



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Desarrollo del modelo matemático de la red en alta de agua potable de la comarca el Camp de Morvedre (Valencia)

TRABAJO FINAL DE GRADO

Titulación: Grado en Obras Públicas

Curso: 2016/17

Autor: Alaminos Morte, Tamara

Tutor: Macián Cervera, Vicente Javier

Valencia, junio de 2017



ÍNDICE GENERAL

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.
2. ANTECEDENTES.
3. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED.
4. BALANCE HÍDRICO DE ABASTECIMIENTO.
5. MODULACIÓN DE LA DEMANDA
6. PROPUESTA DE MEJORAS
7. BIBLIOGRAFÍA

CONFECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN
2. ESQUELETO DE LA RED
3. CALIBRACIÓN DEL MODELO
4. CONCLUSIONES



PLANOS

01. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
02. RED GENERAL POR FASES
03. RED GENERAL DIVIDIDA EN TRAMOS
04. CM-1. IMPULSIÓN 1. CONEXIÓN SAGUNTO
05. CM-2.IMPULSIÓN 2. CONEXIÓN PUERTO DE SAGUNTO
06. CM-3. CANET D'EN BERENGUER
07. CM-4. IMPULSIÓN 3. PONERA 1
08. CM-5. TRAMO ALMENARA-LOSVALLES 1
09. CM-6. TRAMO ALMENARA-LOS VALLES 2
10. CM-7. ANILLO LOS VALLES
11. CM-8. DERIVACIÓN ALMENARA
12. CM-9. DERIVACIÓN ALMARDÁ
13. CM-10. CONDUCCIÓN PONERA 1 A PONERA 2
14. CM-11. FASE 2.1
15. CM-12. FASE 2.2
16. CM-13. FASE 3.1
17. CM 14. FASE 3.2



1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos.....	5
1.1.1. Objetivos técnicos	5
1.1.2. Objetivos formativos	5
1.2. Condicionantes.....	6
1.3. Metodología de trabajo.....	6
2. ANTECEDENTES.....	7
2.1. Medio Natural.....	7
2.2. Demografía.....	8
3. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED.....	13
3.1. Origen del agua.....	13
3.2. Descripción de las impulsiones.....	14
3.3. Definición de la red.....	15
3.3.1. Sagunto.....	17
3.3.2. Puerto de Sagunto y Canet d’En Berguer.....	17
3.3.3. Ponera 1.....	19
3.3.4. Los Valles.....	20
3.3.5. Almenara.....	21
3.3.6. Almardá.....	22
3.3.7. Ponera 2.....	23
3.3.8. Depósito La Baronía.....	25
3.4. Elementos que forman la red.....	26
3.4.1. Válvulas.....	26
3.4.2. Ventosas.....	29
3.4.3. Desagües.....	30
3.4.4. Filtros.....	30



DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED EN ALTA DE AGUA POTABLE DE LA COMARCA EL CAMP DE MORVEDRE (VALENCIA)



3.4.5. Dispositivos de aforo.	31
4. BALANCE HÍDRICO DE ABASTECIMIENTO.....	32
5. MODULACIÓN DE LA DEMANDA.	37
5.1. Meses analizados.	37
5.2. Días analizados.....	40
5.2.1. Consumos diarios.	41
5.3. Curvas de modulación.	42
5.4. Análisis de simulación.....	43
5.4.1 Febrero	45
5.4.2. Agosto.....	51
6. PROPUESTAS DE MEJORAS	53
7. BIBLIOGRAFÍA	56



1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Objetivos.

Este proyecto es un trabajo académico requisito final para la obtención del Grado en Ingeniería de Obras Públicas.

Ha sido realizado con la colaboración conjunta de la ETSICCP (Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos) y la empresa Aguas de Valencia en el convenio de prácticas de 300h distribuidas en 4 meses.

1.1.1. Objetivos técnicos

El objetivo del presente estudio es la simulación de toda la red en alta de la comarca el Camp de Morvedre (Valencia) a partir de un modelo matemático con la ayuda del programa de uso libre EPANET, la calibración del mismo, el análisis de dicho modelo ante los distintos escenarios a simular y el estudio de posibles mejoras para la optimización de su funcionamiento.

1.1.2. Objetivos formativos

En cuanto a los objetivos formativos podemos destacar:

- Manejos de programas informáticos de gestión de redes hídricas.
- Adquisición de conocimientos relacionados con la gestión de las redes.
- Adquisición de conocimientos de las infraestructuras de distribución hidráulica.
- Introducción al trabajo en equipo en ámbito profesional.
- Revisión de conceptos hidráulicos adquiridos durante la carrera.

1.2. Condicionantes.

Existen diferentes condicionantes que hacen que la red sea compleja y es necesario tenerlos en cuenta para un desarrollo del modelo lo más parecido posible a la realidad.

Se pueden resaltar los siguientes:

- Diferentes puntos de consumo con diversas tipologías de consumo y distintas redes hidráulicas.
- Diferencia por topografía. Existen cotas significativas diferenciadas entre los depósitos de cabecera y algunas zonas, esto producirá sobrepresiones y problemas de fugas.
- Estados de conservación variable de los distintos depósitos y elementos de la red.
- Zonas donde actualmente tienen poco consumo pero que en un futuro podrían tener una mayor demanda de agua. Por este motivo las propuestas de mejoras deben ser lo suficientemente flexibles a diferentes condiciones de funcionamiento.
- Existen diferentes gestores dentro de la misma red hidráulica. Por una parte la Estación de Tratamiento de Agua Potable del Camp de Morvedre (Grupo Aguas de Valencia) gestiona la red hasta los depósitos de cabecera, además existen varios depósitos donde su regulación es competencia de Aguas de Sagunto (Grupo Aguas de Valencia) y GEVASA. Posteriormente se explicarán con más detalle estos aspectos.

1.3. Metodología de trabajo.

Los siguientes puntos explican los pasos seguidos para elaborar el trabajo:

- Recopilación de información. Esqueleto del sistema de distribución con los elementos principales (Depósitos, bombas, válvulas).
- Conocimiento in situ de toda la red y geolocalización de los elementos que la forman (Ventosas, desagües, caudalímetros, manómetros) a partir de varias salidas de campo.
- Construcción del esqueleto de la red en el Software de cálculo.
- Calibración del mismo en régimen permanente ajustando parámetros que no dependen del tiempo.
- Análisis del comportamiento de la red mediante el modelo matemático e identificación de posibles problemas.
- Definir las diferentes propuestas para optimizar el funcionamiento y el rendimiento de la red de abastecimiento.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Medio Natural.

El Camp de Morvedre es una comarca de la Comunidad Valenciana, España. Se encuentra situado al norte de la provincia de Valencia, con capital en Sagunto.



Figura 2.1. Situación de la Provincia de Valencia en España.



Figura 2.2. Situación de la comarca el Camp de Morvedre.

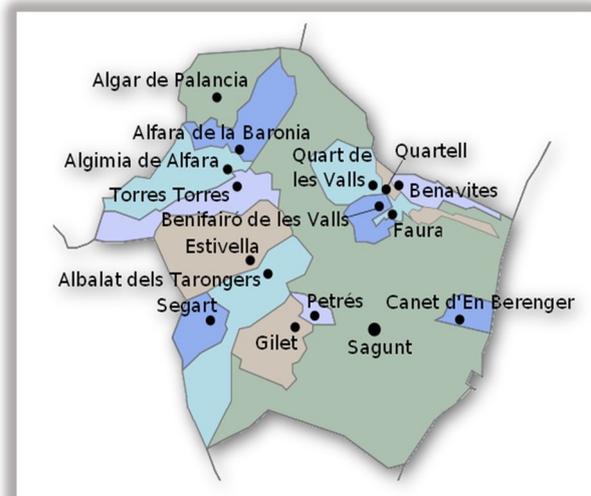


Figura 2.3. Situación de los municipios en la comarca.

Además cabe añadir que la red también abastecerá a la zona costera de Almardá y Puerto de Sagunto que se encuentra en el término municipal de Sagunto y al municipio de Almenara, situado al norte de la mancomunidad de Los Valles, cuya provincia es Castellón.

2.2. Demografía.

La comarca del Camp de Morvedre está formada por los distintos municipios señalados en el punto anterior, por tanto se definirá el padrón de población proporcionado por el INE (Instituto Nacional de Estadística) de los últimos años para comprobar su evolución.

Se ha decidido estudiar los datos de los últimos 6 años, además de los años 2005 y 2000 para así poder entender de una manera más clara la progresión demográfica durante los últimos 16 años.

Si es cierto que la demografía va asociada al consumo, de ahí la necesidad de su estudio pero además deben tenerse en cuenta otros muchos factores como la época del año o tipo de consumo.

En el apartado “5. Modulación de la demanda.” se desarrolla detalladamente los valores asociados al consumo de cada municipio

- Sagunto y Canet d’En Belenguer.

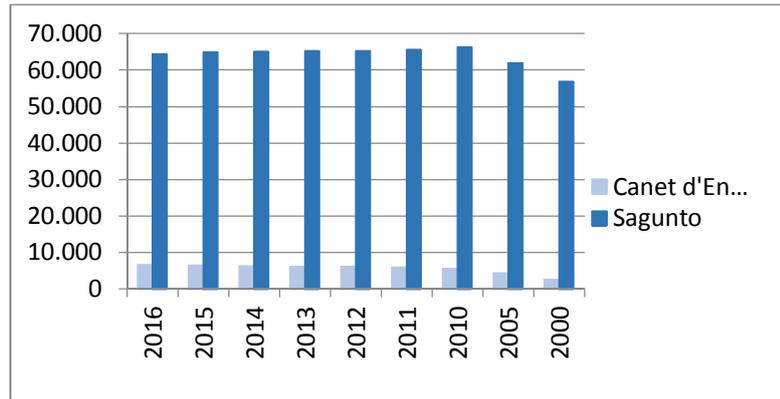
Sagunto como capital de comarca es el municipio con mayor población y además engloba las zonas costeras de Puerto de Sagunto y Almadá.

Durante el periodo estival la población aumentará de forma considerable debido a la zona de costa, este dato se debe tener en cuenta a la hora de definir la curva de modulación de consumos durante esos meses.

Lo mismo ocurre en el municipio de Canet d’En Belenguer, su aumento de población durante los meses de verano también será objeto de estudio a la hora de definir la demanda “Capítulo 5. Modulación de consumo”

Las siguientes tablas recogen el padrón de población durante los últimos años en ambos municipios.

Año	Canet d'En Berenguer	Sagunto
2016	6513	64439
2015	6426	64944
2014	6296	65003
2013	6009	65190
2012	6014	65238
2011	5853	65595
2010	5598	66259
2005	4327	61823
2000	2562	56756



Desde el punto de vista demográfico la población de Sagunto ha sufrido un crecimiento de población hasta el 2010, a partir de ese año se mantiene relativamente constante. Actualmente Sagunto tiene una población de 64.439 hab.

Como habíamos comentado anteriormente en la demografía de Sagunto se engloba Almardá y Puerto ya que pertenecen a la capital de comarca.

Almardá es una zona de playa por eso se debe tener en cuenta el aumento considerable en el consumo durante los meses estivales.

En cuanto al Puerto de Sagunto no podemos decir que su población sea muy elevada aunque si es cierto que durante los meses de verano aumenta como ocurre en Almardá, pero su motivo real de que el consumo sea mucho mayor que en Sagunto es debido a que la red alimenta al polígono industrial del Puerto.

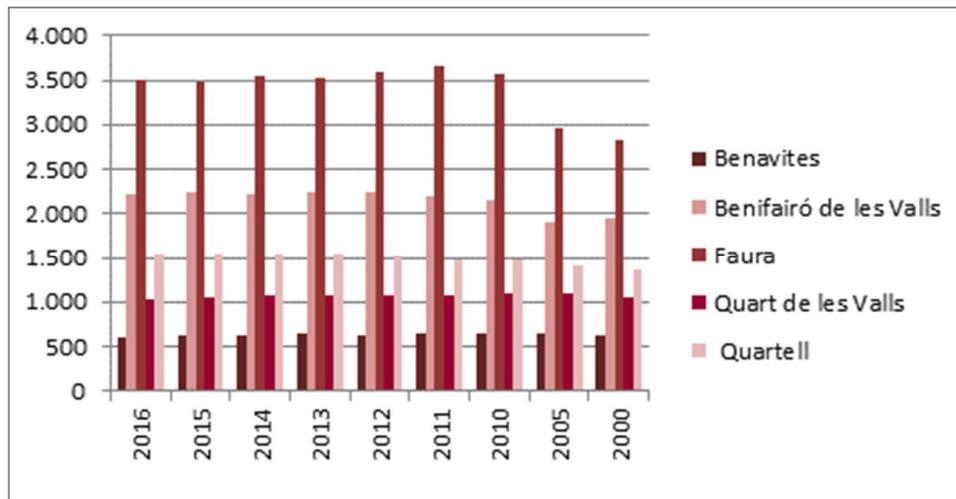
En Canet d'En Berenguer se observa un aumento evolutivo en cada año, esto puede deberse a que la zona esté obteniendo un especial interés turístico. Actualmente en Canet d'En Berenguer existen 6.513 habitantes empadronados.

- Mancomunidad Los Valles

En la siguiente tabla se resume el padrón de población de los cuatro municipios que forman la mancomunidad de Los Valles que son Benavites, Benifairó de les Valls, Faura, Quart de les Valls y Quartell.

