tal ya que no se disponen de los datos necesarios para la misma, pero si se ha realizado la comprobación de que el modelo se aproxima con la mayor fidelidad posible al comportamiento de la red existente.

Una vez comprobado que el modelo reproduce de la mejor forma posible el comportamiento del sistema se ha procedido al diseño de un escenario de sectorización que solucione las presiones elevadas existentes en la red, controle el reparto del flujo desde cada uno de los depósitos de regulación y finalmente controlar de forma activa las fugas para mantener un rendimiento hídrico óptimo del sistema.

Este escenario se ha basado en la creación de sectores los cuales dividen el municipio de Muro de Alcoy en 4 areas. Al inicio de cada uno de los sectores, exceptuando el sector 3, se plantea instalar unos contadores de caudal y para regular las presiones se han proyectado tres válvulas reguladoras de presión.

Como medida complementaria se ha propuesto plantear la eliminación de una de las captaciones y conseguir con ello un ahorro energético.

Mediante el uso del escenario anteriormente descrito, se ha realizado un interesante análisis del funcionamiento de la red y se ha realizado una valoración económica de las actuaciones necesarias para la

sectorización.

Los resultados del análisis han permitido dar a conocer en cifras el aumento del rendimiento al 70% y la notable disminución de presión al aplicar las actuaciones propuestas.

Con las actuaciones propuestas se han suavizado los problemas que se han ido resaltando en este proyecto, pero cabe decir que aún queda mucho trabajo ya que un rendimiento hidráulico de un 70 % no es valor que permita finalizar las mejoras en ninguna instalación.

En valenciano (máximo 2000 palabras)

Hui en dia el problema més comú a l'hora de gestionar una xarxa de distribució d'aigua potable és el d'haver de millorar les condicions hidràuliques de les xarxes en servei. Actualment per a millorar la gestió de la xarxa i poder millorar la seua eficiència hídrica es recorre a la sectorització de la xarxa de distribució, que consistix bàsicament en dividir físicament la xarxa en sectors hidràulics independents (també anomenats District Metered Àrea o sectors hidromètrics) e incloure a l'entrada i a l'eixida dels mateixos uns comptadors de cabal, a fi d'aconseguir un millor control del balanç hídric. Els objectius específics de la sectorització són els següents:

- Reducir les àrees afectades pels talls de subministrament, reduint així el nombre d'usuaris afectats.
- Facilitar la tasca de talls d'aigua.
- Millora del control dels cabals aportats i per molt millor control del rendiment del sistema.
- Millora de la pressió de subministrament.
- Disminució de fugues en la xarxa d'abastiment per a augmentar el rendiment hídric del sistema.
- Reducció de costos en el subministrament.

L'estudi que es presenta es basa en la descripció de les problemàtiques que actualment presenta la xarxa de distribució del municipi de Muro d'Alcoi. La antiguitat de l'entramat de canonades de la xarxa del municipi junt amb l'elevada diferència de cota existent entre les instal·lacions d'emmagatzemament d'aigua potable i les de la xarxa de distribució ha abocat al sistema d'abastiment d'aigua potable de Muro d'Alcoi a una postura insostenible.

La situació del baix rendiment hidràulic (42%) i les elevades pressions que oferix la xarxa (70-90 mca) sumat a la falta de mig de gestió que faciliten el funcionament òptim del sistema i la falta de recursos econòmics per a realitzar-los fan d'esta xarxa d'abastiment un trencaclosques difícil de resoldre.

Són estes raons les que han motivat a realitzar un estudi en detall de la xarxa del municipi de Muro d'Alcoi per mitjà d'un model matemàtic que reproduïska el comportament de la xarxa.

El sistema de distribució d'aigua potable de la xarxa de Muro d'Alcoi esta compost per dos captacions

independents que alimenten a dos depòsits de capçalera i ambdós distribuïxen a la xarxa general. S'ha de destacar que la injecció d'aigua potable a la xarxa d'abastiment es produïx únicament des dels depòsits de regulació.

La confecció d'este model s'ha realitzadon per mitjà del programa EPANET per a la qual cosa s'ha requerit multitud d'informació com a pressions existents, dades de cabals registrats, demandes dels usuaris, topografia del terreno, característiques de la xarxa, etc. Com en l'ocupació de tot model, el primer pas ha consistit en la calibratge i validació del model.

En este cas en concret no s'ha realitzat una calibratge com a tal ja que no es disposen de les dades necessàries per a la mateixa, però si s'ha realitzat la comprovació que el model s'aproxima amb la major fidelitat possible al comportament de la xarxa existent. Una vegada comprovat que el model reproduïx de la millor forma possible el comportament del sistema s'ha procedit al disseny d'un escenari de sectorització que solucione les pressions elevades existents en la xarxa, controle el repartiment del flux des de cada un dels depòsits de regulació i finalment controlar de forma activa les fugues per a mantindre un rendiment hídric òptim del sistema. Este escenari s'ha basat en la creació de sectors els quals dividixen el municipio de Muro d'Alcoi en 4 àrees.

Al inici de cada un dels sectors, exceptuant el sector 3, es planteja instal·lar uns comptadors de cabal i per a regular les pressions s'han projectat tres vàlvules reguladores de pressió

Com a mesura complementària s'ha proposat plantejar l'eliminació d'una de les captacions i aconseguir amb això un estalvi energètic.

Per mitjà de l'ús de l'escenari anteriorment descrit, s'ha realitzat un interessant anàlisi del funcionament de la xarxa i s'ha realitzat una valoració econòmica de les actuacions necessàries per a la sectorització. Els resultats de l'anàlisi han permés donar a conèixer en xifres l'augment del rendiment al 70% i la notable disminució de pressió a l'aplicar les actuacions proposades.

Amb les actuacions proposades s'han suavitzat els problemes que s'han anat ressaltant en este projecte, però cal dir que encara queda molt treball ja que un rendiment hidràulic d'un 70 % no és valor que permeta finalitzar les millores en cap instal·lació.

En inglés (máximo 2000 palabras)

Today's most common problem with managing a water distribution network is the necessity of improving the hydraulic conditions of the networks on service. Currently, in order to improve the network managing and the hydraulic efficiency, a distribution network sectorization is commonly used, consisting on physically dividing the networks into independent hydraulic sectors (also known as District Area or hydrometric sectors), also including, at the entrance and exit of those sectors, flow rate counters with the aim of obtaining a better control of the hydric balance.

The specific objectives of the sectorization are as follows:

- Reducing the areas affected by the supply outage.
- Facilitating the water outage tasks
- Improving the contributed water flow control and therefore improving the system performance control.
- Improving the supply pressure.
- Decreasing the leaks at the provision network in order to increase the system's hydric performance.
- Reduction of the supply costs.

This study addresses the different problems that currently exist at the distribution network at Muro de Alcoy municipality. The antiquity of the pipe lattice at the village's network, together with the high difference of the existing heights between the drinking water storage facilities and those of the distribution network, have caused an unsustainable situation of the Muro de Alcoy's drinking water provision system.

The low hydraulic performance (42%) situation and the network high pressures (70-90 mca), together with the lack of management tools for enabling the optimal functioning and the lack of the economic resources for carrying them out, make this supplying network a riddle difficult to solve.

All this facts motivated a detailed study of the Muro de Alcoy network, using a mathematical model that can reproduce the network behavior.

The drinking water distribution system of Muro de Alcoy is composed by two independent collectors that feed two header tanks and both distribute to the general network. It must be emphasized that the drinking water injection to the supply network is produced only from the regulation deposits.

For the creation of the model, the software EPANET was used, and many different information was used, such as existing pressures, water flow data, user demands, terrain topography, network features, etc.

As in every model's implementation, the first step was to calibrate and validate the model. In this case, a formal calibration was not performed, as the necessary data was not available, however, it was verified that the model approximated very accurately to the possible behavior of the existing network.

Once the high accuracy of the model was checked, a sectorization scenario was designed, solving the existing high pressures of the network, controlling the flow delivery from each of the regulation deposits and finally actively controlling the system leaks in order to maintain an optimal hydric system's performance.

This scenario was based on the creation of sectors dividing Muro de Alcoy municipality into 4 areas. At the beginning of each of the sectors, excluding sector 3, an installation of water flow counter was proposed, in order to regulate the pressures that have been projected from the three pressure regulation valves.

As a complementary measure, it was proposed to eliminate one of the collectors in order to obtain energy



savings.

By using the scenario previously described, an interesting analysis of the network performance was done, as well as an economic evaluation of the necessary activities for the sectorization.

The results of the analysis allowed to find out, in numbers, the increase of the performance to a 70% and the significant decrease of the pressure after applying the proposed measures.

With the proposed measures, the previously commented network problems of this project softened. However, there is still a lot of work to do as the hydraulic performance of a 70% is not a value that allows completing the improvements at any installation.

Palabras clave (máximo 5): Sectorización , regulación de presión, potable

Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación y contexto.....	1
1.2	Objetivos generales y metodología.....	2
1.3	Estructura de la tesina.....	3
2	Sectorización.....	5
2.1	Ventajas y desventajas de la sectorización.....	6
2.2	Diseño de sectores.....	8
3	Caso de estudio.....	11
3.1	Situación hidrológica.....	12
3.1.1	Características hidrogeológicas.....	12
3.1.2	Balance hídrico y estado de la masa de agua subterránea (080.169).....	14
3.2	Descripción de las instalaciones.....	16
3.2.1	Captaciones.....	17
3.2.2	Depósitos de almacenamiento.....	18
3.2.3	Estación de bombeo Font del Baladre.....	20
3.2.4	Red de distribución.....	21
3.3	Balance hídrico.....	24
3.4	Diagnóstico de la situación actual.....	27
4	Metodología propuesta.....	29
5	Modelación.....	30
5.1	Introducción.....	30
5.2	Construcción del modelo.....	32
5.2.1	Trazado de la red.....	32
5.2.2	Topografía.....	33
5.2.3	Asignación de consumos.....	33
5.2.4	Incorporación de los elementos de almacenamiento y regulación..	35

5.2.5	Curva de modulación de consumo.....	37
5.3	Simulación y comprobación del modelo	38
6	Análisis y diagnóstico del comportamiento de la red.....	41
6.1	Topografía del terreno.....	41
6.2	Análisis del comportamiento de la red	41
6.3	Análisis de los aportes al sistema	48
6.4	Conclusiones.....	49
7	Propuesta de sectorización y regulación de la presión en Muro de Alcoy.....	51
7.1	Metodología utilizada.....	51
7.2	Actuaciones necesarias para la sectorización	53
7.3	Análisis de la red sectorizada	55
7.4	Valoración económica	63
8	Síntesis y conclusiones.....	65
9	Futuras líneas de estudio.....	67

Referencias

Anejos

Índice figuras

Ilustración 1-I.Esquema metodología. Fuente: elaboración propia.....	3
Ilustración 3-I-Localización de la zona de estudio.	11
Ilustración 3-II-Localización de los núcleos de población de muro de Alcoy considerados en este estudio.....	11
Ilustración 3-III- Sistemas de explotación de la C.H.J. Fuente: CHJ 2009	12
Ilustración 3-IV-Situación de la unidad hidrogeológica 08.40.Fuente: Diputación Provincial de Alicante, 2014.	13
Ilustración 3-V-Evolución piezométrica acuífero Muro de Alcoy. Fuente: Diputación Provincial de Alicante ,2014.	14
Ilustración 3-VI-Esquema abastecimiento Término Municipal del Muro de Alcoy. Fuente: Base de datos TECVASA.....	23
Ilustración 3-VII-Caudales inyectados a la red desde los depósitos La Boroná y Font de Baladre.....	25
Ilustración 5-I-Red de abastecimiento de Muro de Alcoy .Fuente: elaboración propia.....	32
Ilustración 5-II-Mapa de isolneas de cota de la red de abastecimiento de Maspalomas. Fuente: elaboración propia.....	33
Ilustración 5-III.Nudos con presiones superiores a 7 kg/m ² .Fuente: elaboración propia.....	35
Ilustración 5-IV-Curva de funcionamiento grupo de presión simulada en Epanet. Fuente: elaboración propia.	37
Ilustración 5-V-Curva modulación diaria. Fuente: <i>Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua</i> . Grupo mecánica de fluidos.....	37
Ilustración 5-VI-Evolución semanal de los caudales medios diarios inyectados a la red. Fuente: elaboración propia.....	38
Ilustración 5-VII-Gráfico comparación caudales observados y simulados salida depósito Font del Baladre. Fuente: elaboración propia.....	40
Ilustración 5-VIII Gráfico comparación caudales observados y simulados salida depósito Boroná.Fuente: elaboración propia.	40

Ilustración 5-IX-Gráfico correlación datos observados y simulados. Fuente: elaboración propia.....	40
Ilustración 6-I- Distribución de caudales red Muro de Alcoy.Izq:10:00 am; Drcha.: 04:00 am. Fuente: elaboración propia.	42
Ilustración 6-II- Distribución de velocidades red Muro de Alcoy.Izq:10:00 am; Drcha.: 04:00 am. Fuente: elaboración propia.....	43
Ilustración 6-III-Distribución de velocidades en hora punta. Fuente: elaboración propia.....	44
Ilustración 6-IV- Distribución de velocidades en hora valle. Fuente: elaboración propia.....	44
Ilustración 6-V- Distribución de altura piezométrica en la red Muro de Alcoy.Izq:10:00 am; Drcha.: 04:00 am. Fuente: elaboración propia.....	45
Ilustración 6-VI- Distribución de pérdidas unitarias en la red Muro de Alcoy.Izq:10:00 am; Drcha.: 04:00 am. Fuente: elaboración propia.....	45
Ilustración 6-VII- Distribución de pérdidas unitarias en hora punta. Fuente: elaboración propia.....	46
Ilustración 6-VIII- Distribución de pérdidas unitarias en hora valle. Fuente: elaboración propia.....	46
Ilustración 6-IX- Distribución de presiones en la red Muro de Alcoy a las 04:00 am. Fuente: elaboración propia.	47
Ilustración 6-X- Distribución de presiones en hora valle. Fuente: elaboración propia.	47
Ilustración 6-XI.Puntos existentes en la red con presiones superiores a 75 mca. Izq:10:00 ; Drcha: 04:00. Fuente: elaboración propia.....	48
Ilustración 6-XII-Caudales simulados en la salida del depósito Font del Baladre y La Boroná. Fuente: elaboración propia.	49
Ilustración 7-I- Esquema de la metodología utilizada para la elección de la sectorización y la instalación de válvulas para el control de la presión. Fuente: elaboración propia.....	52
Ilustración 7-II-Representación de los 4 sectores seleccionados para la sectorización del municipio de Muro de Alcoy. Fuente: elaboración propia.....	53

Ilustración 7-IV-Localización de los contadores y VRP en la sectorización de Muro de Alcoy. Fuente: elaboración propia.	55
Ilustración 7-V- Distribución de caudales en la red sectorizada Muro de Alcoy a las 04:00 am. Fuente: elaboración propia.	56
Ilustración 7-VI-Evolución de caudal a la salida del depósito Font del Baladre después de las actuaciones de sectorización. Fuente: elaboración propia.	56
Ilustración 7-VII- Distribución de velocidades en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 04:00 am. Fuente: elaboración propia.	57
Ilustración 7-VIII- Distribución de velocidad en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora valle. Fuente: elaboración propia.	57
Ilustración 7-IX- Distribución de velocidad en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 10:00 am. Fuente: elaboración propia.	58
Ilustración 7-X- Distribución de velocidad en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora punta. Fuente: elaboración propia.	58
Ilustración 7-XI- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 10:00 am. Fuente: elaboración propia.	58
Ilustración 7-XII- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora punta. Fuente: elaboración propia.	59
Ilustración 7-XIII- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 04:00 am. Fuente: elaboración propia.	59
Ilustración 7-XIV- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora valle. Fuente: elaboración propia.	59
Ilustración 7-XV-Comparación distribución de presiones en la red de Muro de Alcoy. Arriba: sin actuaciones sectorización; Bajo: con sectorización. Fuente elaboración propia.	61
Ilustración 7-XVI- Comparación distribución de presiones en la red de Muro de Alcoy. Arriba: sin actuaciones sectorización; Bajo: con sectorización. Fuente elaboración propia.	62
Ilustración 7-XVII- Accesorios necesarios para la instalación de las válvulas de regulación. Fuente: elaboración propia.	63

Índice de tablas

Tabla 3-I- Recurso renovable y renovable zonal por masa de agua subterránea (hm ³ /año).Fuente: PHJ, (2009-2015).....	14
Tabla 3-II- Bombeos (Hm ³ /año), recurso disponible (Hm ³ /año) e índice de explotación (k) por masa de agua subterránea. Fuente: PHJ, (2009-20015).....	15
Tabla 3-III-Evaluación del estado de la masa de agua subterránea de Muro de Alcoy. Fuente: PHJ, (2009-2015).	15
Tabla 3-IV-Características pozo La Boroná. Fuente: SINAC.	17
Tabla 3-V-Características pozo Passeig de la Rabossa. Fuente: SINAC.....	18
Tabla 3-VI-Características depósito Borona. Fuente: SINAC.	19
Tabla 3-VII-Características depósito Font del Baladre. Fuente: SINAC.....	20
Tabla 3-VIII-Características técnicas de equipo de impulsión de Font del Baladre.	20
Tabla 3-IX-Características de la red de Muro de Alcoy. Fuente: SINAC.....	21
Tabla 3-X-Características válvula reguladora.....	22
Tabla 3-XI-Resumen caudales inyectados y registrados de Muro de Alcoy. Fuente: elaboración propia.....	25
Tabla 5-I-Resultados del ajuste del modelo. Fuente: elaboración propia.....	39
Tabla 7-I-Características de los contadores a instalar en los sectores. Fuente: elaboración propia.....	54
Tabla 7-II- Características válvulas de regulación .Fuente: elaboración propia	54
Tabla 7-III-Cuadro resumen de valoración económica actuaciones sectorización. Fuente: elaboración propia.	64

1 Introducción

El agua incide en todos los aspectos de la vida humana, desde la salud y el saneamiento hasta los alimentos que comemos, y del entorno natural y los ecosistemas a la industria y la energía que impulsan nuestro desarrollo.

Pero este recurso esencial es escaso. El volumen de agua que se encuentra a nuestra disposición ha permanecido invariable durante miles de años, mientras que el número de usuarios y las modalidades de utilización han aumentado muy considerablemente. Algunos fenómenos de ámbito mundial tales como el crecimiento demográfico, la urbanización, los cambios en el uso del suelo y el calentamiento de la Tierra están generando presiones encontradas sobre este recurso limitado.

Es por ello que este recurso debe ser gestionado de manera eficiente y con un servicio continuo de total calidad, desde una fuente natural hasta los consumidores.

1.1 Motivación y contexto

Como se comentaba en el apartado anterior el agua es un recurso indispensable para todo proceso relacionado con la vida, es un producto esencial tanto para la actividad doméstica, así como para las actividades urbanas y agrícolas. La disponibilidad de este recurso está totalmente ligada al bienestar y prosperidad de cualquier sociedad. De ahí la importancia que cobra la buena gestión de las Redes de Abastecimiento de Agua Potable.

Una de las soluciones adoptadas hoy en día por muchos gestores para mejorar la gestión y la eficiencia hídrica es la sectorización, la cual consiste resumidamente en subdividir la red en un conjunto de sectores más pequeños, controlando la entrada y salida de caudal de los mismos.

Actualmente la red de distribución de agua de consumo del municipio de Muro de Alcoy no está debidamente sectorizada, por lo que se dificulta las tareas de

mantenimiento y control de la red, así mismo presenta presiones de suministro excesivas repartidas en toda el área que abarca la red.

Es por ello necesaria la realización de una serie de actuaciones encaminadas a la mejora de la sectorización, la reducción de las presiones de suministro excesivas y con ello la mejora de la eficiencia del sistema.

1.2 Objetivos generales y metodología

El presente estudio tiene como objetivo principal la descripción de las problemáticas que actualmente presenta la red de distribución del municipio de Muro de Alcoy, así como la valoración técnica y económica de las actuaciones necesarias para su corrección. Por ello se pretende llevar a cabo la sectorización de la red de distribución del municipio de Muro de Alcoy con la ayuda de un modelo matemático que simule, con la mayor exactitud posible, las condiciones de funcionamiento de la red tras efectuar el conjunto de actuaciones pertinentes.

Con la sectorización se pretende conseguir la mejora de la calidad del servicio de los usuarios del municipio de Muro de Alcoy, siendo los objetivos específicos los siguientes:

- Reducir las áreas afectadas por los cortes de suministro, reduciendo así el número de usuarios afectados.
- Facilitar la tarea de cortes de agua.
- Mejora del control de los caudales aportados y por tanto mejor control del rendimiento del sistema.
- Mejora de la presión de suministro.
- Disminución de fugas en la red de abastecimiento para aumentar el rendimiento hídrico del sistema.
- Reducción de costes en el suministro.

A continuación, en la figura 1-1, se muestra de forma esquemática la metodología empleada.

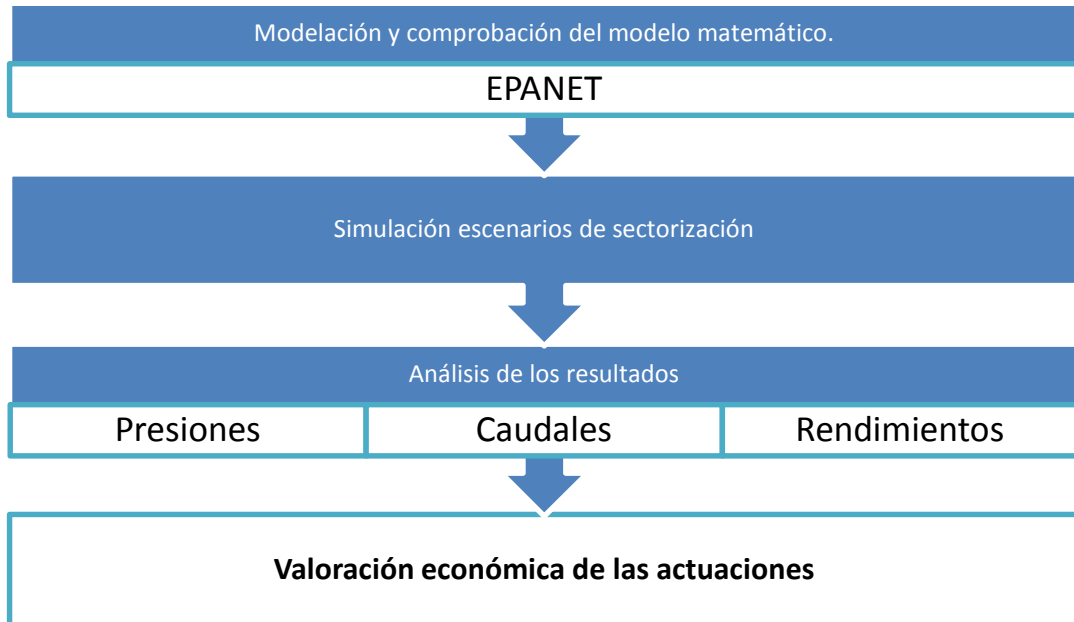


Ilustración 1-1. Esquema metodología. Fuente: elaboración propia.

