



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:



# AGRADECIMIENTOS

---

“A mi familia  
y mi tutor”



# RESUMEN

---

En el presente trabajo se ha realizado el modelo de una red de abastecimiento de agua a un núcleo urbano. El objeto de estudio se ha centrado en una pequeña población de la Huerta Norte Valenciana con 10.000 habitantes llamada Meliana.

El pueblo cuenta con un puntos de abastecimiento a través de la tubería EMSHI, Entidad Metropolitana de Servicios Hidráulicos, es el órgano que gestiona los recursos en alta. La entrada de agua se realiza en la zona sudeste del término, en el polígono de La Closa, en la intersección entre el Camino del Cementerio y el C/Llanterners.

El término municipal tiene una diferencia de alturas que abarca desde los ocho metros al nivel del mar hasta los veintidós. La red está abastecida por la zona sur, siendo necesario una conexión que mejore la conexión y transmisión de agua a la zona centro-norte.

Para la realización del modelo se ha partido de un plano en formato PDF, se ha realizado la conversión al programa Autocad y posteriormente al Epanet mediante el programa Epacad. A raíz del modelo obtenido en EPANET, se ha realizado el ajuste necesario para conseguir un modelo lo más semejante posible al modelo real de la red de Meliana. Para ello, se ha necesitado información sobre algunas características de los elementos que componían la red (datos de consumos de los depósitos y lecturas de contadores, niveles de agua de los depósitos, localización de elementos de regulación). Esta información ha sido aportada por la empresa de gestión Aguas de Valencia.

Una vez confeccionado el modelo, se ha realizado un análisis de mejoras para la situación actual.

**Palabras Clave:** Hidráulica, EPANET, tubería, suministro, población, agua, diseño.



# ABSTRACT

---

In the present work it has been done the model of a water supply network to the urban core. The object of study has focused on a small population of Horta Nord Valencia with 10,000 inhabitants called Meliana.

The village has a supply points through the pipe EMSHI, Metropolitan Water Services Company, is the body that manages the resources on high. The water inlet is carried out in the southeast of the term, at the site of La Closa, at the intersection of Cemetery Road and C / Llanterners.

Meliana has a height difference ranging from eight meters at sea level up to twenty. The network is supplied by the south, a connection that improves the connection and transmission of water to the north-central area being necessary.

To carry out the party model of a map in PDF format has, has made the conversion to the Autocad program and subsequently to Epanet by Epacad program. Following the pattern obtained from EPANET, it has made the need for a model as close as possible to the actual network model Meliana adjustment. To do this, information is needed on some characteristics of the elements making up the network (data consumption of deposits and meter readings, water levels of deposits, location of regulatory elements). This information has been provided by the management company Aguas de Valencia.

Once the model has been performed, an analysis of improvements to the current situation.

**Keywords:** Hydraulics, EPANET, pipe, supply, population, water, design.



# RESUM

---

En el present treball s'ha realitzat el model d'una xarxa d'abastiment d'aigua a un nucli urbà. L'objecte d'estudi s'ha centrat en una xicoteta població de l'Horta Nord Valenciana amb 10.000 habitants crida Meliana.

El poble compta amb un punts d'abastiment a través de la canonada EMSHI, Entitat Metropolitana de Servicis Hidràulics, és l'òrgan que gestiona els recursos en alta. L'entrada d'aigua es realitza en la zona sud-est del terme, en el polígon de La Closa, en la intersecció entre El Camí del Cementeri i el C/Llanterners.

El terme municipal té una diferència d'altures que comprén des dels huit metres al nivell del mar fins als vint-i-dos. La xarxa està abastida per la zona sud, sent necessari una connexió que millore la connexió i transmissió d'aigua a la zona centre-nord.

Per a la realització del model s'ha partit d'un pla en format PDF, s'ha realitzat la conversió al programa Autocad i posteriorment a l'Epanet per mitjà del programa Epcad. Arran del model obtingut en EPANET, s'ha realitzat l'ajust necessari per a aconseguir un model el més semblant possible al model real de la xarxa de Meliana. Per a això, s'ha necessitat informació sobre algunes característiques dels elements que componien la xarxa (dades de consums dels depòsits i lectures de comptadors, nivells d'aigua dels depòsits, localització d'elements de regulació) . Esta informació ha sigut aportada per l'empresa de gestió Aigües de València.

Una vegada confeccionat el model, s'ha realitzat una anàlisi de millores per a la situació actual.

**Paraules Clau:** Hidràulica, EPANET, canonada, subministrament, població, aigua, disseny.



# Índice del trabajo

---

## DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG:

- MEMORIA
- ANEXOS
- PRESUPUESTO
- PLANOS

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos .....	1
1.2. Antecedentes .....	1
1.3. Descripción de la zona de estudio.....	2
1.3.1. Localización geográfica.....	2
1.4. Demografía .....	3
1.5. Economía .....	3
<b>2. Inventario de la red.....</b>	<b>4</b>
2.1. Suministro .....	4
2.2. Tuberías.....	4
2.2.1. Materiales.....	4
2.2.2. Diámetros .....	4
2.3. Bombas.....	5
2.4. Válvulas.....	5
<b>3. Construcción del modelo hidráulico.....</b>	<b>6</b>
3.1. Trazado de la red.....	6
3.1.1. Punto de partida.....	6
3.1.2. Conversión del mapa de PDF a Autocad .....	6
3.1.3. Exportación de la red a EPANET .....	8
3.1.4. Conectividad de la red.....	12
3.2. Caracterización hidráulica de los elementos.....	12
3.2.1. Suministro de la red .....	12

3.2.2.	Nudos de la red .....	12
3.2.3.	Tuberías de la red .....	14
<b>4.</b>	<b>Carga hidráulica del modelo .....</b>	<b>16</b>
4.1.	Introducción .....	16
4.1.1.	Datos de partida .....	16
4.2.	Simulación del comportamiento de la red .....	18
4.2.1.	Escenario 1: Carga hidráulica con demandas constantes .....	19
4.2.2.	Escenario 2: Carga hidráulica con demandas variables por longitud de tubería .....	25
4.2.3.	Escenario 3: Carga hidráulica con demandas condicionadas a la densidad.....	29
4.2.4.	Comparación de pérdidas en el escenario 2 y 3.....	32
<b>5.</b>	<b>Propuestas de mejora del funcionamiento actual .....</b>	<b>34</b>
5.1.	Refuerzo suministro con tubería adicional .....	34
5.1.1.	Conexiones de la tubería .....	35
5.1.2.	Simulación de funcionamiento de la tubería 556 bajo escenario 3 .....	36
5.1.3.	Comparación con los escenarios previos .....	38
5.2.	Instalación de válvula automática para reducir presiones.....	40
<b>6.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>44</b>
6.1.	Conclusiones generales .....	44
6.2.	Aplicabilidad del presente trabajo para otros municipios .....	46
6.3.	Estudios escenarios 4 y 5.....	46
6.4.	Conclusión .....	48
<b>7.</b>	<b>Desarrollos futuros .....</b>	<b>49</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE LOS ANEXOS

<b>A.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>55</b>
A.1.	Tuberías: Longitud, demandas y caudal en los escenarios 1 y 4 .....	55
A.2.	Nudos: Cota, demanda base y presión en los escenarios 1 y 4.....	63

## ÍNDICE DE LOS PRESUPUESTO

<b>P1.</b>	<b>Presupuesto general .....</b>	<b>71</b>
<b>P2.</b>	<b>Capítulos del presupuesto .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE LOS PLANOS

PL1. Plano general de Meliana.....	81
PL2. Red abastecimiento de agua Meliana .....	82
PL3. Válvula de reducción de presión (1) .....	83
PL4. Válvula de reducción de presión (2) .....	84
PL5. Identificación de los nudos del modelo hidráulico.....	85
PL6. Identificación de las tuberías del modelo hidráulico.....	86
PL7. Diámetros de las tuberías del modelo hidráulico.....	87
PL8. Arqueta .....	88
PL9. Zanja empleada en la instalación de la tubería.....	89

## ÍNDICE DE LAS ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Localización de Meliana</i> .....	2
<i>Ilustración 2. Evolución de la población (en habitantes por año) del municipio de Meliana</i> .....	3
<i>Ilustración 4. Mapa del trazado de Meliana cedido por Aguas de Valencia</i> .....	6
<i>Ilustración 5. Mapa inicial tras conversión de PDF a Autocad</i> .....	7
<i>Ilustración 6. Mapa final tras remodelaciones</i> .....	7
<i>Ilustración 7. Red de agua mostrada en AutoCAD</i> .....	8
<i>Ilustración 8. Programa EpaCAD</i> .....	9
<i>Ilustración 9. Curva de modulación, representa el Q/Qmedio en cada hora del día</i> .....	16

## ÍNDICES DE LOS MAPAS

<i>Mapa 1. Diámetros (en mm) de las tuberías que componen la red</i> .....	5
<i>Mapa 2. Red de distribución con las capas azules y cian con nodes mode</i> .....	10
<i>Mapa 3. Red de distribución con las capas azul y cian con vertex mode</i> .....	11
<i>Mapa 4. Red de distribución con la capa azul con vertex mode</i> .....	11
<i>Mapa 5. Cotas de los nudos (en mca)</i> .....	13
<i>Mapa 6. Presiones en verano hora punta (en mca)</i> .....	19
<i>Mapa 7. Presiones en invierno hora valle (en mca)</i> .....	20
<i>Mapa 8. Caudales (en litros por segundo) para verano hora punta</i> .....	21
<i>Mapa 9 Caudales (en litros por segundo) para invierno hora valle</i> .....	21
<i>Mapa 10. Pérdidas unitarias (en mca/km) de tubería para verano hora punta</i> .....	22
<i>Mapa 11. Velocidades para verano en hora punta (en m/s)</i> .....	23
<i>Mapa 12. Velocidades para invierno en hora valle (en m/s)</i> .....	24
<i>Mapa 13. Asignación de demandas (en litros por segundo) en el escenario 2</i> .....	25
<i>Mapa 14. Mapa de presiones (en mca) para el escenario 2</i> .....	26
<i>Mapa 15. Mapa de caudales para el escenario 2 (en litros por segundo)</i> .....	27
<i>Mapa 16. Mapa de pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 2</i> .....	28
<i>Mapa 17. Asignación de demandas por densidad de población</i> .....	29
<i>Mapa 18. Demandas finales (en mca)</i> .....	30
<i>Mapa 19. Distribución de presiones (en mca) para el escenario 3</i> .....	31
<i>Mapa 20. Distribución de pérdidas unitarias para el escenario 3 (en mca/km)</i> .....	33
<i>Mapa 21. Distribución de caudales para el escenario 3 (en litros por segundo)</i> .....	33
<i>Mapa 22. Nueva tubería instalada para el reparto de caudal</i> .....	34
<i>Mapa 23. Instalación de la tubería 556</i> .....	35
<i>Mapa 24. Distribución de presiones (en mca)</i> .....	36
<i>Mapa 25. Distribución de pérdidas unitarias (en mca/km)</i> .....	37
<i>Mapa 26. Válvulas reductoras de presión</i> .....	41
<i>Mapa 27. Presiones (en mca) tras la instalación de las válvulas</i> .....	42
<i>Mapa 28. Pérdidas unitarias (en mca/km) de la red</i> .....	43
<i>Mapa 29. Presiones (en mca) y pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 4</i> .....	47
<i>Mapa 30. Presiones (en mca) y pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 5</i> .....	48

## ÍNDICE DE LAS TABLAS

Tabla 1. Diámetros (en mm) y longitudes (en metros) totales de tuberías.....	4
Tabla 2. Orden de magnitud (en mca) para los términos de a ecuación de Vernouilli .....	12
Tabla 3. Factor de fricción (adimensional) .....	15
Tabla 4. Volumen inyectado en la red por hora para los meses de máximo y mínimo consumo .....	17
Tabla 5. Caudal medio para verano e invierno.....	17
Tabla 6. Caudal medio por habitante.....	17
Tabla 7. Demanda por nudo para verano hora punta e invierno hora valle (en l/s/nudo) .....	19
Tabla 8. Presiones (en mca).....	19
Tabla 9. Pérdidas unitarias (en mca/km) .....	22
Tabla 10. Velocidades (en m/s) .....	23
Tabla 11. Presiones (en mca) para verano en hora punta .....	26
Tabla 12. Pérdidas unitarias (en mca/km tubería) con demandas variables por longitud de tubería..	27
Tabla 13. Presiones (en mca) con demandas variables y modificadas .....	30
Tabla 14. Pérdidas unitarias (en mca/km) con demandas variables y modificadas .....	31
Tabla 15. 20 últimas pérdidas unitarias (en mca/km) junto con el porcentaje.....	32
Tabla 16. Presiones (en mca) para el escenario 4 .....	36
Tabla 17. Pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 4 .....	37
Tabla 18. Tuberías y correspondientes nudos .....	38
Tabla 19. Presiones (en mca) para los distintos escenarios .....	38
Tabla 20. Comparación de presiones (en mca) de los nudos para todos los escenarios.....	38
Tabla 21. Pérdidas unitarias (en mca/km) para verano hora punta .....	39
Tabla 22. Pérdidas unitarias (en mca/km) para los distintos escenarios .....	39
Tabla 23. Evolución del reparto de caudales (en litros por segundo).....	40
Tabla 24. Presiones (en mca) para invierno en hora valle con y sin válvulas reductoras.....	41
Tabla 25. Presiones (en mca) para la zona de control 1.....	42
Tabla 26. Presiones (en mca) para la zona de control 2.....	42
Tabla 27. Habitantes y cotas mínimas y máximas (en mca) de diferentes términos de l'Horta Nord ..	46
Tabla 28. Presiones (en mca) para los escenarios 4 y 5 .....	47
Tabla 29. Pérdidas unitarias (en mca/km) para los escenarios 4 y 5 .....	47



# Memoria

---



# 1. Introducción

## 1.1. Objetivos

El principal objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es *construir el modelo hidráulico de simulación de la red de abastecimiento* de agua potable del municipio de Meliana (Valencia). Este modelo de simulación será una herramienta de apoyo a los técnicos del abastecimiento que mejorará la toma de decisiones sobre la operación de la red, y en general para optimizar la gestión de los recursos hídricos disponibles.

De forma particularizada, se persigue abordar los siguientes objetivos:

- Conocer los principales elementos que integran el sistema de suministro de agua de la población y sus características básicas
- Caracterizar hidráulicamente los elementos principales de la red
- Analizar la carga hidráulica del abastecimiento
- Simular y obtener un diagnóstico básico sobre el funcionamiento actual
- Proponer medidas de mejora

Dada la complejidad que supone la obtención de un modelo de simulación y, atendiendo al tiempo limitado para el desarrollo del TFG, el presente trabajo persigue ser un *punto de partida para futuros desarrollos* y mejoras del modelo, por ejemplo derivado de mediciones en la red en una fase de calibración y ajuste del modelo.

Desde el punto de vista personal, el TFG no solo supone la modelación y simulación de comportamiento hidráulico de una red, también es una *toma de contacto con el entorno profesional, además colaborando con una empresa de servicio de agua como Aguas de Valencia*<sup>1</sup>. Sin duda es un reto profesional y personal interesante que me ha ido cautivando a medida que he abordado las diferentes fases del trabajo.

## 1.2. Antecedentes

El servicio de suministro de agua de la Meliana está gestionado por ADV. La empresa cuenta con datos sobre trazado y características básicas de la red. Actualmente el abastecimiento no dispone de modelo hidráulico de simulación, pero sí hace un seguimiento permanente de las presiones en diferentes puntos de la red y otras variables hidráulicas.

La red de distribución de agua potable presenta un diseño diferente dependiendo de la zona. En las zonas de primera construcción pueden verse redes radiales mientras que en las de nueva construcción predomina el modelo de red mallada. En general, las redes malladas ofrecen más ventajas respecto a las radiales; mayor seguridad frente a averías, mayores garantías sanitarias y menor desequilibrio de presiones, se encuentran entre sus ventajas. En contra, estas redes tienen una regulación y diseño más complejos.

---

<sup>1</sup> Se hará referencia a la empresa Aguas de Valencia como ADV.

El cuanto a los datos de facturación de los usuarios, la empresa sólo facilita la curva de un consumo diario durante los meses de Junio y Marzo, meses de máxima y mínima demanda respectivamente. Con estos datos se puede calcular el volumen inyectado a la red, caudales medios y consumos por habitante, pero no se puede conocer cómo se distribuyen realmente.

El suministro de Meliana proviene de una tubería que cruza y abastece a los pueblos de la Huerta Norte (comúnmente conocida como l'Horta Nord), y alimenta este municipio desde una conexión directa a la red. Tal como se verá, la modelación de este punto se resolverá mediante un embalse a nivel constante.

### 1.3. Descripción de la zona de estudio

#### 1.3.1. Localización geográfica

Meliana es un municipio perteneciente a la provincia de Valencia, en la Comunidad Valenciana, España. Está situada al Norte del área metropolitana de Valencia, en la comarca de l'Horta Nord, al este de la antigua carretera de Barcelona Valencia.

El municipio se encuentra a 6.6 km de Valencia, cuenta con una extensión de 4.7 km<sup>2</sup> representando el 3.35 % del total de la huerta norte, la cual tiene una extensión de 134.65 km<sup>2</sup>. El núcleo urbano de Meliana ocupa 0.757 km<sup>2</sup>, un 16.10 % del total de la extensión<sup>2</sup>. El término municipal de Meliana limita con las siguientes localidades: Alboraya, Almácer, Foyos y Valencia.

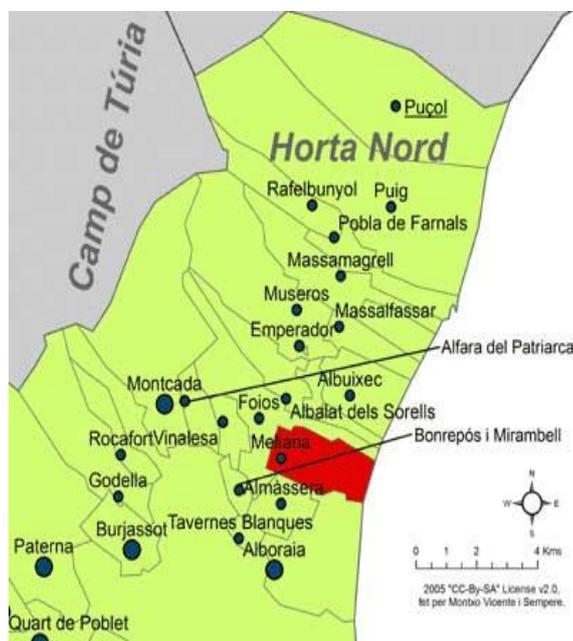


Ilustración 1. Localización de Meliana

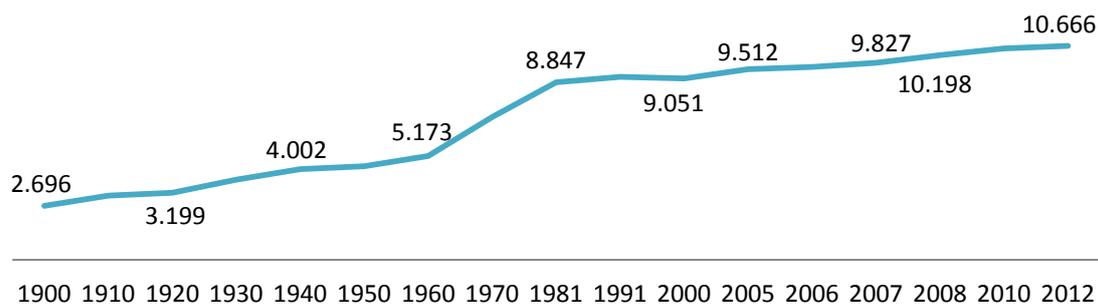
<sup>2</sup> Pese a que el término de de Meliana abarca hasta la playa, los análisis y simulaciones realizadas a lo largo del trabajo se centran en la zona poblada.

## 1.4. Demografía

Meliana es un municipio de 10.666 habitantes (2012), siendo el número de abonados menor. Se considera abonados a aquella persona física o jurídica que formaliza el contrato de suministro de agua con la empresa suministradora.

En el presente caso de estudio, se ha tomado como base para el diseño de la red al número total de habitantes de Meliana como número de consumidores de agua, siendo un total de 10.000.

La **Ilustración 2** representa el crecimiento demográfico del término desde principios del siglo XIX. Puede observarse como en época de crecimiento económico, 1960-1980 la población crece de manera más acelerada que en época de crisis como se puede observar en la década de los 80, donde se frena el crecimiento. Cabe destacar la explosión demográfica que tuvo lugar desde la década de 1950 hasta 1980 con el llamado Baby-Boom junto con el éxodo de las familias del campo a la ciudad, en el cual la sociedad española empezó a urbanizarse definitivamente, asimilándose a la de los demás países desarrollados. (INE Instituto Nacional de Estadística)



*Ilustración 2. Evolución de la población (en habitantes por año) del municipio de Meliana*

En el dimensionamiento de la red se tendrá en cuenta dicha tendencia creciente de la población para así estar preparados para futuros escenarios con mayores demandas de agua potable.

## 1.5. Economía

La actividad económica de Melina ha estado marcado fuertemente por la agricultura, siendo ésta el principal motor de economía hasta la década de los 70, en la cual ya se empezaron a establecer industrias con pequeñas y medianas empresas. Actualmente, la actividad industrial supera en la actualidad a la agrícola, tanto por el valor de su producción como por la mano de obra. (Wikipedia, 2015).

Aun así, pese al auge de la industria, la huerta todavía sigue ocupando una gran parte del término municipal.

## 2. Inventario de la red

### 2.1. Suministro

La red de Meliana se abastece de una tubería de 300 mm de diámetro de fibrocemento que cruza a lo largo de todo el municipio. La tubería es la del EMSHI, Entidad Metropolitana de Servicios Hidráulicos, es el órgano que gestiona los recursos en alta.

La entrada de agua se realiza en la zona sudeste del término, en el polígono de La Closa, en la intersección entre el Camino del Cementerio y el C/Llanterners. A la conexión de esta tubería con la red se considerará como el depósito. La presión de entrada del depósito es de 39 mca que, junto con una cota de 10 mca suma una altura total de 49 mca.

### 2.2. Tuberías

Las tuberías son los elementos principales de cualquier red de suministro de agua ya que, a través de ellas, es por dónde transcurre el agua y llega a su lugar de destino.

#### 2.2.1. Materiales

Los dos materiales que se van a utilizar en la red son Polietileno (PE) y Fibrocemento (FC), también llamado asbesto cemento. La elección de un material u otro viene determinada por la red de Meliana. La tendencia está siendo sustituir el FD por PE debido a sus propiedades mecánicas como son alta durabilidad, resistencia a la corrosión y mayor parte de agentes químicos, bajas pérdidas de carga, flexibilidad y elasticidad, que aporta resistencia al golpe de ariete.