En la siguiente tabla se recoge la población de cada uno de estos municipios en los últimos años.

Año	Benavites	Benifairó de les Valls	Faura	Quart de les Valls	Quartell
2016	613	2218	3493	1039	1538
2015	626	2239	3477	1056	1557
2014	632	2229	3556	1083	1538
2013	636	2245	3513	1080	1545
2012	634	2236	3602	1076	1523
2011	653	2200	3648	1065	1473
2010	648	2162	3578	1099	1480
2005	636	1909	2959	1092	1410
2000	634	1954	2830	1048	1369



Se observa que a partir del 2010 la población de los cinco municipios se mantiene estable tras un aumento considerable a partir del 2005.

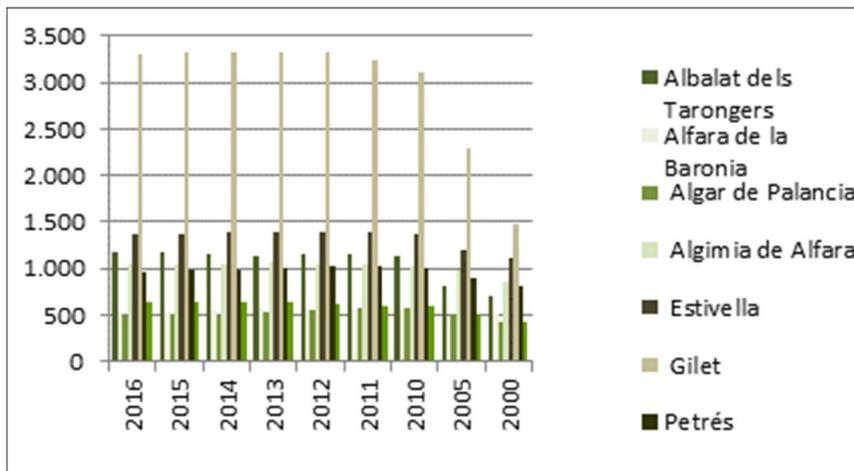
El municipio que encabeza el mayor número de habitantes en toda la mancomunidad es Faura con un total de 3.493 hab. En este caso no se tendrá en cuenta el posible aumento de población en los meses de verano ya que no será tan notable como en los municipios anteriores.

- La Baronía.

La Baronia es una subcomarca compuesta por Petrés, Gilet, Albalat dels Tarongers, Estivella, Torres-Torres, Algimia de Alfara, Alfara de la Baronía, Algar del Palancia y Segart, aunque este último municipio no se tendrá en cuenta ya que su abastecimiento no forma parte de la red del proyecto.

En la siguiente tabla se comparan los padrones de población de cada municipio en los últimos años.

Años	Albalat dels Tarongers	Alfara de la Baronía	Algar de Palancia	Algimia de Alfara	Estivella	Gilet	Petrés	Torres Torres
2016	1185	522	484	1047	1374	3304	959	644
2015	1178	526	503	1048	1380	3314	977	642
2014	1163	545	495	1043	1387	3327	982	630
2013	1144	568	528	1066	1384	3319	1007	631
2012	1149	570	555	1048	1384	3328	1019	614
2011	1147	562	576	1049	1382	3248	1024	602
2010	1137	547	570	1028	1364	3103	995	591
2005	804	498	503	980	1199	2290	891	509
2000	709	502	428	856	1114	1477	810	435



Se observa un aumento de población gradual en todos los municipios desde el año 2002 hasta los años 2013-2014 y a partir de ahí se mantiene relativamente estable.

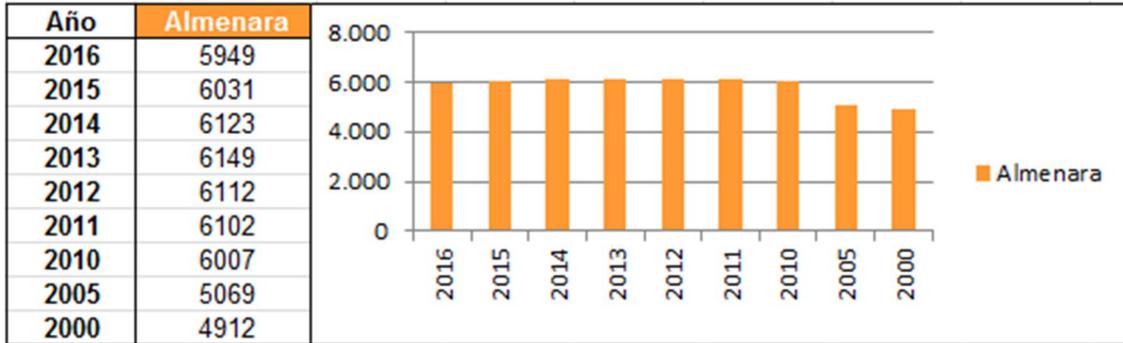
No es el caso de Petrés donde la población a partir del 2011 disminuye, uno de los posibles motivos puede ser el envejecimiento de la población.

El municipio con más habitantes es Gilet, actualmente con 3.304 hab censados.

En este caso si será necesario tener en cuenta el aumento de demanda en los meses de verano ya que muchos de estos pueblos a pesar de no ser costeros reciben durante estas fechas un aumento de población.

- Almenara

Este municipio no forma parte del Camp de Morvedre ya que Almenara pertenece a la comarca de la Plana Baixa provincia de Castellón pero en este caso forma parte de la red de abastecimiento teniendo también un depósito de cabecera al que abastece la red.



Como se observa en la tabla 1 la variación demográfica no es muy pronunciada durante los últimos años. Actualmente Almenara tiene un total de 5949 habitantes empadronados.

Este municipio solo se suele conectar a red durante los meses estivales mientras que el resto del año se mantiene la conducción en carga.

3. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED.

3.1. Origen del agua.

La Estación de tratamiento de agua potable (ETAP) situada en el término municipal de Sagunto recibe el agua del depósito de regulación de agua bruta que es alimentado desde el embalse de Tous por el canal Jucar-Turia y la conducción Turia-Sagunto a través de una tubería de PRFV con camisa de chapa de 800mm cuya longitud es de 30Km.

En la siguiente vista aérea se observa este depósito, el cual tiene una capacidad de 150.000m³ junto a la ETAP. En la parte inferior de la imagen se observan unas balsas de riego que reciben el agua sobrante del lavado de filtros procedente de la planta.

A partir del depósito de agua bruta es regulada la entrada de agua a la planta en cuyo esquema de funcionamiento se distingue una línea de aguas, una línea de fangos y una galería de almacenamiento que conecta con la estación de impulsión con tres grupos de bombeo que serán los encargados de alimentar a los depósitos de cabecera de cada núcleo a través de la redes principales o de transporte.

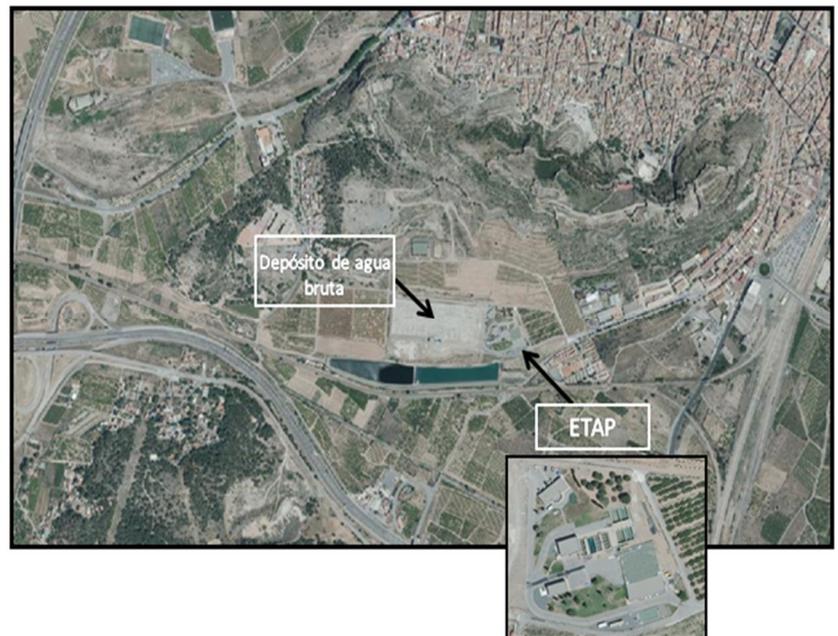


Figura 3.1. Vista aérea ETAP y depósito.

3.2. Descripción de las impulsiones.

La estación de bombeo situada en la ETAP Sagunto consta de 3 impulsiones:

- **Impulsión 1**

Esta impulsión abastecerá al municipio de Sagunto a partir de un enganche en la conducción de bajada del Depósito Cota 110.

Está formada por 1+1 bombas helicocentrífugas horizontales de 160Kw de potencia y son capaces de elevar 540m³/h a una altura de 75 mca.

- **Impulsión 2**

A los municipios de Canet d'En Belenguer y Puerto de Sagunto, se les suministra el agua almacenada en el Depósito Cota 75 procedente de la ETAP y que llega a partir de la impulsión 2.

Esta impulsión está formada por 2 + 1 bombas helicocentrífugas de 130 Kw de potencia que son capaces de elevar 1080 m³/h a una altura de 35 mca.

- **Impulsión 3**

Esta última impulsión alimenta al Depósito de cabecera Ponera 1 encargado de abastecer al resto de municipios del Camp de Morvedre conectados a la red.

Está formada por 2+1 bombas helicocentrífugas con una potencia de 200Kw. Puede llegar a impulsar hasta 414 m³/h a una altura de 99 mca.

En los siguientes apartados se explica con mayor detalle ya que esta parte de la red es más compleja e intervienen otros depósitos de cabecera como Ponera 2, Los Valles y el rebombeo a la zona de La Baronia.

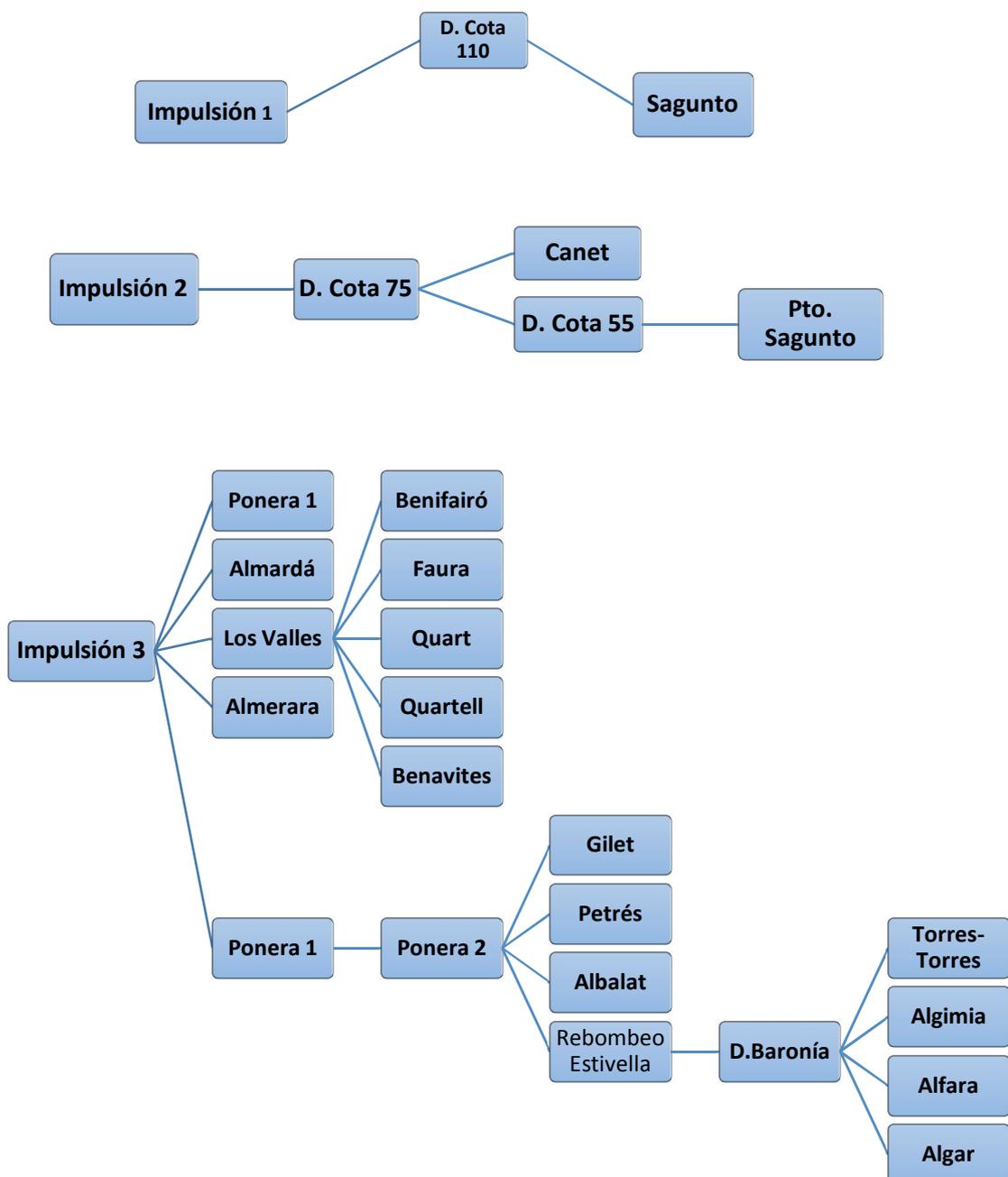


Figura 3.2. Estación de bombeo ETAP.