1.3 Estructura de la tesina

El estudio realizado se estructura de la siguiente forma:

- Se procede a realizar una breve descripción del concepto de sectorización.
- Seguidamente se describe el caso de estudio, analizándose las condiciones actuales y se estudiarán los datos de los que se disponen para la creación del modelo matemático.
- Para continuar se resume el funcionamiento de la herramienta EPANET y se procede a la descripción detallada de la modelación de la red de abastecimiento y a la correspondiente comprobación del funcionamiento del modelo, con el que seguidamente, se simula el escenario de sectorización pertinente.

- Se evalúan los resultados ofrecidos por las simulaciones, ofreciendo una valoración económica de las actuaciones necesarias para la sectorización de la red de abastecimiento.
- El estudio se finaliza con las conclusiones que se deducen del mismo junto a las futuras líneas de investigación a seguir.

2 Sectorización

Hoy en día el problema más común a la hora de gestionar una red de distribución de agua potable es el de tener que mejorar las condiciones hidráulicas de las redes en servicio. La complejidad de la redes, en su mayoría, es debida al aumento de la demanda ocasionada por un incremento de la población, y que con la intención de garantizar el servicio se ha ido creando un entramado de tuberías, las cuales no fueron diseñadas conjuntamente bajo un óptimo de funcionamiento.

Actualmente para mejorar la gestión de la red y poder mejorar su eficiencia hídrica se recurre a la sectorización de la red de distribución, que consiste básicamente en dividir físicamente la red en sectores hidráulicos independientes (también llamados District Meters Area o sectores hidrométricos) e incluir a la entrada y a la salida de los mismos unos contadores de caudal, con el fin de conseguir un mejor control del balance hídrico.

Es esencial que el tamaño de los sectores sea el adecuado para estudiar su comportamiento a un nivel de detalle que permita estudiar acciones correctoras concretas en cada una de las áreas y poder establecer en cada una distintos objetivos de mejora de la gestión.

En ocasiones, los sectores están definidos de forma natural, por ejemplo el casco antiguo de la población o la zona industrial. En otros casos, hay que hacer adecuaciones como el cierre de válvulas, instalación de válvulas nuevas, cortes de líneas, etc... para así poder lograr el aislamiento hidráulico y de esta manera facilitar el manejo del sistema por áreas.

Todo lo anterior justifica la importancia de establecer la sectorización como una acción para llevar a cabo una gestión óptima de la red.

2.1 Ventajas y desventajas de la sectorización

La principal ventaja de realizar la sectorización en una red de abastecimiento de agua potable es la de conseguir un mayor entendimiento de la misma, con el objetivo de que dicho entendimiento sea aplicado para acrecentar y ofrecer un servicio de mayor calidad.

El indicador más inmediato es la caracterización de la curva de caudal de cada sector, con especial fijación en la cantidad de caudal mínimo nocturno, ya que cualquier fluctuación del mismo puede advertir la existencia de fugas o anomalías en el servicio.

Sin embargo, las ventajas de la sectorización van más allá de estos beneficios. Así pues, los principales objetivos a destacar son:

- Detección de fugas no sintomáticas: a través del estudio del caudal mínimo nocturno se pueden detectar fugas que en la explotación convencional no se manifiestan. Una vez determinada la existencia de la fuga se puede ir acotando mediante la parcelación del sector (step testing) aislándola hasta que puedan utilizarse métodos de detección acústica como correladores, geófonos u otros sistemas de búsqueda de fugas para encontrarla.
- Detección de fraudes: aunque más difíciles de identificar, las variaciones del histograma habitual de consumo pueden indicar su existencia.
- Búsqueda de fugas mejor orientadas: al disponer de información de todos los Sectores pueden establecerse criterios de prioridad, utilizando diferentes indicadores (rendimiento, caudal mínimo por longitud de red o por acometida...)
- Caracterización del consumo de los clientes: a través de las curvas de caudal se pueden identificar estacionalidades, día laborable - día festivo, diferenciar zonas residenciales de zonas industriales, identificar grandes clientes.
- Vigilancia de la integridad entre los diferentes pisos de presión: también a través de las curvas de caudal se puede detectar si se ha abierto alguna válvula frontera.

- Benchmarking: se pueden comparar las experiencias y resultados entre sectores y explotaciones, así como entre distintas redes de abastecimiento.
- Mejor planificación de las inversiones: al conocer los sectores en peor estado y combinando esta información con la de tipos de materiales existentes, ratios de averías, etc., se pueden establecer planes mucho más precisos y elaborados (renovación red, mantenimiento preventivo, campaña sustitución de contadores, etc.).
- Calibración del modelo matemático y simulación de presión, caudal, velocidad, tiempo de permanencia, arrastres de sedimentos y cloro residual: al disponer de datos de campo en tiempo real se puede calibrar perfectamente el modelo hasta que la simulación se ajuste a la realidad.
- Ordenación de la red secundaria: establecer un plan director de la red de distribución basado en los sectores.
- Regulación de presión en sectores determinados y consiguiente disminución del volumen suministrado y del número de averías: se puede identificar los sectores con exceso de presión y establecer regulaciones más finas que las de transporte en los puntos de control, con lo que mejora la calidad del servicio.
- Cierres programados: en caso de tener que regular el consumo por escasez de recursos, se pueden realizar cierres programados por sectores, ya que, al tener pocas entradas, pueden ser fácilmente aislados.

No es conveniente pensar que la sectorización solo ofrece ventajas por lo que cabe citar una serie de inconvenientes que hay que tener en cuenta a la hora de la sectorización:

- Disminuye la garantía de suministro respecto a las redes totalmente malladas, ya que una rotura en las tuberías que alimentan al sector dejaría sin servicio a todo el sector, por lo que es conveniente tener preparado el sector para poder alimentarlo desde otras entradas alternativas.

- Aumentan los tiempos de permanencia del agua en la red, lo cual es perjudicial desde el punto de vista de la calidad de la misma. Esto se debe a que aumenta el recorrido que el agua debe hacer hasta llegar al abonado final, ya que las redes adoptan una tipología más ramificada.
- Sectorizar una red conlleva una fuerte inversión inicial ya que no se trata únicamente de instalar válvulas y caudalímetros en determinados puntos del sistema, sino que a veces se requiere reforzar ciertos tramos de tubería para garantizar la presión de suministro.

2.2 Diseño de sectores

El diseño de sectores en una red de abastecimiento de agua potable puede llegar a ser una tarea relativamente sencilla en caso de redes de longitudes reducidas o muy complejas en redes de gran calibre. Esta complejidad viene ocasionada por la necesidad de lograr, a la vez, mantener la homogeneidad general de la red teniendo en cuenta criterios de optimización para crear, con el menor coste posible, sectores homogéneos y que además sostengan los parámetros hidráulicos dentro de un rango aceptable, teniendo siempre presente el efecto que esto puede generar sobre el resto de la red.

Como normal general, se recomienda hacer una revisión de la infraestructura de producción de la red. Muchos autores recomiendan empezar por las tuberías de transporte y de ahí continuar con las tuberías de distribución. El objetivo es tener separados los sectores hidrométricos respecto de las tuberías de transporte, mejorando el control de la red sin afectar la flexibilidad a la hora de establecer posteriormente las DMAs.

El control de la presión también es considerado como un elemento clave a la hora de gestionar las pérdidas en la red, y deberá ser tenido en cuenta a la hora del diseño del esquema inicial. Dependiendo del lugar de implementación de las DMAs habrá que tener en cuenta los requisitos mínimos legales exigidos, así como el tipo de consumidor o vivienda de cada sector, de manera tal que se pueda mantener la homogeneidad

dentro de cada uno de ellos. También habrá que tener controladas las zonas dentro de las DMAs donde tenemos presiones excesivas y por tanto mayor índice de fugas y posible deterioro de las tuberías.

Cabe destacar que el tamaño de las DMAs también es un factor a tener en cuenta a la hora de realizar la sectorización, ya que tiene una relación directa con el coste del mismo (menor tamaño-menor número de sectores-mayor coste).

En este proyecto en concreto, para distribuir la red en sectores se ha tenido en cuenta la división natural de la red (avenida principal), los distintos pisos de presión y la ubicación de las fuentes y los depósitos que también juegan un papel importante en la sectorización final, con el propósito de conseguir un ahorro energético (horas de funcionamiento de las bombas) y con ello una disminución tarifaria.

3 Caso de estudio

El municipio de Muro de Alcoy, sobre el que se basa este estudio, es un municipio situado en la Comunidad Valenciana, España. Se encuentra en el norte de la provincia de Alicante, en la depresión principal de los valles prebéticos de Alcoy, y pertenece a la comarca del Condado de Cocentaina.

Tiene una extensión de 32,5 km² y el número de habitantes es de 9.114 (INE 2.014).

Los núcleos de población de Benámer y Setla de Nunyes, pertenecientes al término municipal de Muro de Alcoy, también se incluyen en este estudio debido a la conexión hidráulica con el municipio de Muro de Alcoy.



Ilustración 3-I-Localización de la zona de estudio.



Ilustración 3-II-Localización de los núcleos de población de muro de Alcoy considerados en este estudio.

3.1 Situación hidrológica

3.1.1 Características hidrogeológicas

Como preámbulo al análisis de la red de Muro de Alcoy, es necesaria la descripción del ámbito hidrogeológico donde se encuentra ubicada.

El municipio de Muro de Alcoy está situado en la demarcación hidrográfica del Júcar. El caso que analizamos se sitúa en el sistema del río Serpis, concretamente en la unidad hidrogeológica de la Sierra Mariola (08.40), en el cual se encuentra la masa de agua subterránea de Muro de Alcoy (080.169).



Ilustración 3-III- Sistemas de explotación de la C.H.J. Fuente: CHJ 2009



Ilustración 3-IV-Situación de la unidad hidrogeológica 08.40.Fuente: Diputación Provincial de Alicante, 2014.

El acuífero de Muro de Alcoy tiene una extensión de 23,3 km², se sitúa en el extremo oriental de la Unidad 08.40, al norte de la población de Cocentaina. Se compone de dos sectores; Cuaternario de Muro de Alcoy y Margen izquierda del río Serpis.

La precipitación media sobre ellos es de 590 mm/año de los que se infiltra un 15%, produciendo unas aportaciones totales de 3,2 Hm³/año.

En la ilustración 3-V se representa la evolución del nivel piezométrico (punto 2932 1 0044), situado en la zona de estudio, hasta el año 2012. Para el período 1999/2002 se observa una tendencia descendente que posteriormente se torna ascendente del 2002 al 2011. El valor mínimo medido es de 420 m.s.n.m. y el máximo de 435 m.s.n.m., para la serie de datos continuos disponible.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

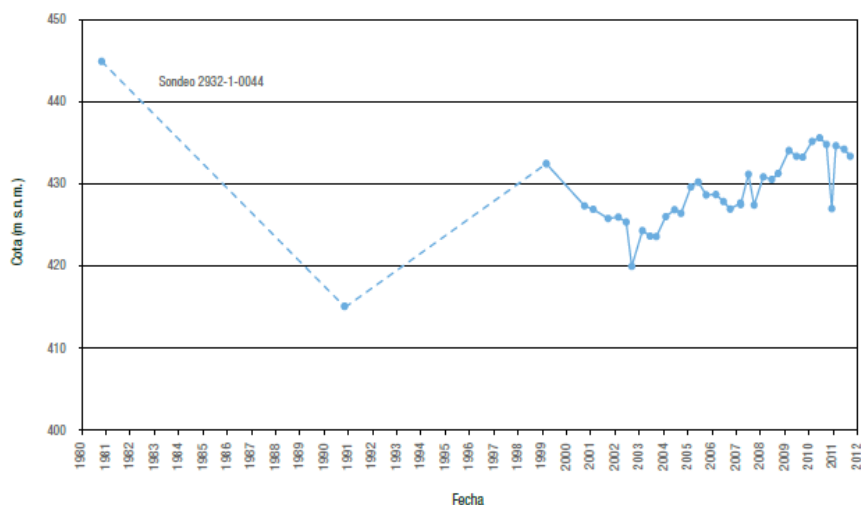


Ilustración 3-V-Evolución piezométrica acuífero Muro de Alcoy. Fuente: Diputación Provincial de Alicante ,2014.

3.1.2 Balance hídrico y estado de la masa de agua subterránea (080.169)

Un aspecto clave que se debe considerar a la hora de gestionar una red de abastecimiento es la situación hídrica en la que se encuentra la fuente de suministro, tanto en cantidad como en calidad del mismo.

A continuación se muestran unas tablas que ofrecen, en resumen, los recursos existentes en el acuífero de Muro de Alcoy, la procedencia del mismo, la unidad de demanda y el estado en el que se encuentra.

Código Masa	Nombre Masa	Recarga Lluvia	Retornos Totales	Pérdidas del Río	Entradas Lateral	RECURSO RENOVABLE	Salidas laterales	RECURSO RENOVABLE ZONAL
080.169	Muro de Alcoy	3,2	0,1	0,0	1,9	5,2	0,0	5,2

Tabla 3-I- Recurso renovable y renovable zonal por masa de agua subterránea (hm³/año).Fuente: PHJ, (2009-2015)

La recarga del acuífero procede de la infiltración directa de agua de lluvia y de retornos; además tiene una alimentación lateral subterránea por su límite occidental a

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

partir de los acuíferos carbonatados de sierra Mariola con los que tiene conexión hidráulica.

Respecto a la demanda subterránea que se produce en la zona de estudio, cabe indicar que se trata completamente de demanda urbana en la que un 77,16 % es doméstica y 22,84 % industrial/comercial.

Los municipios integrados que conforman esta unidad de demanda urbana, además de Muro de Alcoy, son: Alcocer de Planes, Alquería d'Asnar (I') y Benimarfull.

A continuación se muestra la cantidad de agua demandada procedente del acuífero de Muro de Alcoy, el recurso disponible y el índice de explotación ($K = \text{Extracción por bombeo} / \text{Recurso disponible}$).

Código masa de agua subterránea	Nombre de la masa de agua subterránea	Demanda total de aguas subterráneas (hm ³ /año)	Recurso disponible (hm ³ /año)	Índice de Explotación
080.169	Muro de Alcoy	0,4	2,5	0,2

Tabla 3-II- Bombeos (Hm³/año), recurso disponible (Hm³/año) e índice de explotación (k) por masa de agua subterránea. Fuente: PHJ, (2009-20015).

En relación a la evaluación del estado, como se muestra en la tabla 3-III, se tiene que la masa de agua 080.169 se encuentra en general en buen estado.

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA											
Código Masa subt.	Masa subterránea	Test Balance Hídrico	Test Flujo de Agua Superficial	Test Ecosistemas	Test Intrusión Marina	Estado Cuantitativo	Nitratos	Plaguicidas	Valores Umbral	Estado Químico	Evaluación Estado
080.169	Muro de Alcoy	Bueno	Bueno	Bueno	No Costera	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla 3-III-Evaluación del estado de la masa de agua subterránea de Muro de Alcoy. Fuente: PHJ, (2009-2015).

El estado a resaltar y que atrae mayor interés en este estudio es el estado cuantitativo, ya que nos indica que cumple los siguientes criterios:

- 1- La tasa media de la captación no es superior al recurso disponible.
- 2- No hay afección a las aguas superficiales que impida alcanzar los objetivos ambientales.
- 3- No se produce daño a los ecosistemas terrestres dependientes de las aguas subterráneas.
- 4- No existe intrusión salina.

El objetivo de contextualizar este análisis en un marco hidrológico es el de conocer cómo se encuentra el recurso hídrico del cual se va a disponer para abastecer el municipio de Muro de Alcoy.

Este análisis ha demostrado que la situación hidrológica en la que se desarrolla este proyecto no es una condición limitante para la gestión de la red de distribución, ya que se encuentra en un buen estado cuantitativo y cualitativo.

Aun siendo de este modo, es un elemento que se debe tener siempre en especial consideración a la hora de gestionar el abastecimiento de agua potable de cualquier explotación.

3.2 Descripción de las instalaciones

El sistema de abastecimiento de Muro de Alcoy, está compuesto por dos captaciones independientes que alimentan a dos depósitos de cabecera y ambos distribuyen a la red general. Se debe destacar que la inyección de agua potable a la red de abastecimiento se produce únicamente desde los depósitos de regulación.

La red es de tipo mallada y abastece a una población de 9.114 habitantes (4.910 usuarios).

3.2.1 Captaciones

Sistema de suministro La Boroná

Esta captación está compuesta por dos sondeos, propiedad del municipio en cuestión. Geográficamente se encuentran situados a muy poca distancia uno del otro. Actualmente solo está en funcionamiento uno (pozo 2) y el otro está de reserva (pozo 1), aunque este último se hace funcionar cada cierto tiempo para mantenerlo en buenas condiciones de servicio.

El pozo que se encuentra en funcionamiento se encarga de alimentar al depósito denominado *La Boroná*, comandados mediante un sistema de telemando vía radio.

Para mayor información, cabe nombrar que a la salida de los pozos existe una derivación que permite enviar caudales al Municipio de Cocentaina pero que actualmente se encuentra cerrada.

A continuación se muestra una tabla resumen de las características de la captación:

Denominación:	POZO BORONA 2 - MURO DE ALCOY
Tipo:	Agua subterránea: Pozo Entubado
Profundidad bomba:	160 m
Nivel estático:	117 m
Ubicación:	Camino Guerola 37-1, Muro de Alcoy Coordenadas X:720.247 Y:4.294.111 Z:555
Uso:	Ordinario
Destino habitual del agua:	DEPOSITO BORONA - MURO DE ALCOY

Tabla 3-IV-Características pozo La Boroná. Fuente: SINAC.

Sistema de suministro Passeig de la Rabossa

Se trata de una captación compuesta por un sondeo, ubicado en el paraje Font del Baladre, junto al cauce del Barranc Vermell, propiedad del Ayuntamiento de Muro de Alcoy.

Este pozo alimenta al depósito denominado Font del Baladre, comandados mediante un sistema de telemando vía radio.

A continuación se muestra una tabla resumen de las características de la captación:

Denominación:	POZO PASSEIG DE LA RABOSSA - MURO DE ALCOY
Tipo:	Agua subterránea: Pozo Entubado
Profundidad bomba:	75 m
Nivel estático:	38 m
Ubicación:	C/Baños de Agres 20, Muro de Alcoy Coordenadas X:719.733 Y:4.297462 Z:510
Uso:	Ordinario
Destino habitual del agua:	DEPOSITO BALADRE - MURO DE ALCOY

Tabla 3-V- Características pozo Passeig de la Rabossa. Fuente: SINAC.

3.2.2 Depósitos de almacenamiento

La zona objeto de la concesión cuenta con dos depósitos, propiedad del Ayuntamiento de Muro de Alcoy, cuyas características se indican a continuación.

Depósito Boroná

El depósito denominado La Borona es de planta circular, de hormigón armado de un solo vaso. Está situado en el paraje del mismo nombre La Boronà y tiene una capacidad de 2.000 m³. La altura interior es de 5,5 m. Se encuentra a una altura de 536 msnm.

En el interior del vaso del depósito hay instalado unas sondas de nivel que automatizan su llenado mediante un sistema de telemando vía radio que está conectado con los pozos de Borona y que acciona la válvula motorizada ubicada a la entrada del pozo.

Dispone de tubería de entrada y salida con válvulas de compuerta, rebosadero, desagüe y contador a la salida del depósito.

A continuación se muestra una tabla resumen de las características del depósito:

Denominación:	DEPOSITO BORONA - MURO DE ALCOY
Tipo:	Semienterrado
Ubicación:	Camino Guerola, Muro de Alcoy Coordenadas X: 720.384 Y: 4.294.167 Z: 536
Función:	Cabecera
Capacidad:	2.000 m ³
Uso:	Ordinario
Procedencia del agua:	POZO BORONA - MURO DE ALCOY
Destino del agua:	Red de distribución de Muro de Alcoy
Material de construcción:	Hormigón armado
Existencia de tratamiento:	Si

Tabla 3-VI- Características depósito Borona. Fuente: SINAC.

Depósito Font del Baladre

Este depósito es de planta circular, de hormigón armado de un solo vaso. Está situado en el paraje Font del Baladre y tiene una capacidad de 4.000 m³. La altura interior es de 4,5 m. El depósito encuentra situado a una cota de 467 m.s.n.m.

Dispone de tubería de entrada, salida con contador y rebosadero.

El llenado de los depósitos se regula mediante un sistema de 4 boyas (seguridad, mínimo, máximo y rebose) que ordena el arranque y la parada del equipo de bombeo del Pozo.

A continuación se muestra una tabla resumen de las características del depósito:

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

Denominación:	DEPOSITO BALADRE - MURO DE ALCOY
Tipo:	Semienterrado
Ubicación:	C/Baños de Agres, Muro de Alcoy Coordenadas X: 720.234 Y: 4.297.087 Z: 467
Función:	Cabecera
Capacidad:	4.000 m ³
Uso:	Ordinario
Procedencia del agua:	POZO PASSEIG RABOSA - MURO DE ALCOY
Destino del agua:	Red de distribución de Muro de Alcoy
Material de construcción:	Hormigón armado
Existencia de tratamiento:	Si

Tabla 3-VII- Características depósito Font del Baladre. Fuente: SINAC.

3.2.3 Estación de bombeo Font del Baladre

A pesar de las elevadas presiones existentes en la red de distribución, es necesaria una estación de impulsión a la salida del depósito Font del Baladre debido a un obstáculo orográfico entre la tubería a la salida del depósito y la tubería de distribución, por lo que cuando el nivel del depósito desciende, la presión es insuficiente para impulsar el caudal a través de la conducción.

La estación de bombeo está formada por dos bombas centrífugas horizontales, situadas en la caseta de llaves del mismo depósito, que aspiran desde el depósito de Font del Baladre e impulsan a la red de distribución.

Las características técnicas de las bombas se presentan en la Tabla 3-VIII.

MARCA	EMICA
MODELO	EKN 125/200
HM	10 m
CAUDAL	252 m ³ /h
Potencia	11 kW

Tabla 3-VIII- Características técnicas de equipo de impulsión de Font del Baladre.