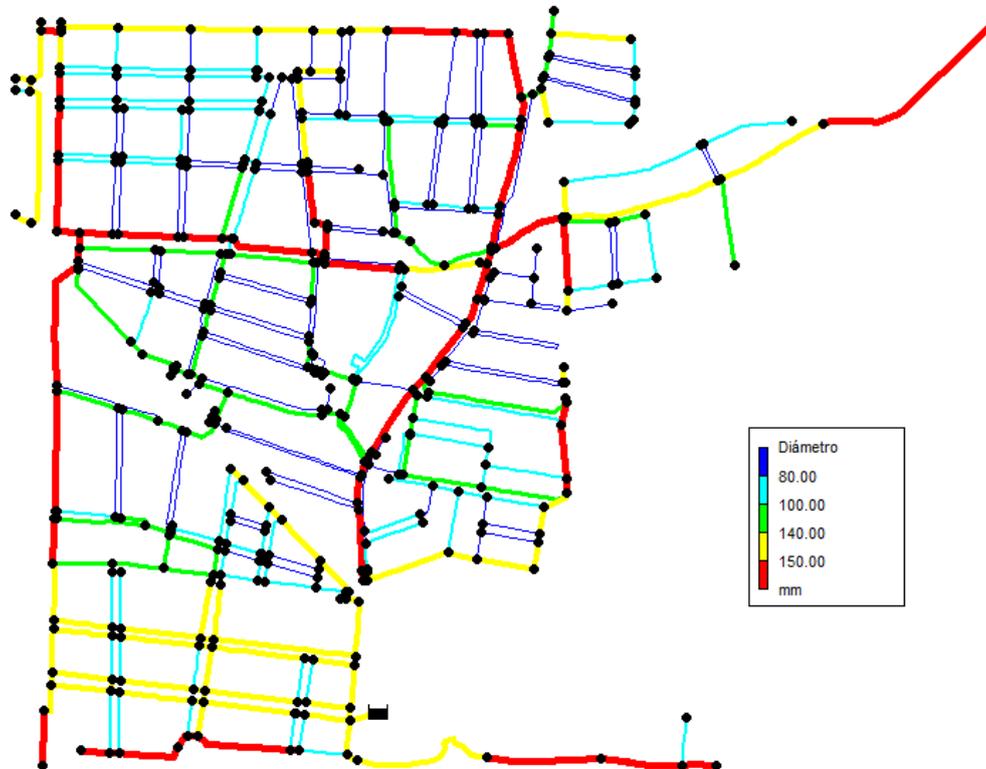
#### 2.2.2. Diámetros

En la **Tabla 1** se puede observar los metros de tuberías que componen la red de cada tipo de material y sus correspondientes diámetros.

Polietileno PE		Fibrocemento FC	
Diámetro (mm)	Longitud (metros)	Diámetro (mm)	Longitud (metros)
28	25.1	60	7185.984
44	33.88	80	2501.472
66	13.8	100	3999.719
79.2	3686.553	150	3593.383
96.8	4842.702		
141	5567.168		
176.2	376.8		
<b>Metros Totales</b>	<b>14546.003</b>	<b>Metros Totales</b>	<b>17280.558</b>

Tabla 1. Diámetros (en mm) y longitudes (en metros) totales de tuberías

En lo que respecta a la distribución, las tuberías con mayores diámetros son las que cruzan de la red en su totalidad. Los abastecimientos que requieran caudales menores irán conectados a estas tuberías, las cuales tendrán menores diámetros.



Mapa 1. Diámetros (en mm) de las tuberías que componen la red

### 2.3. Bombas

Actualmente la red de suministro de agua del abastecimiento no cuenta con grupos de presión. No obstante, algunas de las instalaciones interiores de los edificios suministrados sí que están equipadas con bombas.

### 2.4. Válvulas

La red cuenta con válvulas de compuerta para aislar tramo en caso de avería. Es por ello que estas válvulas funcionan con dos estados abierto o cerrado. Este tipo de válvulas suelen emplearse en redes de fluidos como petróleo, gas, aire, etc.

Las ventajas que estas válvulas ofrecen son una alta capacidad, cierre hermético, y pocas pérdidas cuando están totalmente abiertas. Por otro lado, entre sus desventajas, estas válvulas producen cavitación con baja caída de presión.

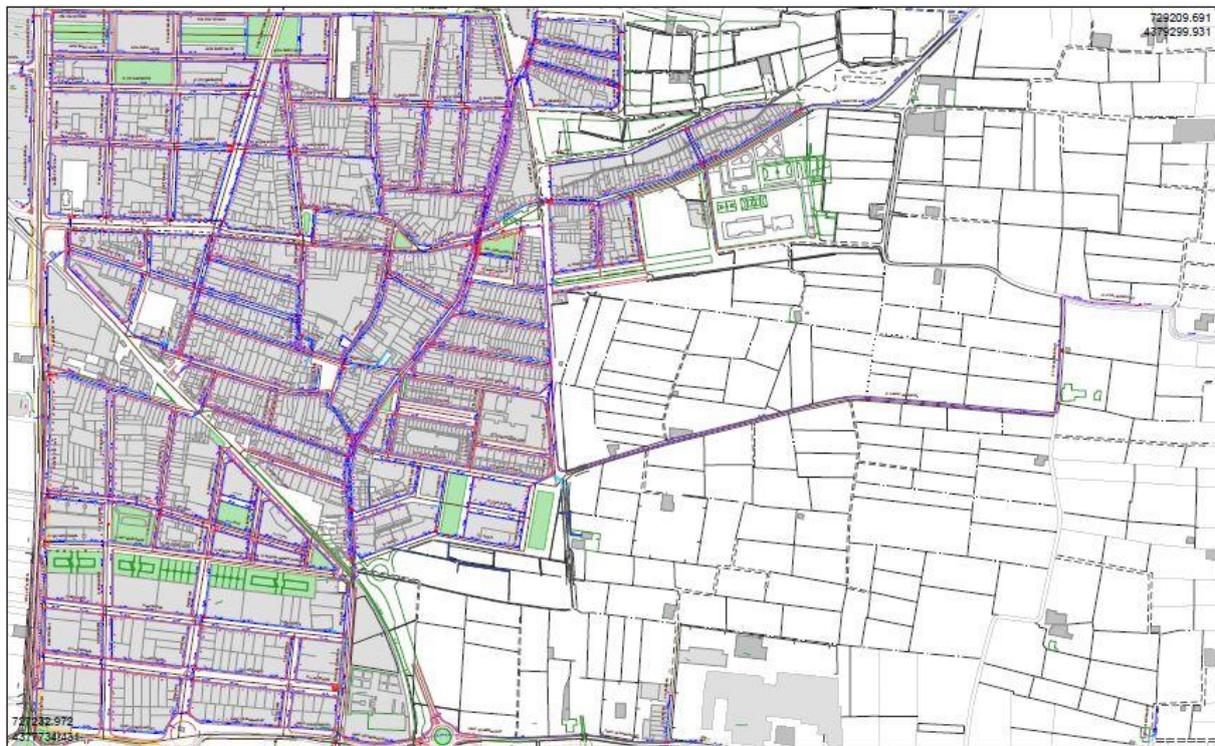
## 3. Construcción del modelo hidráulico

### 3.1. Trazado de la red

#### 3.1.1. Punto de partida

Desde la empresa ADV se obtuvo el mapa de la ciudad de Meliana en formato pdf. Este mapa contiene el trazado de la red junto con la distribución de las casas, huerta y polígonos industriales. En la **Ilustración 3** se puede ver el mapa cedido desde ADV.

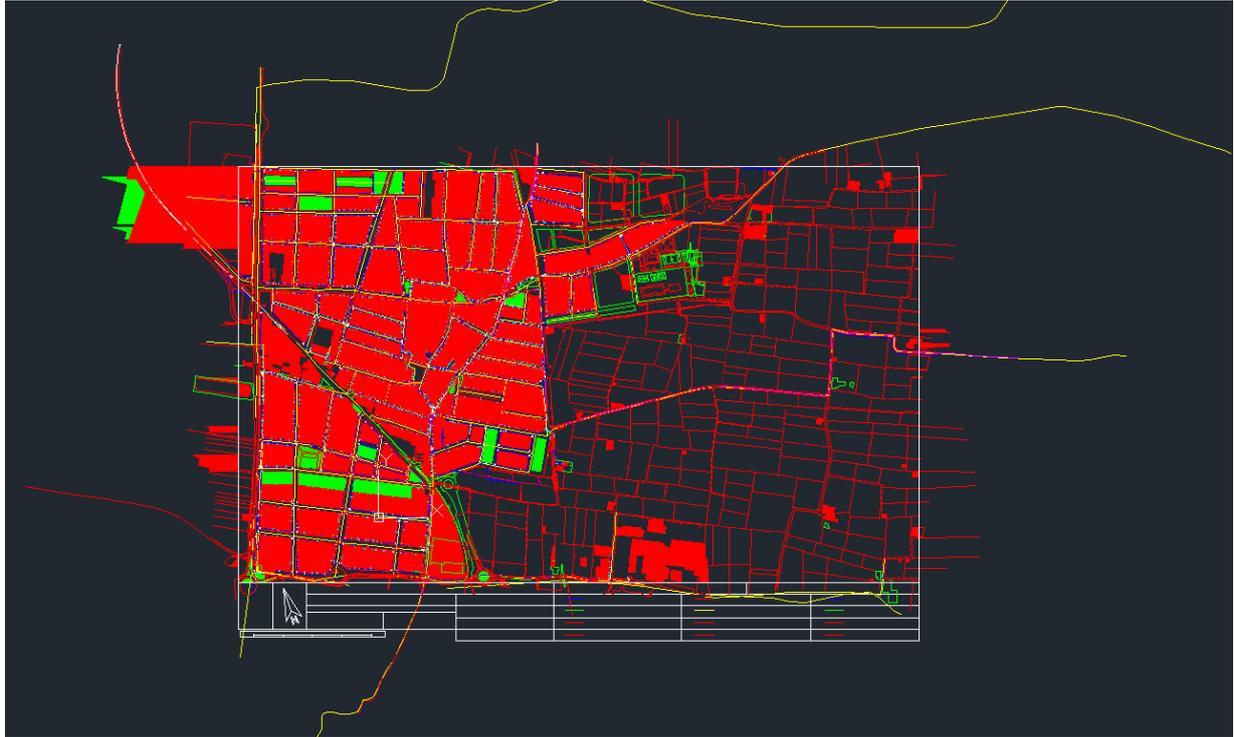
Para poder trazar el recorrido de toda la ciudad, incluyendo no solo trazados de edificios y caminos, sino también de la red de suministro, es necesario realizar la conversión del archivo pdf a Autocad.



*Ilustración 3. Mapa del trazado de Meliana cedido por Aguas de Valencia*

#### 3.1.2. Conversión del mapa de PDF a Autocad

La conversión del archivo PDF a Autocad se ha realizado con el programa Autocad 2015. La conversión incluía muchas imperfecciones. Se ha trabajado en eliminar las tuberías alargadas por el mismo Autocad, las tuberías antiguas y en desuso y, en general, todos aquellos elementos que no sean útiles. Las modificaciones realizadas en el CAD no afectaron en ningún momento a las dimensiones reales.



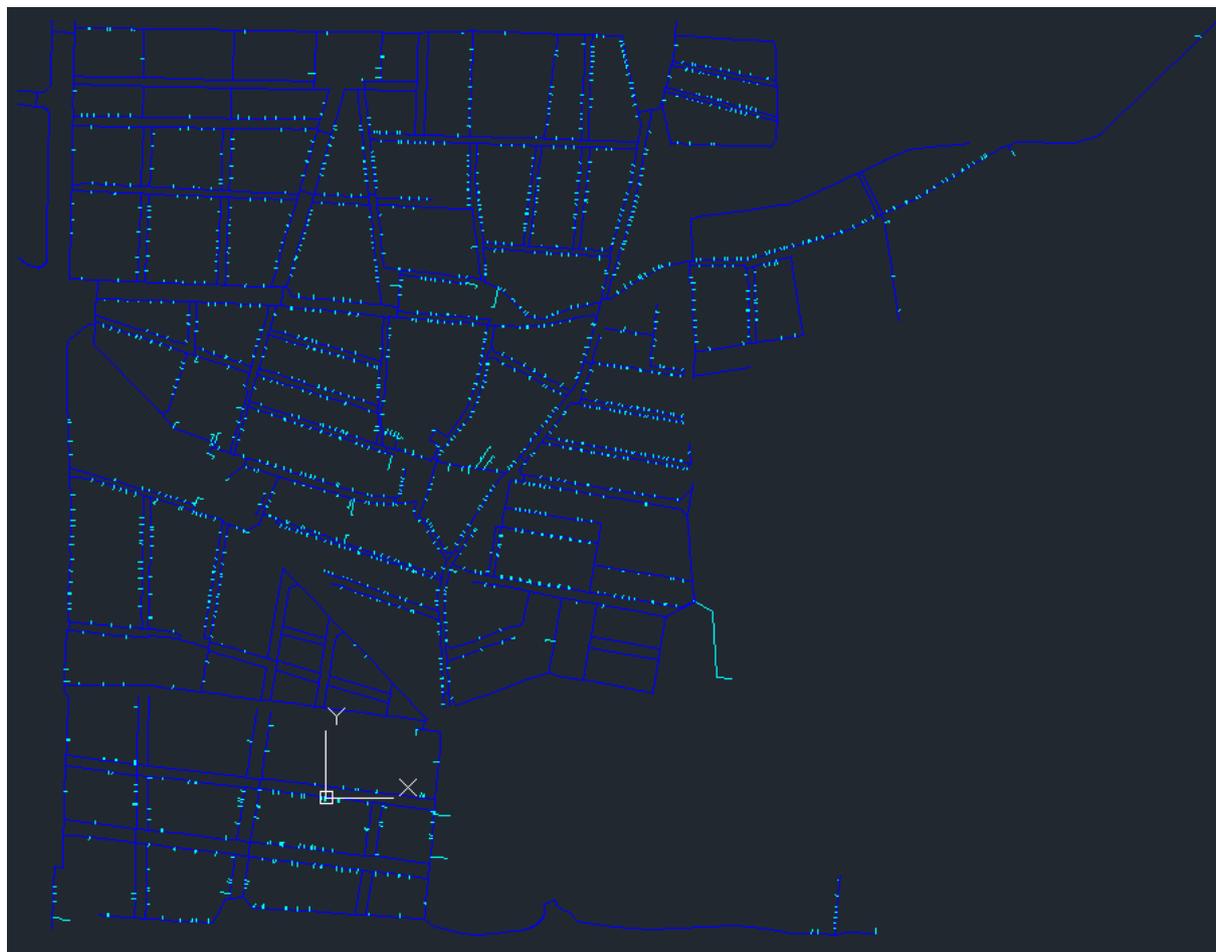
*Ilustración 4. Mapa inicial tras conversión de PDF a Autocad*



*Ilustración 5. Mapa final tras remodelaciones*

La **Ilustración 5** muestra la red con la que definitivamente se funcionará. Este mapa incluye el trazado de calles, edificios, carreteras y la red de agua.

Autocad permite separar en diferentes capas los diferentes trazados. Con ello se puede visualizar la capa de la red de aguas con la que se trabajará. En la *Ilustración 6* se puede ver dicha red.



*Ilustración 6. Red de agua mostrada en AutoCAD*

Se pueden ver dos capas, una azul y otra cian. La capa azul representa las tuberías principales mientras que la capa cian representa los abastecimientos particulares.

Autocad permite definir el mapa de la red pero no permite simular el modelo. Para ello se empleará el programa Epanet. Previamente se ha de realizar la conversión de Autocad a Epanet. Para ello se emplea el programa Epacad.

### **3.1.3. Exportación de la red a EPANET**

La red obtenida mediante Autocad no es legible por Epanet por lo que hay que convertirla en un formato apto para su lectura. El programa que se empleará es el Epacad. Para ello hay que exportar el archivo Autocad al formato dxf. Al introducirlo al Epacad, éste interpretará el archivo de forma matemática, es decir, leerá un conjunto de líneas y puntos los cuales el Epanet los definirá como tuberías y nudos.

El procedimiento con el Epcad es el siguiente. Al abrir el Epcad da las que se puede ver en la **Ilustración 7**.

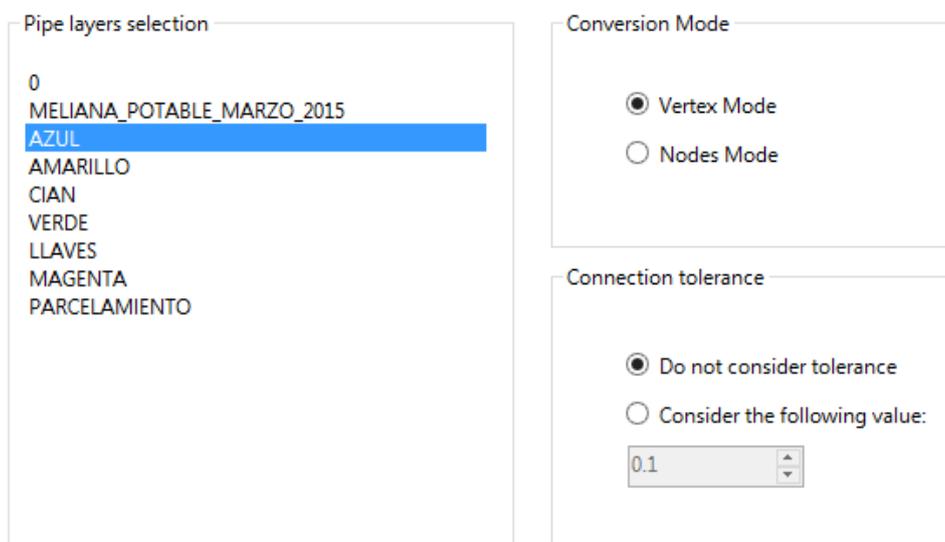


Ilustración 7. Programa EpaCAD

Se seleccionan las capas referentes a la red de abastecimiento de agua, en el presente caso son las capas azules y cian. En el modo de conversión se empleará el vertex mode. La diferencia entre el vertex y el nodes mode es que el vertex mode emplea las uniones de dos rectas diferentes, que convergen en el mismo punto, y el nodes mode coge todos los puntos donde una misma recta ha parado para tomar otra dirección. Se ha empleado el vertex mode pues interesan las uniones entre líneas, porque ahí habrá un abastecimiento, y no cuando una recta varía su dirección pues ello puede deberse a una limitación geográfica y no a un abastecimiento.

Previo a explicar qué capas seleccionar en el Epcad, hay que explicar cómo funciona la conversión y cómo están las tuberías definidas en el presente modelo para así poder tomar una decisión. Para definir el diseño de la red hay dos opciones, trazar una línea recta con inicio y fin total y sobre ésta situar todos los puntos de abastecimiento o, segunda opción, trazar una poli línea con puntos de parada de por medio hasta llegar al fin.

La diferencia de estas dos opciones que en el primer método el Epanet entiende que los abastecimientos no corresponden a la tubería sobre la que se encuentran. Entiende que son nudos que están geográficamente ahí situados pero no forman parte de la tubería principal. En cambio, en el método dos, cada corte es entendido como un nudo.

En el presente caso, como todas líneas del abastecimiento no son poli líneas, sino líneas rectas, representadas en la capa azul con sus correspondientes abastecimientos, representados en la capa cian, se empleará el método uno. Esto tiene dos consecuencias, una inmediata que es a la hora de convertir el archivo de Autocad a Epanet y otra a la hora de definir abastecimientos. La primera consecuencia determina el futuro mapa con el que se trabajará, por ello es importante definir correctamente este paso. La segunda consecuencia se dará en el momento de asignar las demandas, lo cual se verá en el apartado "3.2.2 Nudos de la red". A continuación se presentan diferentes modelos en la conversión.

En el **Mapa 2** se ha realizado la conversión empleando el "nodes mode" con las capas azul y cian. El **Mapa 3** muestra las mismas capas pero mediante el "vertex mode". Se puede apreciar una pequeña disminución de nudos, pero no es suficiente. Por último, en el **Mapa 4**, se muestra la conversión con la capa azul empleando el "vertex mode".

El **Mapa 4** será el que finalmente se emplee para realizar la simulación. El diseño queda finalmente definido con 555 tuberías y 410 nudos.



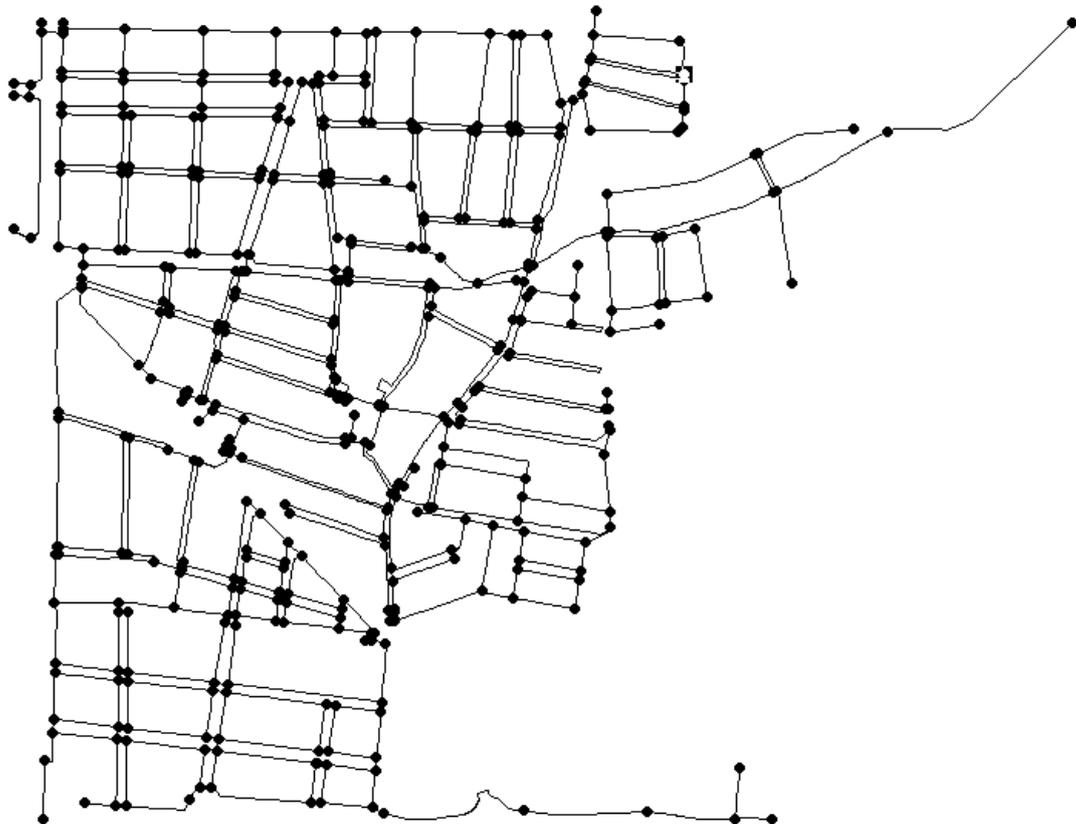
*Mapa 2. Red de distribución con las capas azules y cian con nodes mode*

La capa cian no es funcional pues Epanet no detecta dichos nudos conectados a la tubería principal. Esto propicia que existan nudos sueltos que no contribuyen a la red que están ensuciando el mapa.

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.