3.3. Definición de la red.

El sistema de abastecimiento objeto de estudio se trata de una red de alta presión con depósitos intermedios de compensación y rotura de carga, desde la ETAP Sagunto como fuente de suministro llegando a la conexión de la red municipal a partir de las conducciones de distribución principal o de transporte y las derivaciones.

Tal como se encuentra configurado este sistema, se pueden diferenciar tres redes hidráulicas independientes entre sí y cada una de ellas será alimentada por las impulsiones explicadas anteriormente.



Debido a que la red es muy extensa su definición se puede dividir tanto en zonas agrupadas según la posición de los núcleos de consumo o por las fases a las que pertenece cada tramo de red.

Aunque en el esquema anterior se resume de forma simplificada como funciona toda la red, en los siguientes puntos se hace una descripción más detallada de las conexiones entre las conducciones y las infraestructuras que forman la red de abastecimiento en alta del Camp de Morvedre, tanto las características principales como la titularidad sobre ellas.

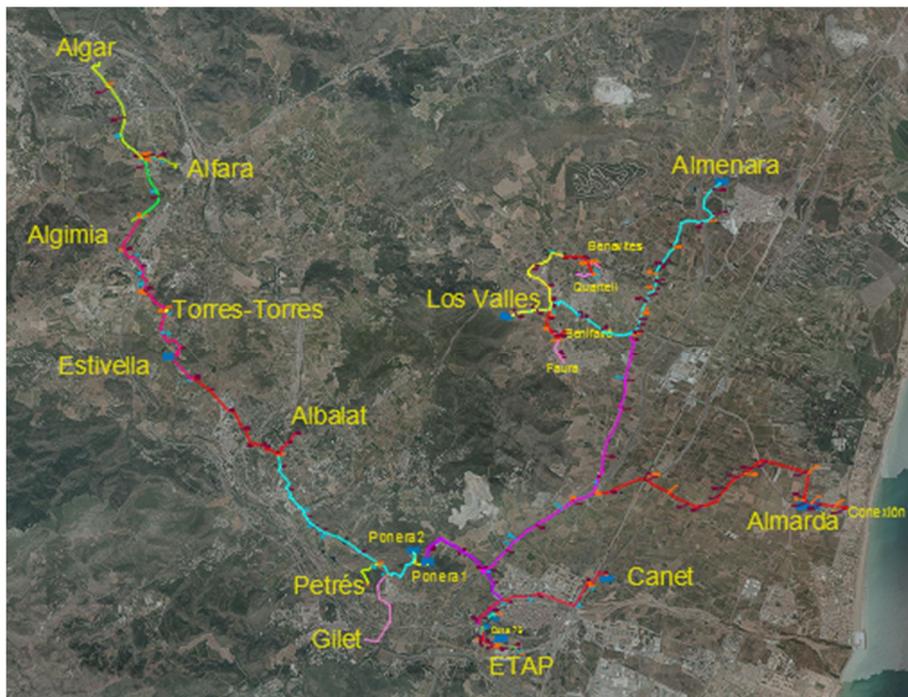


Figura 3.3. Representación general de la red.

En la imagen anterior es un recorte de los planos, se observa una visión general de toda la red pudiendo localizar la situación geográfica de cada municipio además del trazado que sigue la conducción con cada uno de los depósitos de cabecera y las conexiones de los municipios. Se trata de un recorte de uno de los planos en Cad, en caso de información más específica revisar el apartado PLANOS.

3.3.1. Sagunto.

La impulsión 1 está conectada a una conducción de 1.200m longitud y DN 350mm que alimenta al depósito Cota 110 situado en la loma contigua al barrio del Clot del Moro. Su cota de solera es de 110m como representa su nombre y actualmente realiza la función de compensación. A la salida del mismo existe una toma directa donde se conecta a red el municipal de Sagunto.

La ETAP Sagunto se encarga de dar suministro hasta la entrada al depósito. En cuanto a su gestión el responsable es la empresa Aguas de Sagunto, es por esa razón que en la simulación de la red se representará Sagunto como un nudo de consumo determinado sin tener en cuenta el depósito Cota 110 ya que tan solo conocemos datos el volumen de entrada.

El núcleo de población al que abastece es al de Sagunto centro urbano y Norte Palancia, aunque en el presente proyecto tan solo se estudiará la red en alta, es decir hasta las conexiones a redes municipales.

3.3.2. Puerto de Sagunto y Canet d'En Bernguer.

El depósito Cota 75 está conectado por una conducción de 500m de longitud y DN 600mm a la impulsión 2. Este depósito de compensación se encuentra justo detrás de la ETAP, en la ladera sur del Castillo de Sagunto.

Está formado por tres módulos con una capacidad de 2.200m³ cada uno y un nivel máximo de llenado de 4.9m. Su cota de solera es de 75m de ahí el nombre por el que se conoce este depósito.



Figura 3.3.2- 1. Depósito Cota 75

El depósito Cota 75 abastece a dos núcleos diferenciados. En el primero, el recurso llega hasta el depósito Cota 55, se trata de un depósito semienterrado con la función de rotura de carga para salvar las sobrepresiones que se producirían entre el núcleo de población del Puerto de Sagunto y la ETAP.

La ETAP se encarga del suministro por la tubería de DN600 mm, hasta el desagüe 7 (Figura 3.3.2-2) que el último punto hasta la subida al depósito Cota 55 a partir de ahí la titularidad pasa a ser de Aguas de Sagunto, quien será el que se encargue del suministro al núcleo de población.

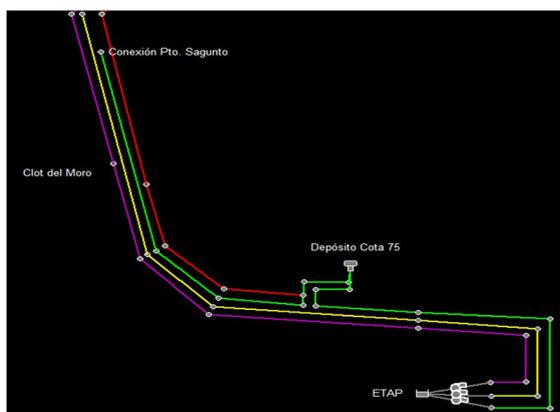


Figura 3.3.2-2. Tramo Cota 75 a Cota55

En la simulación se tomará como el caso anterior lo que debería ser el depósito será sustituido por un nodo con consumo establecido que será el que marque a la salida la impulsión 1.

En cuanto al segundo núcleo, a la salida del depósito Cota 75 existe se conecta una tubería de fundición dúctil de 3.200m de longitud y con DN 250mm que suministrará a Canet d'En Berenguer. (**Tubería roja**, Figura 3.3.2-2)

La siguiente imagen representa como ha sido modelada esta sección en el programa EPANET para que no existan fallos en el funcionamiento del mismo. Pero realmente el agua entra y sale por la misma conducción y es en unos 100m más abajo, justo en el cruce del camino de Vera que se encuentra situado tras la ETAP donde existe un arquetón con la te de DN600 mm de entrada/subida/salida del depósito Cota 75 hacia Cota 55 y el enganche de DN 250mm a Canet d'En Berenguer.



La zona de Canet d'En Belenguer también tiene un depósito de almacenamiento pero su titularidad es de la empresa GEVASA. La ETAP Sagunto tan solo regula hasta la entrada al depósito por tanto a la hora de modelar la red el municipio de Canet d'En Belenguer se representará con un nudo de toma directa y los datos de consumo serán los obtenidos del caudalimetro de entrada al depósito.

3.3.3. Ponera 1

Ponera 1 es el nombre por el que se conoce el depósito de compensación alimentado por la impulsión 3 a

Figura 3.3.2-3. Detalle EPANET conexiones entrada y salida del depósito Cota 75 Figura 3.3.2-4. Arqueta Te DN 600mm y enganche a Canet

Se trata de un depósito formado por 2 módulos con una capacidad de 2.500m³ cada uno. En cuanto al nivel máximo de llenado es de 5m.

La parte de red que alimenta este depósito es la más compleja ya que conecta diferentes fases, una de sus salidas abastece a la zona noroeste al depósito que está formada por Almardá, la mancomunidad de Los Valles y Almenara. En cuanto a la segunda salida se encarga de alimentar al depósito Ponera 2 que a su vez conecta con el resto de zonas del interior de la comarca.

En los siguientes puntos se explica con mayor detalle esta parte de la red.



Figura 3.3.3. Depósito Ponera 1.

3.3.4. Los Valles.

Una de las salidas de Ponera 1 suministra al depósito de cabecera de la mancomunidad de Los Valles.

Esta conducción tiene 8.300 m de longitud y un DN de 350 mm.

En cuanto al depósito es el único circular, con un diámetro de 16m y una capacidad de 900 m².

El nivel de llenado máximo es de 4.5m.



Figura3.3.4-1. Depósito Los Valles.

En la siguiente imagen se representa la subida al depósito de Los Valles y la conexión de este a cada uno de los nodos de conexión a cada municipio. El tramo que conecta Benifairó y Faura tiene un DN de 250, Depósito LV-Conexión a Quart-Nudo 4 tienen un diámetro de 300mm y en cuanto a las derivaciones de Quartell y Benavites son DN 150 y 200mm respectivamente.

Actualmente Quart y Quartell no están conectados a la red pero si tienen conducción en caso de necesitar suministro.

Por último añadir que Benifairó tiene una conexión antigua justo a la derecha del nudo 3 que actualmente está en desuso y es por ese motivo que no se ha simulado en el modelo.

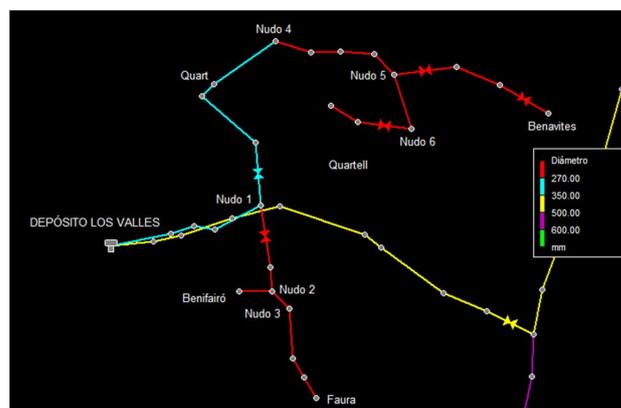


Figura 3.3.4-2. Representación Anillo Los Valles.

3.3.5. Almenara.

Tras la bajada del depósito de Ponera 1 existe una derivación al depósito de Almenara.

Se trata de una conducción de Fundición dúctil de 4.200m de longitud diseñada con un DN de 500mm.

Actualmente se encuentra en carga para un posible suministro durante las épocas estivales.

La Fase 1 está formada por la subida desde ETAP hasta el depósito de Ponera 1, la bajada de Almenara-Los Valles y el anillo de la mancomunidad de Los Valles.

Además de la conducción entre el depósito de Ponera 1 y Ponera 2 y por último la conducción hasta Canet enganchada al depósito Cota 75 ya explicada anteriormente.

En el plano "02_ Plano general por Fases" se explica con mayor detalle

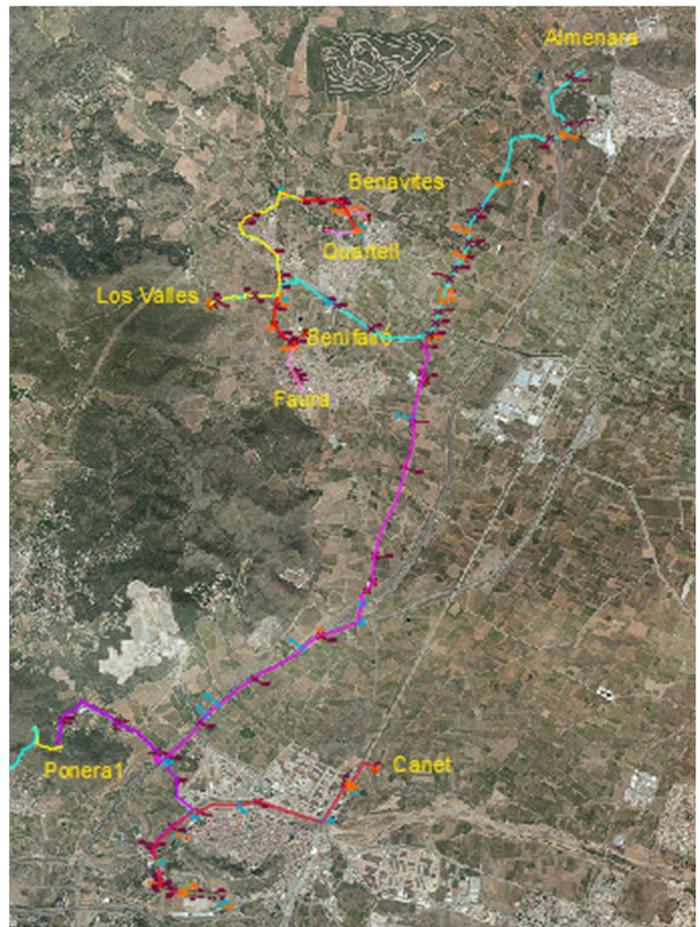


Figura 3.3.5. Representación Fase 1.

3.3.6. Almardá.

Esta derivación proviene de la bajada de Almenara- Los Valles de la conducción de salida de Ponera 1.