3.2.4 Red de distribución

La red de distribución del municipio de Muro de Alcoy es principalmente mallada en las zonas urbanas y ramificadas en zonas diseminadas, con conducciones con diámetros desde 250 mm hasta 75 mm, apreciándose una clara diferenciación entre las principales arterias y las tuberías de distribución. La red arterial está formada por las tuberías de mayor diámetro, encargadas de realizar la función de transporte desde los depósitos a las distintas zonas del municipio y las de menor tamaño que se encargan de distribuir el agua a los usuarios. Estas últimas, se encuentran situadas, en su mayoría, por debajo de las aceras, salvo en algunas calles estrechas del casco antiguo en las que existe una única conducción central.

Los materiales que las componen son principalmente de PVC y fibrocemento (casco antiguo), y en menor medida PE y fundición dúctil. El diámetro de las acometidas oscila, principalmente, entre 15 y 35 mm. La longitud total aproximada de la red es de 45.000m.

Las características de la red de distribución de la zona objeto de la concesión se indican a continuación:

Población suministrada:	Muro de Alcoy – 9.114 habitantes
Tipo:	Mallada
Longitud total de la red:	45 km
Materiales:	Fibrocemento / Polietileno / PVC
Procedencia del agua:	Depósitos BORONA Y BALADRE
Destino del agua:	Usuario final
Existencia de tratamiento:	No

Tabla 3-IX- Características de la red de Muro de Alcoy. Fuente: SINAC.

Cabe resaltar que, aguas abajo del depósito de La Boroná, en la conducción de transporte, antes de alimentar a la red de distribución, existe una válvula reguladora de

presión para amortiguar las elevadas presiones ocasionadas por la diferencia de cota (105 m) existente entre el depósito La Boroná y el municipio. A continuación se muestran las características de la válvula reguladora.

ELEMENTO HIDRÁULICO	VRP
MARCA	IRUA
DN	100
PN	16

Tabla 3-X- Características válvula reguladora.

Para finalizar este apartado se muestra el esquema de funcionamiento del sistema de abastecimiento del Municipio de Muro de Alcoy.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE MURO DE ALCOY

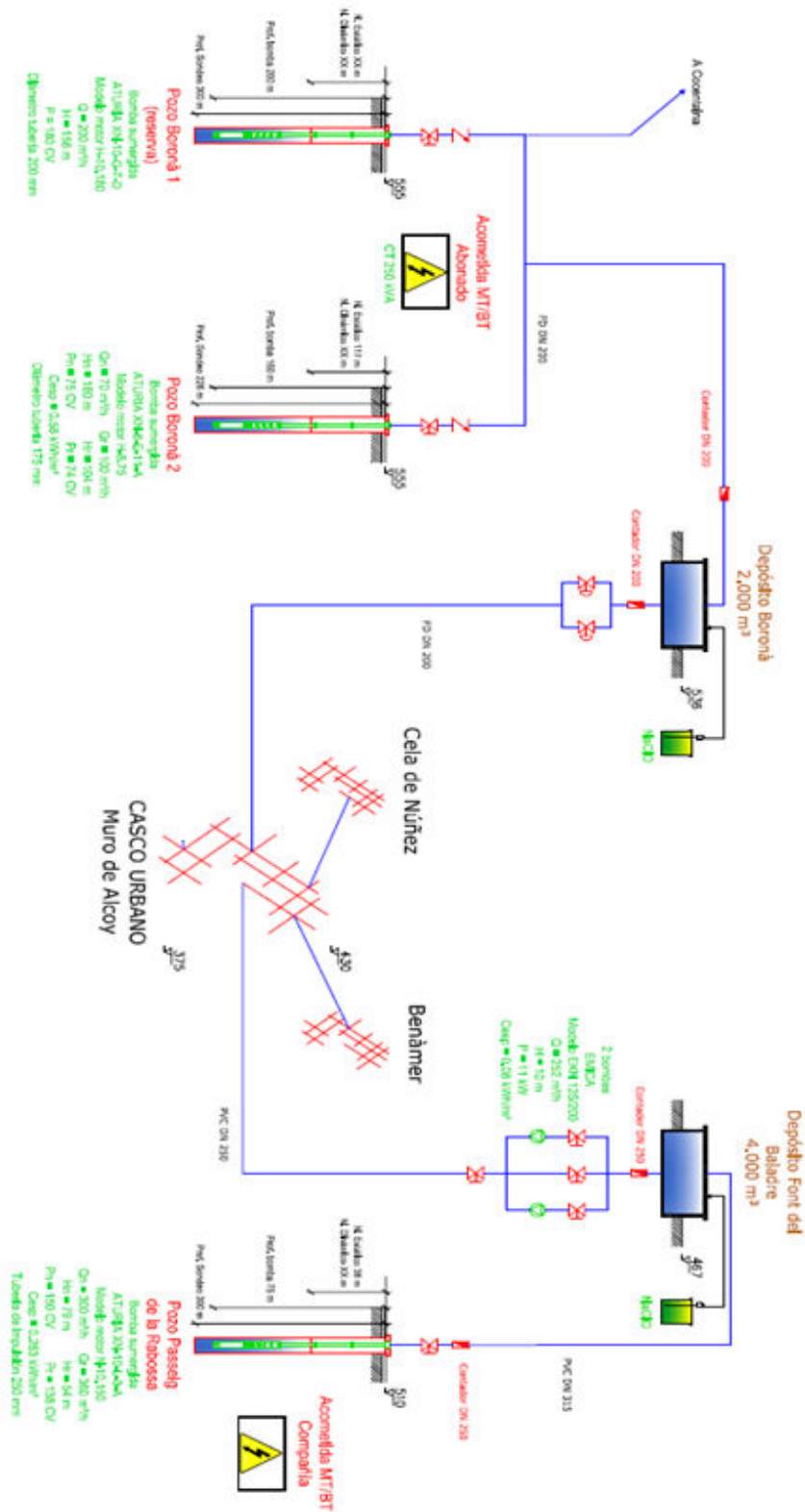


Ilustración 3-VI-Esquema abastecimiento Término Municipal del Muro de Alcoy. Fuente: Base de datos

TECVASA.

3.3 Balance hídrico

Realizar el balance hídrico de una red de abastecimiento supone un primer paso para efectuar un diagnóstico del mismo. Esto supone conocer las entradas de agua al sistema, así como su destino definitivo.

Los aportes de agua a la red (volúmenes suministrados) deben ser determinados a partir de los medidores de flujo (contadores) instalados en los puntos de producción o de inyección a la red, mientras que los volúmenes registrados son hallados a partir de la lectura de los contadores de los abonados.

Uno de los ratios más importantes, entre los indicadores de la eficiencia de un sistema, es el rendimiento volumétrico. El rendimiento de una red o de un sector se define como la relación entre el volumen de agua registrado y el volumen total inyectado en un mismo período de referencia. La diferencia entre ambos volúmenes puede tener las siguientes causas:

- Ausencia de contadores.
- Tomas ilegales o fraudes.
- Errores en la medición de los contadores, o subcontajes.
- Pérdidas de agua por fugas o defectos en la red.

En el caso que nos atiende, el volumen de agua, tanto suministrado como registrado ha sido extraído de la base de datos de la empresa Técnicas Valencianas del Agua S.A , gestora del sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Muro de Alcoy desde el año 2013.

A la hora de plantear el balance hídrico se ha considerado el periodo de tiempo máximo que se dispone de datos registrados, eso es desde septiembre de 2013 a mayo 2015 (21 meses).

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

Caudal suministrado a la red

Para obtener el caudal suministrado a la red se han sumado los caudales contabilizados diariamente mediante los contadores situados a la salida de los depósitos La Boroná y Font del Baladre. En la siguiente tabla se muestran los datos de partida de este estudio.

	m ³	m ³ /día	LPS
Total inyectado 21 meses depósito Boroná	191.360	304	3,5
Total inyectado 21 meses depósito Font de Baladre	1.949.673	3.095	35,8
Total inyectado 21 meses Red	2.141.033	3.399	39,3

Tabla 3-XI-Resumen caudales inyectados y registrados de Muro de Alcoy. Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra la evolución del caudal medio mensual inyectado a red desde los dos depósitos de cabecera.

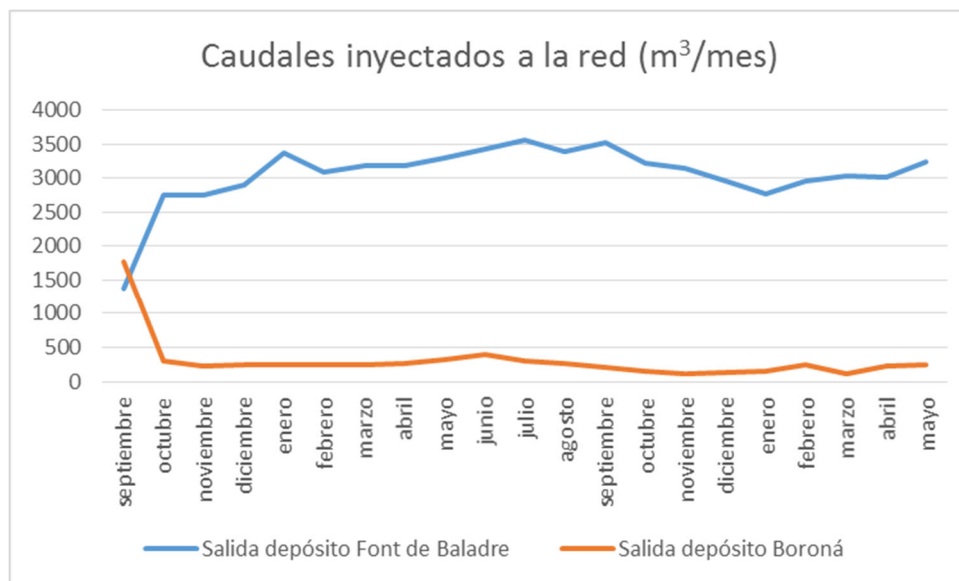


Ilustración 3-VII-Caudales inyectados a la red desde los depósitos La Boroná y Font de Baladre.

De esta gráfica se extrae que las aportaciones al sistema las realiza en su mayoría el depósito de La Font del Baladre.

Caudal registrado en la red

En el caso con nos atiende se considera caudal registrado al volumen contabilizado por los contadores volumétricos de cada vivienda y de los inmuebles municipales.

En el caso de los caudales registrados los datos de los que se disponen son trimestrales (correspondientes a cada periodo de facturación) por lo que para obtener el dato de caudales totales registrados se han sumado todos los caudales registrados desde el mes de septiembre del 2013.

Como resultado se obtiene que el caudal registrado desde septiembre del año 2013 a mayo del año 2015 es el siguiente:

Total registrado 21 meses red	894.773 m ³
-------------------------------	------------------------

Caudal no registrado

El caudal resultante entre la diferencia del caudal inyectado y el caudal registrado es el caudal no registrado.

Caudal no registrado= Caudal inyectado –caudal registrado	1.246.260 m ³
---	--------------------------

Una vez calculados el volumen aportado al sistema y el volumen consumido, el siguiente paso es calcular el rendimiento de la red, definido como la relación entre el volumen de agua registrado y el volumen total aportado en un mismo período de referencia:

Rendimiento = volumen registrado/ volumen inyectado= 894.773 /2.141.033	0,42
---	------

Estos datos ponen de manifiesto la necesidad de un conjunto de actuaciones que mejoren el rendimiento de la red de distribución del municipio de Muro de Alcoy ya que un rendimiento hidráulico del 42% denota un gran problema en el funcionamiento del sistema.

Con el balance hídrico establecido, y los rendimientos definidos, se procede a la evaluación de los elementos que lo integran. Su conocimiento posibilitará el diagnóstico

preciso del sistema a partir del cual se podrá delinear un plan de acción que, en base a criterios de rentabilidad económica y a las expectativas de mejora del balance hídrico, ordene las distintas actuaciones a llevar a cabo.

3.4 Diagnóstico de la situación actual

El T.M. de Muro se encuentra en la ladera de una montaña y presenta una pendiente descendente en dirección Oeste - Noreste. Podemos distinguir el municipio en dos partes: la parte alta que se encuentra a 430 msnm y la parte baja, cuya altitud aprox. es de 375 msnm.

Debido a la diferencia de altitud que hay entre los depósitos y el casco urbano, el Excmo. Ayuntamiento de Muro instaló una válvula reguladora de presión a la entrada del municipio, concretamente sobre la conducción de entrada al municipio que proviene del depósito de Boroná, como ya se ha definido en el apartado anterior. La instalación de esta válvula debería actuar reduciendo la presión de suministro aguas abajo de la misma, sin embargo esta reducción no se produce debido a que las redes que se alimentan desde el depósito Boroná están interconectadas con las que se alimentan del depósito Font del Baladre (donde actualmente no existe válvula reguladora de presión).

Actualmente la red de distribución de agua de consumo del municipio de Muro de Alcoy cuenta con un único sector hidráulico con un único piso de presión, con valores de presión que en los puntos más bajos rondan entre los 8 kg/cm² y los 9 kg/cm², y en la parte alta, a la entrada del municipio por la conducciones de entrada rondan los 5 kg/cm².

No existe normativa de referencia que determine las presiones máximas y mínimas a proporcionar en el punto de entrega al usuario¹, sin embargo, para dar un suministro de agua de calidad, es necesario proporcionar en la llave de registro de la acometida una

*1 Según se establece en el Documento Básico HS del CTE (RD 314/2006 de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación) en su apartado 2.1.3 "Condiciones mínimas de suministro", en los puntos de consumo la presión mínima debe ser 100 kPa para grifos comunes y 150 kPa para fluxores y calentadores, y la presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa.

*2 No es posible garantizar las presiones (máximas y mínimas) en el punto de consumo indicadas en la nota anterior teniendo en cuenta la existencia en el municipio de edificios de hasta 8 plantas.

presión de agua mínima² de 2 kg/cm² y una presión máxima de 5 kg/cm².

Por lo que respecta al sector único que presenta actualmente la red de distribución, cabe mencionar que para gestionar eficientemente una red de distribución de agua potable del calado de ésta, es necesario que su tamaño sea adecuado para poder analizar su comportamiento a un nivel de detalle que permita focalizar acciones correctoras y establecer objetivos de mejora de la gestión.

Para ello, hay que subdividir la red en zonas reducidas y aisladas entre sí, es decir, sectores, que dispongan cada uno de una o varias entradas (las menos posibles) conectadas con las arterias principales. Cada entrada debe disponer de la instrumentación y equipos adecuados al nivel de información y de actuación que se desee.

Por otro lado, también cabe destacar el numeroso volumen de agua perdida. El rendimiento de la red está en torno al 42% lo cual indica un volumen de caudal no registrado demasiado alto y esto puede ser debido a tres factores, el error de los contadores, las conexiones ilegales y las fugas.

4 Metodología propuesta

El punto de partida de este estudio es la confección de un modelo matemático de la red de distribución de la zona de estudio, realizado mediante el programa EPANET . Para poder caracterizar correctamente la zona de estudio, se requieren multitud de información como presiones existentes, datos de caudales registrados, demandas existentes, topografía del terreno, etc.

Como en el empleo de todo modelo, el primer paso consiste en la calibración y validación del modelo. En este caso en concreto no se realizará una calibración como tal ya que no se disponen de los datos necesarios para la misma, pero si se realizará una comprobación de que el modelo se aproxima con la mayor fidelidad posible al comportamiento de la red existente.

Una vez comprobado que el modelo reproduce de la mejor forma posible el comportamiento del sistema se procede a la diseño del escenario de sectorización que solucione las presiones elevadas existentes en la red, controle el reparto del flujo desde cada uno de los depósitos de regulación y finalmente controlar de forma activa las fugas para mantener un rendimiento hídrico óptimo del sistema.

Se realizan las simulaciones pertinentes para estado de comportamiento más crítico y se pasará a analizar los resultados.

Para finalizar se procede a presentar la valoración económica de las actuaciones planteadas.

5 Modelación

5.1 Introducción

Con objeto de realizar un análisis de las redes de distribución de agua se emplea la elaboración de modelos matemáticos, a través de los cuales se pueden simular una serie de situaciones para representar el funcionamiento del sistema.

Un modelo matemático consiste fundamentalmente en un conjunto de datos de tipo hidráulico, geométrico y de configuración que caracterizan a los diferentes componentes de una red, junto a un conjunto de ecuaciones que los interrelacionan, mediante las cuales se puede reproducir el comportamiento del sistema bajo cualquier condición de funcionamiento. Esto nos permite mejorar el conocimiento del sistema, además de analizar la evaluación de posibles actuaciones futuras.

Para el desarrollo del modelo de simulación se recurre al software EPANET. Éste es un programa de ordenador, de dominio público, y está desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, dicho programa realiza simulaciones en período extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.

EPANET permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

El programa está compuesto por:

- Un módulo de análisis hidráulico que permite simular el comportamiento dinámico de la red bajo determinadas leyes de operación. Admite tuberías

(tres opciones para el cálculo de las pérdidas), bombas de velocidad fija y variable, válvulas de estrangulación, reductoras, sostenedoras, controladoras de caudal, rotura de carga, depósitos de nivel fijo o variables, leyes de control temporales o por consignas de presión o nivel, curvas de modulación, etc.

- Un módulo para el seguimiento de la calidad del agua a través de la red. Admite contaminantes reactivos y no reactivos, cálculo de concentraciones, procedencias y tiempos de permanencia.

EPANET permite calcular:

- El caudal que circula por cada una de las conducciones.
- La presión en cada uno de los nudos.
- El nivel de agua en cada tanque.
- La concentración de diferentes componentes químicos a través de la red.
- El tiempo de permanencia del agua en las tuberías.
- La procedencia del agua en cada punto de la red.

Debe tenerse en cuenta que, puesto que un modelo matemático es una representación simplificada del sistema real, el resultado que se obtenga del modelo estará afectado en mayor o menor medida por un error. Obviamente, el modelo debe ser lo suficientemente preciso para la aplicación a la que está destinado, o de lo contrario, las predicciones que se obtengan del mismo serán inservibles.

A continuación se describe el procedimiento de construcción del modelo y los datos necesarios para ese mismo fin.

5.2 Construcción del modelo

La primera fase a abordar en el proceso de construcción de un modelo matemático de una red de abastecimiento, es normalmente la captura de la información disponible, habitualmente muy dispersa en cuanto a su formato (CAD, GIS, ficheros de texto, papel, etc).

5.2.1 Trazado de la red

Para plasmar en el programa el esqueleto de la red del municipio de Muro de Alcoy se ha recurrido a la base de datos facilitada por la empresa Técnicas Valencianas del Agua, la cual posee los ficheros GIS con la información de cotas, diámetros y longitudes de la red.

Esta información se ha volcado al programa EPANET resultando el trazado que a continuación se muestra.

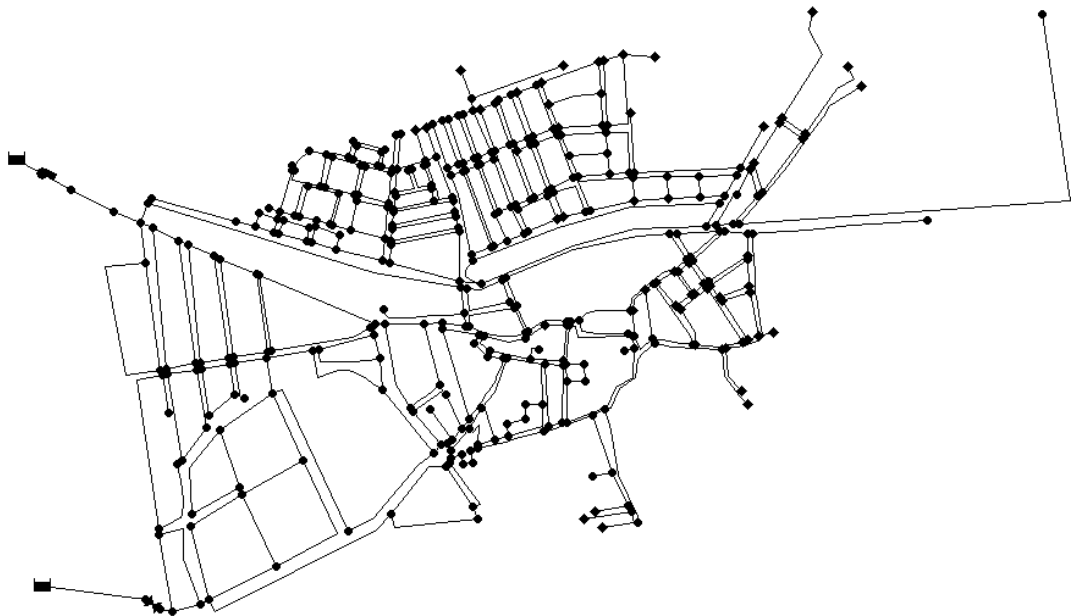


Ilustración 5-I-Red de abastecimiento de Muro de Alcoy .Fuente: elaboración propia.

5.2.2 Topografía

La cota de un nudo de consumo es siempre una propiedad requerida cuando se trabaja con un modelo hidráulico. Aunque no afecta a la distribución de caudales, sí afecta a los valores de las presiones. Por ello es un dato fundamental para valorar la calidad del servicio en base a las presiones de suministro.

En la imagen siguiente queda reflejada la diferencia existente entre la zona baja del municipio y los depósitos de almacenamiento. Del depósito de La Boroná a la zona más baja del municipio existe una diferencia de cotas de 150 metros.

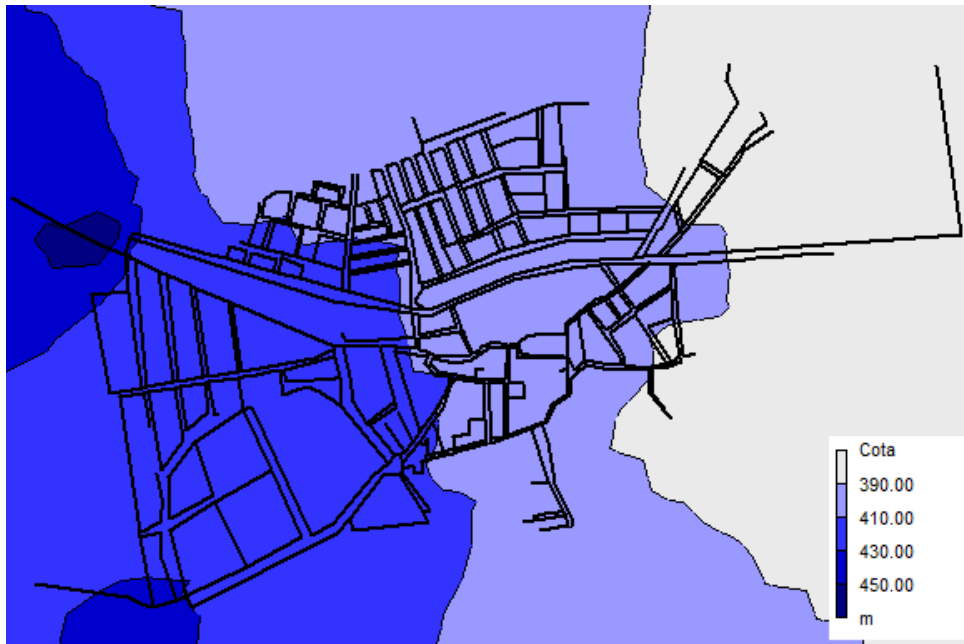


Ilustración 5-II-Mapa de isolíneas de cota de la red de abastecimiento de Maspalomas. Fuente: elaboración propia.