Mapa 3. Red de distribución con las capas azul y cian con vertex mode



Mapa 4. Red de distribución con la capa azul con vertex mode

### 3.1.4. Conectividad de la red

El modelo definido toma una calle como una tubería con un nudo inicial y final que definen el abastecimiento total de tubería que encierran.

Con el mapa obtenido se ha comprobado la conectividad de todos los nudos. El fin de esta comprobación se realiza porque, en caso de que no haya conectividad entre dos nudos, el caudal no puede circular, lo cual provoca que tenga que tomar otro camino y provocando grandes cambios en la red alejándolo del modelo real.

## 3.2. Caracterización hidráulica de los elementos

### 3.2.1. Suministro de la red

Tal y como se ha comentado previamente, el suministro de la red proviene de una tubería de 300mm de diámetro de fibrocemento que cruza a lo largo de todo el municipio. El punto de abastecimiento está en la zona sudeste, en el polígono de La Closa, en la intersección entre el Camino del Cementerio y la Calle Llanterners.

La presión de entrada del depósito es de 39mca y se mantiene constante a lo largo del día. Junto con una cota de 10mca, suma una altura total de 49mca.

$$H = z + \frac{P}{\rho \cdot g}$$

$$H = 10 + 39 = 49 \text{ mca}$$

### 3.2.2. Nudos de la red

Los nudos son las intersecciones entre una o varias tuberías. Contienen la información referente a demanda, altura piezométrica, presión y cota. La red tiene un total de 410 nudo. En el **Mapa 4** se puede ver el reparto de los nudos.

#### Altura total en un nudo

La altura de un punto se rige por la ecuación de Bernouilli:

$$H = \frac{v^2}{2 \cdot g} + z + \frac{P}{\rho \cdot g}$$

Esta ecuación está formada por 3 términos: Velocidad, cota y presión respectivamente. La suma de todos ellos da la altura total en nudo. En la **Tabla 2** se muestra el orden de magnitud para cada término.

Término	Orden de magnitud
Velocidad	0 a 2.5
Cota	8 a 22
Presión	20 a 40

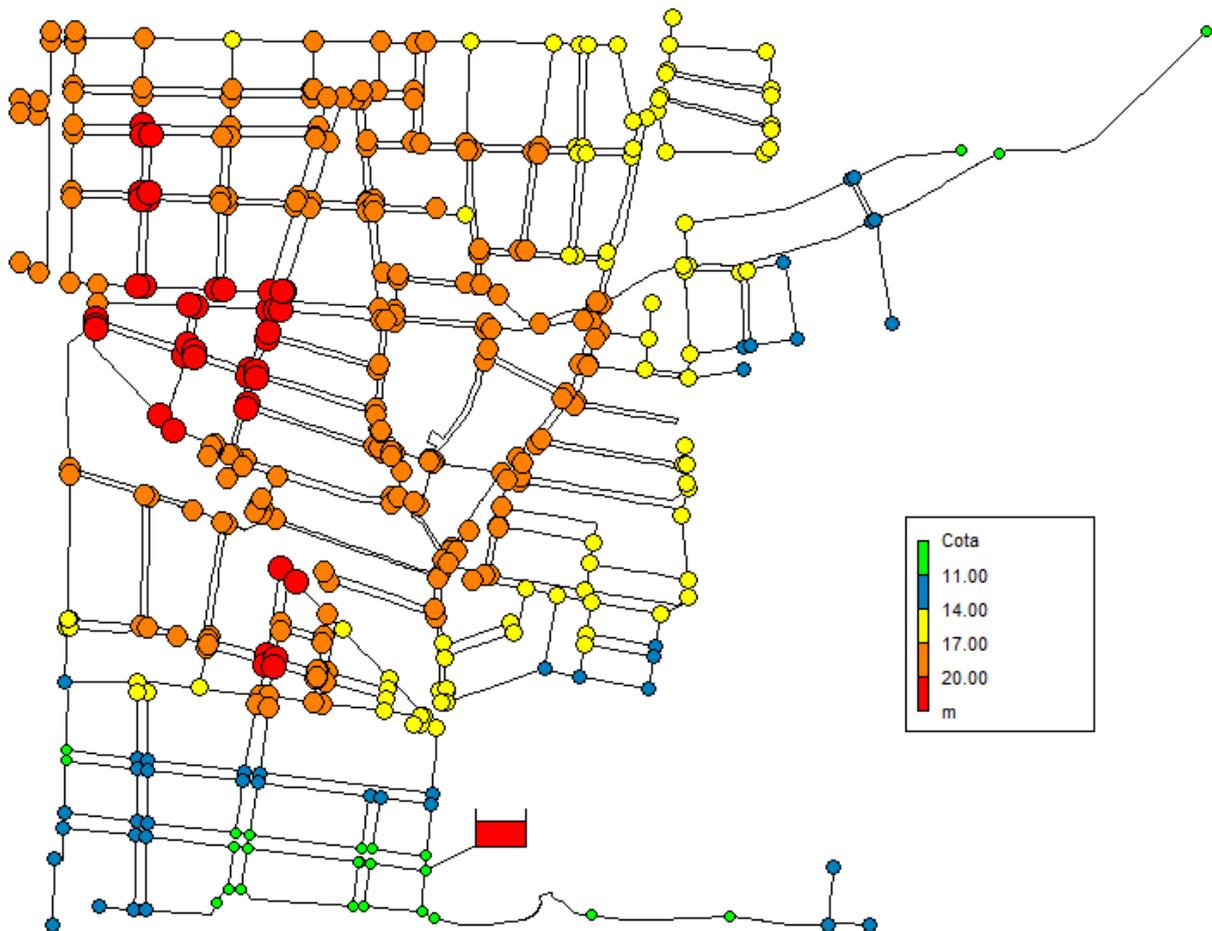
Tabla 2. Orden de magnitud (en mca) para los términos de a ecuación de Vernouilli

Puesto que la velocidad tiene un valor del orden de 10 veces menor a los otros dos, se considera despreciable quedando la ecuación como:

$$H = z + \frac{P}{\rho \cdot g}$$

### Cota

La cota es un factor constante pues depende de la localización geográfica del nudo. En cambio, tanto presión como velocidad, dependen de más factores que se irán viendo a lo largo del trabajo. Para definir las se ha empleado el programa Google Earth. Meliana presenta una oscilación con cotas que varían entre los 9 y los 22 metros sobre el nivel del mar. En el **Mapa 5** se puede observar la distribución de cotas.



Mapa 5. Cotas de los nudos (en mca)

## Demanda

La demanda de agua es el volumen, en cantidad y calidad, que los usuarios están dispuestos a adquirir para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo. Se encuentra condicionada por factores como el precio de los servicios, el nivel de renta, el tipo de actividad, la tecnología u otros (Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.)

Dentro de los usos del agua pueden distinguirse el abastecimiento a poblaciones, el agrario, los usos industriales y energéticos, la acuicultura, los usos recreativos la navegación y el transporte. En Meliana se puede encontrar población, industria y huerta. Población e industria comparten la red de abastecimiento. La industria no es pesada, no se requieren grandes volúmenes de agua.

El regadío de la huerta proviene de la **Acequia Real de Moncada** y es independiente de la red de suministro de agua para la población. Esta acequia que se deriva en tres acequias principales (brazos), denominados: *De la Plaza, Xinxoler y Butifarra*. Existen así mismo, varios pozos de riego.

La demanda a lo largo del día no es constante, es variable dependiendo de la hora. Para trabajar en Epanet se va a simular una demanda constante a lo largo del día la cual se multiplicará por unos valores para ajustarlo a la demanda actual. Estos valores los proporciona la curva de demanda. Esta curva se obtiene de dividir el caudal que existen en un determinado momento por el caudal medio a lo largo del día.

$$\text{Demanda actual} = \text{Demanda base} \cdot \text{Valor de la curva de modulación (t)}$$

Los valores de la curva de modulación (CDM) se verán en apartados posteriores. Se tendrá en cuenta que cuando la demanda de caudal es alta la  $CDM > 1$  y cuando la demanda es baja  $CDM < 1$ .

### 3.2.3. Tuberías de la red

En el *Inventario de la red*, apartado de *Tuberías*, se han nombrado los tipos de materiales que forman nuestra red, los diámetros y el reparto de las tuberías a lo largo del municipio. En este apartado se procede a estudiar cómo Epanet analiza a las tuberías para ver cómo se comportará el modelo no solo al inicio sino ante cualquier cambio.

Epanet analiza las tuberías mediante la ecuación de Darcy-Weisbach, una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica " $h_f$ ", o pérdida de presión, debido a la fricción del fluido a lo largo de una tubería dada (Martínez, 2001).

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

Siendo:

f: Factor de fricción [Adimensional]

L: Longitud de la tubería [m]

V: Velocidad a la que circula el caudal [m/s]

D: Diámetro de la tubería [m<sup>2</sup>]

Q: Caudal circulante por la tubería [m<sup>3</sup>/s]

g: Constante de la gravedad. 9.81[m/s<sup>2</sup>]

Las pérdidas de carga juegan un papel muy importante puesto que reducen la altura del fluido a lo largo de la tubería y ello provoca bajadas de presiones. A continuación se muestra en forma de ejemplo cómo afectan las pérdidas a una tubería.:

Se supone una tubería con inicio "i" y fin "f". La altura final se rige por la siguiente ecuación:

$$H_f = H_i - h_f$$

Debido a las pérdidas, la altura a la salida de la tubería no será igual a la entrada, será menor. Una vez se simule el comportamiento de la red, se analizarán los valores de las pérdidas. En caso de tener pérdidas muy altas habrá que modificar alguna tubería para reducirlas.

A continuación una breve explicación de los factores que componen la ecuación para saber en qué medida afectan:

### *Diámetro*

Los diámetros van a ejercer una gran influencia a lo largo del desarrollo del trabajo. Tienen una gran relevancia en la ecuación pues va elevado a la quinta.

En el análisis hay que tener en cuenta que unos diámetros pequeños incrementarán las pérdidas lo cual puede impedir alcanzar las presiones deseadas. Cuanto mayores sean éstos, menores serán las pérdidas de carga. Aun así, en el diseño de la red, hay que tener en cuenta que cuanto más grande sea el diámetro de la tubería, más caro es por lo que utilizar diámetros excesivamente grandes puede encarecer mucho la red.

### *Caudal y velocidad*

El caudal y la velocidad van ligados; el fluido recorre la tubería con una velocidad y, si se multiplica por el área de la tubería se obtiene el caudal.

Una baja velocidad provoca bajas caídas de presión. Cuanto más alta sea la velocidad, más grandes serán las pérdidas. Los valores más correctos de velocidad por tuberías es de 1 a 2.5 m/s.

### *Factor de fricción*

El factor de fricción es un es un parámetro adimensional que permite calcular la pérdida de carga en una tubería debido a la fricción.

El cálculo del factor de fricción y la influencia de dos parámetros (número de Reynolds Re y rugosidad relativa  $\epsilon_r$ ). Depende del régimen de flujo. La red trabaja con flujo en régimen turbulento.

Tubería	Factor de fricción "f"
<b>Fibrocemento</b>	0.11
<b>Polietileno</b>	0.05

*Tabla 3. Factor de fricción (adimensional)*

## 4. Carga hidráulica del modelo

### 4.1. Introducción

Una vez definidos todos los elementos que van a estar en nuestra red, se procede al cálculo y definición de la misma. Puesto que el objetivo del trabajo es abastecer con agua a la población con las mejores condiciones. Para ello habrá que garantizar unas condiciones mínimas de presión. En este punto se dotará con demandas a los nudos y a continuación se simulará el modelo.

#### 4.1.1. Datos de partida

Desde ADV fue concedido un gráfico donde figura el volumen de entrada por cada hora del día para los meses de Junio y Marzo, máximo y menor consumo correspondientemente. Se considera Junio como Verano y Marzo como invierno. Se emplearán ambas terminologías.

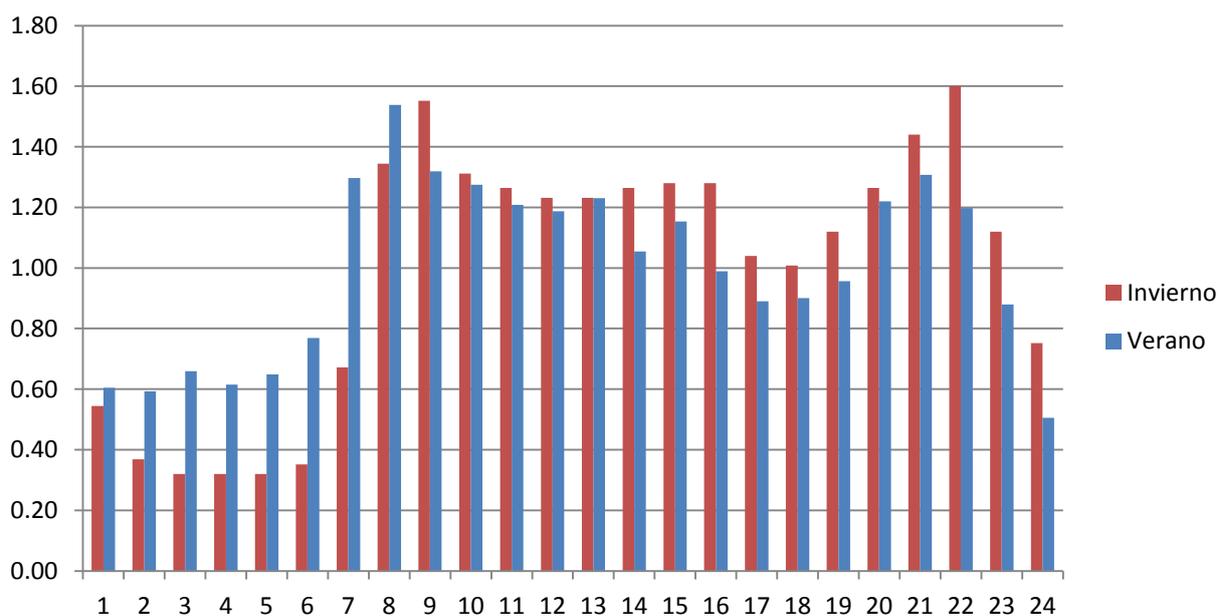


Ilustración 8. Curva de modulación, representa el  $Q/Q_{medio}$  en cada hora del día

A la curva mostrada en la **Ilustración 8** se le llama *curva de modulación*. Se obtiene de dividir el caudal que se tiene en un momento del día entre el caudal medio total del día. De esta manera se pueden conocer las horas de máxima y mínima demanda o, lo que es lo mismo, las horas de menor y mayor presión. Cuanto mayor sea el caudal que circula por la red, menor será la presión en la red y viceversa.

Con los datos obtenidos se han realizado los siguientes cálculos:

Hora [h]	V [m <sup>3</sup> ]		Curva de modulación	
	Marzo	Junio	Invierno	Verano
1	34	55	0.54	0.60
2	23	54	0.37	0.59
3	20	60	0.32	0.66
4	20	56	<b>0.32</b>	0.62
5	20	59	0.32	0.65
6	22	70	0.35	0.77
7	42	118	0.67	1.30
8	84	140	1.34	<b>1.54</b>
9	97	120	1.55	1.32
10	82	116	1.31	1.27
11	79	110	1.26	1.21
12	77	108	1.23	1.19
13	77	112	1.23	1.23
14	79	96	1.26	1.05
15	80	105	1.28	1.15
16	80	90	1.28	0.99
17	65	81	1.04	0.89
18	63	82	1.01	0.90
19	70	87	1.12	0.96
20	79	111	1.26	1.22
21	90	119	1.44	1.31
22	100	109	1.60	1.20
23	70	80	1.12	0.88
24	47	46	0.75	0.51

Tabla 4. Volumen inyectado en la red por hora para los meses de máximo y mínimo consumo

Con el volumen de entrada por hora es posible estimar los caudales medios a lo largo del día.

	Q medio [m <sup>3</sup> /día]	Q medio [m <sup>3</sup> /h]	Q medio [l/s]
<b>Marzo</b>	1500	62.5	17.36
<b>Junio</b>	2184	91	25.28

Tabla 5. Caudal medio para verano e invierno

Al ser la población total de 10.000 habitantes, el consumo por habitante es de:

	Q medio [l/día/hab]	Q medio [l/h/hab]	Q medio [l/s/hab]
<b>Marzo</b>	150	6.25	$1.736 \cdot 10^{-3}$
<b>Junio</b>	218.4	9.1	$2.528 \cdot 10^{-3}$

Tabla 6. Caudal medio por habitante

## 4.2. Simulación del comportamiento de la red

En este apartado se realizan las primeras simulaciones de la respuesta del modelo. Se trabajará con los siguientes casos: invierno en hora y verano en hora punta. Estos casos son lo más desfavorables pues coexistirán las presiones más altas y las más bajas respectivamente.

Cabe recordar que el objetivo es asegurar una presión adecuada en la red y dar un servicio de calidad. Para ello la presión mínima debe ser de 25 mca, que es la presión mínima de servicio que la compañía de agua debe entregar a los usuarios para poder asegurar presión adecuada en todos los abastecimientos, y la máxima de 35 mca, para evitar tener fugas a lo largo de la red.

Como no se dispone de los datos reales del consumo de agua en la red, no se puede simular el modelo real por lo que se va a realizar iteraciones en las demandas sean cada vez más cercanas a la realidad.

El dato de partida para la demanda se basa en la curva de modulación. Con ella se puede conocer el volumen inyectado a la red a lo largo del día pero proporciona un valor de consumo laminar, es decir, muy constante a lo largo del día. Esto no siempre se cumple, hay veces que todos los grifos están cerrados y veces que todos están abiertos provocando momentos de presiones mínimas y situaciones más desfavorables que no se va a considerar pero que habrá que tener en cuenta que se pueden dar.

En la simulación del modelo se realizarán 3 iteraciones en las que se considerarán diferentes repartos en la demanda para acercarse más a la realidad.

Se estudia cada simulación con el fin de ver cuánto evolucionan los modelos y si varían mucho los resultados obtenidos de uno a otro para analizar si merece la pena hacer modelos complejos cuando con modelos simples se puede obtener un acercamiento a la realidad más que suficiente. Las características de los escenarios modelados son las siguientes:

- En el *primer escenario* se dota a todos los nudos con la misma demanda. No es un modelo real pues no se consume de la misma forma en el centro de la población que en la periferia. Con este modelo se pretende realizar una primera simulación entorno a los valores de presión en los que se mueva la red y, así, comprobar si hay fallos en la red.
- En el *segundo escenario* se hace un reparto por longitud de tubería. Es un modelo más cercano a la realidad sobretodo en zonas de redes malladas.
- En el *tercer escenario* se realizan algunas variaciones en las demandas para dotar de más demanda a los núcleos de la población más densos y eliminar caudal de la periferia.

En cada escenario se analizarán valores medios, mínimos y máximos de las presiones, las velocidades, los caudales y las pérdidas, para los casos más desfavorables, verano hora punta e invierno hora valle. Así mismo, cada escenario irá acompañado de sus correspondientes resultados en forma de tablas y gráfica para tener una visión más global de los resultados.

### 4.2.1. Escenario 1: Carga hidráulica con demandas constantes

En este primer modelo se va a dotar a todos los nudos con la misma demanda. En la *Tabla 7* se puede ver la demanda por nudo en litros por segundo para cada caso.

	Caudal [l/s/nudo]		CDM			Caudal [l/s/nudo]
<b>Verano</b>	0.062	*	Hora punta:	1.54	=	0.09548
<b>Invierno</b>	0.042	*	Hora valle:	0.32	=	0.01344

*Tabla 7. Demanda por nudo para verano hora punta e invierno hora valle (en l/s/nudo)*

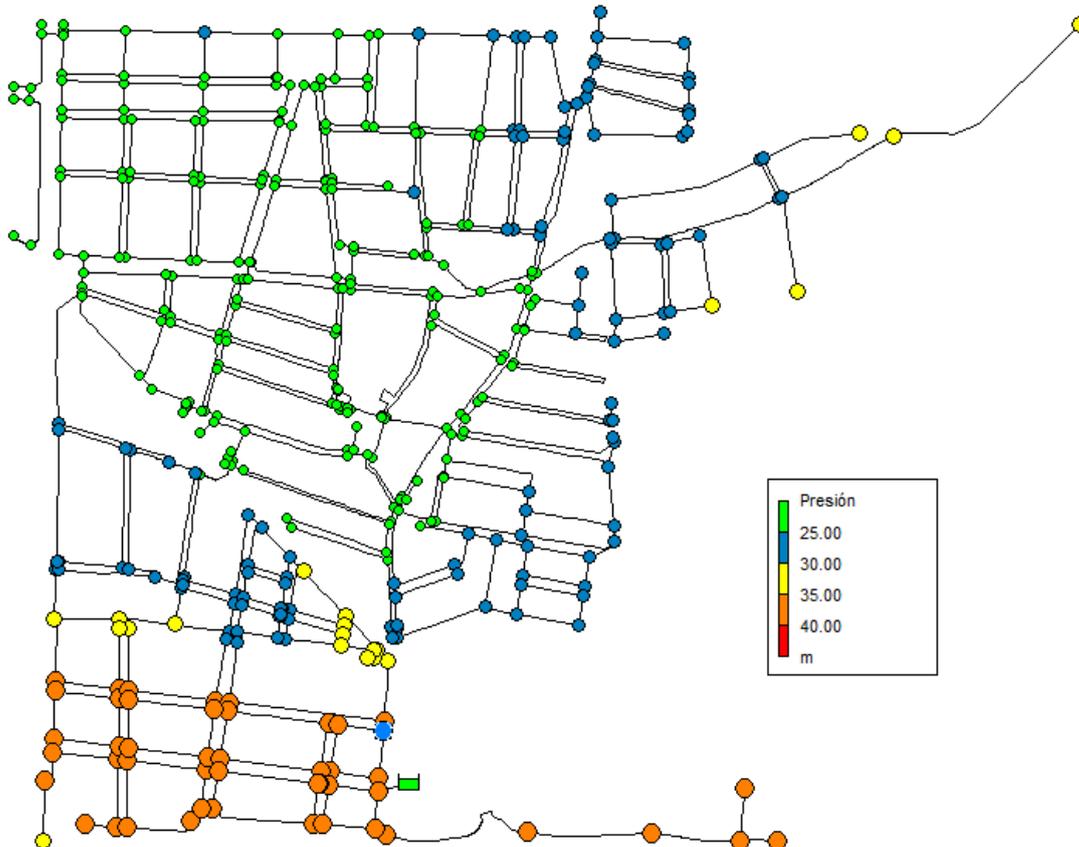
### Presiones

La presión es el factor que garantiza la calidad en el abastecimiento. En la *Tabla 8* se puede ver un resumen de las presiones en la red:

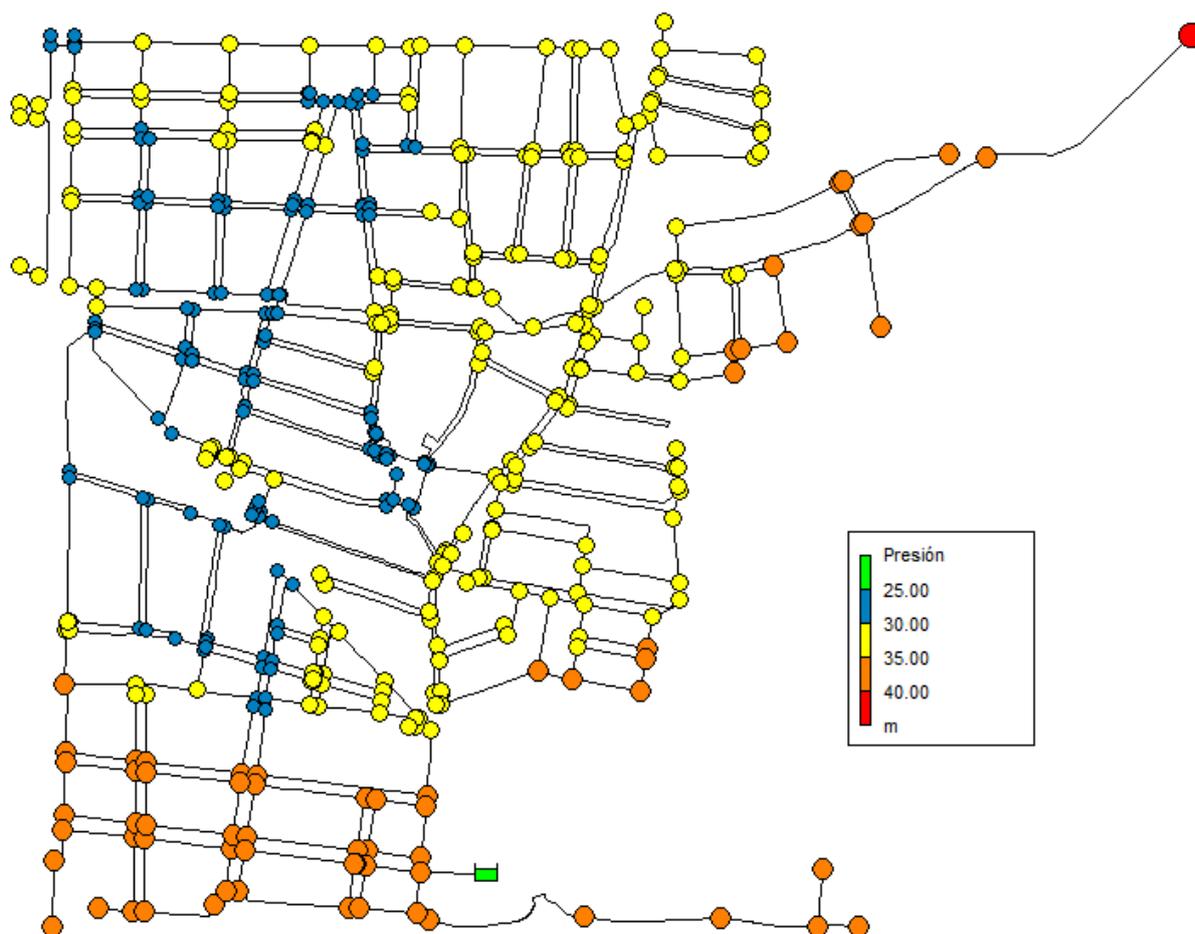
	Mínima	Máxima	Media	% P<25mca	%P>35mca
<b>Verano</b>	20.12	38.77	26.70	52.44 %	11.46 %
<b>Invierno</b>	26.81	40.8	32.41	0.00 %	16.59 %

*Tabla 8. Presiones (en mca)*

Para poder garantizar un correcto servicio se debe garantizar en todos los nudos al menor una presión de 25 mca. En verano hora punta se tiene un 52.44 % de presiones por debajo de los 25 mca. Por otro lado, en la hora de mínima demanda de invierno existen presiones altas que pueden producir fugas en la red o incluso un desgaste en las tuberías que pueden provocar roturas.



*Mapa 6. Presiones en verano hora punta (en mca)*



Mapa 7. Presiones en invierno hora valle (en mca)

En los mapas anteriores se puede observar el reparto de presiones a lo largo del municipio para los dos casos planteados.

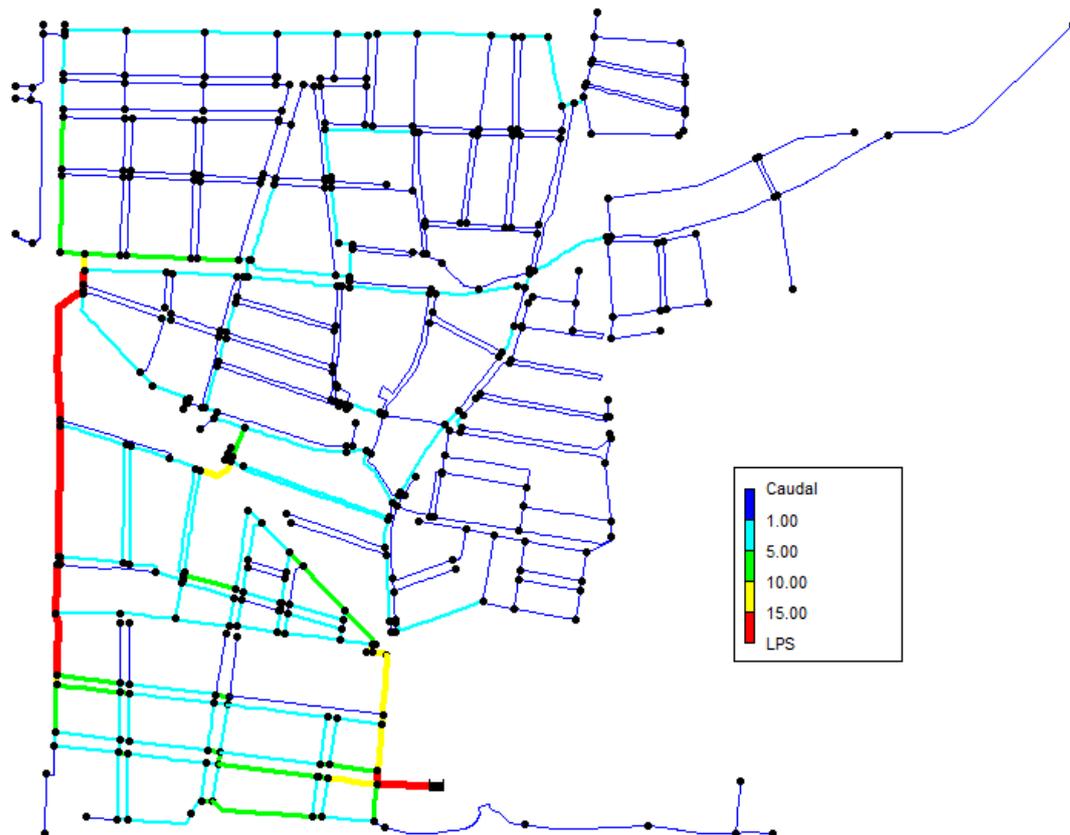
Puede apreciarse que en verano hora punta las presiones son menores. Ello es debido a que hay un mayor caudal inyectado en la red. El tener las presiones por debajo de 25 mca puede ocasionar problemas de presión. Este problema puede estar relacionado con una asignación de demandas errónea.

Con la finalidad de deducir por qué hay presiones bajas en verano hora punta, se van a estudiar las pérdidas unitarias así como los caudales y velocidades que circulan por la red.

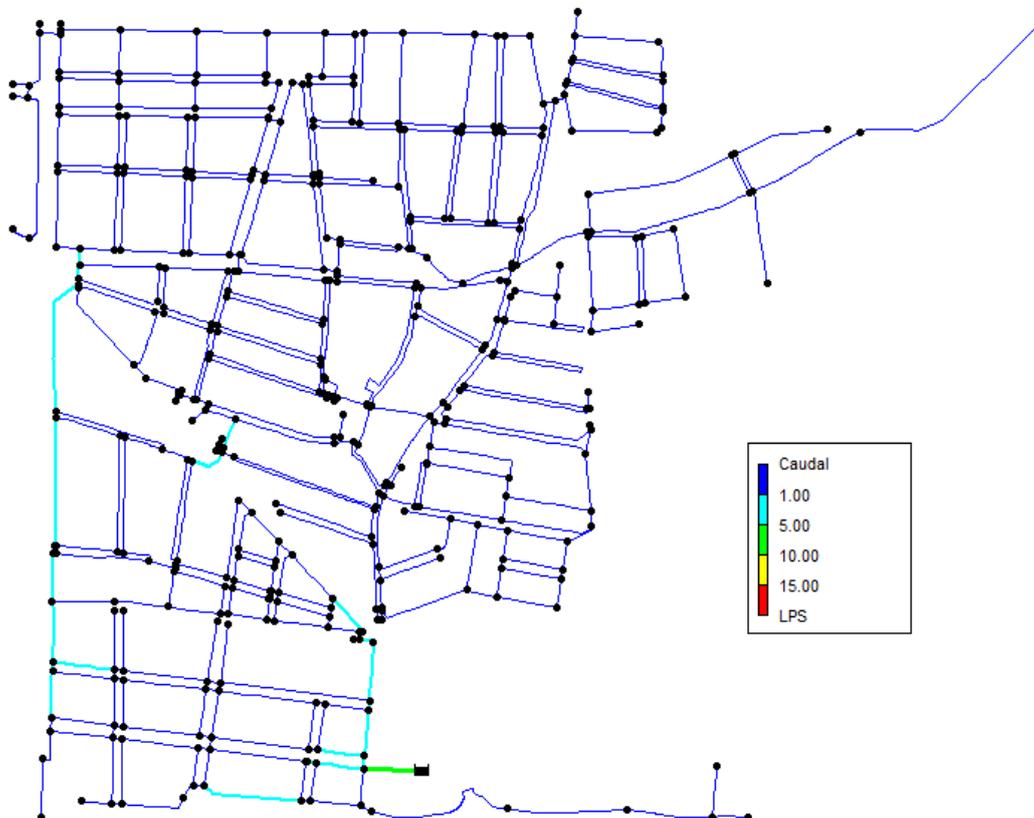
### Caudales

Como ya se vio en la ecuación de D-W, en la que un diámetro de tubería pequeño puede provocar grandes caídas de presiones en caso de un aumento de caudal, se va a analizar el caudal que circula por la red.

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.



Mapa 8. Caudales (en litros por segundo) para verano hora punta



Mapa 9 Caudales (en litros por segundo) para invierno hora valle

Se puede observar en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, invierno hora valle, cómo al no haber un caudal circulante tan pequeño, no habrá problemas a la hora de manejar caudales, el mayor problema serán las sobrepresiones. A partir de este punto, el foco de atención se dará para el caso de verano hora punta.

Se puede observar que la tubería en color rojo al oeste del mapa es la que la mayor caudal circula a la zona norte de Meliana. Esto ocasiona grandes problemas a nivel de pérdidas en la red.

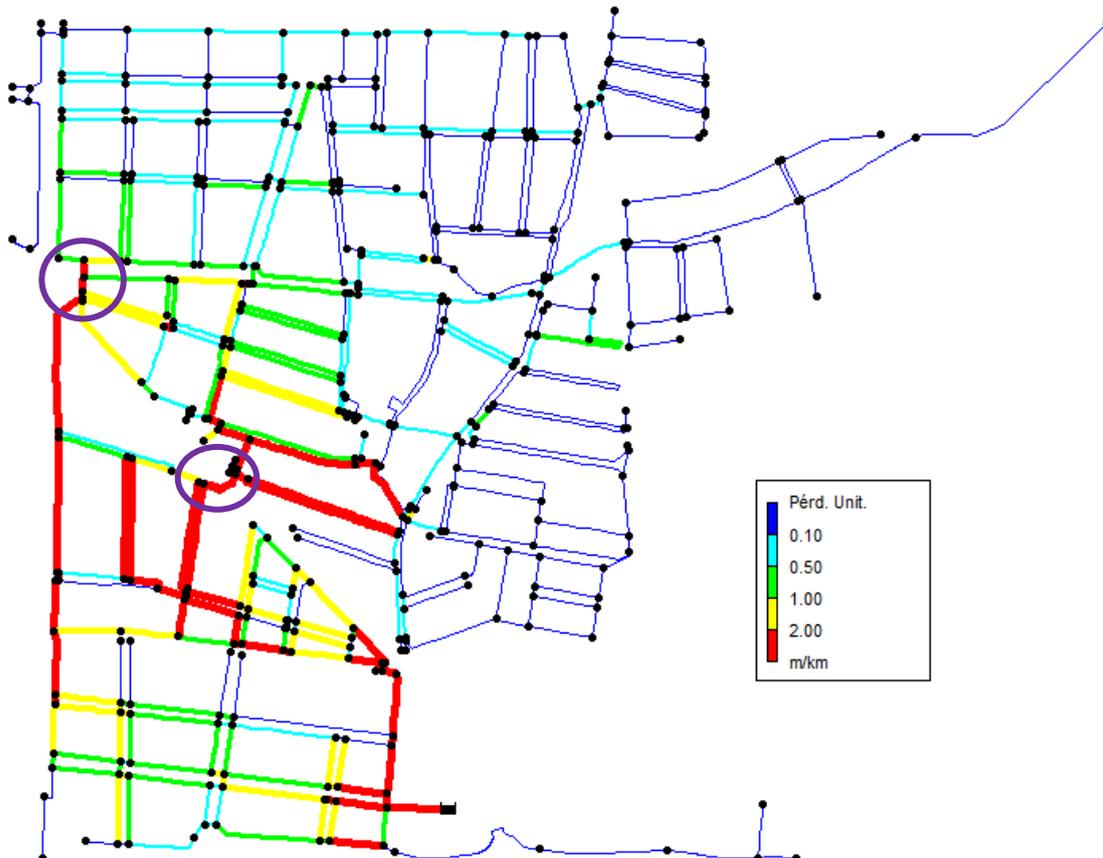
### Pérdidas unitarias

Las pérdidas unitarias son las pérdidas de presión a través de una tubería por cada metro recorrido por el fluido. Cuanto mayor sea la longitud de la tubería mayores serán las pérdidas. En la **Tabla 9** se puede observar una clara diferencia entre las pérdidas en verano e invierno. En verano el caudal circulante es mucho mayor provocando que en tuberías que transportan un gran caudal hayan mayores pérdidas. Aun así los valores son coherentes.

	Mínima	Máxima	Media
<b>Verano</b>	0	39.13	1.099
<b>Invierno</b>	0	1	0.030

Tabla 9. Pérdidas unitarias (en mca/km)

En el **Mapa 10** se pueden ver las pérdidas a lo largo de la red.



Mapa 10. Pérdidas unitarias (en mca/km) de tubería para verano hora punta

Observando el mapa anterior, se puede ver que son dos tuberías las que conducen el caudal a la zona centro-norte de Meliana siendo el punto de entrada el marcado por los círculos morados. Esta situación provoca grandes pérdidas a la red. Sin ir más lejos, la salida del depósito tiene una altura de 49mca mientras que en los círculos morados es de 42mca. Este reparto está introduciendo unas pérdidas considerables de 7 mca.

Puesto que los datos de los diámetros han sido confirmados desde la empresa ADV no se planteará cambiarlos pero si se podría plantear añadir más tuberías a la red, bien salientes desde el depósito a la zona norte o bien empalmando distintos puntos de la red.

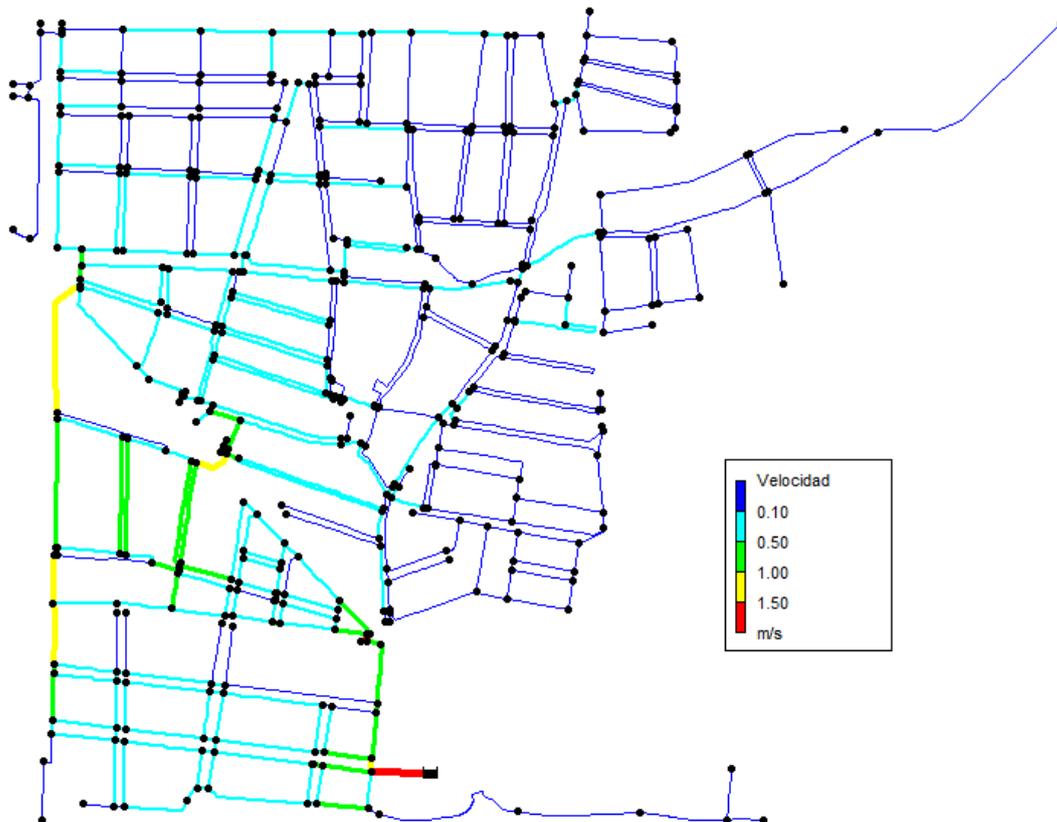
### Velocidades

La velocidad de circulación del caudal en una tubería puede producir mayores o menores pérdidas. Los valores aceptados son de 0.5 a 2.5 m/s. En la **Tabla 10** se resumen los valores de las velocidades mínimas, máximas y la media para los dos escenarios de tiempo considerados. Lógicamente en invierno a hora punta hay una menor velocidad porque hay mucho menos caudal circulando.

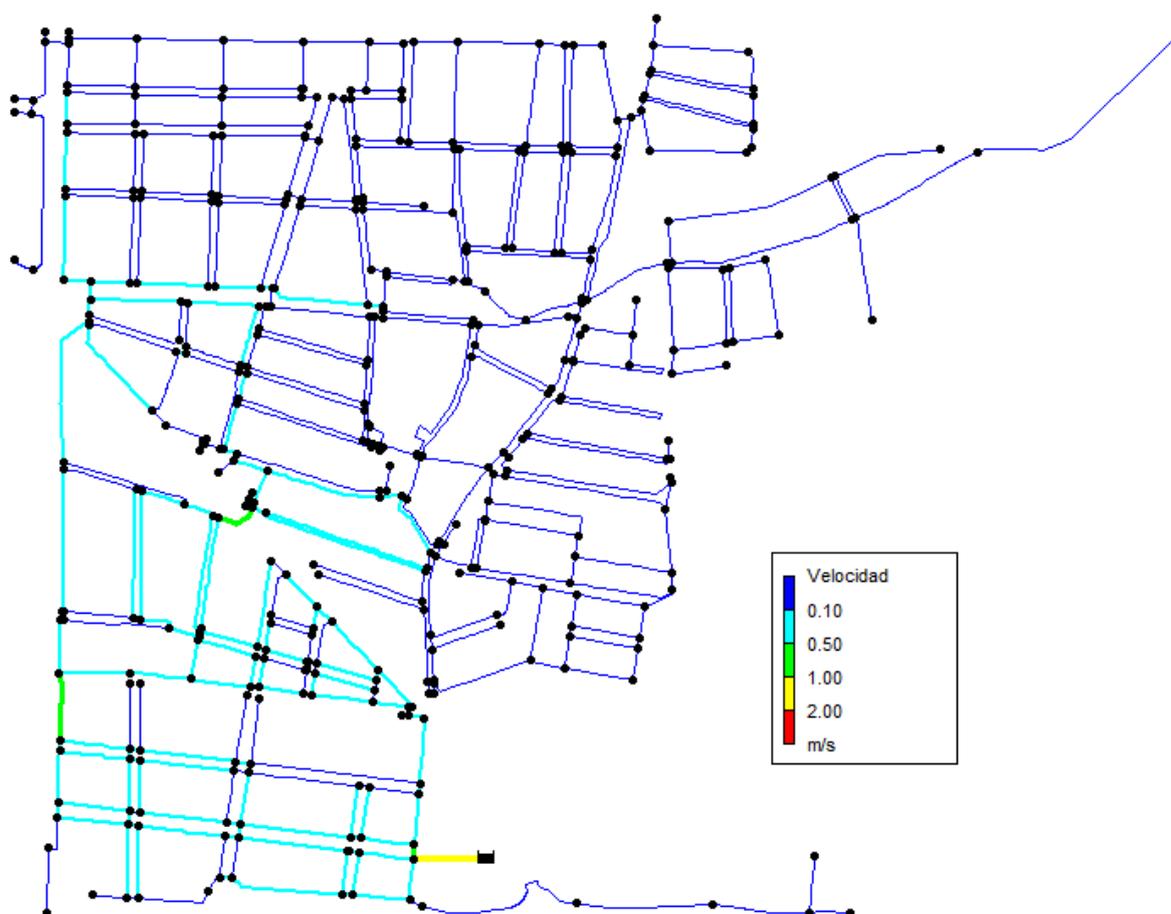
	Mínima	Máxima	Media
<b>Verano</b>	0	2.51	0.258
<b>Invierno</b>	0	0.35	0.0357

Tabla 10. Velocidades (en m/s)

Solamente se superan los 2.5m/s en una tubería, la de salida del depósito.



Mapa 11. Velocidades para verano en hora punta (en m/s)



Mapa 12. Velocidades para invierno en hora valle (en m/s)

Los mapas anteriores muestran la velocidad del fluido que circula a lo largo de las tuberías. Los márgenes en los que se mueve son correctos. Se puede apreciar en el **Mapa 12** una menor velocidad de circulación. Dicho efecto se debe a que hay una menor demanda y la red no tiene que transportar una gran cantidad de caudal. Lo contrario ocurre en el caso de verano en hora punta, el **Mapa 11**. Se puede apreciar un aumento en la velocidad de las tuberías que transportan caudal de la zona sur a la zona centro-norte del término. El caudal inyectado en este caso es mayor, ello también repercute en el aumento de las velocidades de circulación.

Previo a buscar soluciones para incrementar las presiones se procederá a observar la evolución de la red simulando los otros escenarios previamente nombrados. En dichos escenarios se van a realizar repartos de demanda más cercanos a la realidad. Si con ello no se consigue aumentar las presiones se plantearán otras soluciones.