Se trata de una conducción de 5.449 m de longitud y DN 250mm.

En esta conducción existían sobrepresiones, por ese motivo se colocaron dos válvulas reductoras de presión.

Una está situada tras la derivación y la otra al final de la conducción justo antes de la entrada al depósito.

Actualmente el depósito no se encuentra en funcionamiento ya que existe un by-pass que lo bordea conectando de forma directa al punto de suministro de Almardá.

Este tramo de red se conoce como Fase 4.



Ilustración 3.3.6. Derivación, depósito y conexión Almardá.

3.3.7. Ponera 2.

La segunda de las salidas de Ponera 1 llegará hasta el Depósito Ponera 2 y a la salida de este existe una impulsión que alimentará a la zona de interior de Gilet, Petrés y el rebombeo existente en Estivella que impulsa el agua al Depósito de La Baronia.

Este depósito está formado por dos módulos rectangulares con una capacidad de 750m³ cada uno y un nivel máximo de llenado de 3.8m.



Ilustración 3.3.7-0. Depósito Ponera 2

➤ Gilet

De la conducción principal existe una derivación a Gilet.

Se trata de una conducción de 2240 m de longitud y un DN de 125mm.

Justo al inicio de la derivación se encuentra una válvula reductora de presión (VRP) que reduce alrededor de 1 bar de presión.

Además antes de la toma a Gilet existe un rebombeo que se conecta durante los meses de mayor consumo.



Figura 3.3.7-1. Impulsión Gilet.



Figura 3.3.7-2. Arqueta con VRP derivación Gilet

➤ Petrés.

La derivación a Petrés se trata de una conducción de Polietileno de 720m y un DN 150 mm.

➤ Albalat dels Tarongers

En cuanto a la derivación que conecta Albalat con la conducción principal se trata de 700m de longitud de Polietileno con un DN de 125 mm.

➤ Rebombeo Estivella.

A partir de una conducción de 3000m y con DN 250 está conectado un rebombeo situado en el término municipal de Estivella, este será el último punto de la Fase 2 y su función es impulsar el agua al depósito de la Baronía.

En la siguiente imagen se observa el edificio donde se encuentra la cámara de aspiración y la sala de bombas.



Figura 3.3.7-3. Rebombeo Estivella.

3.3.8. Depósito La Baronía.

En cuanto al Depósito de La Baronia será el que abastezca a los municipios del interior de la comarca que son Algimia, Alfara, Algar y Torres-Torres, aunque este último no se encuentra conectado actualmente.

El depósito está formado por dos módulos rectangulares con una capacidad de 600m³ cada uno y un nivel máximo de llenado de 3.78 m.



Figura 3.3.8. Depósito La Baronía

Todas las derivaciones a las conexiones de los municipios de la Baronía son de Polietileno y cada una de ellas justo tras la derivación de la conducción principal dispone de una válvula de corte para poder trabajar esa zona en caso de rotura o mantenimiento.

Es importante añadir que toda esta parte se conoce como la Fase 4.

En el apartado de PLANOS y con el nombre “Plano 01_Situación red” se encuentra una descripción más visual de toda la red en conjunto

3.4. Elementos que forman la red.

La red está equipada con diferentes accesorios imprescindibles para un correcto funcionamiento de la misma. En los siguientes puntos se realizará una breve descripción de cada uno de los ellos.

3.4.1. Válvulas.

Uno de los elementos más importantes en la red son las válvulas, existen diferentes tipos con una función determinada.

Válvulas de corte

Su función principal es abrir o cerrar el paso del agua. Son de gran robustez y no permite una maniobra rápida además es in situ.

Existen diferentes modelos, las más comunes son las válvulas de compuerta que se trabajan con un volante pero existe también un modelo donde se suprime el volante y la maniobra se realiza con la ayuda de un vástago. Generalmente este último modelo se suele colocar en zonas reducidas o de difícil acceso.

En la red hemos encontrado una gran cantidad de válvulas de este tipo. Por norma general están colocadas en las Tes de derivaciones para el corte total en caso de rotura o mantenimiento.



Figura 3.4.1-1. Válvula de compuerta la T de conexión a Sagunto.



Figura 3.2.1-2. Válvula de corte Fase 3.

Válvulas de regulación

Están diseñadas para controlar el caudal, ajustándola al valor deseado. Existen diferentes tipos pero los encontrados en la red son los siguientes:

- Válvula de mariposa.

Son las más comunes y con un mayor número de encontradas en la red.

Cada una de las impulsiones de salidas de la ETAP contiene una de estas válvulas para así regular el caudal de salida, además se suelen encontrar en algunas Tes.

Su maniobra se realiza in situ a partir de un volante.



Figura 3.4.1-3. Válvula mariposa salida impulsión 2.



Figura 3.4.1-4. Válvula mariposa justo antes de la T subida depósito Cota 75 y tras salida Cota 55.



Figura 3.4.1-5. Válvula mariposa derivación Almenara.

- Válvula de retención.

Este tipo de válvulas permiten el paso del agua en una dirección y lo impiden en la contraria. Se suelen aplicar para impedir el vaciado de conducciones con pendientes ascendentes, impedir velocidades de giro inversas en grupos moto-bomba y evitar el paso de las ondas de golpe de ariete en conducciones impulsadas.

Está formada por el cuerpo, un obturador oscilante o clapeta y un by-pass en algunas ocasiones.

En la red existen varias de este tipo:

-Tramo de ETAP a Cota 110 está equipada con dos, una en una arqueta delante del colegio Clot del Moro y la segunda justo antes de la subida al depósito, en la última arqueta del cauce del río Palancia.

-Derivación Gilet, justo la entrada de la caseta del rebombeo y by-pass que conecta con la toma directa del municipio.

- Válvula reductora de presión.

La función principal de este tipo de válvulas es mantener la presión en su extremo de aguas abajo en un valor determinado y solo deben utilizarse cuando son estrictamente necesarias. En la red podemos encontrar 3 VRP:

-En la derivación de Almardá existe una justo al inicio de la misma y otra antes del by-pass del depósito. Ambas están taradas a 40 mca.

-La derivación de Gilet también dispone una a su inicio con un valor de tarado de 105mca.

3.4.2. Ventosas

Según la Guía Técnica de Abastecimiento CEDEX, “Las ventosas son elementos capaces de expulsar o introducir aire en las conducciones y por tanto son de aplicación general para la adecuada explotación de cualquier sistema hidráulico, llenado o vaciado de tuberías, eliminación del aire disuelto, etc”

Además también especifica que deben disponerse en los puntos altos relativos de la tubería junto a válvulas importantes y en tramos largos de poca pendiente con una separación máxima de unos 500m en las impulsiones y de unos 1500m en las condiciones por gravedad.

Al realizar el seguimiento de toda la red se ha comprobado el cumplimiento de esta normativa.

Existen diferentes modelos de ventosas a lo largo de la red, aunque si es verdad que el modelo más utilizado es el de la marca IRUA. En las siguientes imágenes se muestran diferentes tipos de ventosa encontrados.



Figura 3.4.2-1. Ventosa 1s. Subida al depósito Ponera 1.



Figura 3.4.2-2. Ventosa 1.3. Conducción Benifairó/Faura



Figura 3.4.2-3. Ventosa 9F3. Fase 3

3.4.3. Desagües.

Los desagües son elementos de la red que permiten el vaciado de la misma. Consisten en derivaciones situadas en la generatriz de la tubería a desaguar y están controladas por una válvula de compuerta o mariposa, dependiendo del diámetro y un tramo de tubería hasta llegar a la red de alcantarillado o un punto de desagüe apropiado como un barranco o acequia. Además suelen disponerse en los puntos bajos de las tuberías.



Figura 3.4.3-1. Desagüe 3. Fase 2.



Figura 3.4.3-2. Desagüe 3.1. Los Valles.

3.4.4. Filtros

También conocidos como cazapiedras. Elementos de la red que se encargan de retener los gruesos que circulan por la tubería.

Generalmente se suelen colocar a la entrada de los depósitos o justo antes de la toma de conexión a la red municipal.



Figura 3.4.4-1. Filtro entrada depósito Canet d'En Belenguer.



Figura 3.4.4.-2. Perfil de filtro tipo.

3.4.5. Dispositivos de aforo.

Generalmente suelen ir añadidos a las ventosas o válvulas pero también pueden encontrarse por sí solos y conectados al telemando así poder conocer el dato desde la planta.

➤ Caudalímetros



Figura 3.4.5-1. Caudalímetro salida depósito Ponera 1.



Figura 3.4.5-2. Caudalímetro en Válvula de retención Gilet

➤ Manómetros



Figura 3.4.5-3. Manómetro de ventosa 3.1

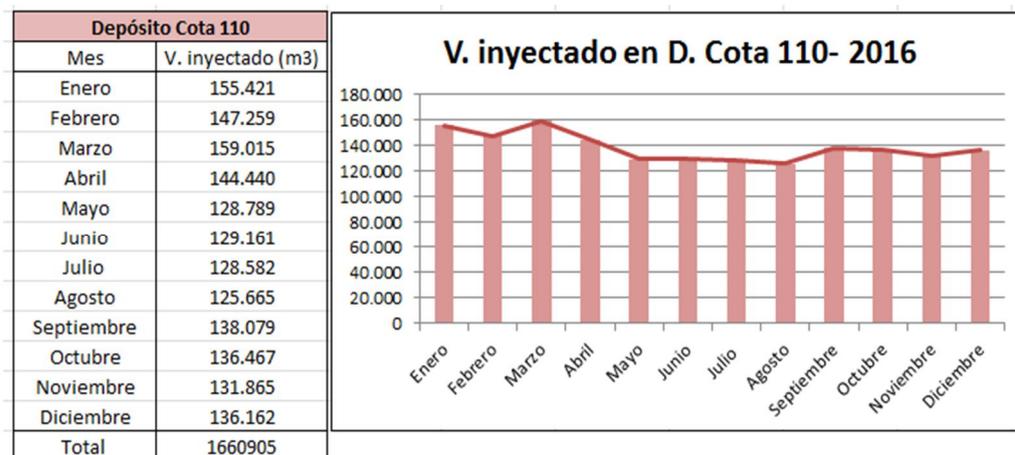
4. BALANCE HÍDRICO DE ABASTECIMIENTO.

Para la realización de un modelo matemático de una red de abastecimiento es necesario de antemano estudiar el balance hídrico, que consiste en conocer los volúmenes de agua inyectados, registrados y la diferencia entre ambos que se conoce como el rendimiento volumétrico.

En este caso solo conocemos los datos obtenidos por los caudalímetros situados a lo largo de toda la red por tanto se tomarán como volúmenes inyectados los datos de suministro a la entrada y salida de cada depósito de cabecera y en cuanto al volumen registrado tomaremos los volúmenes medidos en cada punto de toma a red en baja para cada municipio.

- Depósito Cota 110

En cuanto a la conducción de Sagunto tan solo se conoce información del caudalímetro a la entrada al depósito de Cota 110, este será el volumen inyectado.



En cuanto al volumen registrado la ETAP Sagunto no tiene caudalímetro justo en la toma directa a Sagunto, es por eso que no se pueden conocer las pérdidas en este tramo de red.

Se ha decidido aplicar un porcentaje de pérdidas proporcional a las pérdidas del resto de la red y en función de la longitud de la tubería en caso aplicar un porcentaje de fugas a la demanda.

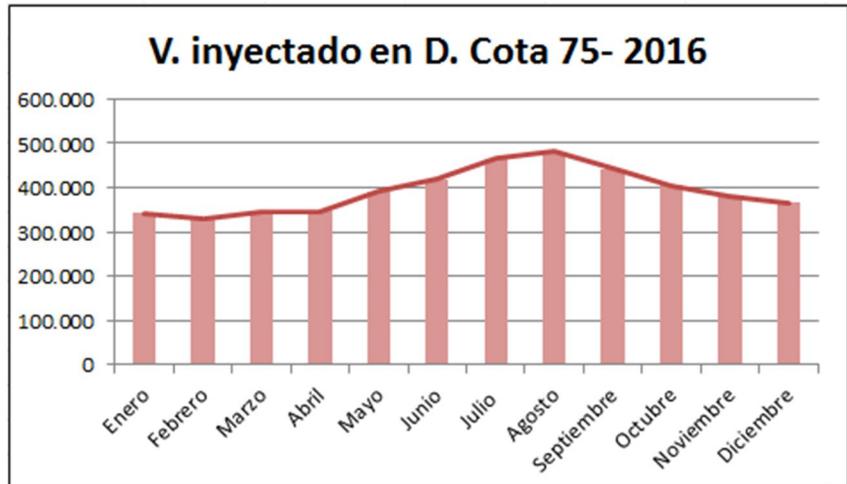
- Depósito Cota 75

Lo mismo ocurre con el tramo de Puerto de Sagunto y Canet d'En Belenguer alimentado por el depósito Cota 75.

Tan solo se conoce el volumen inyectado en el depósito por el caudalímetro situado a su entrada.

En la siguiente tabla se recogen los datos mensuales durante el 2016.