5.2.3 Asignación de consumos

Consumos registrados

Es una de las etapas clave dentro del proceso de construcción de un modelo matemático de una red de distribución de agua. La asignación de consumos a los nudos

de la red resulta compleja ya que no se disponen de los datos, ni en calidad ni en cantidad, como se desearía.

En este caso para introducir los datos de demanda base en Epanet, que es la demanda que representa el consumo registrado en cada uno de los contadores, se analizaron las facturas de consumo de los abonados al servicio durante el periodo de estudio.

Una manera común de proceder cuando no se tienen muy buenos datos de mediciones de caudales es distribuirlos en proporción a la longitud de cada tubería. En este caso concretamente se ha analizado el consumo existente en cada calle y este consumo se ha traducido para cada calle en volumen por metro lineal de tubería. Luego, el consumo de cada línea se ha dividido entre dos y se ha asignado a sus nudos extremos, llegando a tener un mismo nudo el consumo de varias líneas, todas las que confluyan en él.

Consumos no registrados

Como se ha podido observar a lo largo de todo el trabajo, el volumen de agua perdida es muy elevado, por tanto es de considerable importancia reflejarlo en el modelo de la mejor forma posible. Para ello se ha recurrido a una de las opciones que tiene Epanet para simular las fugas de forma que estas dependan de la presión de la conducción.

El método consiste en asignar un coeficiente de emisión en algunos nudos de la red a fin de lograr simular el caudal de fugas. Para representar las fugas se emplean dos variables en los nudos, un coeficiente emisor medio (C_e) para toda la red, con base en el caudal de fugas (23 lps), presión promedio en la red (7 kg/m^2) y el exponente de la presión N_1 . Dado que no sabemos cómo se comporta la red exactamente se ha escogido el valor de $N_1=2$)^{*3}.

^{*3} Para áreas tales como orificios en las paredes de las tuberías metálicas el exponente N_1 es 0.5; en áreas que varían a lo largo de un eje, como en las fugas en uniones o accesorios, el exponente N_1 es 1.5 y para áreas que varían a lo largo de dos ejes, como grietas en tuberías de plástico, el exponente N_1 es 2.5 (Pearson et al., 2005)

$$C_e = \frac{Q}{P^{N_1}_{(media)}}$$

Una vez calculado el coeficiente emisor éste se reparte entre los nudos de la forma que se considere conveniente. El proceso de asignación parte de lograr separar el consumo que no depende la presión (el consumo de los usuarios) y el consumo dependiente de la presión (fugas en la red).

En este caso el coeficiente emisor se ha repartido entre los 141 nudos que pertenecen a las zonas de presiones superiores a 7 kg/m².



Ilustración 5-III. Nudos con presiones superiores a 7 kg/m². Fuente: elaboración propia.

5.2.4 Incorporación de los elementos de almacenamiento y regulación

Una vez importada la red, y asignados los consumos base a los nudos, el paso siguiente consiste en introducir los elementos adicionales tales como válvulas, depósitos, etc., así como sus propiedades hidráulicas, esto es, consignas de válvulas, capacidad de los depósitos, altura total en el caso de los embalses, curvas de modulación, leyes de control, etc.

Las instalaciones de producción no han sido modeladas a través del software Epanet, por lo que no procede su exposición en este proyecto.

El que estas instalaciones no hayan sido modeladas se debe al objetivo de simplificar la red. Esta decisión también viene motivada por la libertad de no estar condicionado por las condiciones hidrológicas del sistema, las cuales no limitan la extracción de agua en el acuífero de Muro de Alcoy.

Instalaciones de Almacenamiento

A la hora de modelar los depósitos en EPANET, hay que tener en cuenta que son nudos del sistema en los que la altura piezométrica es conocida, siendo objeto de cálculo el caudal aportado (o recibido) por el depósito a la red.

Ambos depósitos existentes en el municipio, se encuentran a presión atmosférica, y por tanto en Epanet se han modelado como embalses.

Por otro lado, se ha asumido que siempre están llenos, puesto que para la red siempre tienen agua aunque varíe el nivel de agua almacenada.

El depósito de Boroná se encuentra a una altura de 536m y su capacidad es de 2.000 m³, mientras que la cota del depósito Font del Baladre es de 467 m y el volumen total que puede almacenar es de 4.000 m³.

Modelación de los sistemas de regulación de la red

En la red de abastecimiento de agua potable de Muro de Alcoy existen 2 elementos para regularla. El primero de ellos son las bombas de impulsión de la estación de bombeo del depósito Font del Baladre y el segundo elemento se corresponde con la válvula reguladora de presión a la salida del depósito Boroná, tarada a 40 mca.

La válvula reguladora de presión se ha modelado con una tara de 40 mca, como corresponde a la realidad y la curva de funcionamiento del grupo de presión, modelada en EPANET, es la que se muestra en la siguiente imagen.

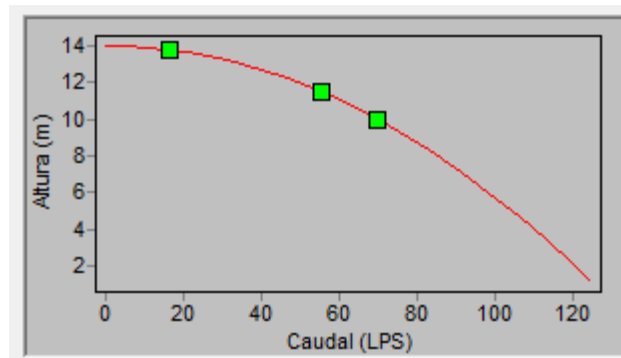


Ilustración 5-IV-Curva de funcionamiento grupo de presión simulada en Epanet. Fuente: elaboración propia.

La curva anterior está formada por tres puntos, los cuales han sido obtenidos de la curva de funcionamiento de la bomba existente en el grupo de presión.

5.2.5 Curva de modulación de consumo

Las curvas de modulación son gráficos que muestran la variación de caudal, consumido o inyectado, a lo largo de un tiempo determinado. En este estudio, los intervalos de tiempo estipulados para realizar la medición de dichas gráficas de modulación son de una hora para un periodo de 24 h.

A continuación se muestra una curva de modelación estándar, la cual se ha decidido utilizar en este estudio ya que no se trata de una población marcada por altos consumos provocados por el turismo ni por la actividad industrial.

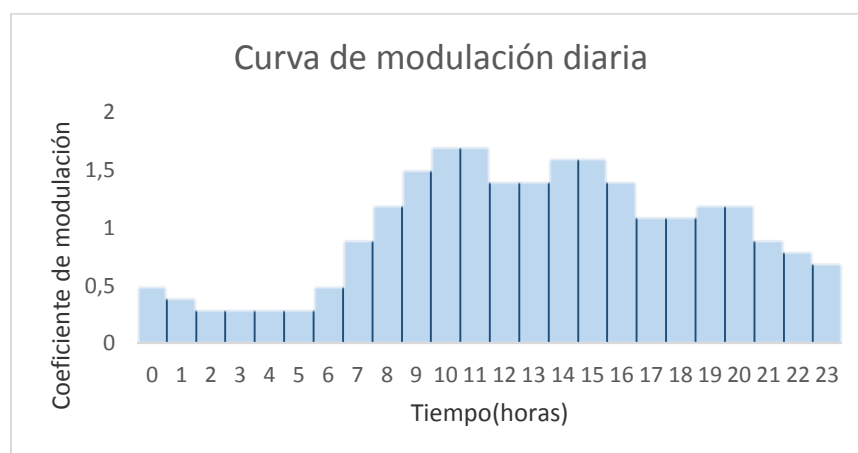


Ilustración 5-V-Curva modulación diaria. Fuente: *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*.

Grupo mecánica de fluidos.

5.3 Simulación y comprobación del modelo

Una vez creado el modelo se realiza la simulación para comprobar si los resultados ofrecidos por el modelo se asemejan a las mediciones en campo, y así poder realizar el posterior análisis de sectorización de la red.

En este caso se compararán los datos de caudal registrados a la salida de los dos depósitos con los datos modelados en el mismo punto para el periodo de simulación correspondiente de 24 horas.

Cabe recordar que los datos utilizados para calcular la demanda base de cada nudo corresponden a las medias mensuales de facturación traducidas a litros por segundo, por lo que para compararlos con los datos de campo se deberá escoger un día de la semana que más se asemeje al consumo medio.

Para la selección de éste día se han tenido en cuenta los datos de caudal inyectado en la salida del depósito de la Font de Baladre ya que es el depósito que inyecta más del 90% del caudal a la red y se disponen de datos diarios de caudal.

A continuación se muestra el promedio diario inyectado a la red desde el depósito de Font de Baladre.

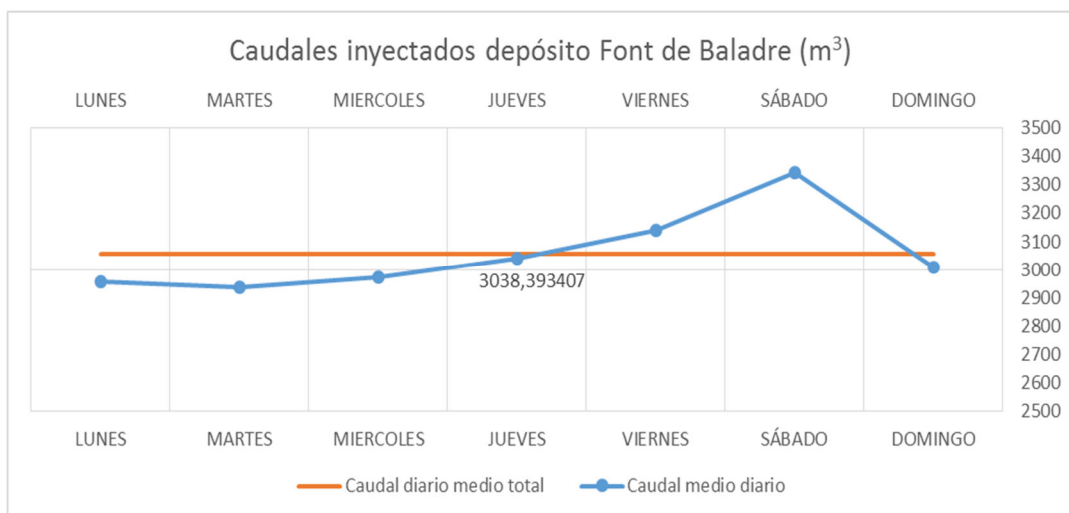


Ilustración 5-VI-Evolución semanal de los caudales medios diarios inyectados a la red. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico el jueves es el día que ofrece una media más próxima a la media diaria total, por lo que el día elegido para hacer la comprobación del funcionamiento del modelo será jueves.

La comprobación del modelo se ha basado en comparar el volumen total medio en un periodo de 24 horas (jueves) con la suma de los caudales horarios de entrada a la red ofrecidos por el modelo matemático.

Como era de esperar en la primera simulación existe una discrepancia entre los datos simulados con los reales. Esta diferencia viene dada en su mayoría a la incertidumbre de los datos reales de demanda (15% de contadores averiados a los cuales se les estima la factura) así como los caudales no registrados.

Como ya se comentó en apartados anteriores, por falta de disponibilidad de datos para realizar una buena calibración, no se va a realizar esta como tal pero si un pequeño ajuste de los datos del modelo (en este caso la demanda y el coeficiente emisor) hasta que hayamos conseguido ajustar aproximadamente los caudales salientes de los depósitos.

Tras varias simulaciones de prueba y error se ha llegado a los siguientes resultados:

Depósito	V. total medido (m ³ /día)	V. total simulado (m ³ /día)
Font de Baladre	3038,4	3037,9
Boroná	308,4	311,8

Tabla 5-1-Resultados del ajuste del modelo. Fuente: elaboración propia.

Además de esta comparación, para entrar en mayor detalle, se decidió comparar los caudales a la salida de los depósitos hora a hora. Como en todo el parque de contadores del municipio de Muro de Alcoy no existe ningún contador que emita los caudales registrados hora a hora, se decidió tomar físicamente, cada dos horas, esas medidas. El día elegido para este proceso fue un Jueves día 23 de abril, por los motivos ya explicados en párrafos anteriores.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

A continuación se muestran los resultados, de los cuales se extrae que el funcionamiento del modelo, aunque no es exacto, sigue la misma tendencia, por lo que se considera que reproduce fielmente la realidad.

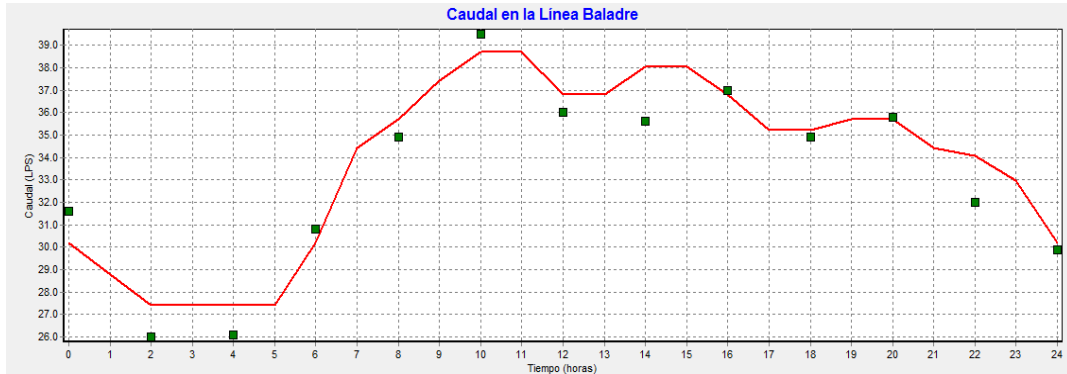


Ilustración 5-VII-Gráfico comparación caudales observados y simulados salida depósito Font del Baladre.

Fuente: elaboración propia.

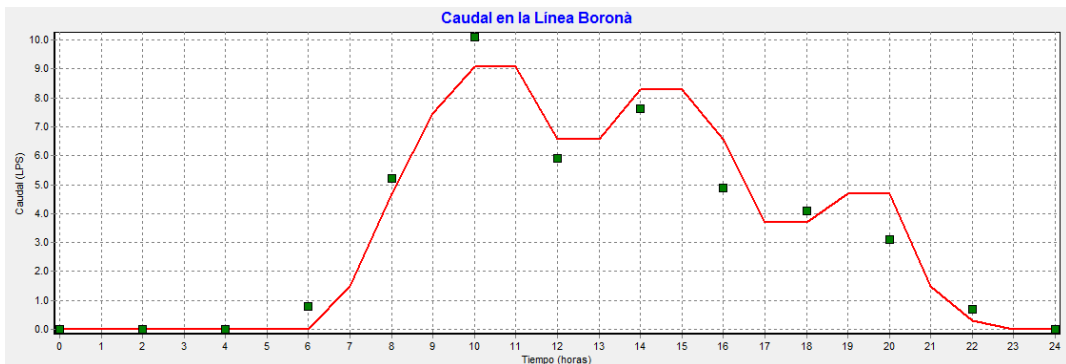


Ilustración 5-VIII Gráfico comparación caudales observados y simulados salida depósito Boroná. Fuente:

elaboración propia.

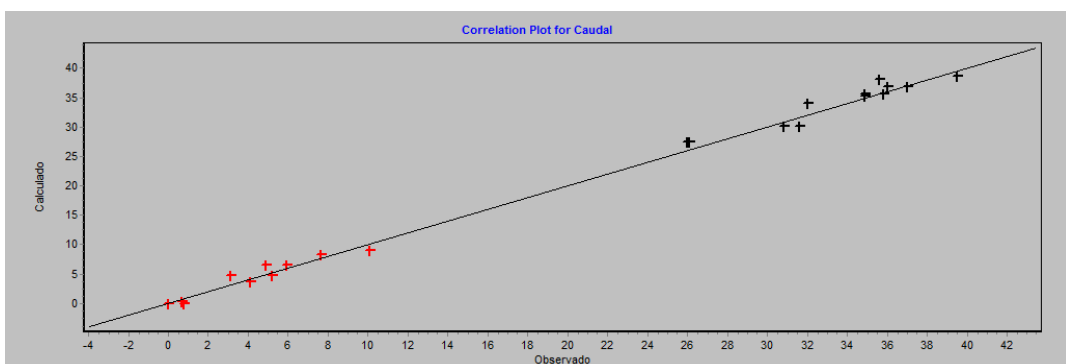


Ilustración 5-IX-Gráfico correlación datos observados y simulados. Fuente: elaboración propia.

6 Análisis y diagnóstico del comportamiento de la red

Una vez el modelo ajustado, estamos en condiciones de realizar un análisis a fondo del comportamiento hidráulico de la red, al tiempo que se efectúa un diagnóstico del estado de la misma. Este paso se considera fundamental para abordar posteriormente el proceso de sectorización de la red, en el cual se tendrá en cuenta el diagnóstico sobre el estado de la red, a fin de corregir en la medida de lo posible los problemas detectados si los hubiere, al tiempo que se despliegan los medios oportunos para controlar mejor los caudales aportados y el destino final del agua inyectada.

6.1 Topografía del terreno

En cualquier abastecimiento constituye el punto de partida para comprender cómo se organizan las infraestructuras de captación, almacenamiento y distribución del agua a los abonados, ya que el objetivo fundamental del sistema, tras garantizar los caudales (en base a las capacidades de producción y almacenamiento), es garantizar las presiones, y ello depende notablemente de la orografía del terreno

Como ya se mostró en la imagen x (mapa de isolíneas de cota de la red) la zona de estudio está formada por una orografía bastante irregular, con un desnivel comprendido entre los 136 m. desde el punto más alto, perteneciente al depósito de La Boroná, al más bajo perteneciente a la pedanía de Benámer.

Las mayores cotas se dan en la zona Este, disminuyendo a medida que bajamos al oeste. Es por ello que es en esta zona donde se encuentran las presiones más elevadas y con ello la concentración de un mayor número de fugas.

6.2 Análisis del comportamiento de la red

En este apartado se analiza el grado de utilización de las tuberías de la red arterial, las velocidades de circulación, las pérdidas unitarias, y sobre todo las presiones resultantes en todos los nudos de la red en la hora más desfavorable. En el caso de este

estudio se considera que el momento más crítico es aquel donde el consumo es mínimo y en su consecuencia las presiones son mayores.

Aun así se analizará y se comparará al mismo tiempo el comportamiento de la red tanto en hora punta como en hora valle.

La hora de mayor consumo y por lo tanto considerada en este apartado la hora punta son las 10:00 am y la hora de menor consumo y por lo tanto hora valle son las 4:00 am.

Caudales

Una de las variables a analizar cuando se pretende proporcionar un diagnóstico del funcionamiento de la red es el caudal circulante por las principales arterias del sistema objeto de estudio, y más en concreto de la distribución espacial de dichos caudales y su trayectoria. De este modo quedará de manifiesto qué tuberías son las que transportan mayor cantidad de agua y cuáles son los principales caminos que recorre el agua a lo largo del sistema.

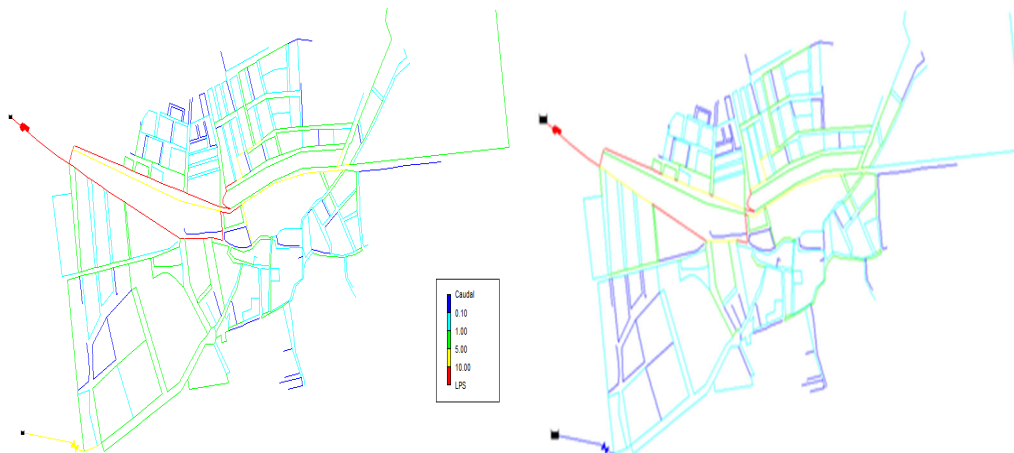


Ilustración 6-I- Distribución de caudales red Muro de Alcoy. Izq.: 10:00 am; Drcha.: 04:00 am. Fuente: elaboración propia.

De la figura se desprende que aquellas tuberías con mayor diámetro como son las tuberías de inyección a la red, son las que transportan mayor volumen de agua por

unidad de tiempo. Por el contrario, aquellas con menores diámetros, como son las tuberías de distribución, son las que poseen caudales circulantes menores.

También es destacable la diferencia de caudal circulante por las tuberías de hora valle a hora punta, llegando incluso a una diferencia del 30% en el caudal inyectado por la tubería que transporta el agua desde el depósito de La Font del Baladre a la red de distribución.