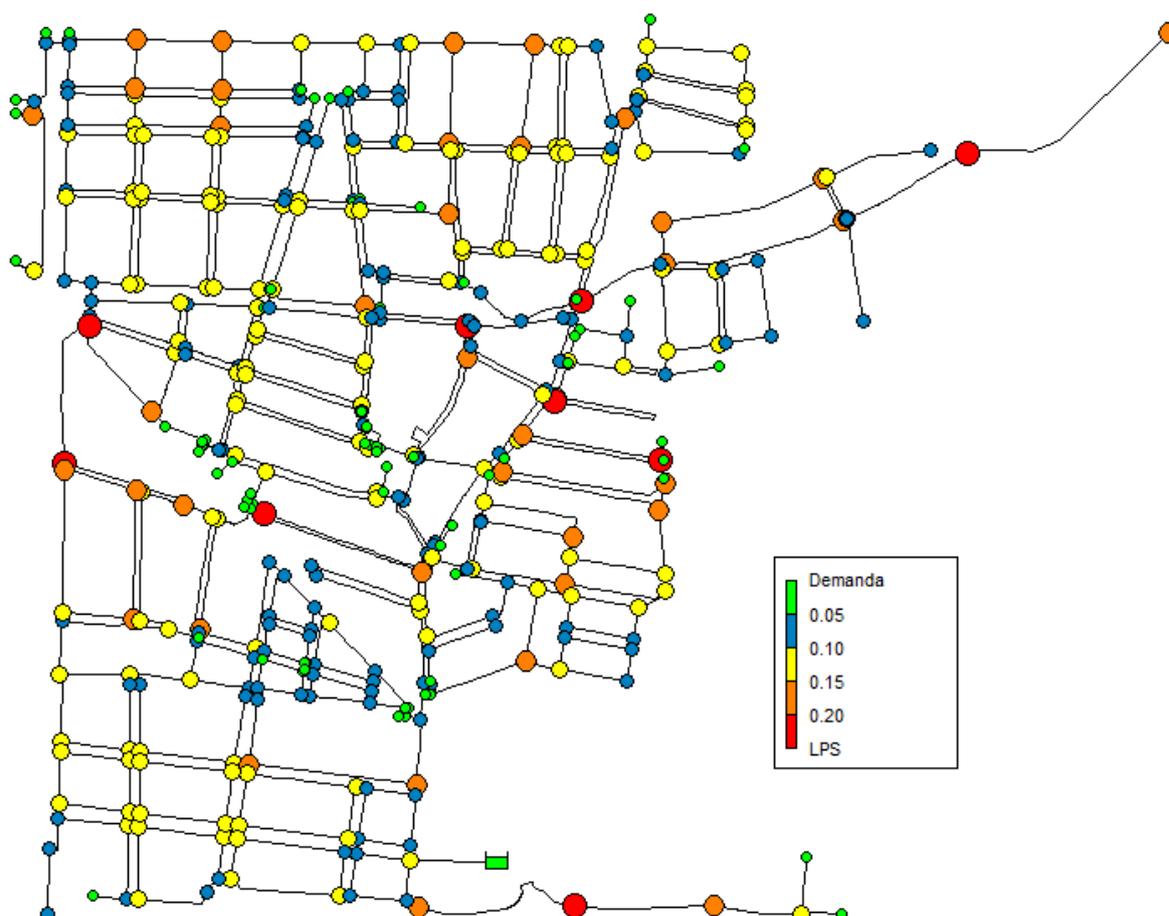
#### 4.2.2. Escenario 2: Carga hidráulica con demandas variables por longitud de tubería

En este apartado se va a realizar un reparto más equitativo de las demandas como posible solución para aumentar las presiones. Para ello se dotará a los nudos que encierren tuberías más largas con una mayor demanda.

Este método se adapta correctamente a nuestra red pues, como nuestra red no contempla un determinado número de abastecimientos por calle sino que por una tubería que cruza una calle se necesita aportar una demanda total, si se emplea un método que designe una mayor demanda cuanto mayor sea la longitud de la tubería, puede ser un modelo compatible.

Es una solución muy compatible para redes malladas donde prácticamente todas guardan la misma relación de edificios por calle, y por tanto de habitantes, pero en una red como la de Meliana donde hay zonas que no siguen una estructura mallada y se puede encontrar puntos alejados de la red donde solo hay un abastecimiento pero que por la lejanía de éste se interpreta que hay muchos más, puede provocar un asignaciones grandes de demanda donde no deberían de haber.

Puesto que en invierno hora valle solamente hay que enfrentarse a problemas de sobrepresiones y fugas, se estudiará este método para el caso de verano en hora punta.



Mapa 13. Asignación de demandas (en litros por segundo) en el escenario 2

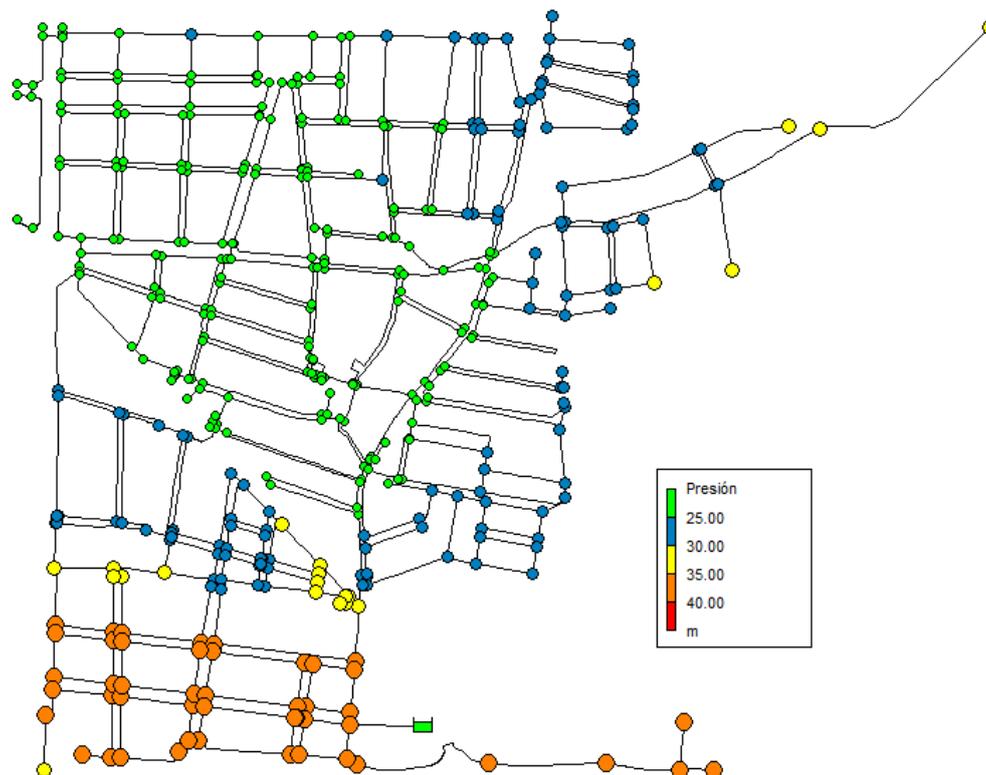
## Presiones

En la **Tabla 11** se muestran las presiones.

Mínima	Máxima	Media	% P<25mca	%P>35mca
20.16	38.77	26.74	52.20%	11.46%

Tabla 11. Presiones (en mca) para verano en hora punta

En el **Mapa 14** se puede ver la distribución de las presiones.

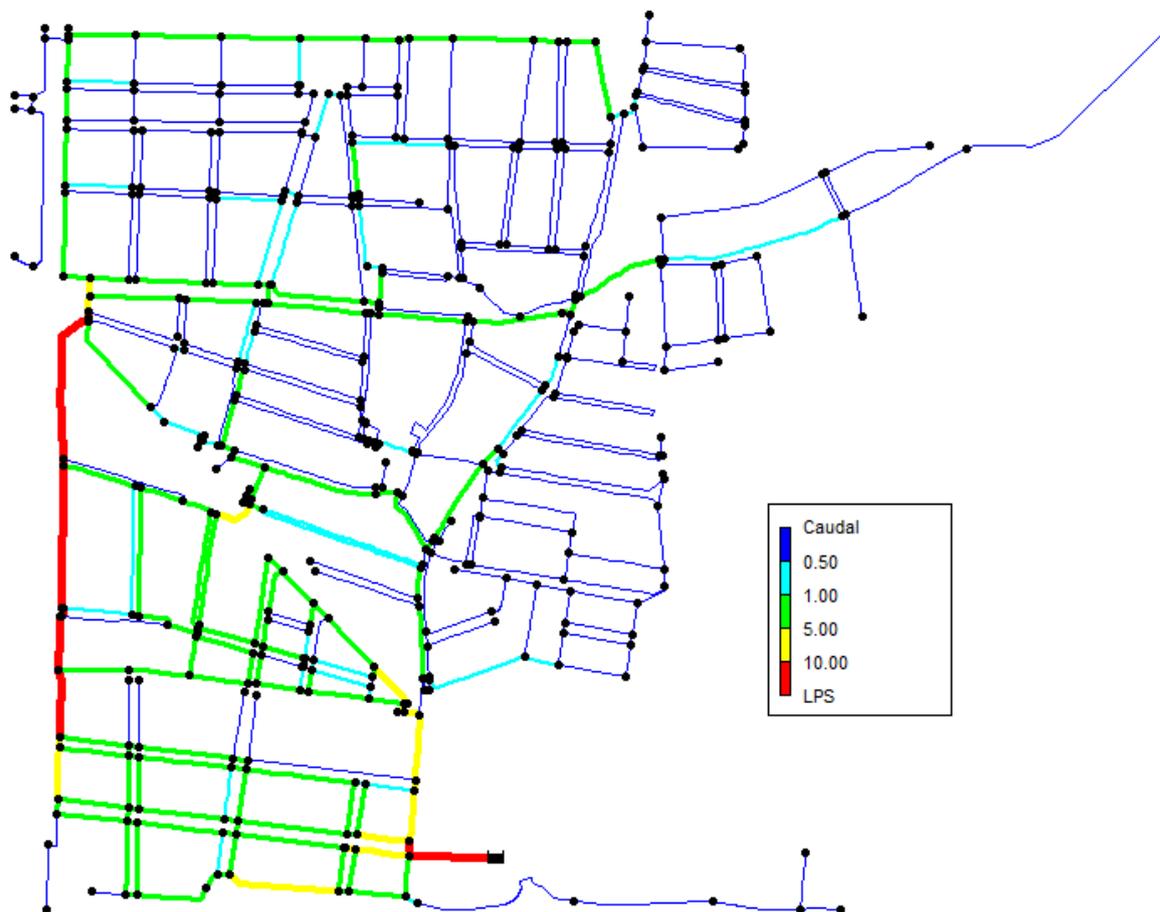


Mapa 14. Mapa de presiones (en mca) para el escenario 2

Esta asignación de demandas ha incrementado las presiones de forma muy ligera. La red todavía cuenta con zonas en las que la presión es inferior a los 25 mca.

## Caudales

El reparto de caudales a lo largo de la red se puede ver en el **Mapa 15**.



Mapa 15. Mapa de caudales para el escenario 2 (en litros por segundo)

Se puede observar cómo el caudal está repartido a lo largo de la red de una forma más equitativa. Ello provocará menores pérdidas unitarias. Aun así, todavía hay mucho caudal concentrado en las tuberías que conectan con la zona centro y norte del término.

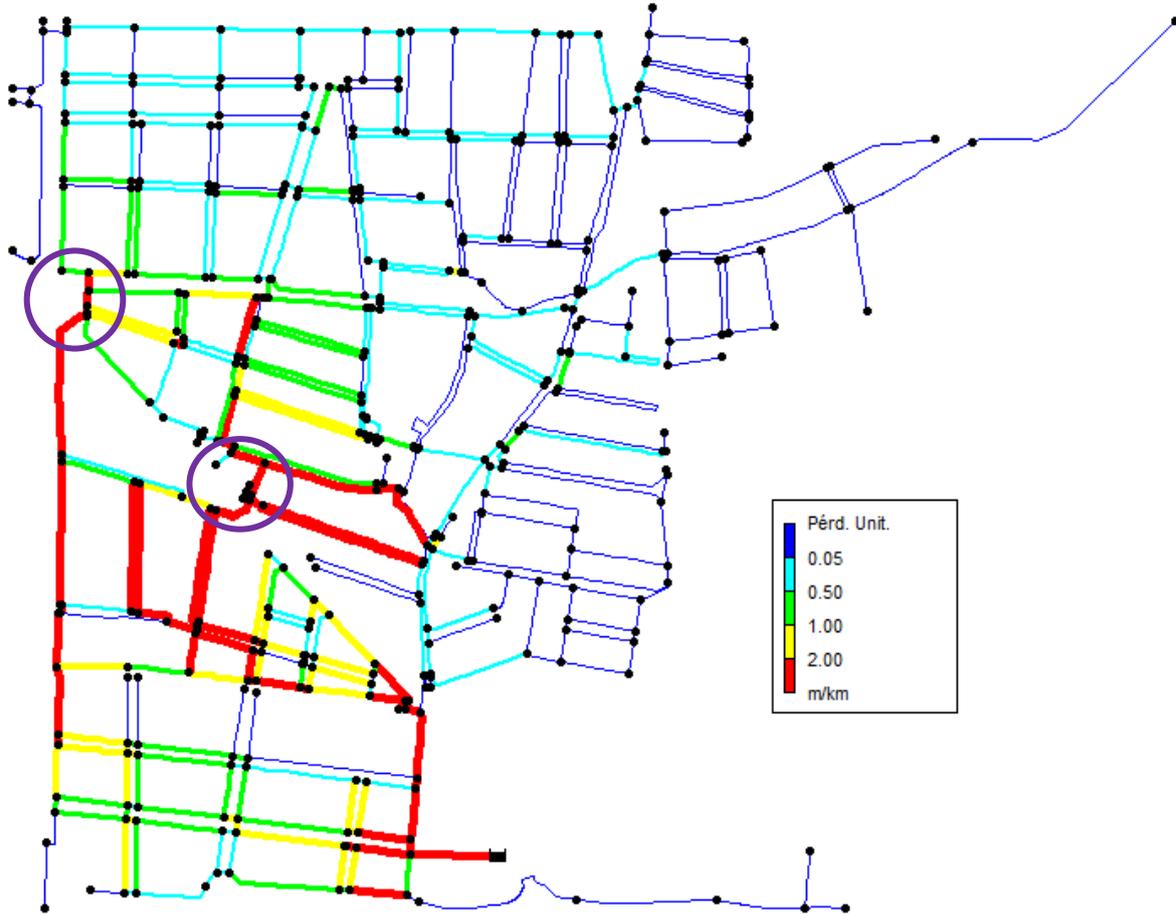
## Pérdidas Unitarias

En la **Tabla 12** se puede observar las pérdidas mínimas, máximas y media de la red.

Mínima	Máxima	Media
0	38.68	1.10

Tabla 12. Pérdidas unitarias (en mca/km tubería) con demandas variables por longitud de tubería

En el **Mapa 16**, que muestra las pérdidas unitarias con demandas variables por longitud de tubería para este escenario, si se compara con el **Mapa 10**, que muestra las pérdidas para el escenario 1, cabe destacar una notable reducción de pérdidas.



Mapa 16. Mapa de pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 2

En este caso la presión de entrada pasa a ser de 42.5 mca, 0.5 mca menor que con el reparto de demandas constantes.

### *Análisis de los resultados*

Tras realizar un reparto más cercano al real de las demandas se puede observar cómo las pérdidas se reducen a la par que aumentan las presiones. Aun así, la diferencia existe pero es tan pequeña que casi se podría tildar de despreciable.

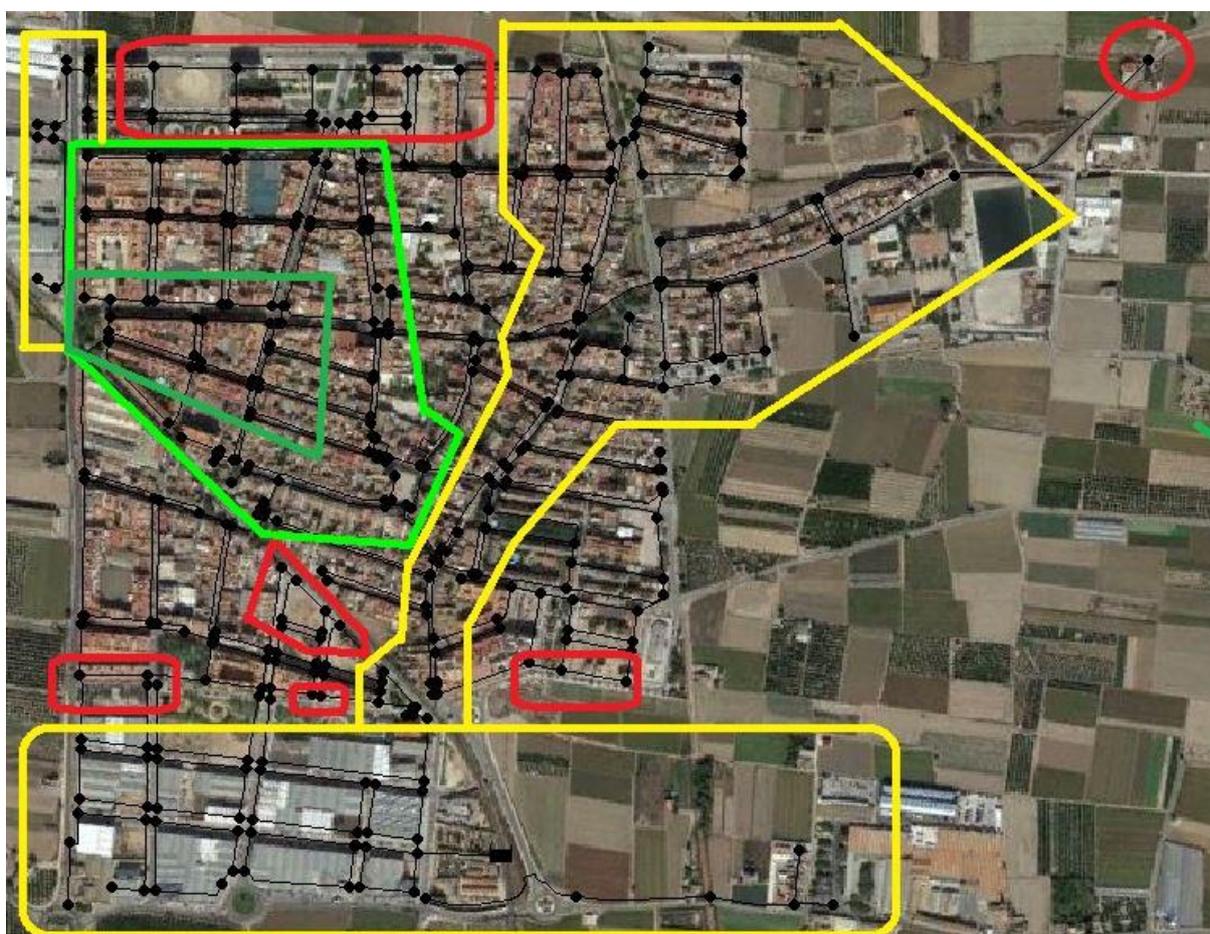
Con el fin de incrementar más las presiones, en el siguiente punto se realizará una asignación de demandas más cercanas al modelo real. Para ello se estudiará sobre el plano de Meliana y a todos aquellos nudos con menor densidad de población les disminuirá su demanda llegando a hacerla nulo en aquellos casos donde se vea claro que en esa zona no hay demanda.

### 4.2.3. Escenario 3: Carga hidráulica con demandas condicionadas a la densidad

Una vez las demandas han sido asignadas por longitud de la tubería se va a estudiar qué nudos requieren una mayor o menor demanda. Para ello se va a importar el mapa geotécnico de Meliana a Epanet y se situará la red sobre él. A todas aquellas zonas que se vean desiertas se les reducirá y/o eliminará la demanda para aumentar la presión en la red.

Mediante este método se está reduciendo el caudal de la periferia para llevarlo al núcleo urbano de la población donde el consumo de agua es mayor.

En siguiente mapa muestra la nueva asignación de demandas basada en un reparto por densidad de población.



Mapa 17. Asignación de demandas por densidad de población

Los nudos que se encuentran en la zona roja son todos aquellos que se encuentran en descampados y zonas en construcción. La zona amarilla delimita aquellos nudos donde el caudal consumido es menor debido a que son casas, no edificios donde la densidad de población es mayor. Por último, los nudos encerrados en la zona verde son todos aquellos donde habita la mayor parte de la población. Se trata de edificios y calles principales. La zona verde oscuro delimita una zona con mayor densidad de población.

La forma de proceder ha sido la siguiente, a los nudos rojos se les ha eliminado la demanda, a los amarillos se les ha dividido por la mitad y a la zona verde les ha sido multiplicado por tres medios.

La zona verde oscura cumple con la función de cumplir la ecuación de continuidad. Al actual modelo se le está inyectando en el instante que trabaja un caudal de 38.47 l/s. Al eliminar y reducir el caudal a los nudos se está inyectando un menor caudal en la red, por ello entre las zonas verde y verde oscura hay que aumentarlo hasta conseguir igualar al caudal inyectado real.

Una vez alcanzada esta situación, las demandas quedan asignadas de la siguiente forma:



Mapa 18. Demandas finales (en mca)

Se puede apreciar una mayor concentración de demandas en el núcleo urbano con mayor densidad de población.

## PRESIÓN

En la **Tabla 13** se pueden ver los datos más característicos de las presiones.

Mínima	Máxima	Media	% P<25mca	%P>35mca
19.86	38.8	26.53	53.41%	11.46%

Tabla 13. Presiones (en mca) con demandas variables y modificadas

Como se puede apreciar en el **Mapa 19**, las presiones no solo no han aumentado sino que han disminuido. Este revés en el incremento de las presiones, que se ha venido observando con el reparto del caudal con tendencia más hacia el real, puede deberse no solo a que se haya centrado sustancialmente en el centro de la población la mayor parte del volumen inyectado sino que, al quitar caudal a la zona sur más cercana al depósito y con mejor acceso y haberla distribuido a la zona norte, se está incrementando el caudal en las dos tuberías que comunican con el centro de la población provocando que las pérdidas de éstas aumenten considerablemente.



Mapa 19. Distribución de presiones (en mca) para el escenario 3

### Pérdidas Unitarias

La **Tabla 14** muestra las pérdidas unitarias mínimas, máximas y la media.

Mínima	Máxima	Media
0	38.42	1.12

Tabla 14. Pérdidas unitarias (en mca/km) con demandas variables y modificadas

En comparación con las pérdidas unitarias que se tenían en el apartado anterior, se han obtenido unas mayores. A continuación se hace un análisis de las pérdidas obtenidas y se comparan con el escenario 2.

#### 4.2.4. Comparación de pérdidas en el escenario 2 y 3

Para poder establecer diferencias se ha comparado todas las pérdidas unitarias de este caso con el anterior. A continuación se pueden ver las tuberías que han aumentado sus pérdidas para poder establecer soluciones en base a los resultados obtenidos.