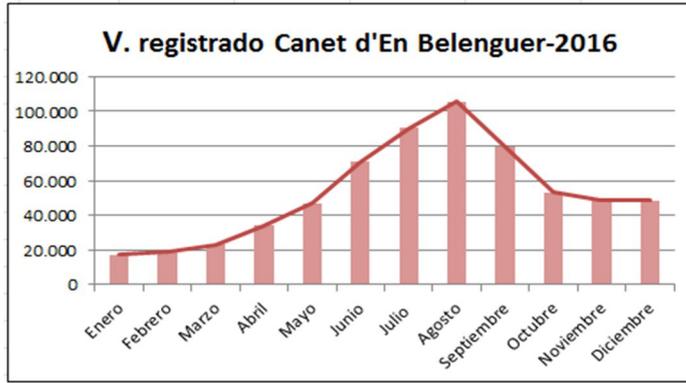
Depósito Cota 75	
Mes	V. inyectado (m3)
Enero	342.867
Febrero	327.996
Marzo	346.252
Abril	346.322
Mayo	391.175
Junio	418.897
Julio	465.880
Agosto	480.322
Septiembre	441.198
Octubre	403.950
Noviembre	379.254
Diciembre	365.630
Total	4.709.743



Además se conoce el caudal a la entrada en el depósito de Canet d'En Belenguer pero sobre Puerto de Sagunto no existe caudalímetro por ese motivo tampoco se podrá conocer de manera exacta el rendimiento de esta fase de red.

Es importante tener en cuenta el aumento de consumo de Canet d'En Belenguer durante los meses de verano.

La siguiente gráfica lo muestra de manera más detallada.



Año 2016	Canet d'En Belenguer
Volumen total registrado (m3)	636.511

De la misma forma que en el tramo de Sagunto se le aplicará un porcentaje de pérdidas proporcional al resto de red.

- Fase 1

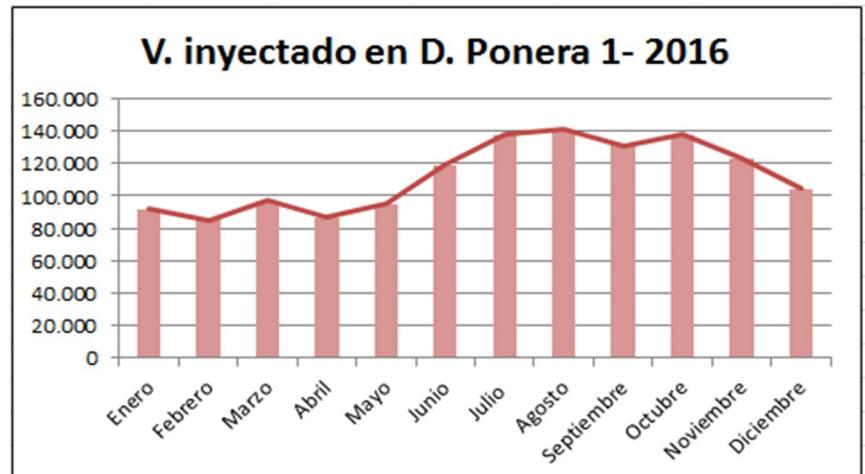
Para conocer el rendimiento de la bajada de Ponera 1 se conoce el caudalímetro de entrada al depósito.

Además se conocen el caudal de entrada al depósito de los Valles y Ponera 2 y también se incluye la toma de conexión a Almardá y Almenara.

Por diferencia de volúmenes se podrá obtener el rendimiento y volumen de fugas de toda la Fase 1.

En las siguientes tablas se muestran los diferentes volúmenes.

Depósito Ponera 1	
Mes	V. inyectado (m3)
Enero	91.645
Febrero	85.208
Marzo	96.896
Abril	86.457
Mayo	94.911
Junio	118.656
Julio	137.515
Agosto	140.981
Septiembre	130.872
Octubre	137.508
Noviembre	122.825
Diciembre	104.087
Total	1.347.561



Año 2016	Volumen total registrado (m3)
Los Valles	576.626
Ponera 2	380.645
Almenara	69.567
Almardá	264.599
TOTAL	1.291.437

	Fase 1
Volumen total inyectado (m3)	1.347.561
Volumen total registrado (m3)	1.291.437
Volumen fugas (m3)	56.124
Rendimiento	96%

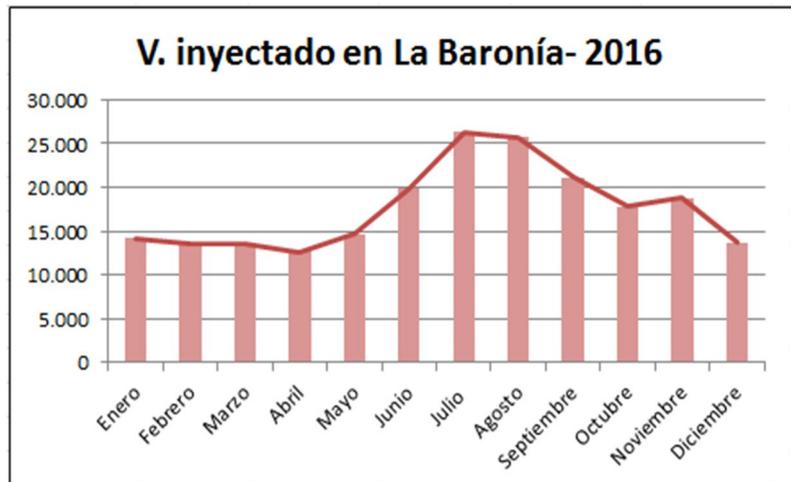
- Baronía

Para determinar los volúmenes de fugas en las conducciones desde la salida del depósito de La Baronía hasta cada uno de los puntos de conexión de los municipios de Torres-Torres, Algimia de Alfara, Alfara de Algimia y Algar. Esta fase es conocida como Fase 3.

En primer lugar se estudiará el volumen de agua inyectado en el depósito de la Baronía.

En la siguiente tabla y gráfico se muestran los valores mensuales durante el año 2016.

Depósito La Baronía	
Mes	V. inyectado (m3)
Enero	14.221
Febrero	13.456
Marzo	13.518
Abril	12.571
Mayo	14.622
Junio	19.853
Julio	26.278
Agosto	25.659
Septiembre	21.133
Octubre	17.763
Noviembre	18.797
Diciembre	13.728
Total	211.599



Año 2016	Volumen total registrado (m3)
Torres-Torres	28.782
Algimia de Alfara	88.841
Alfara de Algimia	40.223
Algar de Palancia	46.189
Total	204.035

	Baronía
Volumen total inyectado (m3)	211.599
Volumen total registrado (m3)	204.035
Volumen fugas (m3)	7.564
Rendimiento	96%

5. MODULACIÓN DE LA DEMANDA.

5.1. Meses analizados.

La curva de modulación de la demanda es uno de los pasos más importantes a la hora de realizar un modelo matemático.

En primer lugar deben decidirse cuáles serán los meses a estudiar. Como situación de consumo normal debería ser un mes de invierno en el que no haya habido ninguna anomalía en el funcionamiento de la red. El mes elegido será Febrero.

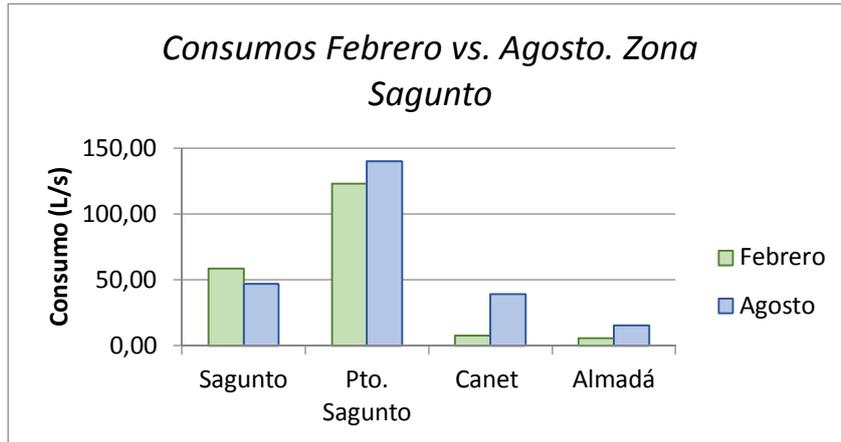
También será interesante estudiar los meses con un consumo mayor del medio, como los meses de verano. Donde la red puede llegar a sufrir un estrés debido al aumento de caudal y por tanto reducción de presiones. Para poder evaluar este tipo de escenarios se ha decidido simular un día del mes de Agosto.

El primer objetivo es comparar la diferencia de consumos en los meses elegidos y desgranar cual es el motivo de sus resultados. A partir de los siguientes gráficos se observa el consumo total de ambos meses diferenciado en zonas.

- Sagunto, Puerto, Canet y Alamardá.

En la siguiente gráfica se observa la diferencia entre los dos meses que se desean simular, en Puerto, Canet y Almardá el consumo en el mes de agosto aumenta de forma muy evidente, esto se debe (como se ha explicado en el apartado 2.2 Demografía) a que se trata de zona costera. El municipio más notorio es Canet d'En Berenguer.

En cuanto a la comparación entre el consumo en Sagunto y puerto se observa como el consumo es mucho mayor ya que en el Puerto también se cuenta con la demanda industrial del polígono situado junto al puerto, en este caso el estudio de demografía no se debería considerar como proporcional al consumo. Por último, se observa que el consumo en Sagunto disminuye en el mes de verano, esto podría ser debido al cambio de domicilio a zonas de playa durante este mes.



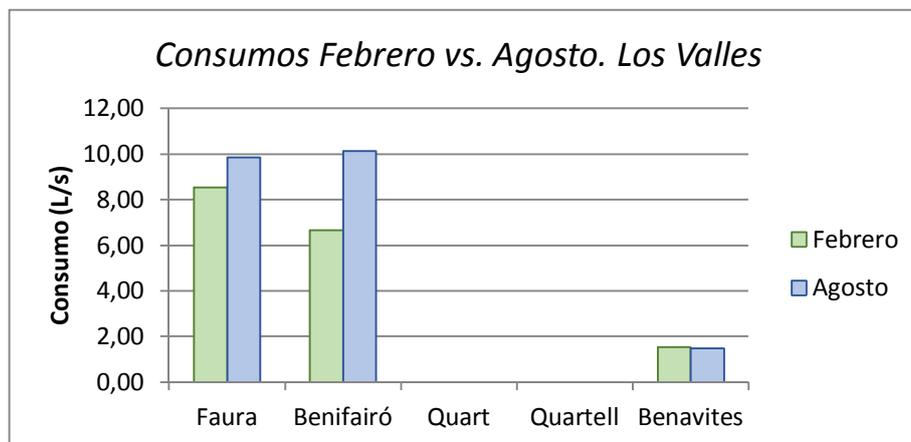
- Anillo Los Valles.

El consumo en invierno es mayor en Faura coincidiendo con el estudio de padrón de población que la sitúa como el más poblado de los cinco municipios.

En cuanto a al mes de agosto el consumo si está muy igualado al de Benifairó, esto puede deberse a que se considera un pueblo de veraneo.

En cuanto a Quart y Quartell no se tiene valores registrados de esos meses ya que no estaban conectados a la red durante ese periodo de tiempo.

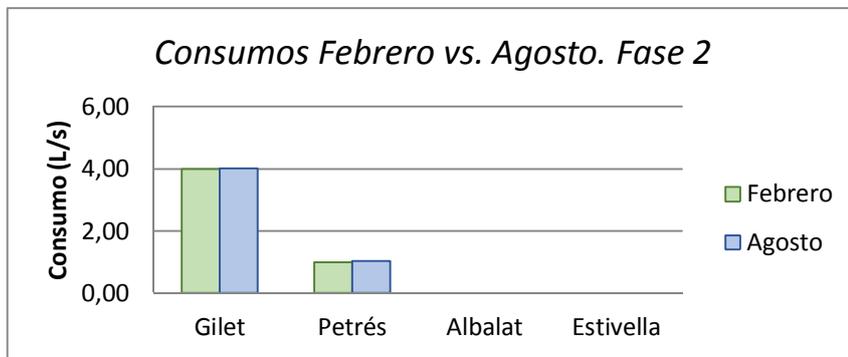
El municipio de Benavites mantiene muy igualado el consumo en los diferentes meses.



- Fase 2

Esta fase está formada por Gilet, Petrés, Albalat y Estivella como ya se ha mencionado anteriormente. Los dos últimos municipios no se encontraban conectados a red durante esas fechas así que no podrán ser simulados con un valor de demanda establecido.

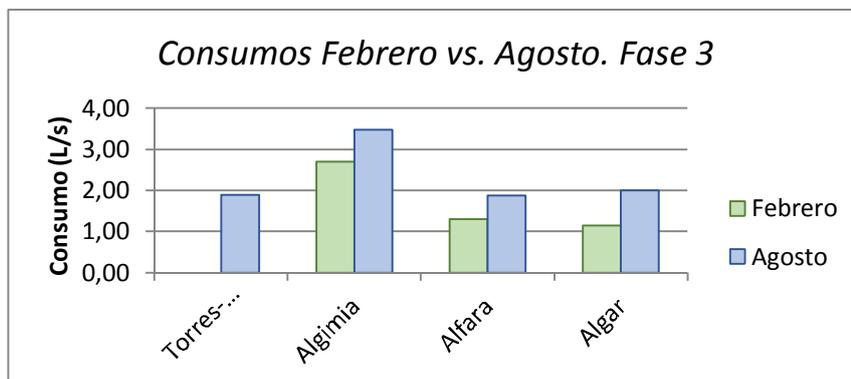
En cuanto a Gilet y Petrés se observa mucha diferencia entre los consumos en los dos meses analizados pero al comparar uno con el otro, se observa que el consumo en Gilet es mucho mayor, si volvemos al estudio del padrón de población del apartado 2.2, encontramos que la población en Gilet es un 70% mayor a la de Petrés por ese motivo sus valores de consumo tan diferenciados.