Velocidades

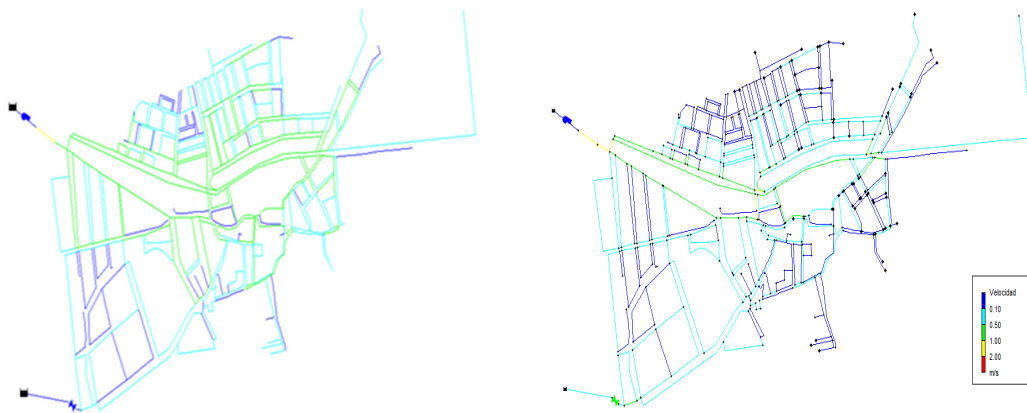


Ilustración 6-II- Distribución de velocidades red Muro de Alcoy. Izq.: 10:00 am; Drcha.: 04:00 am. Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a la red de transporte se observa como la velocidad es inferior a los 2 m/s en toda la red, siendo esta inferior a 1m/s en todas las conducciones exceptuando la tubería general que conecta al municipio de norte a sur, tanto en hora punta como en valle. En algunas de las tuberías el valor es incluso inferior a 0,1 m/s. Esto se debe a que algunas de las tuberías están destinadas a consumos pequeños y la cantidad de tuberías con valores pequeños de velocidad se ve acrecentada en hora valle donde los consumos son mucho más pequeños.

A continuación se muestra la frecuencia de la distribución de velocidades en % en hora punta y en valle.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

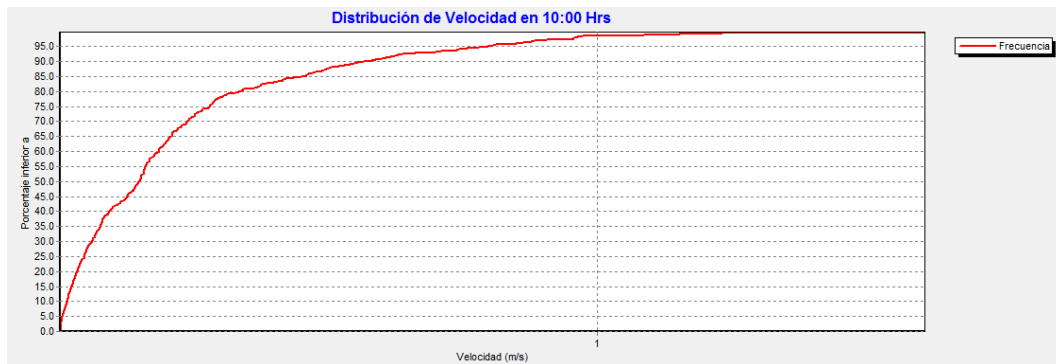


Ilustración 6-III-Distribución de velocidades en hora punta. Fuente: elaboración propia.

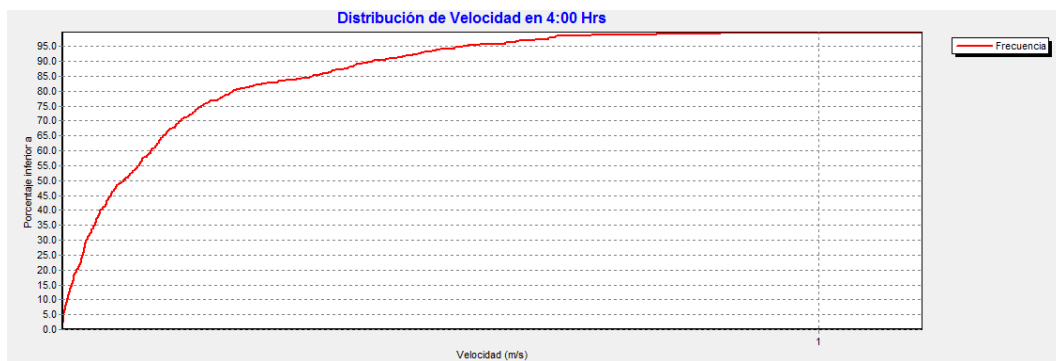


Ilustración 6-IV- Distribución de velocidades en hora valle. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el gráfico anterior más de un 95% de las tuberías de la red tienen velocidades inferiores a 1m/s, con lo cual es evidente que las pérdidas de carga originadas por las altas velocidades no serán demasiado acusadas.

En definitiva, las velocidades obtenidas a partir del modelo son aceptables, llegando a ser excesivamente bajas en algunas tuberías ramificadas.

Altura piezométrica y pérdida de carga

Tras la simulación, el análisis de las alturas piezométricas en los nudos de la red nos permite obtener conclusiones acerca de la pérdida de carga a lo largo de los tramos más críticos.

Si analizamos el mapa de alturas piezométricas que se da en la hora punta, podemos observar cómo éstas disminuyen lógicamente en el sentido de la circulación

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

del flujo, es decir, desde los puntos de producción hacia las zonas terminales de la red. Lo mismo ocurre en hora valle, pero como era de esperar con valores más elevados.

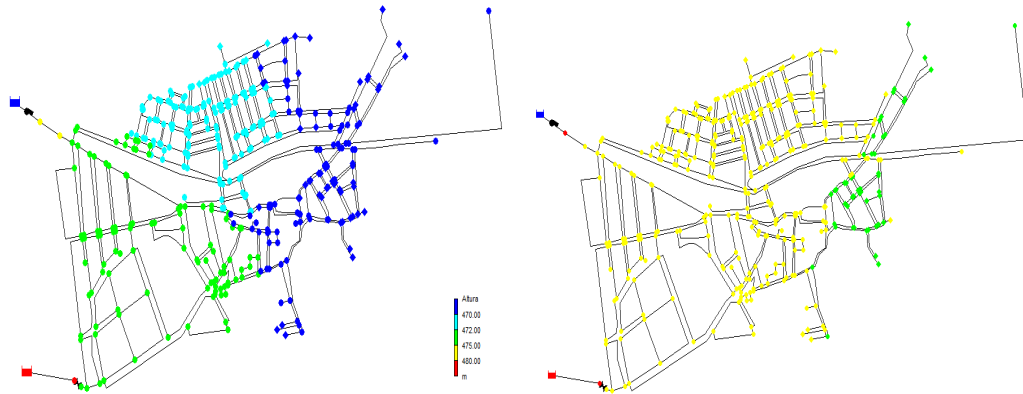


Ilustración 6-V- Distribución de altura piezométrica en la red Muro de Alcoy. Izq.:10:00 am; Drcha.: 04:00 am.

Fuente: elaboración propia.

En general se observan alturas piezométricas considerablemente altas en las zonas más próximas a los depósitos y bajas en las zonas donde existe menor cota.

La siguiente imagen muestra las pérdidas unitarias, donde en la mayoría de las tuberías, un 75%, mantiene una pérdida por debajo de 1 m/km, aunque existen tramos en los que estas pérdidas aumentan hasta llegar a 15 m/km.

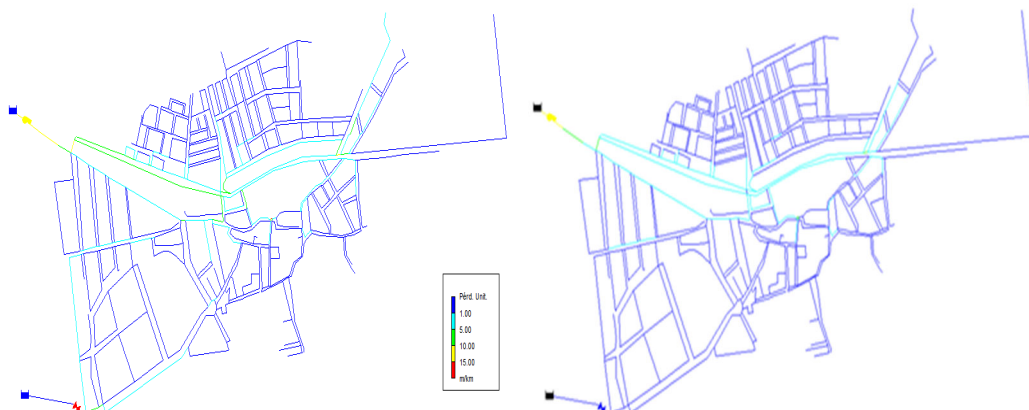


Ilustración 6-VI- Distribución de pérdidas unitarias en la red Muro de Alcoy. Izq.:10:00 am; Drcha.: 04:00 am.

Fuente: elaboración propia.

De las siguientes imágenes destacar mayores valores de pérdida de carga en la red cuando se encuentra en horas de más consumo respecto a hora valle.

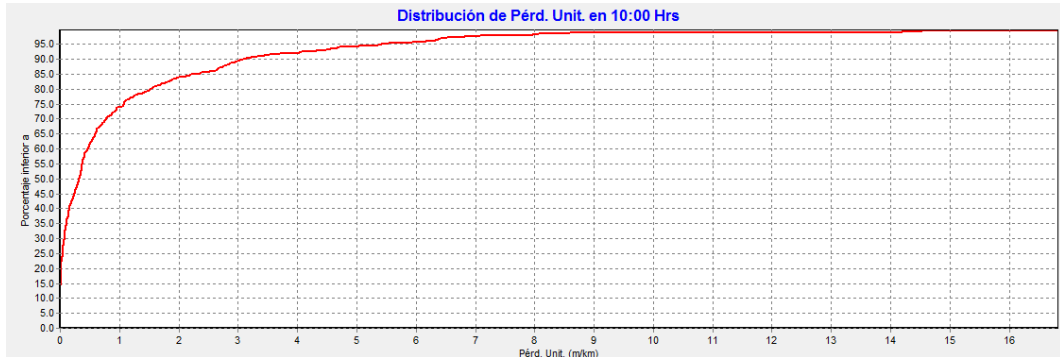


Ilustración 6-VII- Distribución de pérdidas unitarias en hora punta. Fuente: elaboración propia.

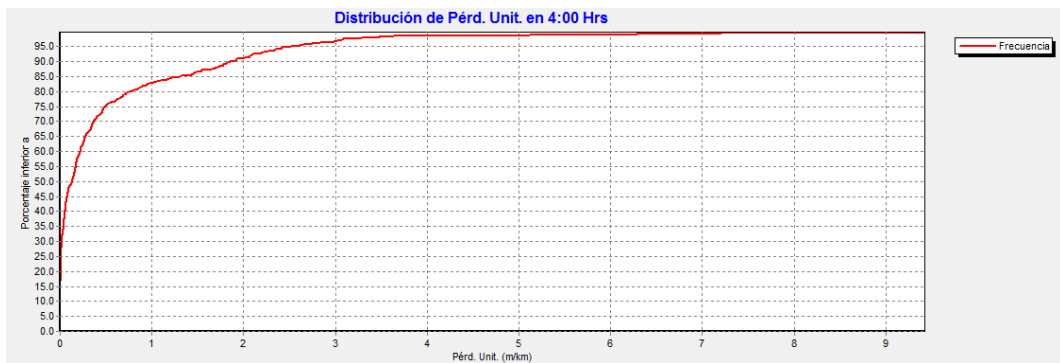


Ilustración 6-VIII- Distribución de pérdidas unitarias en hora valle. Fuente: elaboración propia.

Es conveniente diferenciar las pérdidas de carga originadas en las tuberías de transporte y en las tuberías de distribución, ya que los límites que se consideran como admisibles varían entre ellas. Para el caso de las tuberías de distribución, el límite se encuentra en 1 m/km, mientras que para las de transporte se admiten pérdidas de 5-20 m/km, dependiendo del diámetro de dichas tuberías.

Aquellos tramos de la red de distribución cuyas pérdidas sean superiores a 1m/km, habrán de ser considerados con especial atención puesto que ante un aumento de la demanda se originarán pérdidas muy importantes pudiendo así afectar la calidad del servicio, aunque no es el caso que nos atiende ya que en ningún punto carecemos de presión.

Presiones

Por último, aunque no menos importante, otra de las variables principales a analizar cuando se pretende proporcionar un diagnóstico del funcionamiento de la red es el nivel de presiones. En este caso, va a estar fuertemente ligado a la orografía del terreno, de manera que a medida que disminuye la cota del terreno, los nudos de la red estarán sometidos a mayores presiones.

A continuación se muestra la distribución de presiones de la red de muro de Alcoy en el momento más crítico, en lo que al valor de este parámetro corresponde.

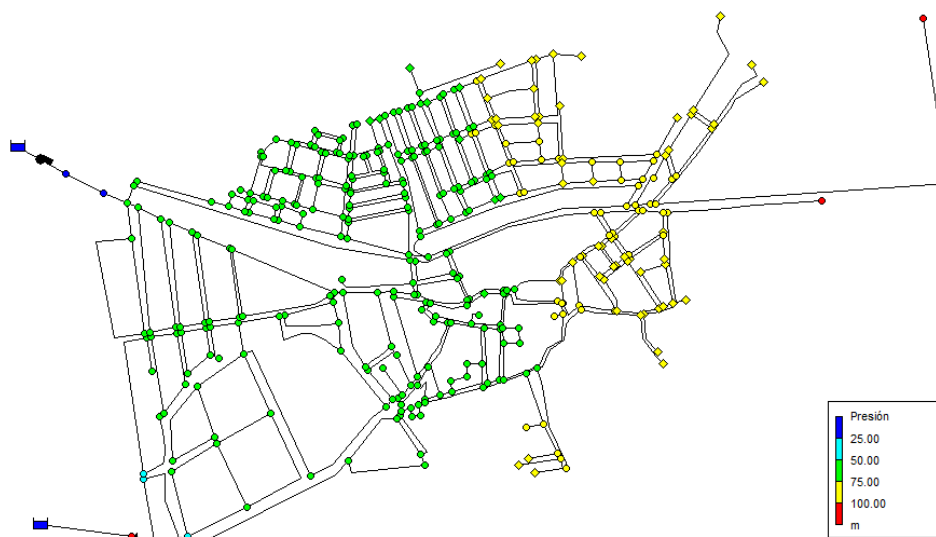


Ilustración 6-IX- Distribución de presiones en la red Muro de Alcoy a las 04:00 am. Fuente: elaboración propia.

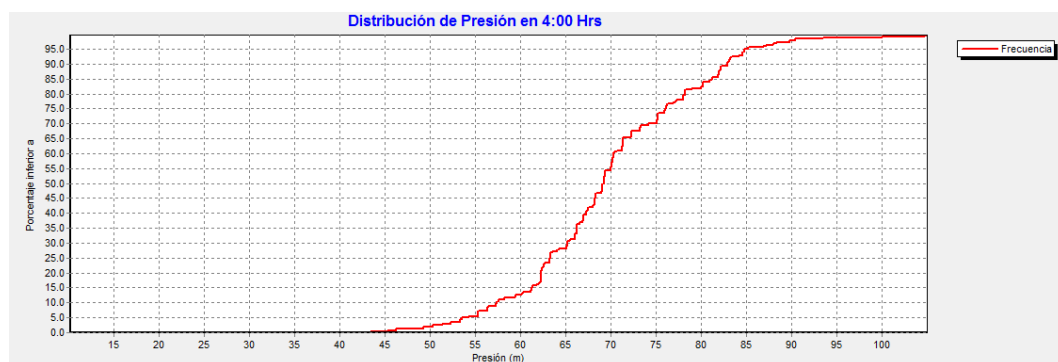


Ilustración 6-X- Distribución de presiones en hora valle. Fuente: elaboración propia.

Al analizar la distribución de presiones en la red, se puede afirmar que el sistema de distribución de agua potable de Muro de Alcoy presenta unos niveles de presión

considerablemente altos en las zonas más bajas del municipio llegando incluso a sobrepasar los 90 mca.

A continuación se muestra la comparación de la cantidad de nudos con presiones superiores a 75 mca, siendo el número 75 el número de puntos que sobrepasan este valor en hora punta y 114 los puntos que lo sobrepasan en hora valle.

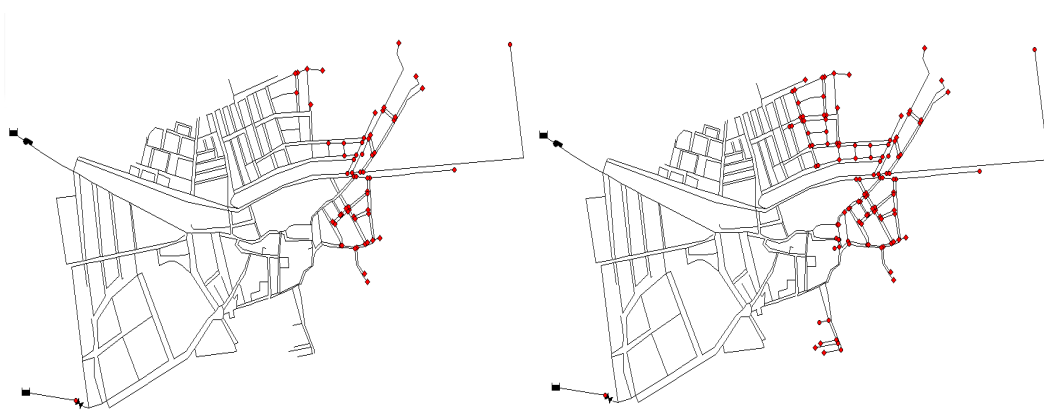


Ilustración 6-XI. Puntos existentes en la red con presiones superiores a 75 mca. Izq:10:00 ; Drcha: 04:00.

Fuente: elaboración propia.

6.3 Análisis de los aportes al sistema

La clave que se aborda en este apartado es la de justificar y analizar los caudales aportados en el día elegido para la simulación del sistema de abastecimiento de Muro de Alcoy.

Como ya se ha repetido reiteradas veces el depósito de la Font del baladre es el que aporta la mayoría de caudal a la red de distribución. En la siguiente imagen se observan las aportaciones de caudal de cada una de las líneas provenientes de los depósitos en el periodo simulado (24 horas).

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

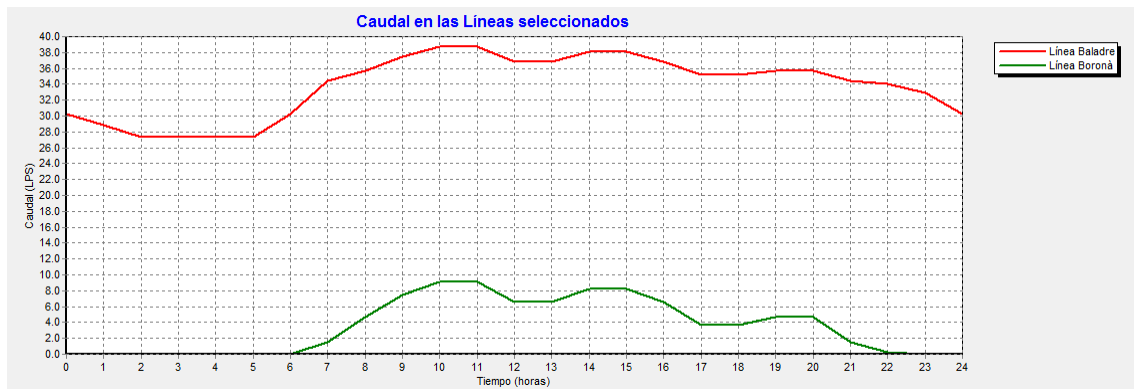


Ilustración 6-XII-Caudales simulados en la salida del depósito Font del Baladre y La Boroná. Fuente: elaboración propia.

Como se observa el depósito de la Font del Baladre aporta caudal a la red durante todo el día, mientras que el depósito de la Boroná solo lo hace en el periodo del día donde la demanda requiere mayor aporte.

No es descabellado pensar que si el rendimiento de la red no fuera tan reducido, es decir, si la red no tuviera tanto caudal fugado, el depósito de la Font del Baladre sería suficiente para abastecer a la población de Muro de Alcoy.

Por otra parte cabe destacar que el consumo específico de la bomba que alimenta el depósito de la borona es muy elevado 1.1 (Kwh/m³) de media respecto al pozo Font de Baladre que tiene un consumo específico medio de 0.3 (Kwh/m³), lo que ocasiona un incremento energético considerable.

Es por ello que en este proyecto también se pretende estudiar el funcionamiento de la red solo abasteciendo el sistema mediante el deposito Font de baladre y así optimizar el consumo energético al máximo.

6.4 Conclusiones

A modo de resumen podemos extraer las siguientes conclusiones del análisis de la situación actual del abastecimiento del municipio de Muro de Alcoy:

- En definitiva, las velocidades obtenidas a partir del modelo son aceptables, llegando a ser excesivamente bajas en algunas tuberías ramificadas. En estos casos, lo que ocurre es que se infrutiliza la capacidad de transporte de las mismas y puede llegar a ocasionar problemas de calidad del agua, pero a día de hoy no se ha tenido constancia de este tipo de problemas.
- Las pérdidas unitarias son aptas para un buen funcionamiento del sistema. Estas son elevadas en algunos puntos de la red pero no son de gran preocupación dado que solo se encuentran en un total de conducción de 1000m respecto la red que tiene 45000 y esta se encuentran en las conducciones de transporte.
 - Los niveles de presiones son muy elevados en toda la red (40-90 mca).Esto junto a las importantes fluctuaciones de éstas, van a favorecer el incremento del número de averías y consecuentemente el de las pérdidas de agua, pero además se incrementará el caudal perdido en las fugas existentes en las conducciones, dada la relación directa entre caudal fugado y presión en la conducción para un mismo orificio.
 - El rendimiento de la red en la actualidad es de un 42%, lo que implica una mala gestión del sistema.
 - El consumo específico de la Bomba que abastece al depósito de la Borona es muy elevado lo que provoca costes energéticos muy elevados.

7 Propuesta de sectorización y regulación de la presión en Muro de Alcoy

En este apartado se procede a plantear cambios y actuaciones que se consideren oportunos, con el objetivo de mejorar la explotación y operación diaria del abastecimiento.

La sectorización requiere, en la mayoría de los casos, el paso de una red mallada a una red más ramificada o con mallas pequeñas aisladas entre sí, con posible reducción de presión en algún punto.

Además esta tiene como objetivo tener un mayor control del caudal que transita por la red por lo que se deben instalar en cada sector puntos de control (puntos de entrada en el sector con medidores hidráulicos) que dispongan de by-pass para poder realizar los trabajos de mantenimiento y reparación de los equipos, así como prever las posibles entradas alternativas al sector en caso de necesidad y tenerlas perfectamente identificadas.

Para la regulación de la presión se estudiará la instalación de válvulas reguladoras de presión en aquellos sectores en los que la presión disponible sea superior a la requerida en el abastecimiento correspondiente.

Cabe incluir que estas propuestas tendrán base en la instalación de una llave de paso a la salida del depósito de la Rabossa con el objetivo de impedir la alimentación de la red mediante el mismo, de manera que se consiga alimentar toda la red desde el depósito de La Font del baladre y se optimice el consume eléctrico.