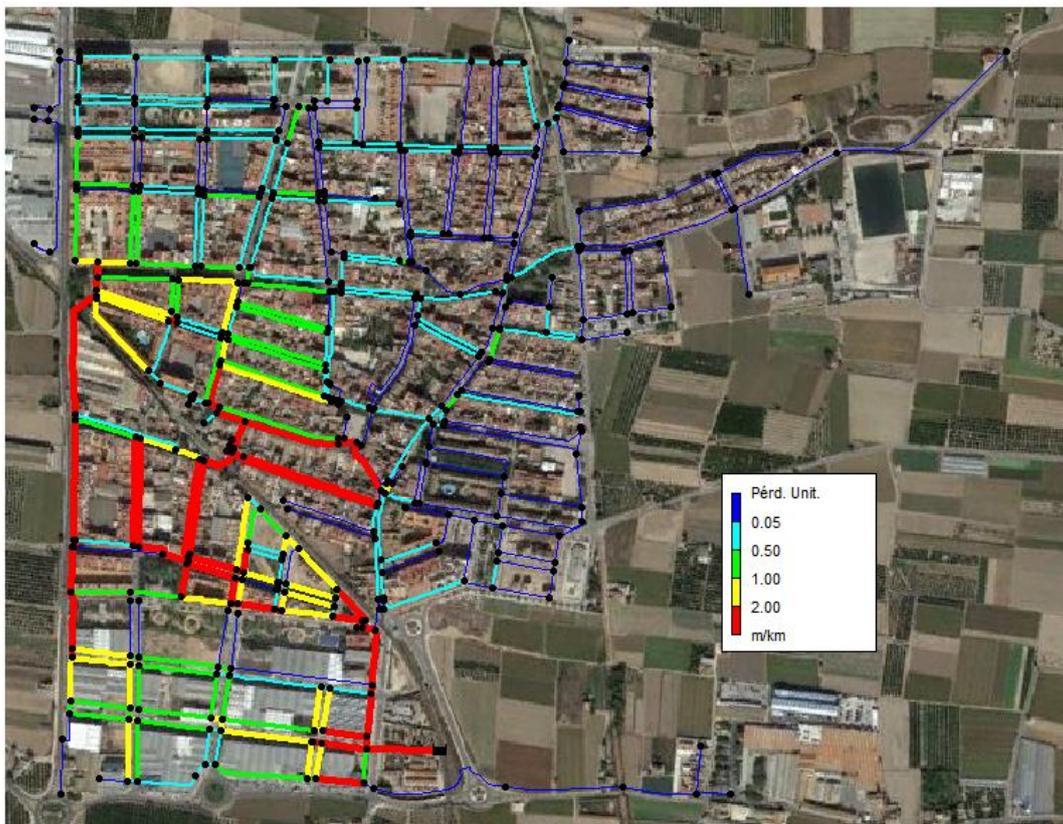
Si se suman las 535 primeras pérdidas unitarias, con el presente método se obtienen 0.8mca/km de pérdidas mayores en comparación con el método anterior. Pero, si se suman las siguientes 20 pérdidas restantes, es decir, las máximas, se obtienen los siguientes resultados:

Tubería	Escenario 3	Escenario 2	Diferencia	Porcentaje
167	7.32	6.8	0.52	7.65%
189	7.49	6.95	0.54	7.77%
217	7.96	7.55	0.41	5.43%
213	7.99	7.58	0.41	5.41%
165	8.6	7.92	0.68	8.59%
132	8.71	7.96	0.75	9.42%
163	9.55	8.83	0.72	8.15%
215	10.12	9.48	0.64	6.75%
162	10.52	9.73	0.79	8.12%
223	10.97	10.07	0.9	8.94%
180	11.49	10.19	1.3	12.76%
185	11.8	10.38	1.42	13.68%
225	11.99	11.72	0.27	2.30%
436	12.59	12.81	-0.22	-1.72%
420	13.42	13.64	-0.22	-1.61%
183	15.55	17.17	-1.62	-9.44%
188	19.69	18.19	1.5	8.25%
419	28.9	29.35	-0.45	-1.53%
555Embalse	37.84	38.68	-0.84	-2.17%
218	38.42	35.53	2.89	8.13%
	<b>290.92</b>	<b>281</b>	<b>10.39</b>	

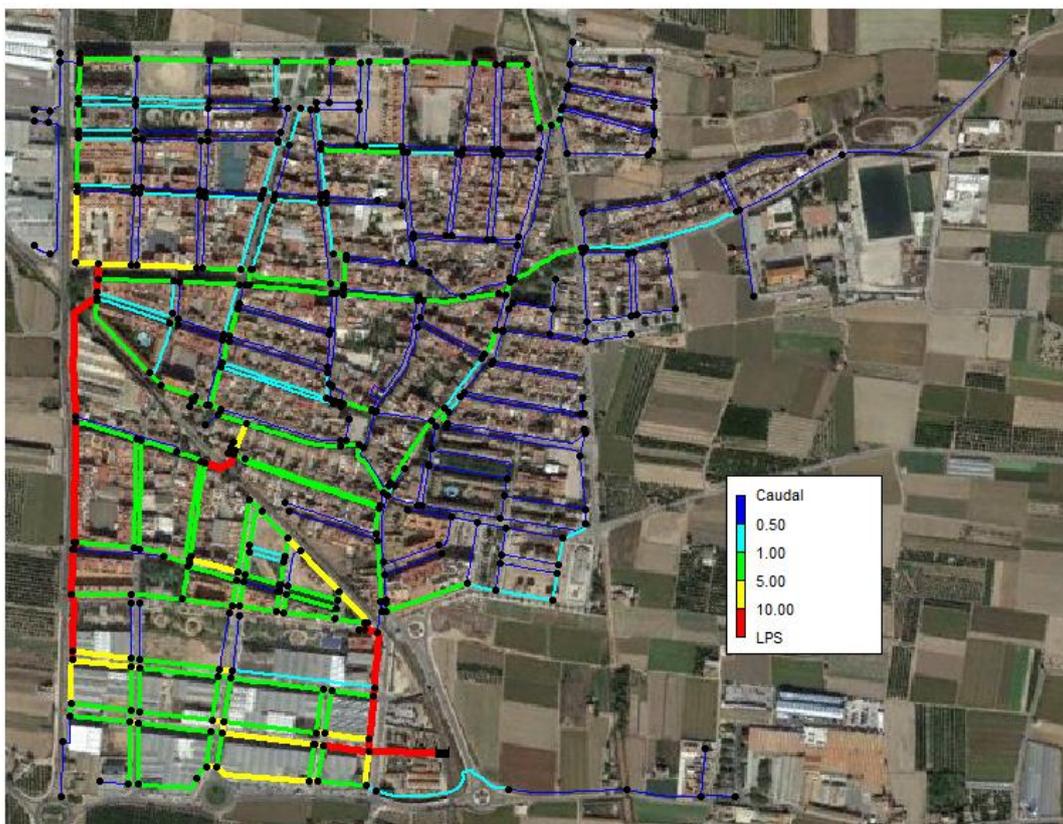
Tabla 15. 20 últimas pérdidas unitarias (en mca/km) junto con el porcentaje

Destaca el incremento de pérdidas en el escenario en comparación con el 2. Solamente las 20 últimas pérdidas unitarias suman 10.39 mca/km de diferencia. Esto significa que las pérdidas mínimas se han mantenido muy constantes mientras que las máximas han aumentando en gran medida. Las tuberías que han aumentado sustancialmente sus pérdidas coinciden con las tuberías que conducen el agua de la zona sur a la zona centro y norte de la red. Efectivamente, una mayor concentración de consumo en el centro ha provocado que por esas tuberías circule un mayor caudal elevando las pérdidas y reduciendo las presiones.

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.



Mapa 20. Distribución de pérdidas unitarias para el escenario 3 (en mca/km)



Mapa 21. Distribución de caudales para el escenario 3 (en litros por segundo)

## 5. Propuestas de mejora del funcionamiento actual

Como se ha visto en el apartado anterior, actualmente coexisten dos problemas en la red, sobrepresiones en invierno hora valle y presiones bajas para verano en la hora punta. En este apartado se les dará solución mediante el planteamiento de diferentes métodos.

### 5.1. Refuerzo suministro con tubería adicional

Tal y como se ha visto en el apartado anterior, las presiones no solo han disminuido tras realizar la asignación más real del caudal. Dicho decrecimiento de las presiones ha venido acompañado por un incremento en las pérdidas unitarias que conducen el caudal a la zona centro y norte del término de Meliana. Para solucionar este problema se puede realizar dos acciones, aumentar los diámetros de la red hasta obtener valores que aseguren una satisfactoria presión o mejorar la conectividad de la red con la zona centro-norte para reducir las pérdidas.

En lugar de plantear modificaciones de diámetros, siendo que desde ADV han confirmado que los diámetros de las tuberías de la red son correctos, se va a plantear como solución mejorar la conexión de la red centro-norte con la zona sur de forma más eficiente. Para ello se va a instalar una tubería que *ayude a distribuir el caudal*.

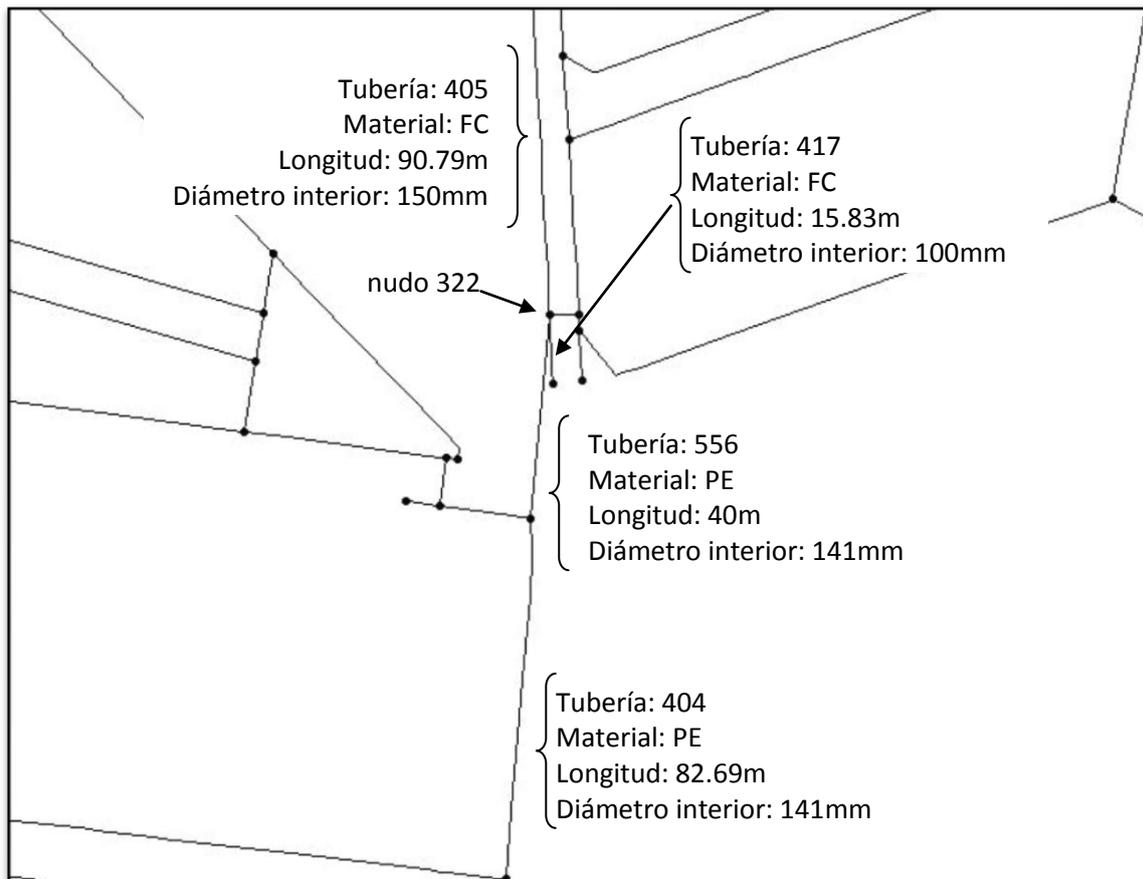


Mapa 22. Nueva tubería instalada para el reparto de caudal

### 5.1.1. Conexiones de la tubería

Se ha escogido esa zona puesto que cumple la condición cercanía con el depósito y con la red centro-norte. Al estar cercanas ambas conexiones, la tubería tendrá unas dimensiones pequeñas, abaratando su coste final.

En el **Mapa 23** se puede ver la conexión realizada. Representa la zona marcada por el círculo amarillo en el **Mapa 22**.



Mapa 23. Instalación de la tubería 556

Tras analizar la conexión de la tubería 556 con la 405 y la 417, finalmente se ha conectado la tubería 556 con la 405.

En dicho análisis se ha comprobado que la presión en el nudo 322 al conectar la tubería 556 a la tubería 417 pierde 1.11mca, es decir, tiene unas pérdidas del 2.4 %. No es muy notable pero es preferible no introducir pérdidas, que se pueden evitar, en la red.

En el apartado siguiente se muestra la evolución de las presiones y pérdidas unitarias tras la instalación de esta tubería.

### 5.1.2. Simulación de funcionamiento de la tubería 556 bajo escenario 3

A continuación se pueden ver los resultados obtenidos con la tubería 556 incorporada a la red. Para las comparaciones realizadas en el trabajo se considerará esta configuración como *escenario 4*.

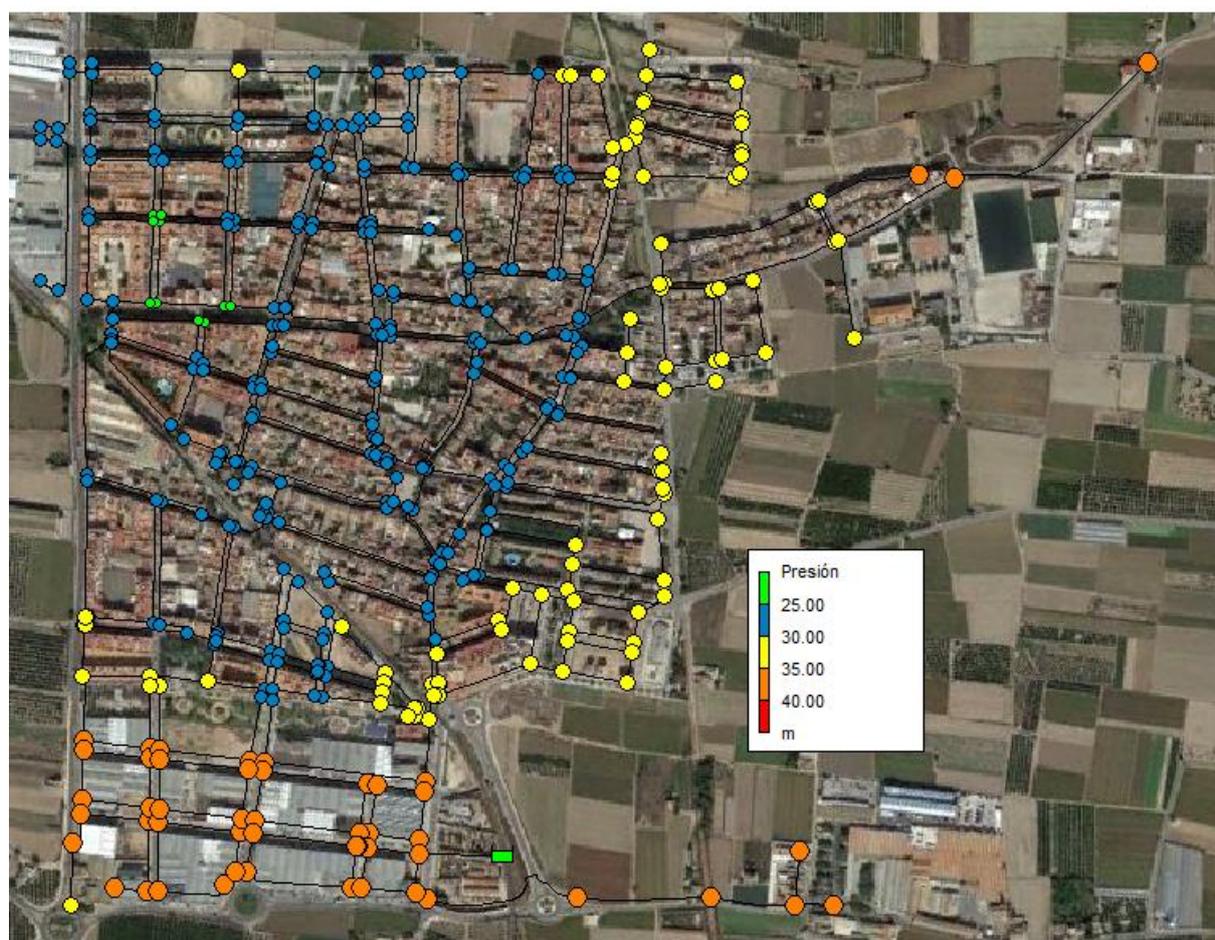
#### Presiones

En la **Tabla 16** se muestran las presiones mínima, máxima, la media y el porcentaje de todas aquellas por debajo de los 25 mca y por encima de los 35 mca.

Mínima	Máxima	Media	% P<25mca	%P>35mca
23.47	38.8	29.45	2.44%	12.20%

Tabla 16. Presiones (en mca) para el escenario 4

En el **Mapa 24** se puede ver la distribución de presiones a lo largo de la red.



Mapa 24. Distribución de presiones (en mca)

Es destacable el incremento de las presiones respecto a los previos escenarios. Solamente ha sido necesario introducir una tubería para tener otro punto de abastecimiento.

En el apartado 5.1.3 *Comparación con los escenarios previos*, se realiza una comparación de todos los escenarios de forma más detallada.

### Pérdidas unitarias

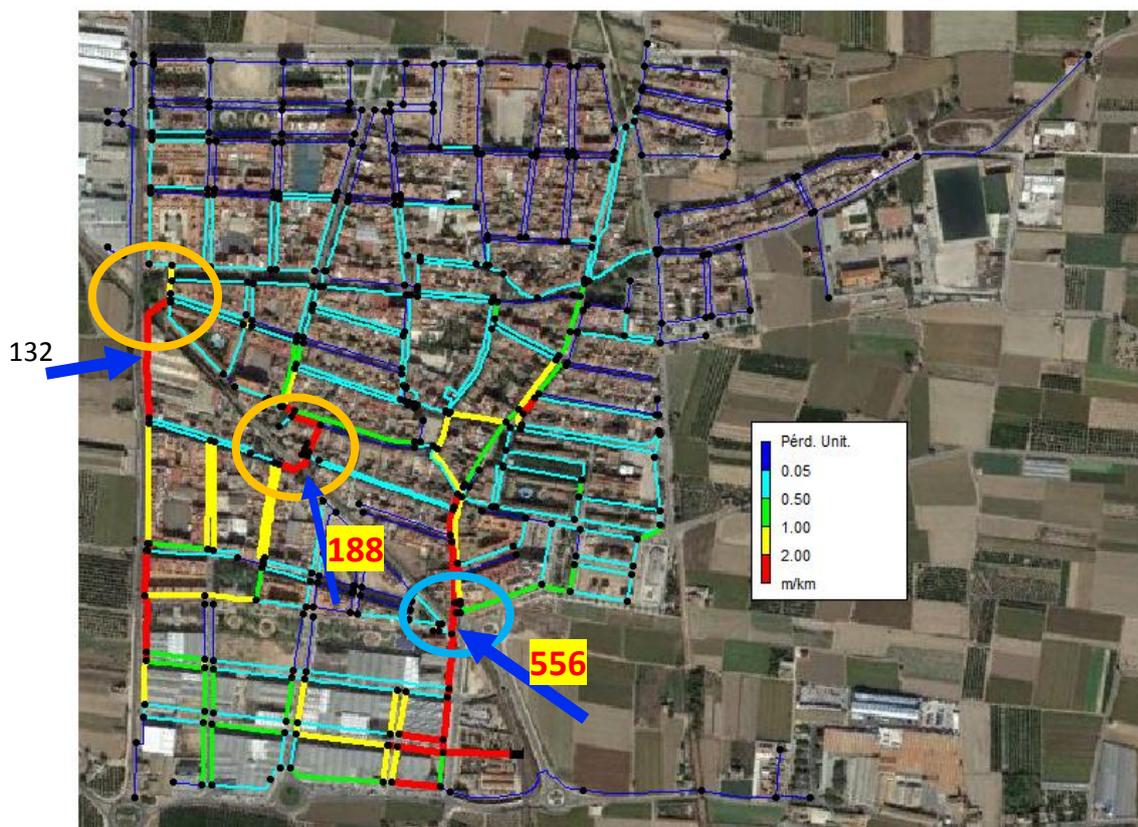
Como se puede ver en el **Mapa 25**, ha habido un notable decrecimiento de las pérdidas a lo largo de la red. La tubería instalada ha ayudado a desviar el caudal y ha evitado que éste tenga que recorrer toda la zona sur para poder acceder a las zonas con mayores densidad de población, lo cual provocaba grandes pérdidas en la altura.

La **Tabla 17** muestra las pérdidas mínima, máxima y la media de todas ellas.

Mínima	Máxima	Media
0	37.84	0.58

Tabla 17. Pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 4

La media de pérdidas unitarias es notablemente menor a la de los escenarios anteriores.



Mapa 25. Distribución de pérdidas unitarias (en mca/km)

### 5.1.3. Comparación con los escenarios previos

En este apartado se procede a comparar los diferentes resultados obtenidos en cada uno de los escenarios. Para ello se analizará la evolución a lo largo de cada escenario y se estudiará la variación en las tuberías y nudos que conectan la zona sur con la centro-norte.

Tubería	Nudo inicial (Zona sur)	Nudo final (Zona centro-norte)
<b>132</b>	117	105
<b>188</b>	144	159
<b>556</b>	320	322

Tabla 18. Tuberías y correspondientes nudos

#### Presiones

La **Tabla 19** muestra las presiones mínimas, máximas y medias así como el porcentaje de los nudos con presiones por debajo y encima de 25 y 35 mca respectivamente.

Escenario	Mínima	Máxima	Media	%P<25mca	%P>35mca
<b>1</b>	20.12	38.77	26.70	52.44 %	11.46 %
<b>2</b>	20.16	38.77	26.74	52.20 %	11.46 %
<b>3</b>	19.86	38.80	26.53	53.41 %	11.95 %
<b>4</b>	23.47	38.80	29.45	2.44 %	12.20 %

Tabla 19. Presiones (en mca) para los distintos escenarios

En la **Tabla 20** se muestra una comparación con la evolución de los nudos iniciales y finales de las tuberías que conectan la zona sur con la centro-norte del municipio. La tubería 556 no ha sido instalada hasta el escenario 4. Aun así se comparan las presiones en los nudos para mostrar la caída de presión que tenía lugar hasta la instalación de ésta.