- Fase 3

En todos los municipios de la fase existe un notable aumento de demanda respecto en mes del otro. Esto se debe a que todos estos pueblos son de veraneo a pesar de no estar cerca de la costa.

El valor de consumo también se encuentra relacionado con el de padrón de población y se puede comprobar que a mayor número de personas empadronadas por municipio se ha registrado mayor consumo.



5.2. Días analizados

El principal problema a la hora de establecer la curva de modulación diaria de abastecimiento a cada municipio es la escasez de información de la evolución de los consumos horarios en los días que se quiere realizar la simulación.

Los datos de partida son los volúmenes totales registrados al día y el volumen total anual de cada municipio, pero para obtener un informe detallado de consumo por horas ya que esto no queda registrado, la única manera de conseguirlo sería anotando los datos de cada hora que marca el caudalímetro situado justo antes de la conexión a red municipal. Por ese motivo se ha decidido estimar una curva de modulación de consumo urbano estándar diferente para el mes de verano, otra ajustada a los horarios de invierno y la última demanda urbana más industrial.

Los días a analizar serán,

- Lunes 15 de Febrero del 2016, donde se pueden observar
 - Consumo superior en Sagunto
 - Consumo medio en el resto

- Viernes 19 de Agosto del 2016
 - Muy alto consumo en Canet, Puerto y Almardá
 - Consumo superior al habitual en Algimia, Alfara y Algar
 - Consumo inferior al habitual en Sagunto
 - Consumo medio en Gilet, Petrés y Benavites

En esta simulación se podrá comprobar si existen presiones bajas en los puntos de mayor consumo y también nos permitirá conocer si existiera exceso en Sagunto.

5.2.1. Consumos diarios.

En la siguiente tabla se recoge el volumen de entrada antes de la conexión de cada municipio durante los días que se van a analizar, a partir de ahí se ha obtenido el consumo en L/s que se aplicara como demanda en el modelo.

Existen varios municipios con valor cero, esto supone que durante esos meses no se encontraban conectados a la red y por ese motivo no podrán formar parte de la simulación cuasi-permanente que se desea realizar.

Tabla 5.2.1 Consumos de días analizados.

	Consumo 15 de Febrero del 2016			Consumo 19 de Agosto del 2016		
	Volumen	Consumo	Consumo	Volumen	Consumo	Consumo
Municipios	(m3)	(m3/h)	(L/s)	(m3)	(m3/h)	(L/s)
Sagunto	4572,00	190,50	52,92	4003,00	166,79	46,33
Pto. Sagunto	11405,00	475,21	132,00	12321,00	513,38	142,60
Canet d'En Belenguer	947,00	39,46	10,96	3373,00	140,54	39,04
Faura	768,00	32,00	8,89	999,00	41,63	11,56
Benifairó	578,00	24,08	6,69	886,00	36,92	10,25
Quart	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quartell	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Benavites	133,00	5,54	1,54	147,00	6,13	1,70
Almenara	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Almadá	646,00	26,92	7,48	1299,00	54,13	15,03
Gilet	410,00	17,08	4,75	315,00	13,13	3,65
Petrés	88,00	3,67	1,02	106,00	4,42	1,23
Albalat	0,00	0,00	0,00	20,00	0,83	0,23
Estivella	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Torres-Torres		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Algimia	298,00	12,42	3,45	352,00	14,67	4,07
Alfara	96,00	4,00	1,11	148,00	6,17	1,71
Algar	167,00	6,96	1,93	192,00	8,00	2,22

5.3. Curvas de modulación.

Como se ha mencionado anteriormente se ha estimado un unas curvas de modulación para cada uno de los meses estudiados teniendo en cuenta la diferencia de horario en cada uno y lo que podría suponer un consumo horario diferente.

- Curva modulación urbana Febrero.

Se han estimado valores menores en horas bajas, en este caso desde las 12 de la noche hasta las 4 de la madrugada. A partir de las 5 aumento hasta llegar a la hora punta que se dará entre las 7 y las 9.

Al medio día y sobre de las 9-10 de la noche también se ha decidido aplicar el consumo punta, ya que suele ser horario de comidas y cenas.

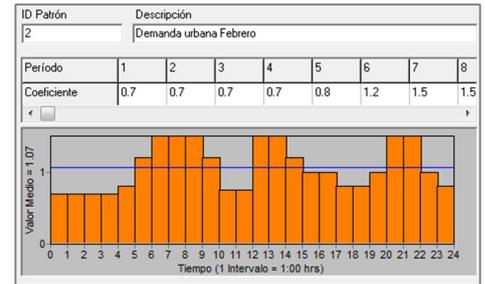


Imagen 5.2.2-1. Curva modulación Febrero.

- Curva modulación urbana Agosto

Esta curva sigue un patrón de demanda similar al de Febrero, la diferencia más señalada es alargue de consumo nocturno y las horas valle entres la media mañana son menos pronunciadas. El consumo nocturno también es más elevado.

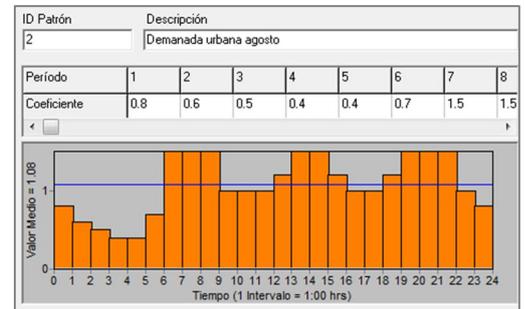


Imagen 5.2.2-2. Curva modulación Agosto.

- Curva modulación demanda urbana e industrial

Esta curva de modulación se aplicará al municipio de Puerto de Sagunto ya que a la demanda urbana se le suma el consumo de todo el polígono situado al lado del puerto. Es verdad que es más complejo el estimar una curva de modulación de ese estilo, así pues, se decidió aplicar un consumo contante igual al valor medio de consumo durante ese día.

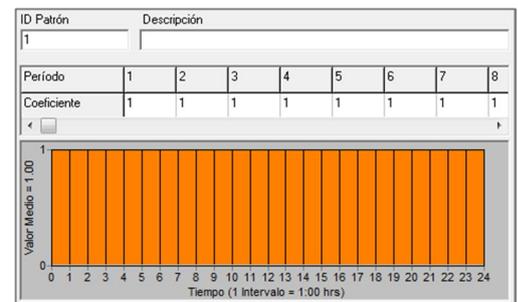


Imagen 5.2.2-3. Curva modulación urbano+industrial.

5.4. Análisis de simulación

En este capítulo se desea analizar desde distintos puntos de vista el estado de la red de abastecimiento de agua potable del Camp de Morvedre.

Para realizar este análisis se ha utilizado el modelo matemático desarrollado en el Documento de Confección del modelo matemático.

Los parámetros a comprobar durante el análisis serán los siguientes:

- Velocidad.

Este parámetro depende del diámetro de la tubería y el caudal circulante por la misma.

Un valor de velocidad demasiado bajo puede producir problemas de calidad en el agua o se puede llegar a obstruir la tubería, pero si por el contrario es demasiado alta puede generar excesivas pérdidas de carga, presiones bajas incluso vibraciones o ruidos.

Respecto a las velocidades máximas permitidas, según la tabla 7.7 de velocidades máximas orientativas por varios autores encontrada en la Guía Cedex se ha podido comprobar lo valores asociados a los diámetros nominales de la red en cuestión.

Tabla 7.7. Velocidades máximas orientativas del agua en el diseño de conducciones

ID	V (m/s)	
	(Clement-Galand, 1979)	(Granados, 1986)
100	1,80	2,00
125	1,85	2,00
150	1,95	2,00
200	2,05	2,00
250	2,15	2,00
300	2,25	2,10
350	2,30	2,20
400	2,50	2,30
450	2,85	2,40
500	2,85	2,50
600	3,10	2,60
700	3,10	2,70
800	3,10	2,80
900	3,10	2,90
1.000	3,10	3,00
>1.000		2 + ID (en m)

Imagen 5.3. Velocidades máximas. CEDEX

Otra opción es a partir de la expresión de Mougnie que relaciona la velocidad con el diámetro,

$$v = 1.5 * \sqrt{ID + 0.05}$$



En cuanto a la velocidad mínima no existe un valor determinante pero si se podrá comprobar que en la red se sufrirá más por este motivo debido a que los D_n son mayores y será necesario estudiar el valor de la velocidad en horas valle.

- Pérdidas de carga unitaria

Son las pérdidas de energía en el transporte de flujo debido a la viscosidad de las partículas del agua y el rozamiento de esta con las paredes internas de la tubería.

Uno de los principales objetivos del estudio de este parámetro es localizar cuellos de botella. Teóricamente es aconsejable no superar los 5 mca/km aunque en la práctica se puede permitir si no produce ningún problema.

- Presiones

Este parámetro es el principal objeto de estudio de la simulación.

Las presiones de servicio en cada nudo de la red son función de la altura piezométrica y se calculan restándole a esta la altura geométrica o cota del punto y las pérdidas de carga.

Se deberá revisar especialmente en las zonas de menor cota, como Almardá durante las horas de menor consumo.

5.4.1 Febrero

➤ Velocidades

En primer lugar se va a comprobar la velocidad durante las horas punta, en este caso se ha elegido las 8 am, para comprobar la posible existencia de presiones excesivas.

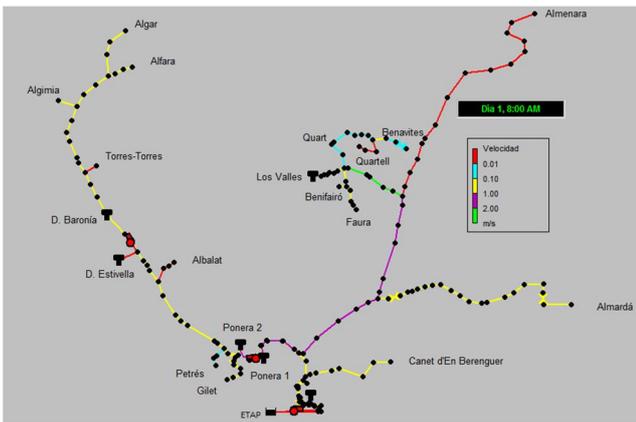


Figura 5.4.1-1. Velocidades a 8am en red general

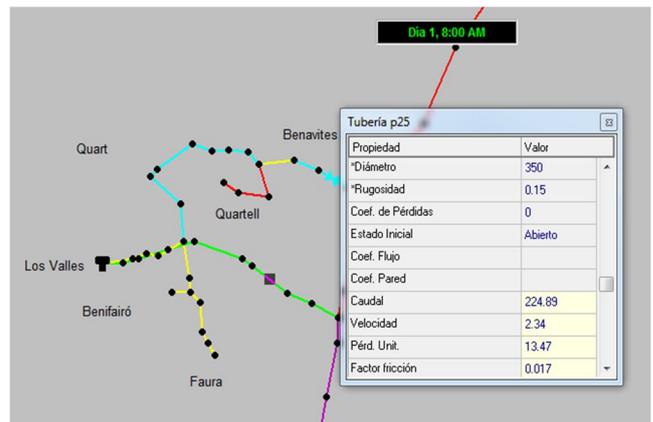


Figura 5.4.1-2. Velocidades a las 8am en Anillo Los valles.

Como se observa en la imagen izquierda donde los colores de las tuberías representan los valores de velocidad, se puede comprobar que están todos dentro del valor permisible, excepto en la subida al depósito de los Valles donde la leyenda indica que tiene un valor mayor a 2 m/s, pero comprobando este valor resulta ser de 2.4 m/s por tanto no existe riesgo de pérdidas de carga o disminución en la presión relacionado al valor de este parámetro.

Para determinar el valor mínimo de velocidades se ha estudiado las horas valle o de menor consumo, en este mes una de ellas sería a las 3 am.

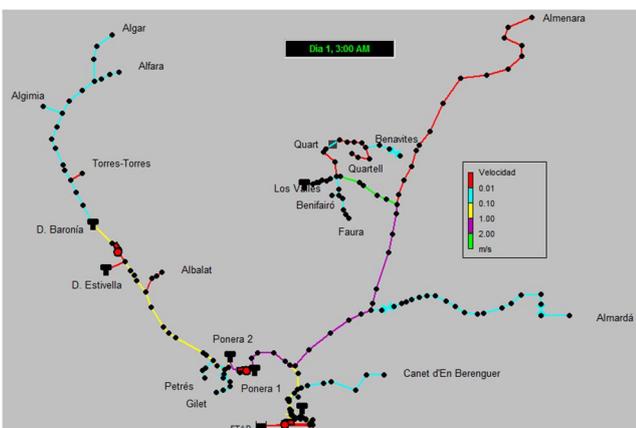


Figura 5.4.1-3. Velocidades a 3am en red general. desde el

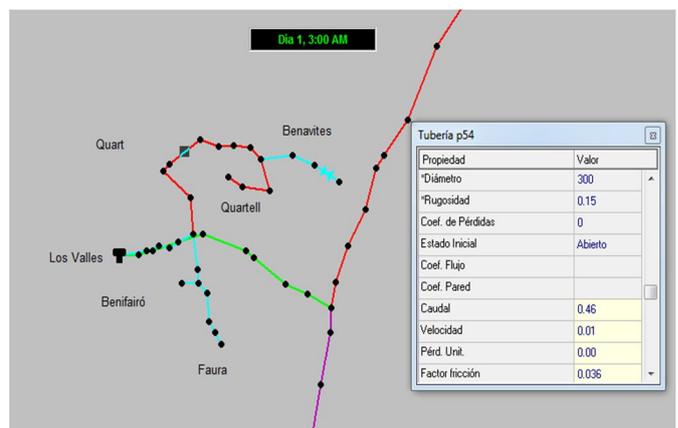


Figura 5.4.1-4. Velocidades a 3am en Los valles.

encuentra señalado en el punto “3.3.4. Los Valles” se describe la disposición de los nudos.