7.1 Metodología utilizada

Como se vio en puntos anterior, existen numerosos criterios para establecer los límites de las DMAs dependiendo del tipo de red de la que se disponga y según la topografía del terreno, tipo de abonados, distribución de la red de transporte, etc. Todas estas variables hacen que dicho proceso de división de la red en sectores se haya de

llevar a cabo con gran cuidado. Por tanto será cuestión del gestor del abastecimiento el decidir la implantación de los sectores. Debido al número de variables existentes en el diseño, normalmente la sectorización definitiva no es obtenida de manera directa.

A continuación se muestra un esquema de la metodología utilizada para la elección de la sectorización y la instalación de válvulas para el control de la presión.

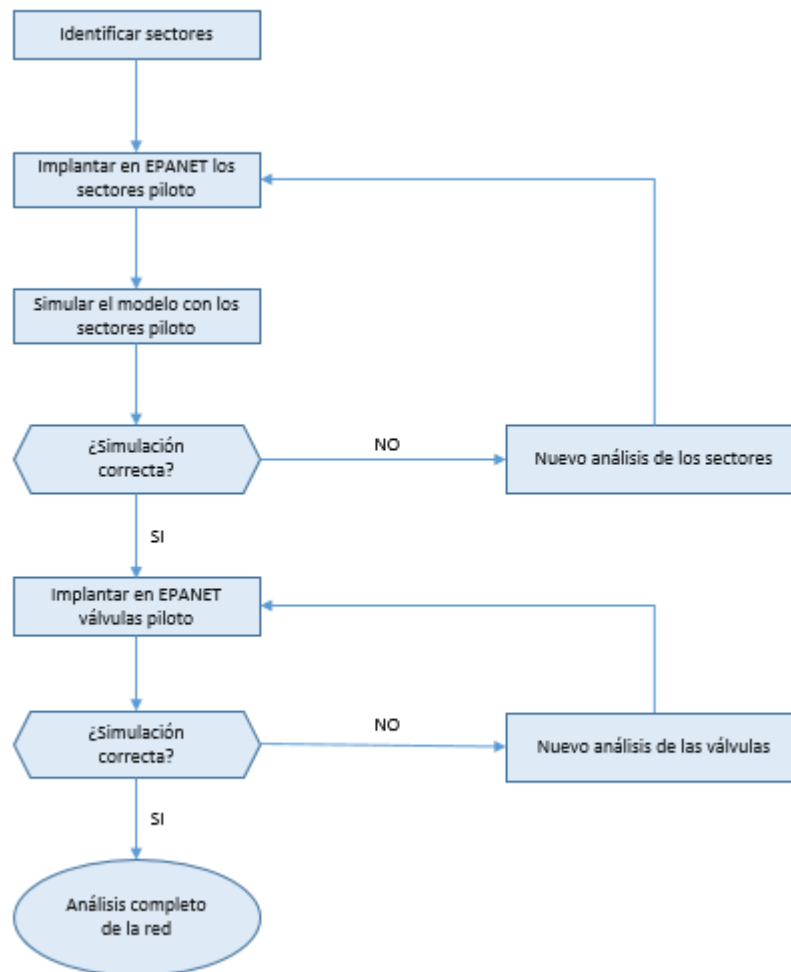


Ilustración 7-I- Esquema de la metodología utilizada para la elección de la sectorización y la instalación de válvulas para el control de la presión. Fuente: elaboración propia.

En este proyecto en concreto, para distribuir la red en sectores se ha propuesto dividir el municipio en 4 sectores, para ello se ha tenido en cuenta la división natural que divide la red en dos a través de la avenida principal (Avenida Valencia) y estos a su vez se han subdividido en dos.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

A continuación se muestra los sectores propuestos, los cuales, si nos remontamos a las ilustraciones V-II,V-V,V-VI y V-IV , donde se muestran los parámetros característicos que definen el comportamiento y situación de la red, ya se puede observar la clara tendencia a la elección de estos 4 sectores.

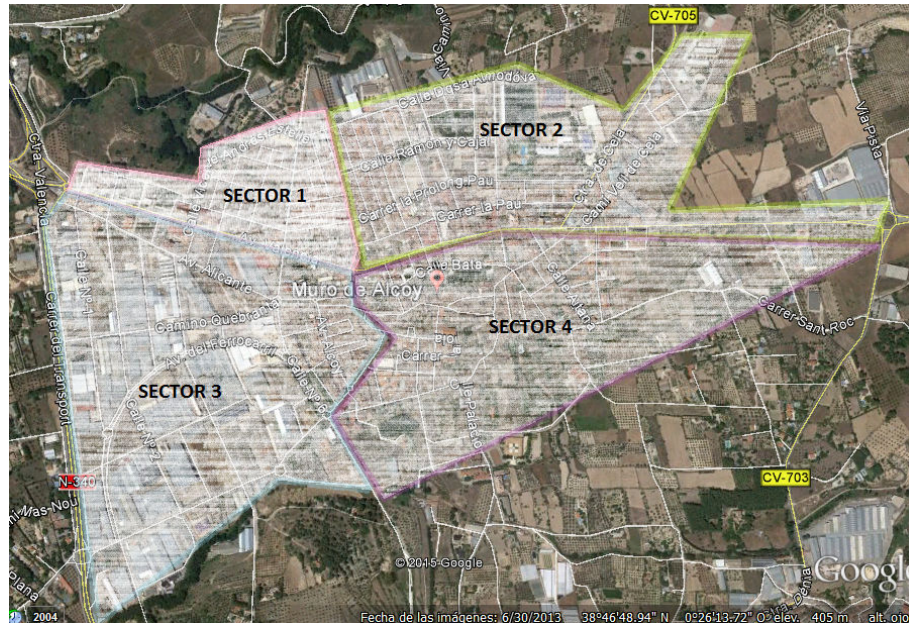


Ilustración 7-II-Representación de los 4 sectores seleccionados para la sectorización del municipio de Muro de Alcoy. Fuente: elaboración propia.

Para la regulación de las presiones de cada sector se ha visto conveniente la instalación de válvulas de corte y válvulas reguladoras. La ubicación y la cantidad de las mismas se detallan en el siguiente apartado.

7.2 Actuaciones necesarias para la sectorización

Con el fin del control de los caudales en los distintos sectores es necesaria la instalación de tres contadores en la tubería que los alimenta.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

	CONTADOR 1	CONTADOR 2	CONTADOR 3
Ubicación	Entrada sector 1	Entrada sector 2	Entrada sector 4
Tipo	Woltman	Woltman	Woltman
Diámetro nominal (mm)	150	100	80
Caudal nominal (m ³ /h)	300	120	80

Tabla 7-I- Características de los contadores a instalar en los sectores. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que el sector 1 y 2 son sectores escalonados, es decir, la tubería de transporte es la misma para ambos sectores, alimentando ésta primero al sector 1 y luego al sector 2. Luego para conocer los caudales consumidos por el sector 1 se tendrá que restar los caudales registrados en el sector 2.

Del mismo modo se procede con el sector 3. Para calcular el caudal consumido por el sector 3, se deberán sumar los caudales registrados en los sectores 1, 2 y 4 y restarlo a los caudales registrados a la salida del depósito de Font del Baladre.

En vista de las altas presiones que existen a lo largo de toda la red del servicio de abastecimiento, que llega a oscilar, en el peor de los casos y en las zonas más bajas del municipio, entre los 8 kg/cm² y los 9 kg/cm², se considera necesario instalar llaves de corte para aislar los pisos de presión y válvula reguladora de presión (VRP) ubicadas en puntos estratégicos del casco urbano para optimizar el reparto de presiones de suministro.

Para la regulación de las presiones se propone la conformación de 3 pisos de presión mediante la instalación de tres válvulas reguladoras de presión:

	VRP 1	VRP2	VRP 3
Ubicación	Conducción de entrada al municipio desde Font del Baladre.	Entrada sector 2	Entrada sector 4
Material tubería	Fundición	PVC	PVC
Diámetro nominal (mm)	150	100	80

Tabla 7-II- Características válvulas de regulación. Fuente: elaboración propia

Por otra parte, como ya se comentó en capítulos anteriores, con el propósito de conseguir un ahorro energético (horas de funcionamiento de las bombas) y con ello una disminución tarifaria, se ha propuesto en este modelo cerrar la válvula de regulación existente a la salida del depósito de La Boroná, dejándolo de reserva para cuando se vea necesario.

La situación de las válvulas y los contadores (circulo azul) se muestra en la siguiente figura:

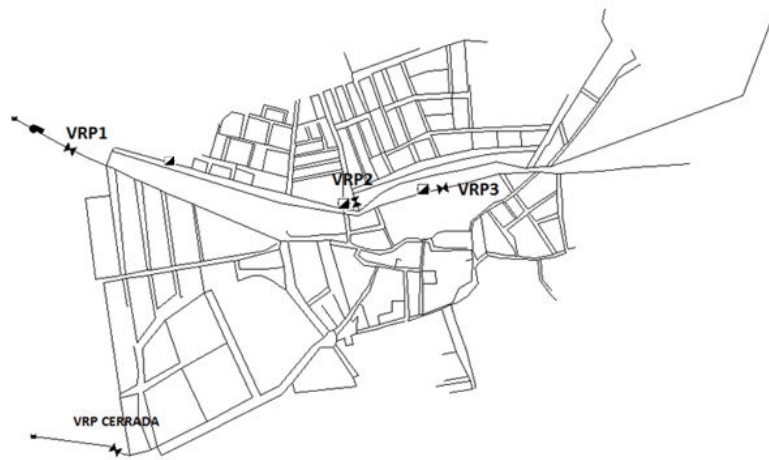


Ilustración 7-III-Localización de los contadores y VRP en la sectorización de Muro de Alcoy. Fuente: elaboración propia.

7.3 Análisis de la red sectorizada

Seguidamente se realiza un análisis del funcionamiento de la red tras aplicar las actuaciones pertinentes de sectorización.

Caudal



Ilustración 7-IV- Distribución de caudales en la red sectorizada Muro de Alcoy a las 04:00 am. Fuente: elaboración propia.

En referencia al análisis de caudales cabe resaltar que a pesar de haber eliminado el depósito de la Boroná como fuente de suministro, el caudal suministrado desde el depósito de Font del Baladre ha disminuido respecto al suministrado anteriormente cuando se tenían los dos depósitos suministrando a la población.

En la siguiente imagen se observa como el caudal en los momentos de mayor consumo (10:00 am) no supera los 38 lps mientras que antes de la sectorización (Ilustración 6-XII) superaba este valor.

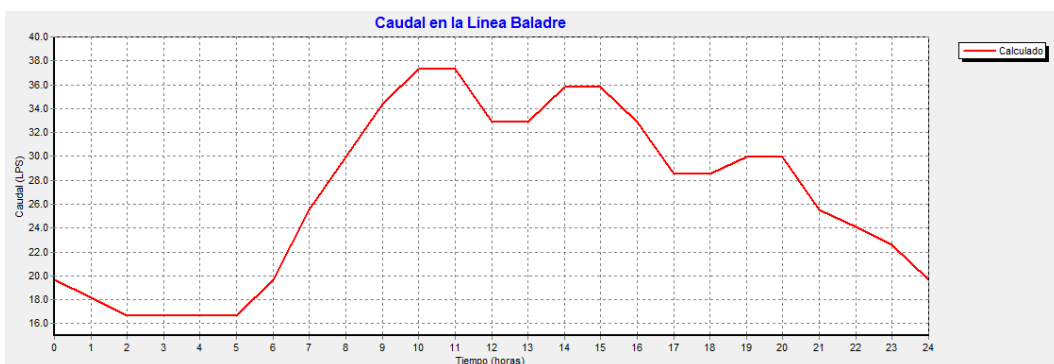


Ilustración 7-V-Evolución de caudal a la salida del depósito Font del Baladre después de las actuaciones de sectorización. Fuente: elaboración propia.

Esta disminución viene dada a la reducción de fugas existentes en la red como consecuencia de la disminución de la presión, por lo tanto ya se puede adivinar que estamos ante una mejora del rendimiento.

Velocidades

A continuación se muestran los resultados de las velocidades después de la sectorización. En estos se muestra como la velocidad que ofrece el modelo después de la actuación es adecuada ofreciendo valores menores a 2 m/s.

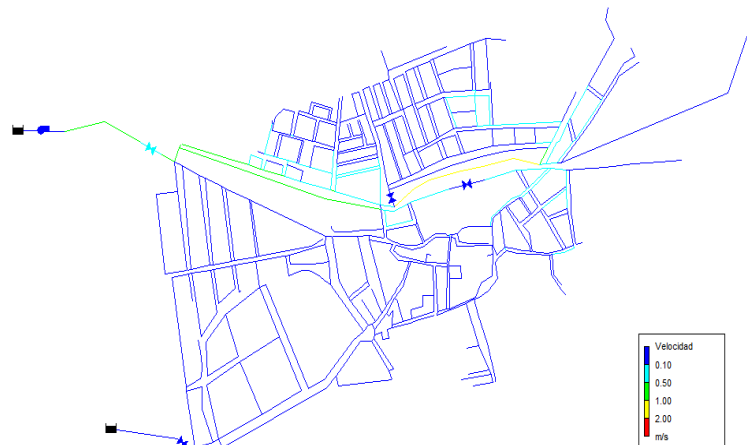


Ilustración 7-VI- Distribución de velocidades en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 04:00 am. Fuente: elaboración propia.

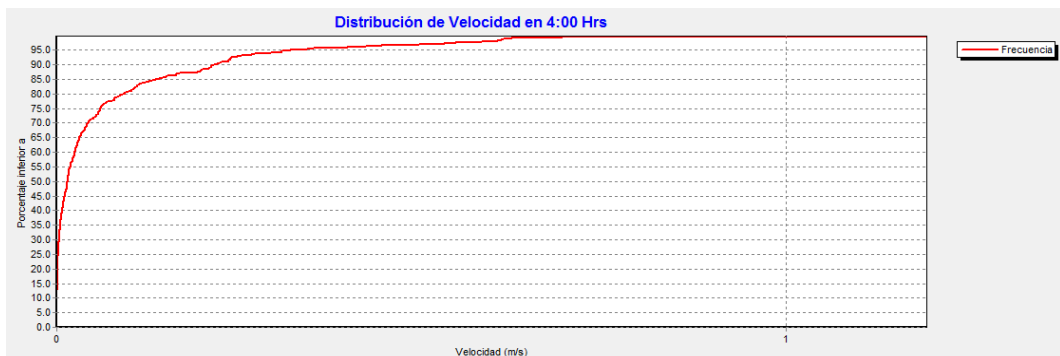


Ilustración 7-VII- Distribución de velocidad en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora valle. Fuente: elaboración propia.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

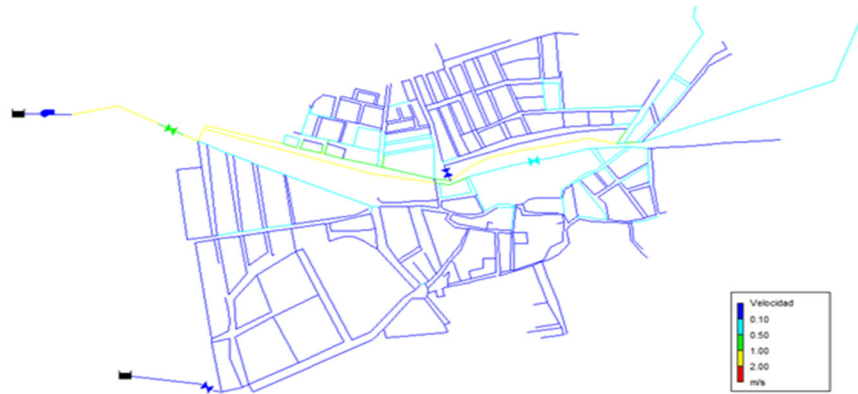


Ilustración 7-VIII- Distribución de velocidad en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 10:00 am. Fuente: elaboración propia.

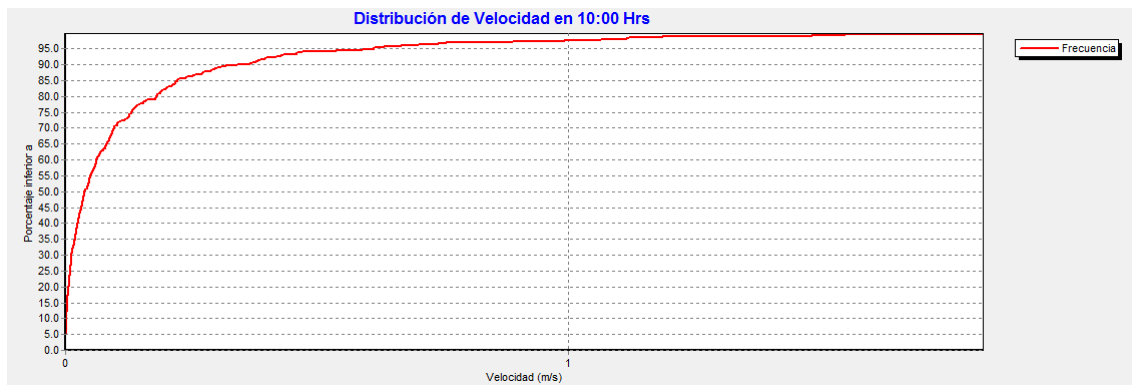


Ilustración 7-IX- Distribución de velocidad en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora punta. Fuente: elaboración propia.

Perdida unitaria

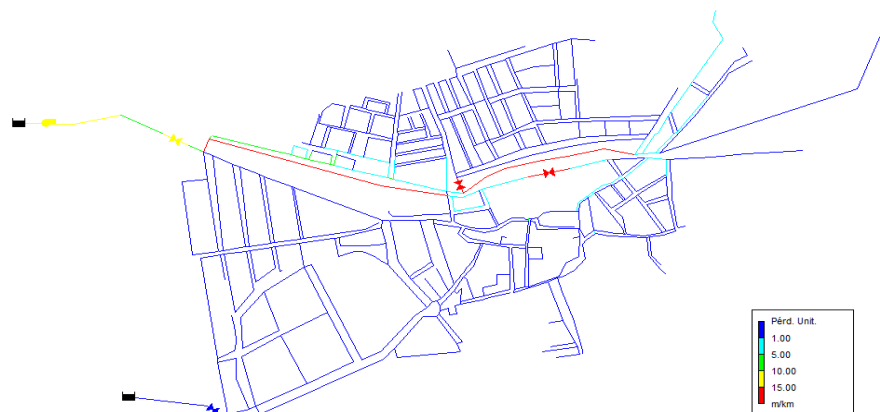


Ilustración 7-X- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 10:00 am. Fuente: elaboración propia.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

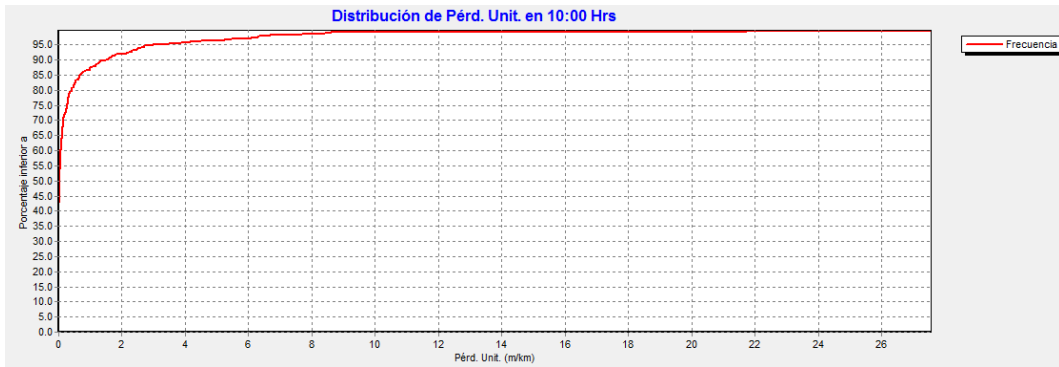


Ilustración 7-XI- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora punta.

Fuente: elaboración propia.

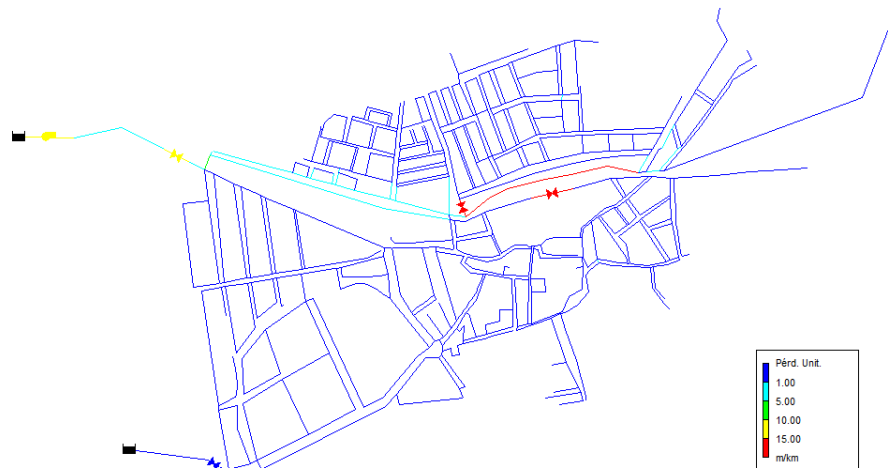


Ilustración 7-XII- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy a las 04:00 am.

Fuente: elaboración propia.

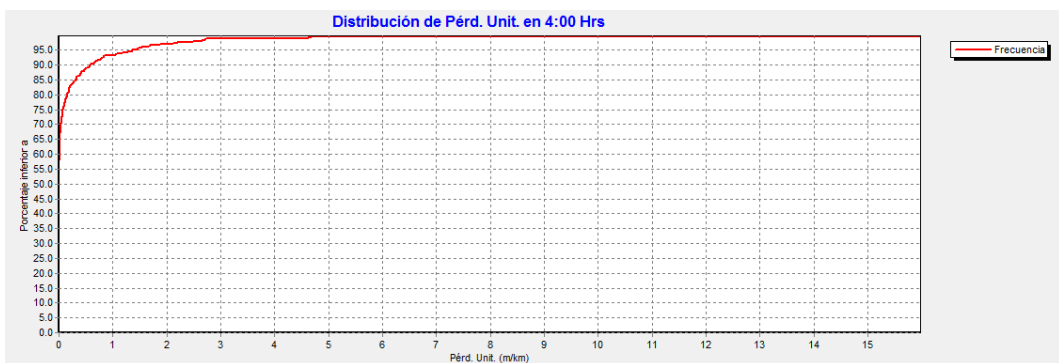


Ilustración 7-XIII- Distribución de pérdida unitaria en la red sectorizada de Muro de Alcoy en hora valle.

Fuente: elaboración propia.