Tubería	Nudo inicial / Nudo final	Presión nudo inicial / final			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
<b>132</b>	<b>117</b>	25.02	25.05	24.95	27.01
	<b>105</b>	22.46	22.47	22.20	25.57
	<b>Caída de presión</b>	<b>2.56</b>	<b>2.58</b>	<b>2.75</b>	<b>1.44</b>
<b>188</b>	<b>144</b>	24.97	25.01	24.88	27.01
	<b>159</b>	23.97	24.03	23.73	26.84
	<b>Caída de presión</b>	<b>1</b>	<b>0.98</b>	<b>1.15</b>	<b>0.17</b>
<b>556</b>	<b>320</b>	32.81	32.87	32.91	32.40
	<b>322</b>	26.87	26.90	26.62	31.13
	<b>Caída de presión</b>	<b>5.94</b>	<b>5.97</b>	<b>6.29</b>	<b>1.27</b>

Tabla 20. Comparación de presiones (en mca) de los nudos para todos los escenarios

A la vista de los resultados en ambas tablas, se puede observar un aumento en la media de las presiones. Este aumento es debido a que la caída de presiones en los nudos que conectan la zona sur con la centro-norte ha descendido notablemente.

Por otro lado, la asignación de demandas con tendencia al modelo real no ha causado grandes variaciones en las presiones. Recordando la ecuación de D-W, la cual mide las pérdidas por fricción a

lo largo de una tubería, una variación de caudal afecta a las pérdidas. Desde el escenario 1 al 3 se han realizado cambios considerables en los caudales y asignación de demandas, en cambio no se ha visto que la altura haya variado de la misma forma. Ello es debido a que los diámetros de las tuberías tienen una dimensión superior a la que deberían tener. En otras palabras, la red está preparada para un aumento en la población.

El cambio ha venido en el escenario 4; al añadir la tubería 556 el caudal ha pasado a tener otra vía de acceso a la zona centro-norte. Esta tubería ha ayudado a reducir las caídas de presiones.

Cabe destacar la diferencia en las caídas de presión entre las tuberías 132 y 188 entre el escenario 1 y 4. En el caso de la tubería 132 la caída de presión es un 43.75 % menor mientras que en la 188 es un 83 % menor, resultados muy significativos.

### Pérdidas unitarias

En la **Tabla 21** se puede ver las diferencias de pérdidas unitarias entre los escenarios estudiados hasta el momento para las tuberías más representativas así como la variación en porcentaje de pérdidas unitarias de las tuberías 132 y 188 comparando los escenarios 3 y 4.

Tubería	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	% Reducción
132	7.99	7.96	8.71	2.22	74.51 %
188	18.64	18.19	19.69	3.12	84.15 %
556	-	-	-	7.68	-

Tabla 21. Pérdidas unitarias (en mca/km) para verano hora punta

La tubería 556 ha ayudado a reducir las pérdidas de la tubería 132 un 74.51 % y la de la tubería 188 un 84.15 %.

Escenario	Mínima	Máxima	Media
1	0	39.13	1.099
2	0	38.68	1.100
3	0	38.48	1.12
4	0	37.84	0.58

Tabla 22. Pérdidas unitarias (en mca/km) para los distintos escenarios

Como muestra la **Tabla 22**, en los escenarios 1, 2 y 3 la media de pérdidas unitarias ha rondado en torno a 1.10 mca/km. En el escenario 4 la media de pérdidas es de 0.58 mca/km. Solamente con la instalación de la tubería 556 las pérdidas han disminuido un 47.27 %. Este descenso en las pérdidas conlleva un aumento en el rendimiento y eficiencia de la red.

Es importante destacar que, en el presente modelo, las tuberías han sido dadas desde la empresa ADV y son las reales. La ecuación de D-W relaciona las pérdidas con el caudal (al cuadrado) y el diámetro ( a la quinta). Que en el presente modelo la variación de demandas no haya influido prácticamente en aumentar o reducir pérdidas es debido a que los diámetros de las tuberías son superiores a su diámetro calculado, es decir, la red ha sido diseñada con un vista al futuro teniendo en cuenta factores como el incremento de la población por lo que pudiendo elegir entre varios diámetros se ha optado por el de mayor tamaño. Este hecho es una de las razones por las que al modificar la asignación de demandas las pérdidas varían de forma tan mínima.

## Caudales

La instalación de la tubería 556 ha supuesto una mejor distribución del caudal conllevando una reducción de las pérdidas. La ecuación de D-W, con la que Epanet calcula las pérdidas, incluye entre sus factores al caudal elevado al cuadrado. Al haber reducido el caudal por las tuberías 132 y 188 se han reducido las pérdidas.

La **Tabla 23** muestra el caudal circulante en las tuberías analizadas y la reducción en porcentaje de caudal circulante para las tuberías 132 y 188 debido a la instalación de la tubería 556.

Tubería	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	% Reducción
132	18.96	18.92	19.83	9.66	51.28 %
188	10.07	9.94	10.36	3.92	62.16 %
556	-	-	-	16.61	-

Tabla 23. Evolución del reparto de caudales (en litros por segundo)

A su vez, se ha realizado una comparación del escenario 4 con el 1. Los resultados obtenidos son muy significativos pues los caudales se han reducido un 51.28 % y un 62.16 % para las tuberías 132 y 188 respectivamente. Este resultado concuerda con los que se han visto hasta el momento: las presiones han aumentado y las pérdidas han descendido en gran proporción.

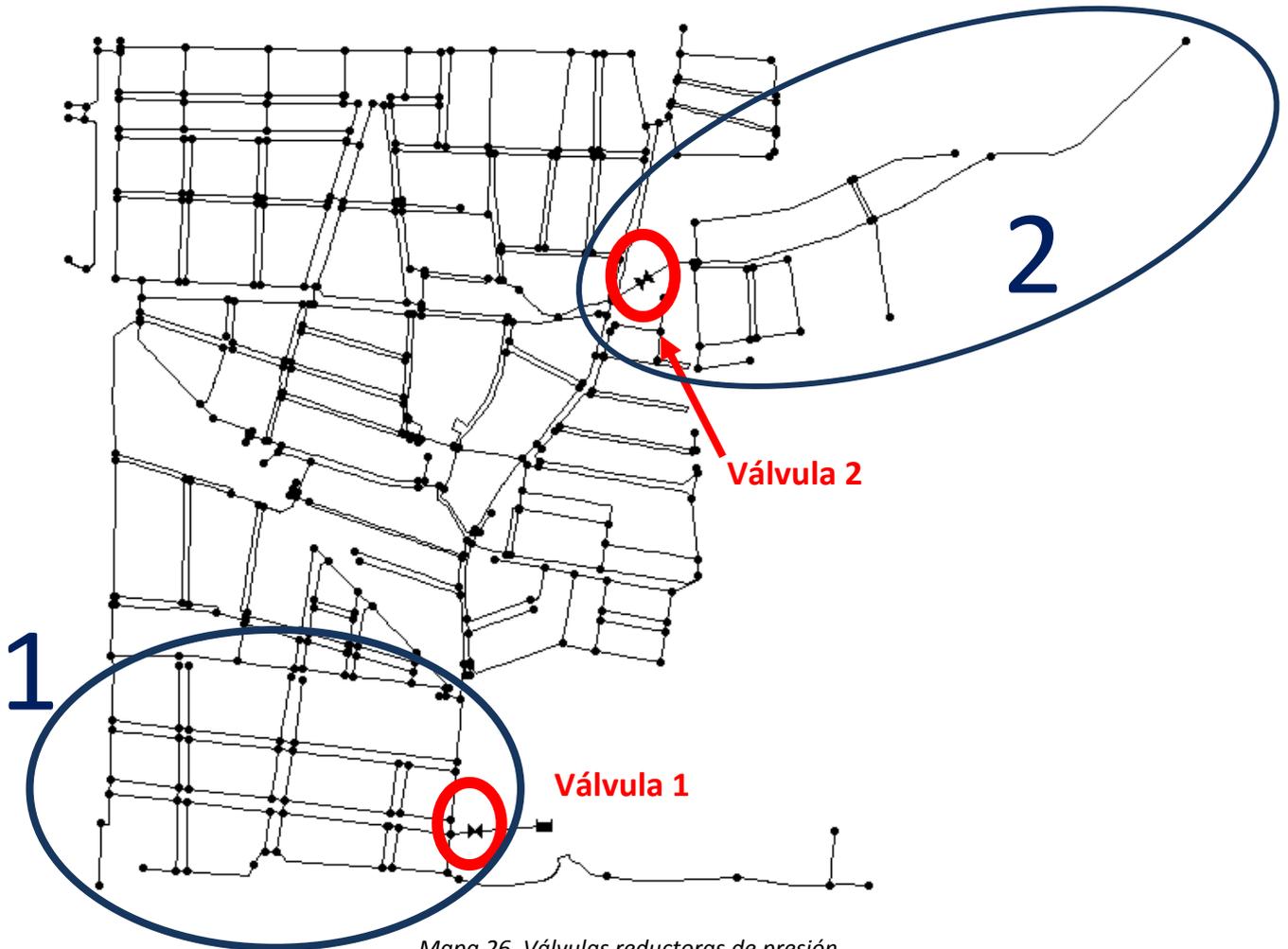
## 5.2. Instalación de válvula automática para reducir presiones

En la red hidráulica se han visto dos situaciones, verano en hora punta e invierno en hora valle. Para el caso de verano en hora punta se ha tratado y dado solución a las presiones por encima de 25mca. En este apartado serán las presiones altas objeto de estudio. Por presión alta se entiende aquella que en la red supere los 35 mca. Las presiones altas generan sobretensiones en las tuberías provocando fugas e incluso roturas de las mismas.

Cuando en una red hay fugas ocurre que se consume un caudal que no es real puesto que parte del que se obtiene del punto de abastecimiento se pierde debido a las fugas. Por otro lado, cuando en la red haya una demanda más alta, las fugas provocarán caídas de presiones en la red. Para reducir las sobrepresiones se va a emplear una válvula reductora. Esta válvula se coloca en una tubería y hace descender la presión en la red.

El **Mapa 7. Presiones en invierno hora valle**, página 20, muestran las presiones de los nudos. Se puede observar que hay dos sectores que destacan por sus altas presiones, el polígono industrial, más cercano a la entrada de agua, y la zona noreste. En base a estos datos, se colocarán dos válvulas, una en cada tubería de acceso. La localización de las válvulas instaladas se muestra en el **Mapa 26**, en el interior de las circunferencias de color rojo. A su vez se han bordeado de color azul oscuro las dos zonas de más alta presión que se espera poder reducir con la incorporación de estas dos válvulas.

La función de las válvulas instaladas es limitar las presiones; la válvula 1 tiene una consigna de 35 mca y la segunda 25 mca. Éstos valores se han establecido iterando hasta alcanzar valores satisfactorios en presiones. A continuación se van a analizar los resultados obtenidos en este nuevo escenario y se comparará con el previo.



### Presiones

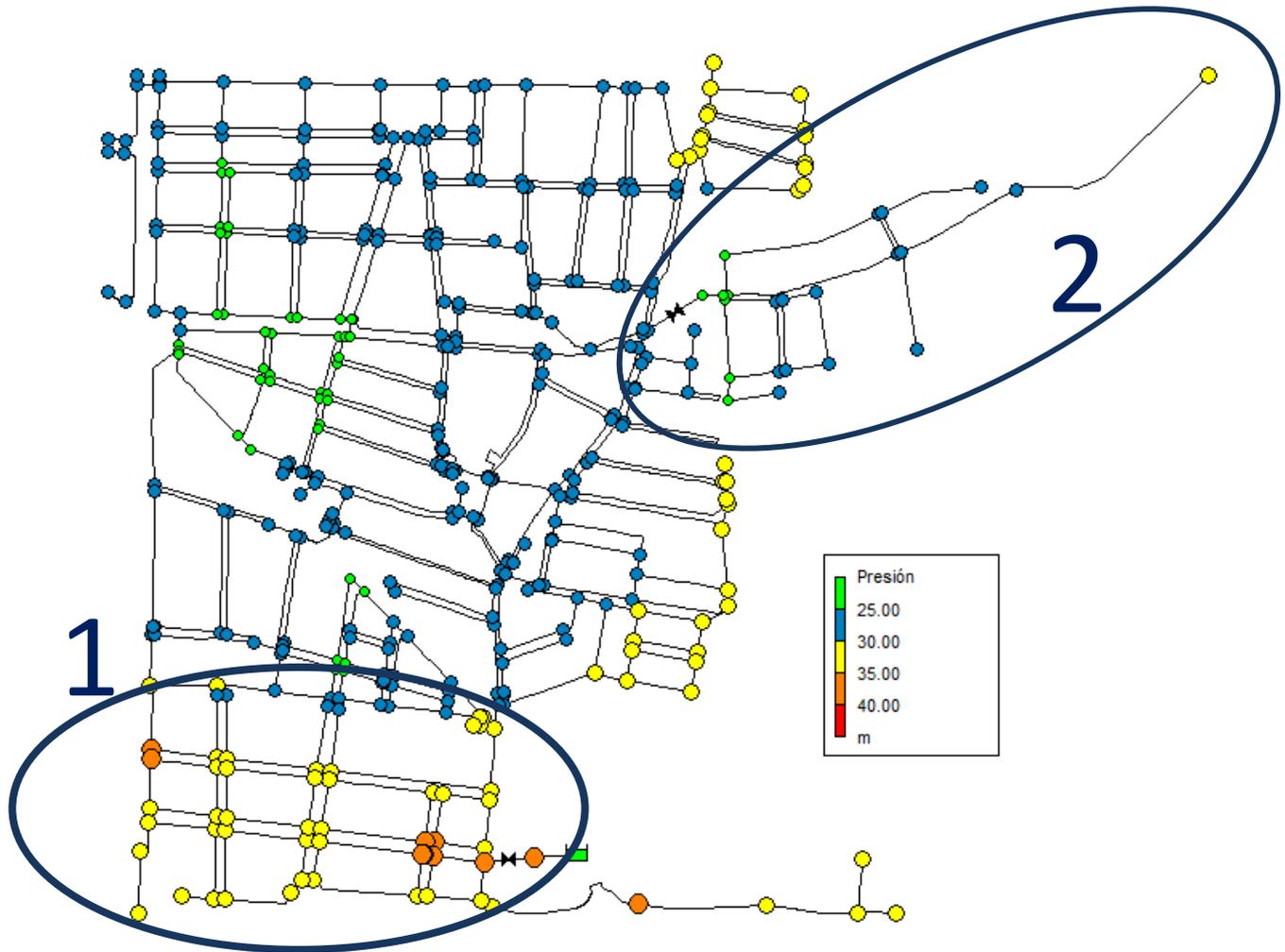
En la siguiente tabla se puede ver una comparación de las presiones en los nudos de toda la red.

	Mínima	Máxima	Media	% P<25 mca	% P>35 mca
<b>Sin Válvulas</b>	26.23	40.21	32.05	0.00%	16.83%
<b>Con Válvulas</b>	22.48	38.75	28.05	10.73%	2.20%
<b>Diferencia</b>	14.30%	3.63%	12.50%	-	86.96%

Tabla 24. Presiones (en mca) para invierno en hora valle con y sin válvulas reductoras

Se muestran los resultados de las presiones mínimas, máximas, medias y los porcentajes de nudos con presiones por encima de los 35 mca y por debajo de los 25 mca. Con la introducción de las dos válvulas las presiones han descendido considerablemente. La diferencia más notable es la reducción en nudos con presiones por encima de los 35 mca marcando un 86.96% de diferencia con el modelo sin válvulas. Las presiones medias han descendido en un 12.50% mientras que las mínimas y máximas lo han hecho en un 14.30 % y un 3.63 % respectivamente.

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.



Mapa 27. Presiones (en mca) tras la instalación de las válvulas

En las siguientes tablas se muestran las presiones mínimas, máximas y la media, en mca, de las zonas de control marcadas por los círculos azul oscuro. Se realiza una comparación en % que muestra la reducción de las presiones de emplear las válvulas a no emplearlas.

Zona de control 1	Mínima	Máxima	Media
Sin Válvulas	29.61	39.69	37.51
Con Válvulas	27.65	35.9	33.20
Diferencia	6.62%	9.55%	11.49%

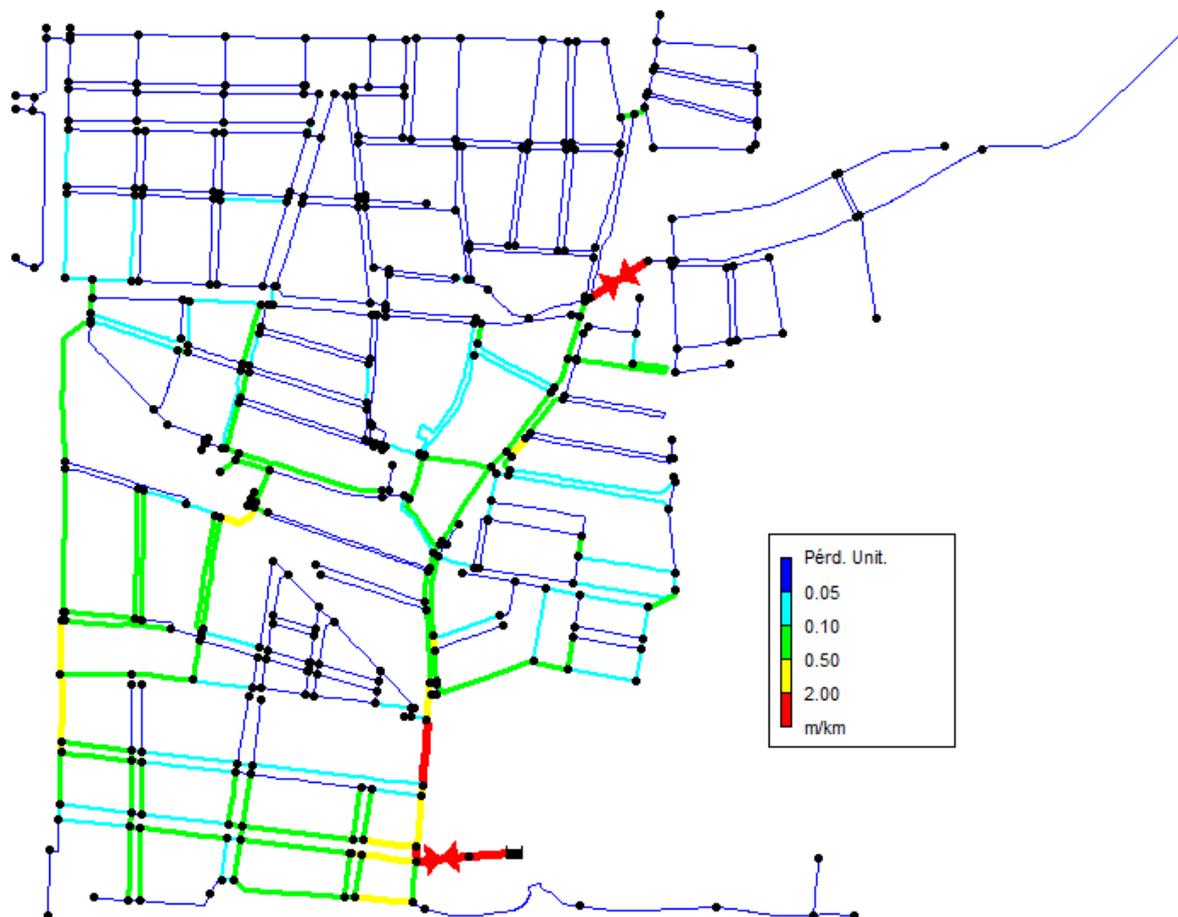
Tabla 25. Presiones (en mca) para la zona de control 1

Zona de control 2	Mínima	Máxima	Media
Sin Válvulas	31.22	40.21	35.72
Con Válvulas	25	32	28.30
Diferencia	19.92%	20.42%	20.77%

Tabla 26. Presiones (en mca) para la zona de control 2

### Pérdidas unitarias

Las pérdidas han sido introducidas en su mayoría por las válvulas. En el **Mapa 28** se muestran las pérdidas de la red.



Mapa 28. Pérdidas unitarias (en mca/km) de la red

En el **Mapa 28** se puede observar ambas válvulas son las que están introduciendo las mayores pérdidas en el sistema. La válvula 1 introduce unas pérdidas de 3.75 mca mientras que la válvula 2 introduce 4.47 mca. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el apartado anterior, en el cual se ha visto como las zonas de control han descendido su presión en comparación con el escenario que no incluye válvulas en la instalación.

Las válvulas son automáticas y funcionarán por la noche, cuando la demanda de caudal es menor. Cumplen de forma excelente su cometido, descender las presiones mayores de 35mca, lo cual realizan en el 86.96 % de los nudos de la red.

## 6. Conclusiones

### 6.1. Conclusiones generales

A lo largo del presente trabajo se han planteado diferentes escenarios para hallar uno o varios caminos tales que permitieran alcanzar una solución óptima de funcionamiento en la red y así cumplir los objetivos. Previo a extraer cualquier tipo de conclusiones, es conveniente recordar cuáles eran dichos objetivos:

- ✓ Caracterizar hidráulicamente los elementos principales de la red
- ✓ Analizar la carga hidráulica del abastecimiento
- ✓ Simular y obtener un diagnóstico básico sobre el funcionamiento actual
- ✓ Proponer medidas de mejora

El trabajo ha consistido en realizar un modelo hidráulico con el que simular el comportamiento de la red de aguas potable que abastece a la población y a la industria. Los cálculos han sido realizados para los dos estados más desfavorables, cuando la red más caudal transporta y cuando las presiones son más altas, estados que corresponden al verano durante la hora punta de consumo del día e invierno durante la hora de mínimo consumo u hora valle.

La primera simulación se ha realizado con un reparto de demandas constante para todos los nudos, es decir, se ha abastecido a todos los puntos de la red por igual. Para ello se ha dotado a todos los nudos con un caudal de 0.042 y 0.062 l/s/nudo para invierno y verano. Este escenario ha permitido conocer el comportamiento de la red. Analizando los datos obtenidos, cabe destacar que en verano se ha obtenido un 52.44 % de presiones por debajo de 25 mca<sup>3</sup> con presiones mínimas de hasta 20.12 mca. En contrapartida, en invierno para la hora de mínimo consumo, u hora valle, se no han obtenido presiones mínimas siendo la mínima de 26.81 mca.

Las decisiones tomadas han sido diferentes para invierno y verano; en invierno se ha optado por incluir a la red dos válvulas reductoras de presión mientras que para verano se ha optado por realizar un reparto de caudales más cercano a la realidad. Esta decisión ha sido tomada porque desde la empresa Aguas de Valencia han confirmado que el modelo de la red era correcto.

Analizando el estado de verano en hora punta, se ha simulado un segundo escenario en el que se ha realizado la división por caudales respecto a la longitud de la tubería por la que éste circula, es decir, cuando más larga sea la longitud de la tubería, más caudal deberá circular pues se supone que está abastecimiento a más puntos. Los resultados obtenidos han sido muy similares a los obtenidos en el apartado anterior, la presión mínima ha pasado a ser 20.16 mca, 0.04 mca mayor, y los nudos con presiones por encima de 25 mca han bajado al 52.20%. Un descenso despreciable.

Se ha planteado un tercer escenario en el cual se han modificado las demandas obtenidas en el escenario 2, centrando más demanda en el centro de la población. En el análisis de los resultados se ha visto un descenso en la presiones. La presión mínima ha descendido a 19.86 mca mientras que el porcentaje de nudos con demandas por debajo de los 25 mca se ha incrementado hasta el 53.41 %.

---

<sup>3</sup> Cabe recordar que se ha tomado 25 mca como la presión mínima de servicio que la compañía de agua debe entregar a los usuarios para poder asegurar la una presión adecuada en todos los abastecimientos.