Este tramo tiene un DN de 300 mm desde la salida del depósito hasta el nudo 4 pero tan solo se nota el cambio de velocidad en el momento que el caudal total a los 3 municipios pasa tras el cruce hacia el norte a ser el caudal a suministrar tan solo en Benavites. Este tramo no tiene demasiada longitud y justo a partir del nudo 5 de derivación a Benavites el DN pasa a ser de 200mm y por tanto la velocidad se restablece así que no será un punto crítico pero si a tener en cuenta en el momento que se observaran problemas en este tramo. Actualmente no se ha producido ninguno.

➤ Caudales

El análisis respecto a este parámetro indica prácticamente lo mismo que en el caso de las velocidades. Los caudales vienen dados del consumo y la velocidad aumenta al aumentar el caudal.

Tras simular, durante el día entero se observa que en algunas conducciones principales el caudal pasa a ser 0 esto se debe a que el llenado del tanque ha llegado al nivel máximo y por tanto desconecta su tubería de entrada hasta que comienza a vaciarse de nuevo. Los niveles máximos y mínimos de llenado han sido establecidos previamente y se pueden ser revisados en el anejo de “Confección del modelo matemático.”

La siguiente gráfica recoge el caudal producido que será prácticamente constante durante todo el intervalo de tiempo y es función de la curva característica de cada impulsión (cota a la que necesita impulsar y caudal requerido) y en cuanto a la línea de consumido sigue el patrón de la curva de consumo establecida previamente con los consumos totales. En cuanto a la diferencia entre ambos caudales, área señalada en azul celeste se considera el volumen almacenado por segundo en el conjunto de tanques.

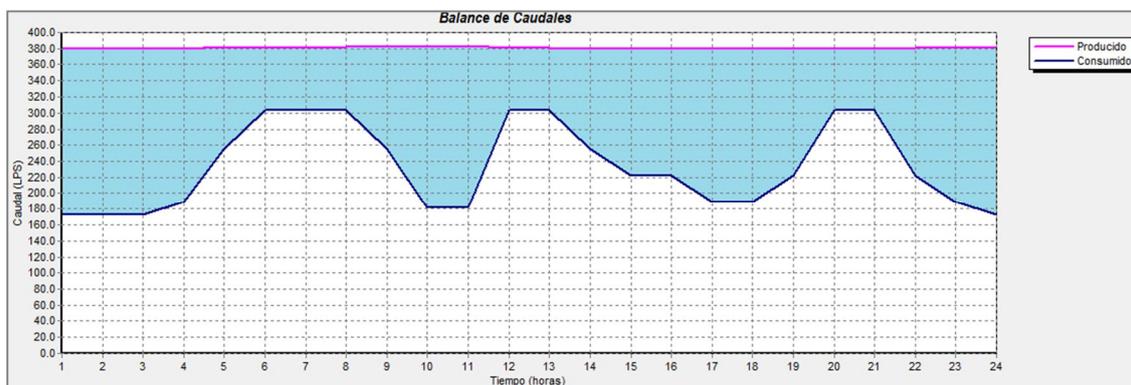


Figura 5.4.1-5. Balance de caudales el 15 de Febrero del 2016

- Pérdida de carga unitaria

A la hora de analizar este parámetro dado que es costoso observar uno a uno el valor en cada tubería durante el intervalo de tiempo simulado, se utilizó una opción del programa que permite filtrar resultados de la siguiente forma,

Informe > Tablas > Tipo (líneas en la red) > Columnas (Pérd. Unit) > Filtros (Pérdida unitaria mayor que 5)

El valor de 5 mca/Km se debe a como hemos mencionado anteriormente es el valor aconsejable aunque no es un valor decisivo sino un valor de referencia.

En el primer filtrado apareció una tubería con un valor muy elevado, en torno a los 200 mca/Km y al revisar la tubería se comprobó que el DN aplicado no era el correspondiente y por ese motivo se producía un escalón en ese tramo de tubería y después seguía con el resultado correcto en las tuberías contiguas. Al cambiar el valor del DN se pudo comprobar que pérdida de carga unitaria si era la correcta.

De esta forma no sólo se llegó a conocer el valor de pérdida sino a encontrar valores incorrectos que se aplicaron de forma manual y que no habían sido corregidos en la calibración.

- Presiones

Es uno de los parámetros más importantes como objeto de estudio en las simulaciones.

En primer lugar se van a analizar las posibles zonas donde pueda llegar a producirse una presión muy baja, por tanto se observarán las zonas con cotas muy elevadas respecto al depósito que las alimenta durante las hora punta, esta será la situación más desfavorable de presiones mínimas.

De antemano se conoce que las zonas con menor presión son las de interior como Algar y Algimia pero aun así se revisaran todos los nudos. Con la ayuda del filtrado se ejecuta una tabla de valores de presiones de las conexiones a municipio en una hora punta (8 am)

Como se observa las presiones más bajas son Algimia y Algar seguidas de Canet y Benavites. Son más bajas respecto del resto debido a la situación de cota pero es una presión admisible para que llegue a red en baja.

Tabla 5.4.1. Presiones en conexiones a las 8am

ID Nudo	Presión m
Conexión Faura	44.85
Conexión Benavites	30.00
Conexión Petrés	39.43
Conexión Canet	29.35
Conexión Almardá	39.97
Conexión Albalat	39.39
Conexión Gilet	126.78
Conexión Algimia	23.95
Conexión Algar	20.08
Conexión Alfara	53.44
Conexión Benifairó	48.48
Conexión Puerto	34.33
Conexión Sagunto	39.52

20 ítems con Demanda Base Mayor que 0

En cuanto a las posibles sobrepresiones el análisis será justo al contrario, zonas de menor cota durante las horas valle.

En este caso si está determinado donde estaba el problema y aunque ya tiene solución se va analizar detenidamente. Se trata en las derivaciones de Almardá y Gilet, ambos están situados a cotas muy bajas respecto al depósito que les suministra y de ahí que se produzcan sobrepresiones. En ambos casos están atendidos con válvulas reductoras de presión al inicio de la derivación y en el caso de Almardá unos metros antes de la toma de conexión, justo en el bypass que bordea el depósito que actualmente no se encuentra conectado.

El primer paso va a ser estudiar de forma general las presiones en todos los puntos para descartar posibles sobrepresiones en zonas desconocidas.

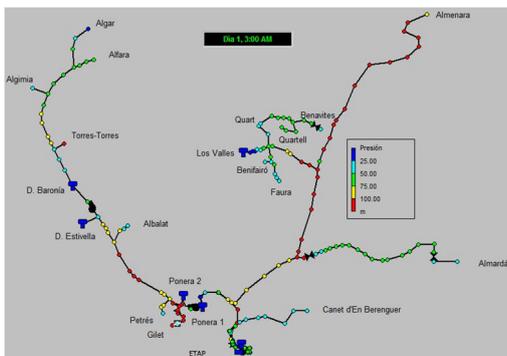


Figura 5.4.1-6. Presiones a las 3am en toda la red

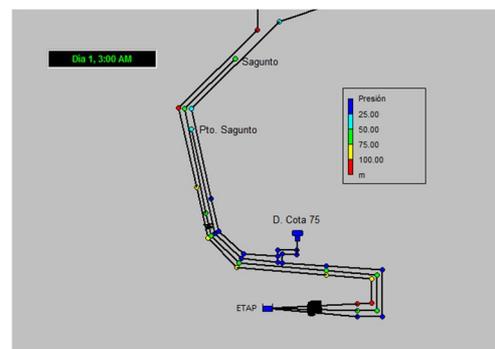


Figura 5.4.1-7. Presiones a las 3 en la fase de Sagunto

Los valores rojos son localizados en la subida de Almenara- Los valles pero es lógico debido a que deben abastecer tanto al depósito de los Valles como a Almenara y Almardá.

Las derivaciones con nudos rojos se deben a que no están conectadas y la presión en estática es mayor.

En cuanto a los dos puntos mencionados anteriormente, Almardá tiene una presión aceptable pero esto se debe a que tiene activadas las VRP con las consignas prefijas. Gilet por el contrario sigue teniendo valores elevados. Seguidamente se analizarán con mayor detalle.

- Almardá

Si simulamos desactivando las VRP el valor de presión gira entorno a los 14kg un valor excesivamente elevado, este motivo llevo a la necesidad de disponer las dos VRP ambas taradas a 4Kg.

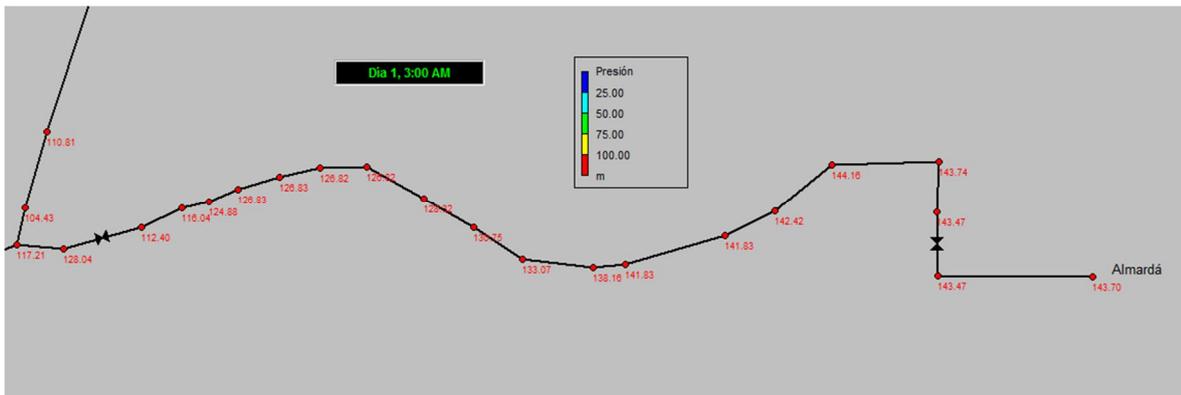


Figura 5.4.1- 8. Presiones en Almardá sin VRP

Este es el resultado al activar las VRP

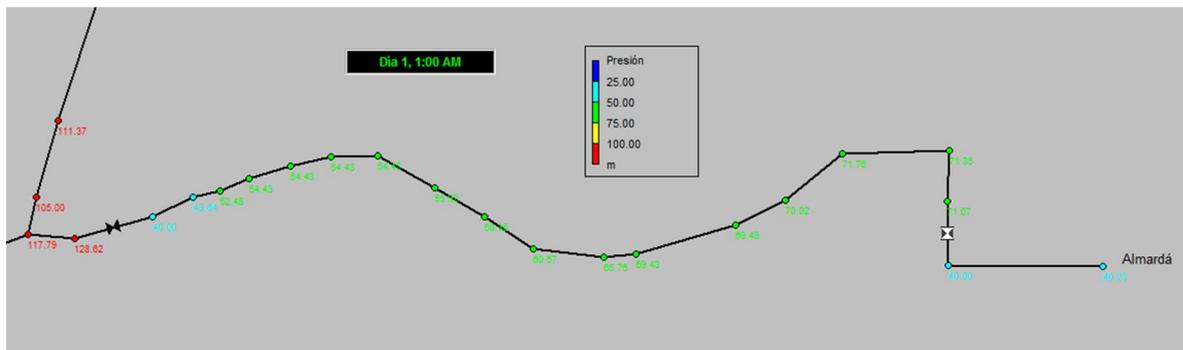


Figura 5.4.1-9. Presiones en Almardá con VRP

Subsanada la cuestión de sobrepresiones, el problema viene en el tema de mantenimiento o reparaciones de las válvulas ya que no existe otra solución que no sea el cortar el suministro al municipio. Sobre este tema se entrará con mayor detalle en el apartado de posibles mejoras.

- Gilet

Estos son los resultados obtenidos desactivando la VRP en una hora valle (1 am).

La presión llegaba al punto de conexión a red municipal con una presión de hasta 15kg esto puede provocar un aumento en las fugas incluso la rotura de la conducción.