El análisis de las pérdidas unitarias nos lleva a la conclusión que en algunos tramos se producen pérdidas unitarias muy elevadas, coincidiendo estos con los tramos de mayor velocidad (Ilustración 7-VI y 7-VIII). En este caso los valores de pérdida de carga no son de gran prioridad ya que aun así se tienen valores elevados de presión, no preocupándonos estos valores. De todos modos una actuación para evitar estas pérdidas de carga en las conducciones sería la de aumentar el diámetro de las mismas.

Presión

Como se ha comentado, la instalación de las VRP pretende reducir la presión de suministro a valores normales de servicio, buscando en todo momento alcanzar el equilibrio óptimo que, por un lado evite la excesiva fatiga en las conducciones y menores pérdidas de agua y por otro lado garantice la presión de suministro al menos a las 3 primeras plantas de los edificios.

Con las actuaciones antes propuestas se ha conseguido una reducción de las presiones bastante considerable. En este caso se muestran la comparación de presiones en el instante más desfavorable (04:00 am) antes y después de la sectorización.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

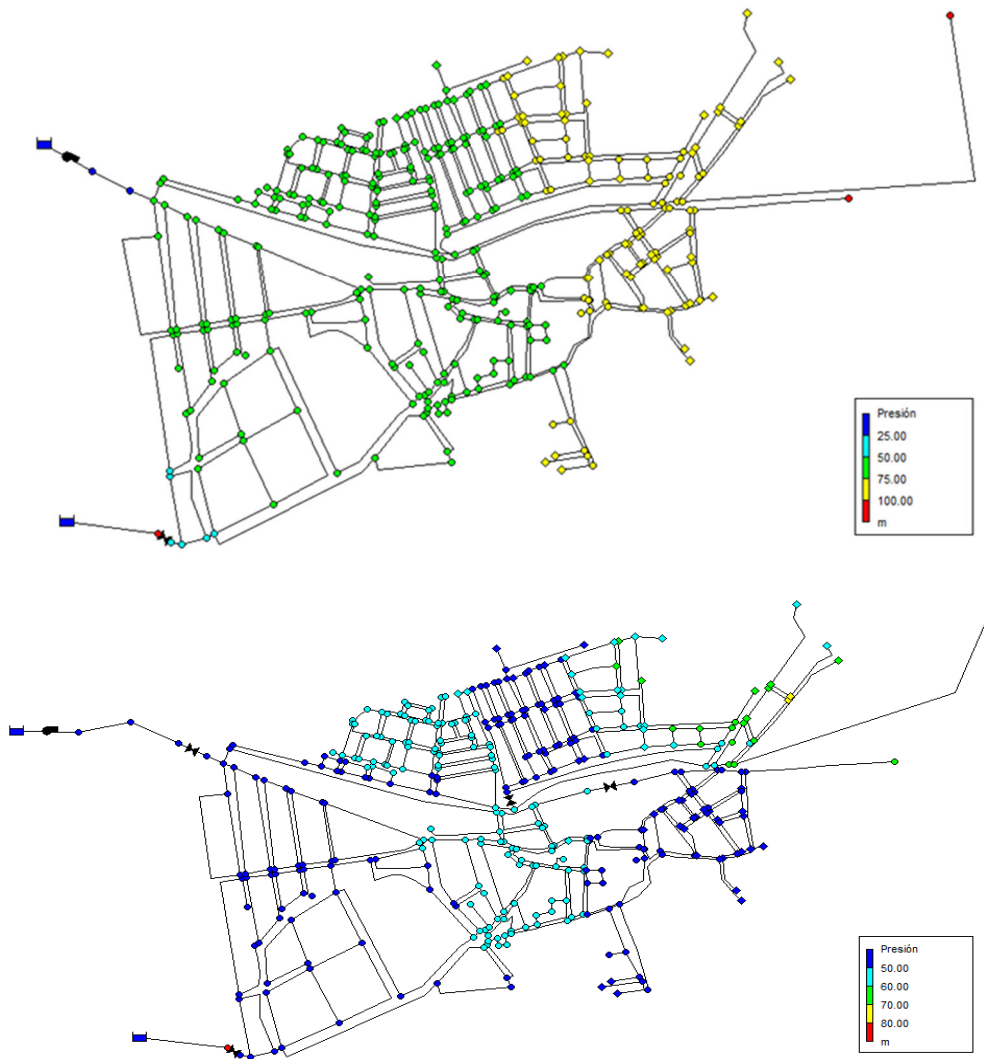


Ilustración 7-XIV-Comparación distribución de presiones en la red de Muro de Alcoy. Arriba: sin actuaciones sectorización; Bajo: con sectorización. Fuente elaboración propia.

SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE MURO DE ALCOY

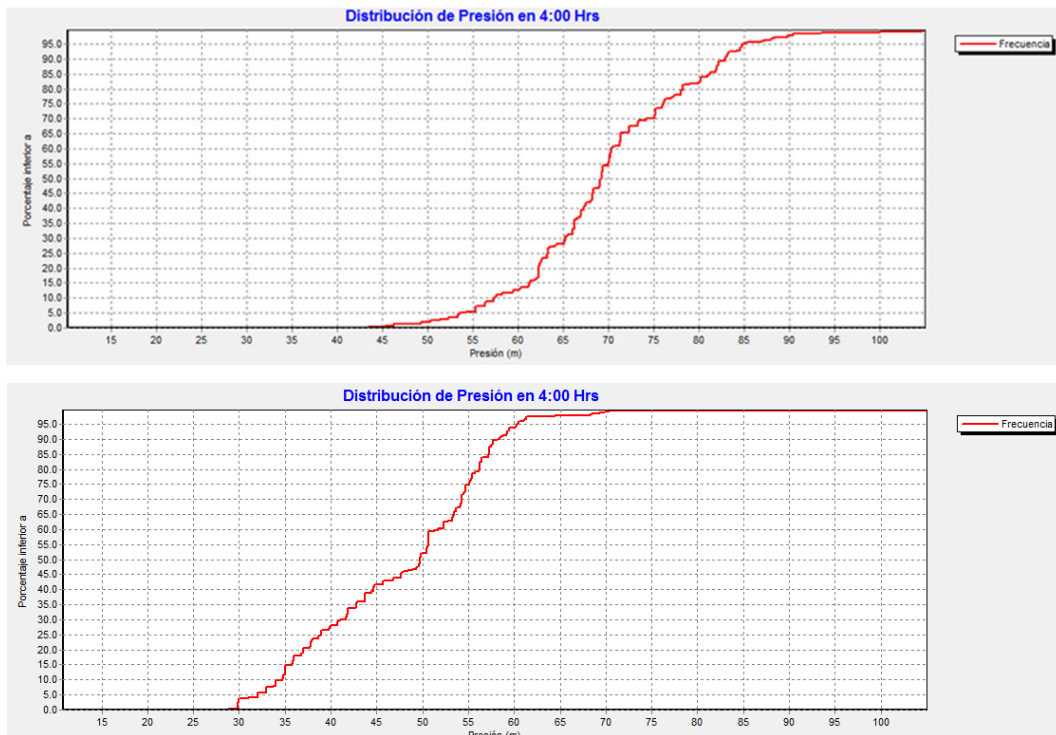


Ilustración 7-XV- Comparación distribución de presiones en la red de Muro de Alcoy. Arriba: sin actuaciones sectorización; Bajo: con sectorización. Fuente elaboración propia.

En las ilustraciones anteriores se muestra claramente una disminución de las presiones tras las actuaciones de sectorización. Aun así en algunos sectores los valores son elevados pero analizado más a fondo estas zonas nos damos cuenta que son zonas donde se encuentran edificios de más de tres alturas, existiendo hasta de 8 plantas. De los 200 edificios de más de tres alturas 184 carecen de grupo de presión, por lo que disminuir más las presiones en estos puntos podría ocasionar problemas de suministro en las últimas plantas de los edificios.

Esta disminución de presiones ha provocado una disminución en las fugas dependientes de la misma. Al mismo tiempo que ha provocado que la cantidad de agua necesaria a inyectar en el sistema para cumplir la demanda de los usuarios sea capaz de abastecerse solo desde el depósito de la Font del baladre.

Además el rendimiento de la instalación ha pasado de un 42% a un 70%.

	Antes sectorización	Después sectorización
Caudal registrado LPS	16,43	16,43
Caudal inyectado LPS	39,33	23,64
Rendimiento %	42	70

Tabla –Comparativa rendimientos tras las actuaciones de sectorización. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto con las actuaciones anteriormente descritas han conseguido suavizar los problemas existentes en la red del municipio de Muro de Alcoy, facilitando una mejor gestión del sistema, un mayor rendimiento hidráulico y consiguiendo un ahorro energético.

7.4 Valoración económica

Cada una de las actuaciones anteriores requiere de la ejecución de trabajos relativos a demoliciones y excavaciones, instalación de elementos hidráulicos, ejecución de obras civiles y reposiciones.

Seguidamente se indican los aspectos generales considerados a la hora de valorar las actuaciones necesarias para la instalación de los elementos que conforman la sectorización:

- Todas las actuaciones requieren de una cata previa para la localización de la conducción existente.
- La instalación de las VRP requiere de accesorios complementarios para su correcto funcionamiento y operación. Estos accesorios son los siguientes:

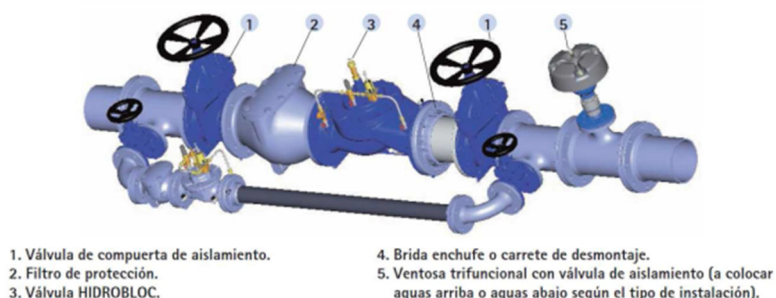


Ilustración 7-XVI- Accesorios necesarios para la instalación de las válvulas de regulación. Fuente: elaboración propia.

- La instalación de los contadores requiere de accesorios complementarios y tramos de estabilización de flujo anterior y posterior al contador para su correcto funcionamiento y operación.
- El alojamiento de cada VRP o cada contador, lo conformará una arqueta de tamaño suficiente para proteger la instalación y para poder realizar correctamente su mantenimiento.
- Las reposiciones se realizarán con el mismo tipo de firme o pavimento previamente demolido.
- Se tendrá en consideración la aplicación de las normas de Seguridad y Salud que se extienden a lo largo de todas la actuaciones.

En el anejo 2 se ofrece la valoración económica detallada de cada una de los trabajos a realizar. En la siguiente tabla se muestra un resumen de dicha valoración:

Actuación	Importe
VRP1	18.089,23 €
CONTADOR 1	13.975,52 €
VRP2 + CONTADOR 2	20.359,23 €
VRP3 + CONTADOR 3	18.433,00 €
TOTAL	70.856,98 €

Tabla 7-III-Cuadro resumen de valoración económica actuaciones sectorización. Fuente: elaboración propia.

8 Síntesis y conclusiones

La antigüedad del entramado de tuberías de la red del municipio de Muro de Alcoy junto a la elevada diferencia de cota existente entre las zonas bajas y altas del municipio ha abocado al sistema de abastecimiento de agua potable de Muro de Alcoy a una postura insostenible.

La situación del bajo rendimiento hidráulico y las elevadas presiones que ofrece la red sumado a la falta de medio de gestión que faciliten el funcionamiento óptimo del sistema y la falta de recursos económicos para realizarlos hacen de esta red de abastecimiento un rompecabezas difícil de resolver.

Son estas razones las que han motivado a realizar un estudio en detalle de la red del municipio de Muro de Alcoy mediante un modelo matemático que reproduzca el comportamiento de la red.

Mediante el uso del modelo, se ha realizado un interesante análisis del funcionamiento de la red actualmente y se han planteado unas actuaciones para resolver los problemas de rendimiento y presión.

Los resultados del análisis han permitido dar a conocer en cifras el aumento del rendimiento y la notable disminución de presión al aplicar las actuaciones propuestas.

Con las actuaciones propuestas se han suavizado los problemas que se han ido resaltando en este proyecto, pero cabe decir que aún queda mucho trabajo ya que un rendimiento hidráulico de un 70 % no es valor que permita finalizar las mejoras en ninguna instalación.

Sintetizando las conclusiones se pasa a enumerar los beneficios obtenidos al realizar el estudio de sectorización y la regulación de las presiones en el Municipio de muro de Alcoy:

- Se dispone de un modelo matemático que ayuda a la interpretación de los distintos procesos físicos que se desarrollan o se planean desarrollar en la

gestión de la explotación del municipio de Muro de Alcoy, es decir sirve de herramienta de apoyo en la toma de decisiones.

- Se ha conseguido reducir el volumen de agua no registrada, lo que se aprecia claramente en el incremento del rendimiento, menor cantidad de agua suministrada y reducción de los caudales mínimos nocturnos.
- Se tiene menor número de averías tanto en la red de distribución como en las conducciones particulares, lo que implica menores costes de conservación y mejor imagen frente a la opinión pública.
- Mejora de calidad medioambiental al reducir el volumen de agua captado.
- Optimización energética al prescindir de una instalación de captación con alto coste de mantenimiento.

9 Futuras líneas de estudio

Como se ha comentado el 15% de contadores existentes en el Municipio de Muro de Alcoy están averiados/parados por lo que las lecturas estimadas son muy elevadas lo que provoca que el registro de los caudales consumidos reflejados en las facturaciones se encuentre desvirtuados provocando errores en los balances hídricos.

Por este motivo se plantea como propuesta de actuación futura cambiar gran parte del parque de contadores dotándolos del sistema de tele-lectura, así disponer de un mayor control de los datos de la explotación y poder realizar estudios en mayor detalle.

Por otra parte se propone realizar interconexiones entre los sectores 2 y 4 ya que al alimentarse los sectores 1 y 2 de forma escalonada, es decir, primero el 1 y luego el 2, si se cortara la línea de alimentación por problemas en el sector 1 el sector 2 quedaría sin servicio.

Además como futura línea de trabajo se plantea dividir en sectores más pequeños los sectores planteados en este estudio para conseguir un mayor rendimiento hidráulico y un mayor control de las instalaciones y así igualmente conocer el funcionamiento del sistema frente a puestas fuera de servicio de conducciones así como del análisis del funcionamiento de los hidrantes del municipio, sobre todo de la parte industrial que es donde más abundan.

Para finalizar, la línea de estudio más remarcada que presenta este trabajo es la de analizar con profundidad el ahorro económico que supone la optimización energética provocada por prescindir del pozo de La Boroná.

Referencias

Cabrera, E., 2004. *Evaluación y control de pérdidas en redes urbanas*. Instituto Tecnológico del Agua .Universidad Politécnica de Valencia, España.

Cabrera E.,Almandoz J.,Arregui F.,García-Serra J.,1999.*Auditoría de redes de distribución de agua*. Grupo Mecánica de Fluidos. Universidad Politécnica de Valencia, España.

CHJ, 1998. *Redacción de los planes de explotación de los acuíferos jurásicos de Sierra Mariola y Cuaternario de Muro de Alcoy*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Diputación Provincial de Alicante.

CHJ, 2009. *Documento Técnico de Referencia: Identificación y delimitación de masas de agua superficial y subterránea*. Confederación Hidrográfica del Júcar.

CHJ, 2014.*Plan Hidrológico del Júcar: Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea*. Confederación Hidrográfica del Júcar.

CHJ, 2014.*Plan Hidrológico del Júcar: Inventario de recursos hídricos*. Confederación Hidrográfica del Júcar.

Comisión nacional del agua, 2012. *Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Mexico.

Fuertes, V.S., García-Serra, J., Iglesias, P.L., López, G., Martínez, F.J. y Pérez, R.,2002.*Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*. Grupo mecánica de fluidos. Dep. Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia, España.

García J.,2012. *Control y mantenimiento de redes*. Universidad Politécnica de Cartagena, España.

Hernández, A.,2000. *Abastecimiento y distribución de aguas*. 4ª ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, España .

Hunaidi O., Brothers K., 2007. *Optimum Size of District Metered Areas*. Proceedings of the Water Loss IWA Conference, Bucharest, Romania.

IGME,2009. *Mapa geológico de España*. Instituto geológico minero español, España.

Littlepage T., 2014. *Drought Management and Water Efficiency: An OWR Perspective*. Water Loss Control Workshop, Birmingham.

Martinez F., 2002. *EPANET 2.0 en Español. Manual del Usuario*. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente Universidad Politécnica de Valencia, España.

Martínez F., Fuertes V.; Díaz J.L., 2003. *Análisis del modelo de detalle de una red para caudales punta*. Grupo Mecánica de Fluidos. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Martinez O., 2003. *Taller de Recuperación de Caudales a través de Técnicas de Sectorización de Sistemas de Distribución de Agua Potable con Modelación*. Allianza to save energy, Oax.

Ministerio de Medio Ambiente (1998). Libro Blanco del agua en España.

Morrison J., Tooms S., Rogers D., 2007. *District Metered Areas, Guidance Notes*. International Water, Association, IWA, UK.

Ochoa A.L., 2014. *Evaluación económica de proyectos de sectorización de redes de agua potable*. XXIII Congreso nacional de hidráulica, Mexico.

Saldarriaga, J; Naranjo, G; y Rothstein, E. 2008. *Metodologías para la sectorización de redes existentes de distribución de agua potable*. XIX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Bogota-Colombia.

Anejos

Anejo 1: Red de abastecimiento Muro de Alcoy.

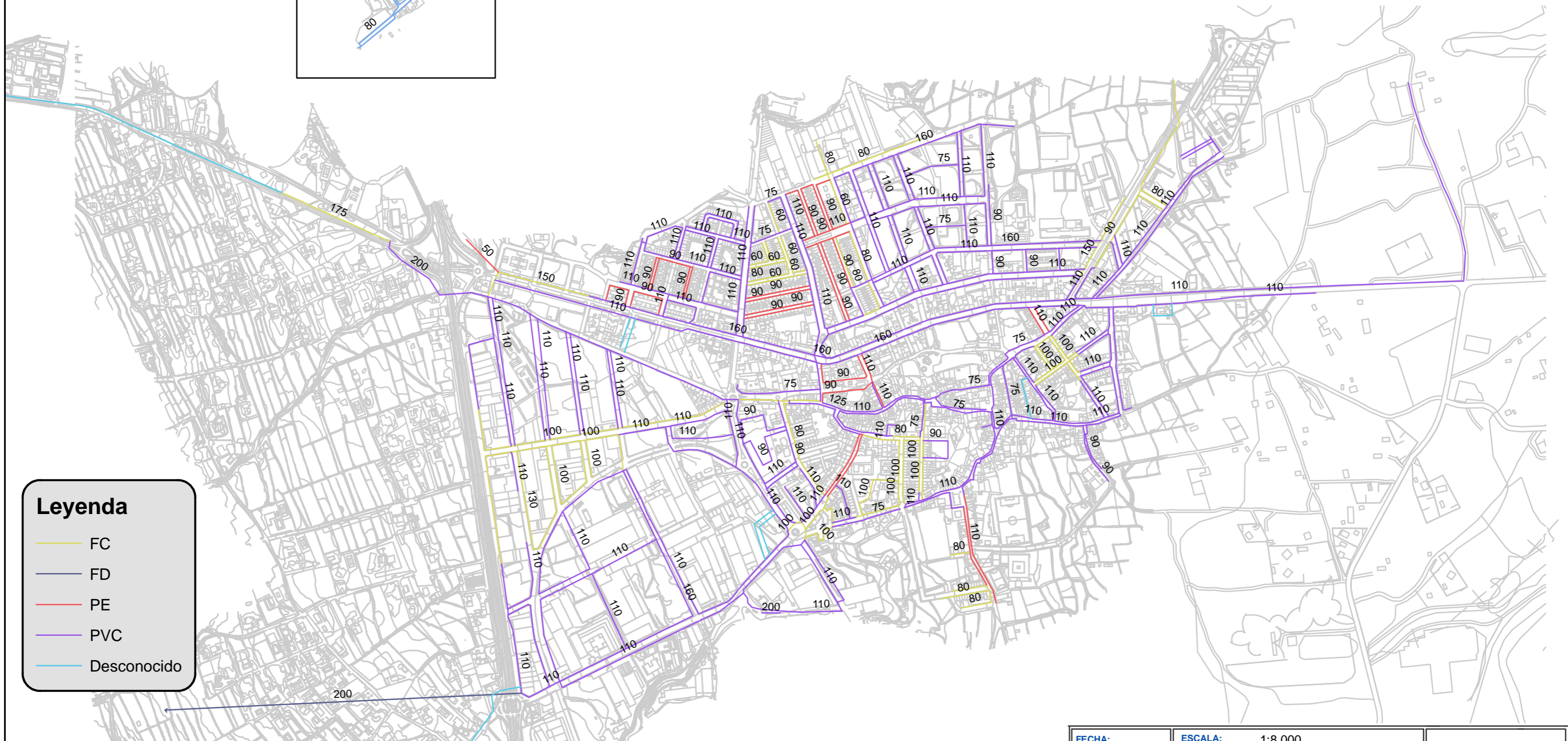
Anejo 2: Valoración económica de las actuaciones realizadas.