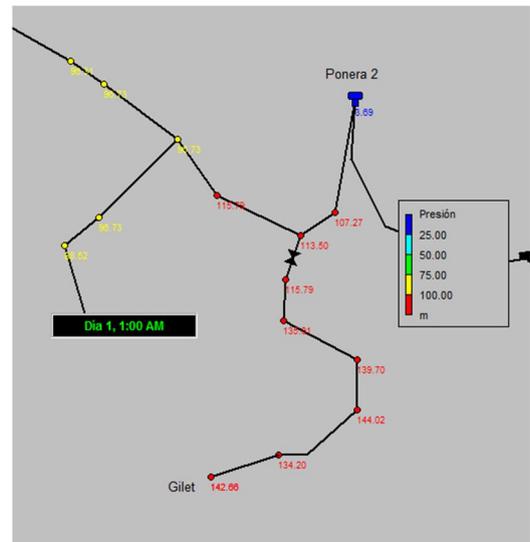
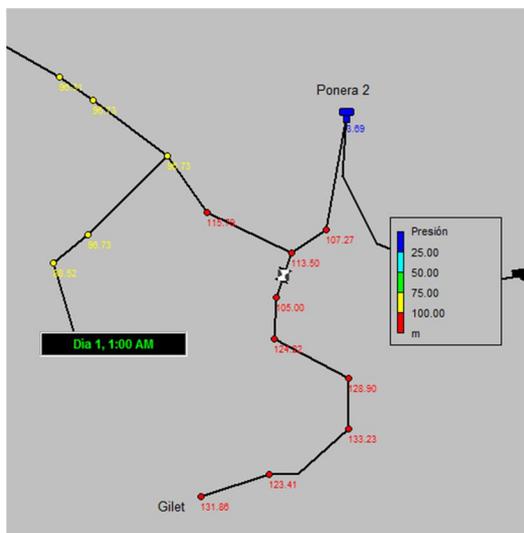


Figura 5.4.1-10. Presiones en Gilet sin VRP



Aplicando la VRP con un tarado a 105mca, la presión en el punto de conexión se reduce más de 1Kg.

5.4.2. Agosto

➤ Velocidades

El valor de las velocidades en esta nueva simulación es similar a la del mes de Febrero.

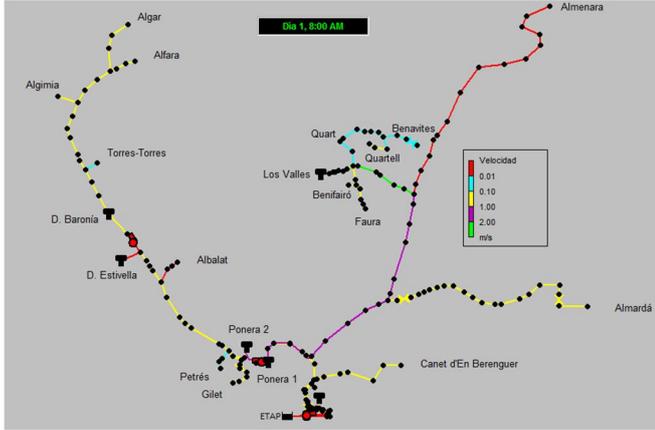


Figura 5.4.2-1. Velocidades a las 8am en toda la red

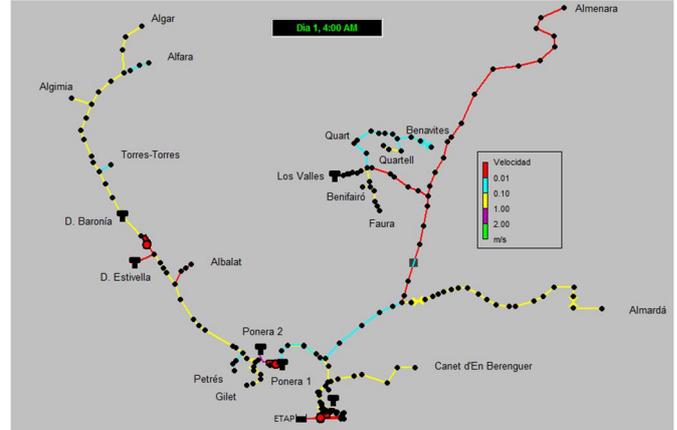


Figura 5.4.2-2. Velocidades a las 4am en toda la red

Velocidades mayores en la subida al depósito de los valles durante una hora punta (8am) y velocidades estables durante las horas valle con desconexión de entrada al depósito de los Valles.

➤ Caudales

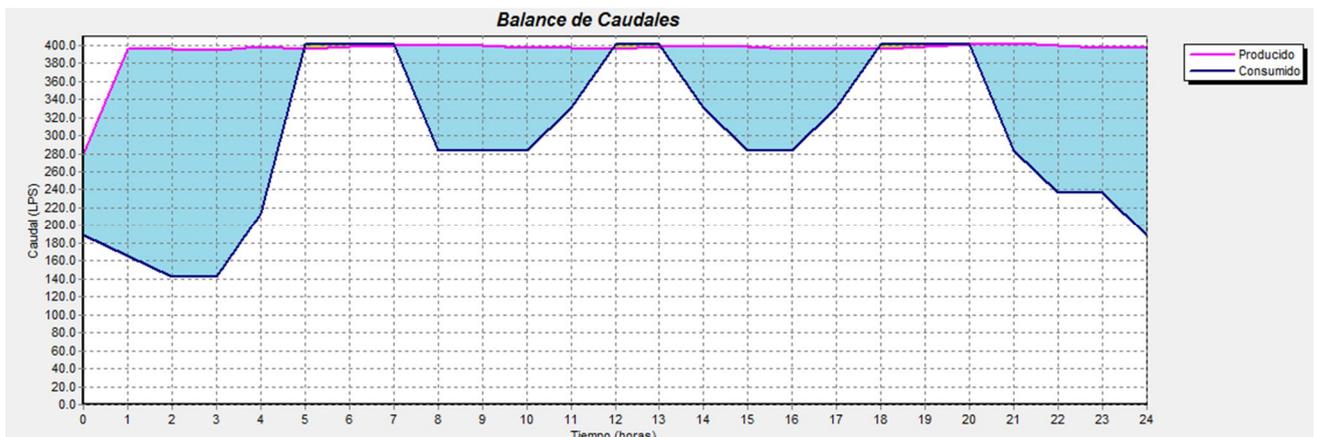


Figura 5.4.2-3. Balance de caudales durante el día 19 de Agosto del 2016

A la hora de comprobar el balance de caudales de toda la red sí que se observa una gran diferencia respecto al del mes de febrero, debido al mayor consumo en las horas punta prácticamente no se almacenara agua en el tanque (área verde), es decir todo el volumen de agua que da la ETAP es suministrada a los municipios. Es en las horas valle donde se consigue llenar los depósitos (área azul celeste).

➤ Pérdidas de carga

Del mismo modo que se ha explicado en el apartado anterior se ha estudiado buscado la existencia de pérdidas de carga mayores de 5mca/km para este nuevo escenario y los resultados han sido todos bajos o próximos a 5. Por tanto no se será un valor a tener en cuenta por no generar problemas.

➤ Presiones

En esta ocasión se utilizará un mapa de contorno en una hora valle (3 am) para observar que tipo de presiones se tienen en toda la red.

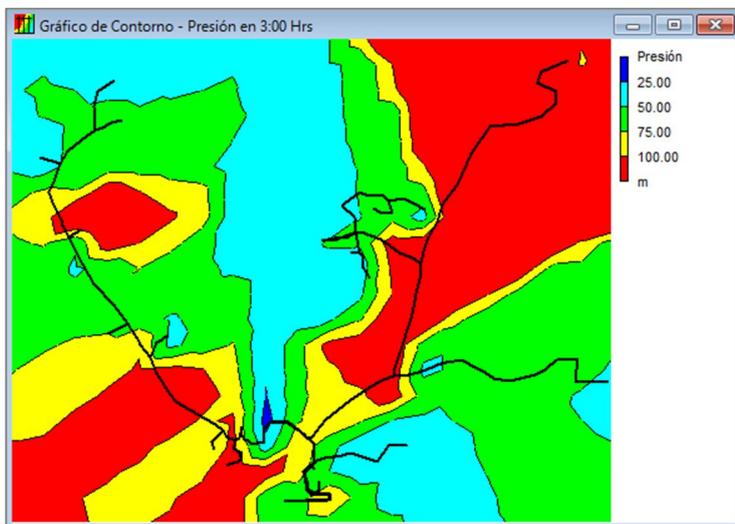


Figura 5.4.2-4. Plano de contorno de Presiones

Tabla 5.4.2. Presiones en las conexiones a las 3am

ID Nudo	Presión m
Conexión Faura	45.35
Conexión Benavites	30.00
Conexión Quartell	55.24
Conexión Petrés	39.56
Conexión Canet	28.12
Conexión Almardá	40.22
Conexión Albalat	39.59
Conexión Gilet	132.35
Conexión Algimia	26.26
Conexión Algar	22.67
Conexión Alfara	55.00
Conexión Benifairó	48.80
Conexión Puerto	34.51
Conexión Sagunto	36.62

El valor de las presiones se ajusta al tipo de demanda y no se observa ningún dato que pueda resultar problemas en la red.

6. PROPUESTAS DE MEJORAS

En el siguiente apartado se presentan varias soluciones a los posibles problemas desarrollados en el apartado anterior que buscan la eficiencia hidráulica, energética y de gestión de la red.

❖ Implantación de un sistema de Información Geográfica.

Se trata de una medida interesante capaz de mejorar la gestión de la red. El sistema de información geográfica se trata de un conjunto de herramientas que permiten la organización, almacenamiento de grandes cantidades de datos sobre la red que se encuentran georeferenciados y que contiene una base de datos con toda la información relacionada con los mismos permitiendo el análisis y modelización de la red de una manera más sencilla.

Para ello será necesario el levantamiento topográfico de toda la red en busca de zonas desconocidas. También es importante ubicar espacialmente cada uno de los elementos de la red, válvulas, ventosas, desagües, entradas y salidas de depósitos, en resumen cualquier elemento que al ejecutarlo pueda realizar un cambio en la red.

Además se podrían incorporar datos de caudales de entrada en cada depósito, pudiéndolo incorporar de forma directa al modelo matemático y dándole una precisión máxima, de una forma muy sencilla y rápida.

❖ Comprobación/ Calibración del material hidráulico e instrumentación.

Se trata de una medida aparentemente muy obvia pero que realmente no lo es. Consiste en comprobar de forma periódica que todo el material hidráulico e instrumentación funciona de manera correcta pudiendo evitar imprevistos y siendo el funcionamiento sea de la manera esperada. Se propone la comprobación/calibración de:

- Dispositivos de aforo (Caudalímetros y manómetros)
- Equipos de bombeo
- Válvulas reductoras de presión
- Ventosas
- Desagües
- Equipos de medición de cloro
- En general cualquier elemento que afecte al funcionamiento de la red y sea susceptible a fallo.

- ❖ By-Pass en la derivación de Almardá donde se sitúa la VRP primera para no dejar sin suministro en caso de mantenimiento o rotura de la válvula.

Esta propuesta tan solo se trata de una base teórica. Actualmente las dos VRP permiten el buen funcionamiento de este tramo de red, de lo contrario con las sobrepresiones existentes se aumentaba el riesgo de rotura de la conducción además de las fugas, aumentando también los gastos energéticos.

Pero es cierto que en caso de rotura y reparación de la misma o la hora del mantenimiento el suministro a esta zona queda cortado de forma total.

Añadiendo un by-Pass justo en la zona de la primera VRP por donde se desviaría el caudal de agua en estas situaciones podría considerarse una buena mejora en esta fase de manera teórica pero para llevarla a cabo primero debemos analizar el estado de la derivación.

En cuanto al material que la forma prácticamente es todo de polietileno excepto un tramo justo el que cruza las vías del tren que fue reparado y sustituido por fundición, se trata de unos 50m de longitud situados entre las válvulas de corte 3 y 4ald. Ese sería el primer factor a tener en cuenta. Uno de los pasos a seguir sería el cálculo mecánico de la red a la nueva presión que se quiere someter, pero si es verdad que no se trata de una conducción nueva y el desgaste de la misma puede que no refleje el cálculo realizado.

En cuanto a los accesorios de la red como los codos incluso las juntas están acostumbradas a trabajar durante mucho tiempo con la misma presión y un cambio tan brusco de la misma podría resentir en estos elementos incluso llegando a riesgo de rotura.

También es verdad que cuando hablamos de mantenimiento o reparación por norma general se trata de horas hasta volver al escenario principal y por tanto si soportaría este cambio pero en caso de que se alargara se debería tener en cuenta los puntos reflexionados anteriormente y en caso de riesgo de colapso de la infraestructura cortar de forma directa el suministro.



Figura 6-1. Sección Fundición del tramo Almardá.



7. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Iglesias, P.L y Martinez Solano, F.J (2012). *Análisis y diseño de redes de distribución de agua*. Ed. Mecánica de fluidos. Departamento de Ingeniería hidráulica y medio ambiente. Universidad Politécnica de Valencia (Valencia).
- ❖ Fuentes, V.S., Garcia, J., Lopez, G, Martinez, F.J., Perez, R (2002). *Modelización y diseño de redes de abastecimiento de agua*. Grupo Mecánica de fluidos (Universidad Politécnica de Valencia).
- ❖ R Vidal, F Martínez, M Ayza *Aplicaciones de los modelos de calidad en la simulación de las redes de distribución de agua potable*. - Ingeniería del agua, 1994 - ojs.cc.upv.es
- ❖ A Vela, F Martínez, J García-Serra, R Pérez. *Estrategias óptimas para la reducción de pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento* - Ingeniería del agua, 1994 - polipapers.upv.es
- ❖ CEDEX, *Guía técnica para el transporte de agua a presión*. Ministerio de fomento y Medio Ambiente.
- ❖ Cabrera E, Espert V., García Serra, J., Martinez F., J y Perez R (2002). *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*. Ed. Grupo Mecánica de Fluidos, Universidad Politécnica de Valencia (España)
- ❖ Apuntes Grado Ingeniería Obras Públicas. Especialidad Hidráulica y Medio Ambiente.