RED DE ABASTECIMIENTO MURO DE ALCOY

BENAMER



SETLA



Leyenda

- FC
- FD
- PE
- PVC
- Desconocido

FECHA:
MARZO
2015

ESCALA: 1:8.000
0 50 100 200 300 400
Metros

ANEJO 1

ACTUACIÓN 1: INSTALACIÓN DE VRP1 DN150

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
ud	Cata para localización de tubería, con medios manuales y mecánicos, en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	1,00	135,00 €	135,00 €
m²	Corte y demolición de pavimento existente de 20 cm de espesor, con martillo rompedor.	8,00	7,20 €	57,60 €
m³	Excavación en zanja o pozo en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	16,00	13,56 €	216,96 €
m³	Relleno en zanja de arena fina a granel para asentamiento de las conducciones hidráulicas y protección de las mismas, incluso extendido manual.	3,47	28,05 €	97,44 €
m³	Relleno localizado en zanja con productos seleccionados procedentes de la excavación, estendido, humectación y compactación en capas de 20 cm de espesor, con un grado de compactación del 95 % del proctor modificado, en obras pequeñas.	6,45	6,15 €	39,68 €
m³	Carga mecánica, retirada y transporte de escombros a vertedero autorizado.	12,26	4,81 €	58,99 €
m³	Canon de vertido de escombros a vertedero autorizado.	12,26	4,14 €	50,77 €
INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
ud	Válvula reductora de presión DN 150 PN16, cuerpo y tapa de fundición dúctil GGG-40 ó GGG-50. Según norma DIN 1693. Incluso p/p de tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	4.141,86 €	4.141,86 €
ud	Válvula de compuerta DN 200 PN16, con cuerpo y tapa de fundición dúctil, GGG-40 ó GGG-50, según norma DIN 1693. Protección exterior e interior con pintura epoxy, espesor mínimo de 200 micras. Compuerta de fundición dúctil con recubrimiento de EPDM, y husillo de acero inoxidable. Apta para uso alimentario. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	2,00	678,93 €	1.357,86 €
ud	Filtro en "Y" extremos bridas DN 200 PN16, cuerpo y tapa de fundición gris GG-25 y tamiz de acero inoxidable. Incluso p/p tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	650,05 €	650,05 €
ud	Brida universal de fundición dúctil GGG-40 según DIN EN-1563, DN 250, para diámetros mínimos y máximos de 218 y 235 mm. Con elastómeros EPDM, recubrimiento interior y exterior con pintura epoxy. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana, tornillería, transporte y colocación.	2,00	317,40 €	634,80 €
ud	Cono de fundición dúctil, unión brida-brida, DN 250 dn 200 PN16. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana, tornillería, transporte y colocación.	2,00	265,16 €	530,32 €
ud	Te fundición dúctil unión bridas orientables DN200 PN16 salida 150. Según norma UNE-EN 545.	2,00	203,65 €	407,30 €
ud	Carrete de desmontaje DN 200 PN16 y 280 mm de longitud, revestimiento exterior e interior con pintura epoxy, y espesor mínimo de 250 micras. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta mecánica, tornillería, transporte y colocación.	1,00	489,24 €	489,24 €
ud	Ventosa trifuncional DN 60 PN16, sobre tubería FD DN 200, con válvula de compuerta. Incluso p/p de tornillería, transporte y colocación.	1,00	752,12 €	752,12 €
ud	Instalación de by-pass DN 150 compuesto por tubería de fundición dúctil serie K9, válvula de corte, codos de fundición B-B, y accesorios de unión, según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	1,00	1.112,15 €	1.112,15 €

Anejo 2-Valoración económica de las actuaciones realizadas

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
OBRA CIVIL				
ud	Arqueta de 1,4x1,4 de dimensiones interiores, de hormigón armado HA-25 y solera de 20cm de espesor para válvulas DN250, incluso marco y tapa de fundición.	1,00	2.736,19 €	2.736,19 €
ud	Arqueta de registro de hormigón HM-20 y solera de 10 cm. de espesor, para válvulas menores de 250 mm de diámetro nominal, de dimensiones interiores 30x30 cm, incluso marco y tapa de fundición.	2,00	79,99 €	159,98 €
ud	Arqueta de registro de hormigón HM-20 y solera de 10 cm. de espesor, para ventosa, de dimensiones interiores 60x60 cm, incluso marco y tapa de fundición.	1,00	119,15 €	119,15 €
ud	Extractor estático de hierro galvanizado, incluso conducciones hasta arqueta y anclaje. Totalmente instalada.	1,00	219,68 €	219,68 €
m ³	Dado de hormigón en masa para armar HA-25/p/40, con tamaño del árido máximo de 40 mm, elaborado en central, vibrado y colocación según indicaciones de carreteras.	2,00	121,85 €	243,70 €
m ³	Losa de hormigón HM-20. Incluso extendido.	1,60	89,86 €	143,78 €
m ²	Reposición de pavimento asfáltico en caliente tipo S-12 MBC, sobre base de hormigón HM-25, incluso extendido y apisonado.	8,00	28,97 €	231,76 €
SEGURIDAD Y SALUD Y PUESTA EN MARCHA				
ud	Partida de seguridad y salud, protección de zanjas, vallados de seguridad y protección para viandantes.	1,00	364,66 €	364,66 €
ud	Trabajos de puesta en marcha de la instalación, incluyendo limpieza, desinfección, tarado de válvulas hidráulicas, configuración de equipos data-logger, etc.	1,00	250,00 €	250,00 €
TOTAL				15.201,03 €
			GG 13%	1.976,13 €
			BI 6%	912,06 €
TOTAL				18.089,23 €

ACTUACIÓN 2: INSTALACIÓN DE CONTADOR 1 DN 150

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
ud	Cata para localización de tubería, con medios manuales y mecánicos, en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	1,00	135,00 €	135,00 €
m²	Corte y demolición de pavimento existente de 20 cm de espesor, con martillo rompedor.	9,00	7,20 €	64,80 €
m³	Excavación en zanja o pozo en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	18,00	13,56 €	244,08 €
m³	Relleno en zanja de arena fina a granel para asentamiento de las conducciones hidráulicas y protección de las mismas, incluso extendido manual.	4,41	28,05 €	123,70 €
m³	Relleno localizado en zanja con productos seleccionados procedentes de la excavación, estendido, humectación y compactación en capas de 20 cm de espesor, con un grado de compactación del 95 % del proctor modificado, en obras pequeñas.	8,19	6,15 €	50,37 €
m³	Carga mecánica, retirada y transporte de escombros a vertedero autorizado.	12,77	4,81 €	61,43 €
m³	Canon de vertido de escombros a vertedero autorizado.	12,77	4,14 €	52,87 €
INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
ud	Contador mecánico tipo Woltmann DN 150, clase metrológica B, con verificación primitiva. Incluso p/p tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	1.377,61 €	1.377,61 €
ud	Válvula de compuerta DN 150 PN16, con cuerpo y tapa de fundición dúctil, GGG-40 ó GGG-50, según norma DIN 1693. Protección exterior e interior con pintura epoxy, espesor mínimo de 200 micras. Compuerta de fundición dúctil con recubrimiento de EPDM, y husillo de acero inoxidable. Apta para uso alimentario. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	2,00	405,83 €	811,66 €
ud	Carrete pasamuros DN 150 PN16 y 1.000 mm de longitud, de fundición dúctil, unión brida-brida. Según norma UNE-EN 545. Incluso /p de junta mecánica, tornillería, transporte y colocación	1,00	288,38 €	288,38 €
ud	Brida universal de fundición dúctil GGG-40 según DIN EN-1563, DN 200, para diámetros mínimos y máximos de 218 y 235 mm Con elastómeros EPDM, recubrimiento interior y exterior con pintura epoxy. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana , tornillería, transporte y colocación.	2,00	201,27 €	402,54 €
ud	Cono de fundición dúctil, unión brida-brida, DN 200 dn 150 PN16. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana, tornillería, transporte y colocación.	2,00	161,89 €	323,78 €
ud	Te fundición dúctil unión bridas orientables DN150 PN16 salida 100. Según norma UNE-EN 545.	2,00	203,65 €	407,30 €
ud	Carrete de desmontaje DN 150 PN16 y 200 mm de longitud, revestimiento exterior e interior con pintura epoxy, y espesor mínimo de 250 micras. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta mecánica, tornillería, transporte y colocación.	1,00	326,86 €	326,86 €
ud	Instalación de by-pass DN 100 compuesto por tubería de fundición dúctil serie K9, válvula de corte, codos de fundición B-B, y accesorios de unión, según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	1,00	762,50 €	762,50 €
EQUIPOS DE TELEMANDO Y TELECONTROL				
ud	Registrador de datos con transmisión GPRS/GSM, con 1 entrada digital de caudal y 1 entrada analógica de presión, con memoria interna de hasta 1 Gbyte, batería y protección IP 68. Incluso soporte para anclaje a pared, transporte y colocación.	1,00	1.406,38 €	1.406,38 €
ud	Emisor de pulsos inductivo para contador mecánico tipo Woltmann. Incluso transporte y colocación.	1,00	96,50 €	96,50 €
ud	Trasductor de presión con rango de medidas desde 0 a 10 bares, con señal de salida a 4-20mA, montado sobre collarín de toma. Incluso picaje, manguitos de conexión, transporte y colocación.	1,00	496,00 €	496,00 €

Anejo 2-Valoración económica de las actuaciones realizadas

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
OBRA CIVIL				
ud	Arqueta de 1,4x1,4 de dimensiones interiores, de hormigón armado HA-25 y solera de 20cm de espesor para válvulas DN250, incluso marco y tapa de fundición.	1,00	2.736,19 €	2.736,19 €
ud	Arqueta de registro de hormigón HM-20 y solera de 10 cm. de espesor, para válvulas menores de 250 mm de diámetro nominal, de dimensiones interiores 30x30 cm, incluso marco y tapa de fundición.	2,00	79,99 €	159,98 €
ud	Extractor estático de hierro galvanizado, incluso conducciones hasta arqueta y anclaje. Totalmente instalada.	1,00	219,68 €	219,68 €
m ³	Dado de hormigón en masa para armar HA-25/p/40, con tamaño del árido máximo de 40 mm, elaborado en central, vibrado y colocación según indicaciones de carteras.	2,00	121,85 €	243,70 €
m ²	Losa de hormigón HM-20. Incluso extendido.	1,80	89,86 €	161,75 €
m ²	Reposición de pavimento asfáltico en caliente tipo S-12 MBC, sobre base de hormigón HM-25, incluso extendido y apisonado.	9,00	28,97 €	260,73 €
SEGURIDAD Y SALUD Y PUESTA EN MARCHA				
ud	Parida de seguridad y salud, protección de zanjas, vallados de seguridad y protección para viandantes.	1,00	280,34 €	280,34 €
ud	Trabajos de puesta en marcha de la instalación, incluyendo limpieza, desinfección, tarado de válvulas hidráulicas, configuración de equipos data-logger, etc.	1,00	250,00 €	250,00 €
TOTAL				11.744,13 €
			GG 13%	1.526,74 €
			BI 6%	704,65 €
TOTAL				13.975,52 €

Anejo 2-Valoración económica de las actuaciones realizadas

ACTUACIÓN 3: INSTALACIÓN DE CONTADOR 2 DN100 Y VRP2 DN100

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
ud	Cata para localización de tubería, con medios manuales y mecánicos, en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	1,00	135,00 €	135,00 €
m ²	Corte y demolición de pavimento existente de 20 cm de espesor, con martillo rompedor.	10,00	7,20 €	72,00 €
m ³	Excavación en zanja o pozo en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	20,00	13,56 €	271,20 €
m ³	Relleno en zanja de arena fina a granel para asentamiento de las conducciones hidráulicas y protección de las mismas, incluso extendido manual.	3,36	28,05 €	94,30 €
m ³	Relleno localizado en zanja con productos seleccionados procedentes de la excavación, estendido, humectación y compactación en capas de 20 cm de espesor, con un grado de compactación del 95 % del proctor modificado, en obras pequeñas.	6,24	6,15 €	38,40 €
m ³	Carga mecánica, retirada y transporte de escombros a vertedero autorizado.	17,33	4,81 €	83,37 €
m ³	Canon de vertido de escombros a vertedero autorizado.	17,33	4,14 €	71,76 €
INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
ud	Válvula reductora de presión DN 100 PN16, cuerpo y tapa de fundición dúctil GGG-40 ó GGG-50. Según norma DIN 1693. Incluso p/p de tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	2.563,11 €	2.563,11 €
ud	Contador mecánico tipo Woltmann DN 100, clase metrológica B, con verificación primitiva. Incluso p/p tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	877,81 €	877,81 €
ud	Válvula de compuerta DN 100 PN16, con cuerpo y tapa de fundición dúctil, GGG-40 ó GGG-50, según norma DIN 1693. Protección exterior e interior con pintura epoxy, espesor mínimo de 200 micras. Compuerta de fundición dúctil con recubrimiento de EPDM, y husillo de acero inoxidable. Apta para uso alimentario. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	2,00	247,38 €	494,76 €
ud	Filtro en "Y" extremos bridas DN 100 PN16, cuerpo y tapa de fundición gris GG-25 y tamiz de acero inoxidable. Incluso p/p tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	256,83 €	256,83 €
ud	Brida universal de fundición dúctil GGG-40 según DIN EN-1563, DN 150, para diámetros mínimos y máximos de 218 y 235 mm. Con elastómeros EPDM, recubrimiento interior y exterior con pintura epoxy. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana, tornillería, transporte y colocación.	2,00	136,02 €	272,04 €
ud	Cono de fundición dúctil, unión brida-brida, DN 150 dn 100 PN16. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana, tornillería, transporte y colocación.	2,00	126,63 €	253,26 €
ud	Te fundición dúctil unión bridas orientables DN100 PN16 salida 80. Según norma UNE-EN 545.	2,00	229,87 €	459,74 €
ud	Carrete de desmontaje DN 100 PN16 y 200 mm de longitud, revestimiento exterior e interior con pintura epoxy, y espesor mínimo de 250 micras. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta mecánica, tornillería, transporte y colocación.	1,00	248,75 €	248,75 €
ud	Carrete pasamuros DN 100 PN16 y 800 mm de longitud, de fundición dúctil, unión brida-brida. Según norma UNE-EN 545. Incluso /p de junta mecánica, tornillería, transporte y colocación	1,00	184,34 €	184,34 €
ud	Ventosa trifuncional DN 50 PN16, sobre tubería PE DN 110, con válvula de compuerta. Incluso p/p de tornillería, transporte y colocación.	1,00	649,72 €	649,72 €
ud	Instalación de by-pass DN 80 compuesto por tubería de fundición dúctil serie K9, válvula de corte, codos de fundición B-B, y accesorios de unión, según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	1,00	598,15 €	598,15 €
EQUIPOS DE TELEMANDO Y TELECONTROL				
ud	Registrador de datos con transmisión GPRS/GSM, con 1 entrada digital de caudal y 1 entrada analógica de presión, con memoria interna de hasta 1 Gbyte, batería y protección IP 68. Incluso soporte para anclaje a pared, transporte y colocación.	1,00	1.406,38 €	1.406,38 €
ud	Emisor de pulsos inductivo para contador mecánico tipo Woltmann. Incluso transporte y colocación.	1,00	96,50 €	96,50 €
ud	Trasdador de presión con rango de medidas desde 0 a 10 bares, con señal de salida a 4-20mA, montado sobre collarín de toma. Incluso picaje, manguitos de conexión, transporte y colocación.	1,00	496,00 €	496,00 €

Anejo 2-Valoración económica de las actuaciones realizadas

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
OBRA CIVIL				
ud	Arqueta de 1,4x1,4 de dimensiones interiores, de hormigón armado HA-25 y solera de 20cm de espesor para válvulas DN250, incluso marco y tapa de fundición.	2,00	2.736,19 €	5.472,38 €
ud	Arqueta de registro de hormigón HM-20 y solera de 10 cm. de espesor, para válvulas menores de 250 mm de diámetro nominal, de dimensiones interiores 30x30 cm, incluso marco y tapa de fundición.	1,00	79,99 €	79,99 €
ud	Arqueta de registro de hormigón HM-20 y solera de 10 cm. de espesor, para ventosa, de dimensiones interiores 60x60 cm, incluso marco y tapa de fundición.	1,00	119,15 €	119,15 €
ud	Extractor estático de hierro galvanizado, incluso conducciones hasta arqueta y anclaje. Totalmente instalada.	2,00	219,68 €	439,36 €
m ³	Dado de hormigón en masa para armar HA-25/p/40, con tamaño del árido máximo de 40 mm, elaborado en central, vibrado y colocación según indicaciones de carteras.	2,00	121,85 €	243,70 €
m ²	Losa de hormigón HM-20. Incluso extendido.	2,00	89,86 €	179,72 €
m ²	Reposición de pavimento asfáltico en caliente tipo S-12 MBC, sobre base de hormigón HM-25, incluso extendido y apisonado.	10,00	28,97 €	289,70 €
SEGURIDAD Y SALUD Y PUESTA EN MARCHA				
ud	Partida de seguridad y salud, protección de zanjas, vallados de seguridad y protección para viandantes.	1,00	411,19 €	411,19 €
ud	Trabajos de puesta en marcha de la instalación, incluyendo limpieza, desinfección, tarado de válvulas hidráulicas, configuración de equipos data-logger, etc.	1,00	250,00 €	250,00 €
TOTAL				17.108,60 €
			GG 13%	2.224,12 €
			BI 6%	1.026,52 €
TOTAL				20.359,23 €

Anejo 2-Valoración económica de las actuaciones realizadas

ACTUACIÓN 4: INSTALACIÓN DE CONTADOR 3 DN80 Y VRP3 DN80

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
ud	Cata para localización de tubería, con medios manuales y mecánicos, en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	1,00	135,00 €	135,00 €
m²	Corte y demolición de pavimento existente de 20 cm de espesor, con martillo rompedor.	9,00	7,20 €	64,80 €
m³	Excavación en zanja o pozo en terreno medio no rocoso con mini-retroexcavadora.	18,00	13,56 €	244,08 €
m³	Relleno en zanja de arena fina a granel para asentamiento de las conducciones hidráulicas y protección de las mismas, incluso extendido manual.	2,66	28,05 €	74,66 €
m³	Relleno localizado en zanja con productos seleccionados procedentes de la excavación, estendido, humectación y compactación en capas de 20 cm de espesor, con un grado de compactación del 95 % del proctor modificado, en obras pequeñas.	4,94	6,15 €	30,40 €
m³	Carga mecánica, retirada y transporte de escombros a vertedero autorizado.	16,34	4,81 €	78,61 €
m³	Canon de vertido de escombros a vertedero autorizado.	16,34	4,14 €	67,66 €
INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
ud	Válvula reductora de presión DN 80 PN16, cuerpo y tapa de fundición dúctil GGG-40 ó GGG-50. Según norma DIN 1693. Incluso p/p de tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	2.241,53 €	2.241,53 €
ud	Contador mecánico tipo Woltmann DN 80, clase metrológica B, con verificación primitiva. Incluso p/p tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	688,56 €	688,56 €
ud	Válvula de compuerta DN 80 PN16, con cuerpo y tapa de fundición dúctil, GGG-40 ó GGG-50, según norma DIN 1693. Protección exterior e interior con pintura epoxy, espesor mínimo de 200 micras. Compuerta de fundición dúctil con recubrimiento de EPDM, y husillo de acero inoxidable. Apta para uso alimentario. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	2,00	203,66 €	407,32 €
ud	Filtro en "Y" extremos bridas DN 80 PN16, cuerpo y tapa de fundición gris GG-25 y taniz de acero inoxidable. Incluso p/p tornillería, junta plana, transporte y colocación.	1,00	175,17 €	175,17 €
ud	Brida universal de fundición dúctil GGG-40 según DIN EN-1563, DN 100, para diámetros mínimos y máximos de 218 y 235 mm. Con elastómeros EPDM, recubrimiento interior y exterior con pintura epoxy. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana, tornillería, transporte y colocación.	2,00	82,28 €	164,56 €
ud	Cono de fundición dúctil, unión brida-brida, DN 100 dn 80 PN16. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta plana, tornillería, transporte y colocación.	2,00	75,13 €	150,26 €
ud	Te fundición dúctil unión bridas orientables DN80 PN16 salida 80. Según norma UNE-EN 545.	2,00	176,86 €	353,72 €
ud	Carrete de desmontaje DN 80 PN16 y 200 mm de longitud, revestimiento exterior e interior con pintura epoxy, y espesor mínimo de 250 micras. Según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de junta mecánica, tornillería, transporte y colocación.	1,00	226,00 €	226,00 €
ud	Carrete pasamuros DN 80 PN16 y 800 mm de longitud, de fundición dúctil, unión brida-brida. Según norma UNE-EN 545. Incluso /p de junta mecánica, tornillería, transporte y colocación	1,00	172,34 €	172,34 €
ud	Ventosa trifuncional DN 25 PN16, sobre tubería PE DN 90, con válvula de compuerta. Incluso p/p de tornillería, transporte y colocación.	1,00	219,46 €	219,46 €
ud	Instalación de by-pass DN 80 compuesto por tubería de fundición dúctil serie K9, válvula de corte, codos de fundición B-B, y accesorios de unión, según norma UNE-EN 545. Incluso p/p de juntas, tornillería, transporte y colocación.	1,00	598,15 €	598,15 €
EQUIPOS DE TELEMANDO Y TELECONTROL				
ud	Registrador de datos con transmisión GPRS/GSM, con 1 entrada digital de caudal y 1 entrada analógica de presión, con memoria interna de hasta 1 Gbyte, batería y protección IP 68. Incluso soporte para anclaje a pared, transporte y colocación.	1,00	1.406,38 €	1.406,38 €
ud	Emisor de pulsos inductivo para contador mecánico tipo Woltmann. Incluso transporte y colocación.	1,00	96,50 €	96,50 €
ud	Trasductor de presión con rango de medidas desde 0 a 10 bares, con señal de salida a 4-20mA, montado sobre collarín de toma. Incluso picaje, manguitos de conexión, transporte y colocación.	1,00	496,00 €	496,00 €

Anejo 2-Valoración económica de las actuaciones realizadas

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
OBRA CIVIL				
ud	Arqueta de 1,4x1,4 de dimensiones interiores, de hormigón armado HA-25 y solera de 20cm de espesor para válvulas DN250, incluso marco y tapa de fundición.	2,00	2.736,19 €	5.472,38 €
ud	Arqueta de registro de hormigón HM-20 y solera de 10 cm. de espesor, para válvulas menores de 250 mm de diámetro nominal, de dimensiones interiores 30x30 cm, incluso marco y tapa de fundición.	1,00	79,99 €	79,99 €
ud	Arqueta de registro de hormigón HM-20 y solera de 10 cm. de espesor, para ventosa, de dimensiones interiores 60x60 cm, incluso marco y tapa de fundición.	1,00	119,15 €	119,15 €
ud	Extractor estático de hierro galvanizado, incluso conducciones hasta arqueta y anclaje. Totalmente instalada.	2,00	219,68 €	439,36 €
m ³	Dado de hormigón en masa para armar HA-25/p/40, con tamaño del árido máximo de 40 mm, elaborado en central, vibrado y colocación según indicaciones de carreteras.	2,00	121,85 €	243,70 €
m ³	Losa de hormigón HM-20. Incluso extendido.	1,80	89,86 €	161,75 €
m ²	Reposición de pavimento asfáltico en caliente tipo S-12 MBC, sobre base de hormigón HM-25, incluso extendido y apisonado.	9,00	28,97 €	260,73 €
SEGURIDAD Y SALUD Y PUESTA EN MARCHA				
ud	Partida de seguridad y salud, protección de zanjas, vallados de seguridad y protección para viandantes.	1,00	371,71 €	371,71 €
ud	Trabajos de puesta en marcha de la instalación, incluyendo limpieza, desinfección, tarado de válvulas hidráulicas, configuración de equipos data-logger, etc.	1,00	250,00 €	250,00 €
TOTAL				15.489,91 €
			GG 13%	2.013,69 €
			BI 6%	929,39 €
TOTAL				18.433,00 €