En el análisis de pérdidas unitarias, se ha visto un incremento éstas en las tuberías que conectan la zona sur con la zona centro-norte de la red. Las tubería que conectan dichos puntos de la red son las tuberías 132 y 188. Estas tuberías han aumentado sus pérdidas en torno al 8 % respecto al escenario 2. Al haber concentrado una mayor parte de la población las pérdidas han aumentado provocando un descenso en las presiones.

La solución planteada se ha desarrollado en el apartado 5.1 Refuerzo suministro con tubería adicional. Puesto que las pérdidas han aumentado se ha tomado como solución añadir una tubería extra a la red que ayude a repartir el caudal para restar pérdidas unitarias. Tras la simulación, se ha procedido a analizar los resultados. Con la instalación de esta tubería se ha logrado reducir el porcentaje de nudos con presiones por debajo de los 25 mca a 2.44% siendo la presión mínima de 23.47 mca y la máxima de 38.8 mca. Una de las razones de este aumento en la presión viene dado por el descenso en las pérdidas unitarias; cabe destacar la diferencia en las caídas de presión entre las tuberías 132 y 188 entre el escenario 1 y 4. En el caso de la tubería 132 la caída de presión es un 43.75 % menor mientras que en la 188 es un 83 % menor, resultados muy significativos pues implican que desde el depósito de abastecimiento hasta los nudos que conectan dichas tuberías con la zona centro-norte, se pierden 3.5 mca en comparación de los 7 mca que se perdían en el escenario 1.

Concluyendo, mediante la instalación de esta tubería se han reducido las pérdidas en un 50%, logrando valores de presiones mucho más que admisibles. Con los resultados obtenidos, se puede considerar alcanzado este objetivo.

Resuelto el caso de verano, falta plantear una resolución para el caso de invierno. En invierno hay sobrepresiones las cuales generan tensiones en la red ocasionando fugas o incluso roturas en las uniones de las tuberías. La solución planteada ha sido la instalación de dos válvulas reductoras de presión. Con ello se ha conseguido reducir las presiones mayores de 35 mca<sup>4</sup> de la red en un 86.96%. La presión media en la red ha descendido un 12.50 %, reduciéndose el valor de 32.05 mca a 28.05 mca. Los resultados obtenidos se pueden considerar aceptables pues, en caso de haber continuado descendiendo las presiones máximas, las presiones mínimas habrían descendido y ya no se podría garantizar un buen servicio.

A la vista de los resultados obtenidos se puede extraer la siguiente conclusión. Para cualquier modelo con las siguientes características:

- Población de 10.000 habitantes
- Homogeneidad en la densidad de la población
- Desnivel poco pronunciado
- Un solo depósito

En caso de obtener presiones bajas en la red, es más recomendable simular dotando de a los nudos con una misma demanda a todos los nudos y, en caso de no obtener resultados satisfactorios, tratar de alcanzarlos mediante modificaciones en la red en vez de asignar demandas reales.

En definitiva, *la asignación de demandas reales ejerce poca influencia en la variación de presiones*. El resultado obtenido es muy significativo pues cumple el principal objetivo del proyecto: *ser un punto de partida para futuros desarrollos y proyectos*.

---

<sup>4</sup> Se considera 35 mca como la presión máxima en la red para evitar tener fugas o sobretensiones que finalicen en roturas a lo largo de la misma.

## 6.2. Aplicabilidad del presente trabajo para otros municipios

En la **Tabla 27** se muestran los municipios más cercanos a Meliana. Todos ellos son términos municipales de la Huerta Norte y tienen características muy similares a las que tiene Meliana por lo que, si se diera un caso que requiriera trabajar con la red de agua y realizar alguna modificación se podría plantear un reparto de demandas constante para todos los nudos tal y como se ha descrito en la conclusión del presente trabajo.

Municipio	Población	Cota mínima	Cota máxima
Alboraya	21.582	7	13
Tabernes Blanques	9.270	13	18
El Puig	8.197	6	17
Rafelbunyol	7.103	15	30
Almácer	6.928	14	18
Foyos	6.358	19	25
Albalat dels Sorells	3.708	18	23

Tabla 27. Habitantes y cotas mínimas y máximas (en mca) de diferentes términos de l'Horta Nord

## 6.3. Estudios escenarios 4 y 5

Con el fin de comprobar la aplicabilidad de las conclusiones obtenidas en el presente trabajo, se va a comparar dos escenarios. El escenario 4, el cual simula la carga hidráulica de la red para un reparto de demandas variables teniendo en cuenta la densidad de la población y ya con la instalación de la tubería 556 realizada, y un nuevo escenario, el cual se llamará escenario 5, el cual simula la carga hidráulica con un reparto constante de demandas durante el verano en hora punta con la tubería 556 instalada.

Con los resultados obtenidos se podrá verificar la aplicabilidad pues, como se ha visto, en la Huerta Norte hay numerosos municipios con características similares a las de Meliana.

A continuación se muestran los resultados obtenidos. Se comparará las presiones, pérdidas unitarias y caudales circulantes por la red.

### Presiones y pérdidas unitarias

En las **Tabla 28** y **Tabla 29** se puede ver la diferencia de presiones y pérdidas unitarias para los casos planteados.

Caso	Mínima	Máxima	Media	%P < 25mca	%P > 35mca
4	23.47	38.61	29.35	2 %	12 %
5	23.48	38.77	29.42	2 %	12 %

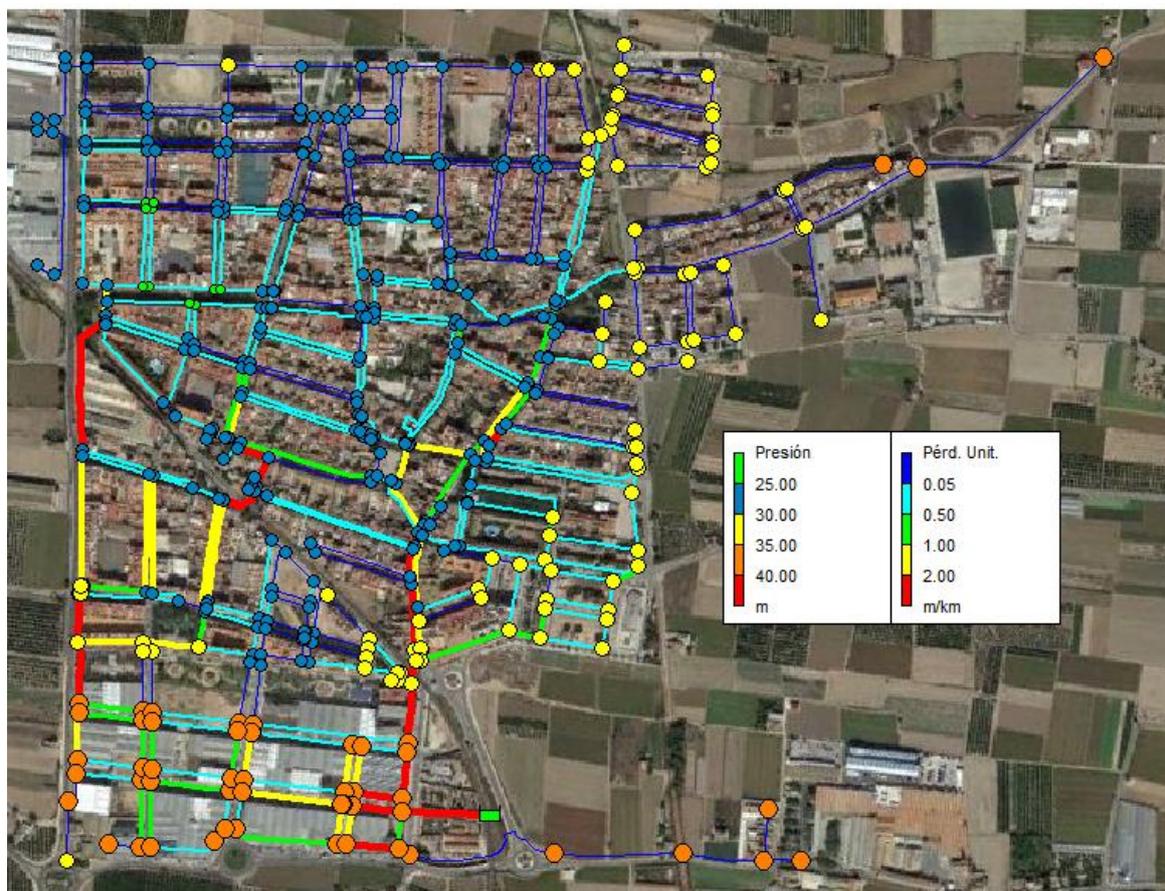
Tabla 28. Presiones (en mca) para los escenarios 4 y 5

Caso	Mínima	Máxima	Media
4	0	39.13	0.58
5	0	37.84	0.58

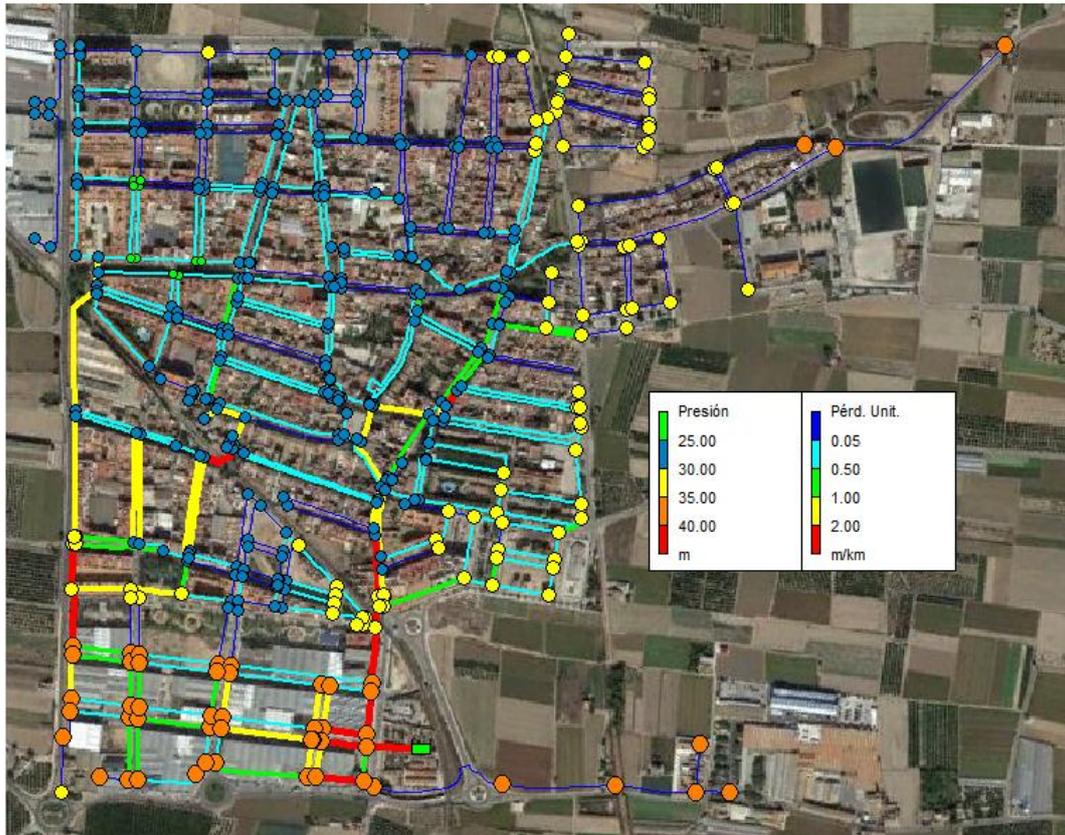
Tabla 29. Pérdidas unitarias (en mca/km) para los escenarios 4 y 5

Estas tablas ofrecen una visión márgenes en los que se va a trabajar. Se puede observar que son muy estrechos.

A continuación se muestran los mapas de la red para la evolución de presiones y pérdidas unitarias que ofrecerá una visión más detallada de las diferencias entre ambos escenarios.



Mapa 29. Presiones (en mca) y pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 4



Mapa 30. Presiones (en mca) y pérdidas unitarias (en mca/km) para el escenario 5

## 6.4. Conclusión

En este apartado se han comparado dos escenarios, ambos con el mismo diseño de la red incluyendo la tubería 556, con distinta asignación de demandas. Mientras que al modelo 5 se le ha dotado con la misma demanda para todos los nudos, en el modelo 4 las demandas han sido asignadas por concentración de densidad de población acordes al modelo 3.

Los resultados obtenidos son muy similares. En lo que respecta a presiones, las mínimas y máximas son prácticamente idénticas rondando en ambos escenarios 23.5 mca y 38.65 mca respectivamente. Las presiones medias guardan un estrecho margen de diferencia; en el escenario 4 la media de presiones es de 29.35 mca mientras que en el escenario 5 se sitúa en 29.42 mca, aumentando en 0.07 mca. Un aumento prácticamente despreciable.

En cuanto a las pérdidas, la mayor diferencia se da en las 3 tuberías que conectan la zona sur con la centro-norte. En el escenario 4 el caudal está más concentrado en el centro lo cual hace aumentar el caudal que circula por dichas tuberías aumentando así sus pérdidas tal y como se ha visto en la ecuación de D-W. La media de pérdidas unitarias es de 0.58 mca/km para ambos escenarios.

Analizados los resultados se puede afirmar que la conclusión planteada en el apartado "6.1 Conclusiones generales", la cual afirma que para un municipio con características similares a las de Meliana, nombradas previamente, se puede realizar la simulación de la red de aguas asignando la misma demanda a todos los nudos. De esta forma, y como se ha podido ver, se consigue un modelo muy similar al real y se ahorra tiempo en su definición.

## 7. Desarrollos futuros

Una vez se ha visto el funcionamiento del modelo actual y se han propuesto soluciones tanto para aumentar las presiones menores de 25 mca como para reducir las presiones mayores de 35 mca, se va a proceder a exponer unas propuestas de mejora que ayudarán a dar un mejor servicio y a mantener la efectividad y eficiencia de la red.

- Calibrar el modelo hidráulico. Pese a que se haya demostrado que para las condiciones de trabajo una asignación de demandas igual para todos los nudos tiene resultados muy similares a una asignación real, el modelo debe de tener tendencia a acercarse a casos reales. Realizar mediciones en diferentes zonas y comprobar los resultados en el modelo con el fin de que se vaya acercando a los datos reales.
- Realizar otra conexión a la red principal. La red de Meliana se abastece de la tubería del EMSHI, la cual atraviesa toda la población de Meliana. Realizando otra conexión de esta tubería con la red se tendría otro punto de abastecimiento. Este nuevo depósito sería de gran utilidad en caso de rotura o inspección de alguna de las tuberías que conectan la zona sur con la centro-norte. Con esta conexión seguiría habiendo un punto de abastecimiento para la población.
- Sectorizar la red para mejorar el servicio. En redes con un mayor número de afiliados se diseñan las redes por bloques para detectar las fugas existentes en la red. De esta manera se aísla una zona durante horas valle donde el consumo de agua es mínimo y con unos sensores se mide el consumo en la red.
- Aplicar las conclusiones extraídas en el presente trabajo en otros municipios con características similares al término de Meliana.



Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

---

## 8. Bibliografía

- Aguas de Valencia, S. (2012). *Plan Director de Agua Potable. Ajuntament de Quart de Poblet.* .
- Autodesk. (2015). Obtenido de Autocad:  
[http://images.autodesk.com/adsk/files/autocad\\_aca\\_user\\_guide\\_spanish.pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_aca_user_guide_spanish.pdf)
- Cabrera, E. E.-S. (1996). *Ingeniería Hidráulica Aplicada a los Sistemas de Distribución de Agua.*
- E., C. *Flujo a presión de fluidos incompresibles.*
- Furio, A. (2002). *Historia de la Comunidad Valenciana.*
- INE Instituto Nacional de Estadística. *Explotación estadística del censo.*
- ITA. *CURSOS AGUA. Instituto Tecnológico del Agua (ITA). Análisis de Redes de Agua con EPANET.*
- López Jiménez, A. L. *El Modelo de la Red de Distribución como Herramienta de Gestión y Toma de Decisiones: la Importancia de la Calibración del mismo.*
- Martínez, F. (2001). *EPANET 2.0 en Español. Manual del Usuario. Departamento de Ingeniería Hidráulica.*
- *Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.*
- Vela, A. M.-S. (1994). *Estrategias Óptimas para la Reducción de Pérdidas de Agua en Sistemas de Abastecimiento.*
- *Wikipedia.* (2015). Obtenido de Meliana: <https://es.wikipedia.org/wiki/Meliana>



# Anexos

---



## A. Resultados

### A1. Tuberías: Longitud, demandas y caudal en los escenarios 1 y 4

Tubería	Longitud m	Diámetro mm	Escenario	
			1	4
			Caudal LPS	Caudal LPS
1	49.95	96.8	0.07	0.06
2	6.991	96.8	0.13	0.13
3	107	96.8	-0.23	-0.21
4	108.1	80	-0.14	-0.13
5	72.62	96.8	0.31	0.27
6	118.8	141	-0.03	-0.01
7	128.4	79.2	0.03	0.03
8	130.8	79.2	-0.02	-0.01
9	31.88	100	-0.22	-0.15
10	26.73	100	-0.46	-0.38
11	4.854	100	0.35	0.27
12	17.43	100	-1.43	-1.17
13	14.55	100	-0.92	-0.76
14	5.803	100	0.68	0.57
15	102.3	150	-0.56	-0.83
16	128.5	60	0	-0.03
17	128.3	60	0.01	0.03
18	36.09	150	0.28	0.39
19	33.29	150	0.47	0.64
20	9.057	150	0.37	0.51
21	128.3	60	0.01	-0.01
22	96.18	150	0.19	0.31
23	17.31	100	-1.36	-1.19
24	8.521	80	-0.07	-0.07
25	9.19	96.8	0.2	0.04
26	7.122	96.8	-0.24	-0.17
27	44.46	79.2	0.02	0.02
28	49.33	96.8	0.18	0.08
29	60.47	79.2	0.2	0.1
30	99.15	96.8	-0.25	-0.09
31	99.96	141	0.34	0.45
32	36.96	79.2	-0.12	0.12
33	108.9	141	0.36	0.42
34	60.04	96.8	-0.15	-0.08
35	97.47	96.8	0.05	-0.15
36	60.37	79.2	-0.08	-0.04
37	108.9	96.8	-0.12	-0.19
38	44.21	141	-0.61	-0.76
39	11.21	141	0.73	0.94
40	81.17	141	0.5	0.66
41	60.24	96.8	-0.25	-0.2
42	44.34	141	0.41	0.3
43	53.1	79.2	0.17	0.19
44	125.5	79.2	-0.03	0.06
45	128.6	60	-0.01	-0.06
46	121.3	96.8	-0.26	-0.32
47	55.19	79.2	-0.26	-0.21
48	62.93	79.2	-0.17	-0.08
49	128.4	79.2	-0.23	-0.16
50	52.55	141	-0.73	-0.18
51	15.36	79.2	0.2	0.13
52	9.893	141	-0.8	-0.4
53	8.999	79.2	-0.33	-0.29
54	8.785	141	-1.08	-0.5
55	60.09	79.2	0.21	0.19
56	54.71	141	0.66	0.89
57	11.08	79.2	-0.1	-0.11
58	7.79	96.8	0.25	0.24
59	54.68	79.2	-0.2	-0.26
60	91.6	80	-0.11	-0.15
61	66.29	141	1.44	1
62	11.57	79.2	0.33	0.32
63	9.45	60	-0.28	-0.15
64	8.758	79.2	0	-0.14
65	2.82	60	0.32	0.15
66	75.56	60	0.1	0.05
67	4.592	141	1.53	1.22
68	8.317	150	-1.72	-1.34

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

69	108.5	80	0.07	-0.02	114	9.494	80	-0.04	0.14
70	82.42	79.2	-0.46	-0.4	115	10.01	80	0.31	0.32
71	76.51	96.8	0.5	0.34	116	72.99	60	0.05	0.03
72	75.36	79.2	0.12	0.04	117	86.21	80	-0.14	-0.1
73	75.63	80	0.1	0.04	118	87.58	80	-0.17	-0.14
74	10.95	80	-0.14	0.02	119	9.48	141	2.88	3.06
75	9.459	80	0.03	0.05	120	22.26	150	-6.78	-6.94
76	38	96.8	0.43	-0.04	121	107.5	150	3.36	3.32
77	10.13	141	0.49	0.05	122	48.73	150	-3.22	-3.47
78	19.65	96.8	0.33	-0.04	123	20.1	150	-7.7	-8.08
79	12.06	80	0.6	0.08	124	8.994	150	8.09	8.52
80	18.55	96.8	-0.11	-0.07	125	3.487	150	8.43	8.89
81	69.9	79.2	-0.19	-0.16	126	233.9	141	0.61	0.67
82	66.26	60	-0.14	-0.07	127	162.8	60	-0.16	-0.14
83	18.65	96.8	0.22	0.17	128	176.4	60	-0.17	-0.15
84	9.252	96.8	-0.52	-0.4	129	212.5	60	0.16	0.19
85	7.489	96.8	1.17	0.96	130	217.6	60	0.14	0.17
86	10.14	80	-0.29	-0.3	131	186.5	60	-0.36	-0.4
87	70.85	150	2.87	2.39	132	195.7	150	-9.13	-9.66
88	213.9	141	-0.19	-0.12	133	115.8	60	0.24	0.27
89	28.46	141	0.1	0.02	134	107.3	79.2	-0.28	-0.3
90	23.58	141	0.1	0.02	135	107.9	79.2	0.27	0.29
91	17.97	141	0.38	0.26	136	119.7	60	0.29	0.34
92	86.07	80	-0.2	-0.33	137	140.4	100	0.6	0.54
93	84.46	96.8	-0.37	-0.27	138	88.35	100	1.09	1.09
94	84.33	141	0.3	0.34	139	72.46	60	0.09	0.12
95	53.53	141	1.36	0.83	140	70.88	60	0.13	0.15
96	83.99	80	-0.3	-0.26	141	48.4	60	-0.2	-0.18
97	84.48	96.8	-0.27	-0.29	142	87.54	150	2.55	2.64
98	83.33	141	0.57	0.34	143	113.2	100	-0.83	-0.98
99	7.916	141	0.1	0	144	55.63	150	-1.8	-1.72
100	13.62	141	-0.1	0	145	10.05	150	2.17	2.16
101	28.2	176.2	0.76	0.4	146	8.413	100	0.94	1.01
102	37.89	79.2	-0.06	0.08	147	77.54	60	-0.36	-0.36
103	10.26	80	-0.19	-0.23	148	43.19	100	1.05	1.11
104	38.82	150	-2.18	-1.51	149	29.55	100	0.56	0.48
105	9.86	141	-1.82	-1.16	150	9.125	100	-1.35	-1.3
106	12.08	150	2.58	1.9	151	5.858	100	-1.81	-1.62
107	72.64	60	0.08	0.05	152	7.243	100	0.81	0.8
108	87.43	80	0.1	0.19	153	7.406	100	1.24	1.35
109	107.8	60	-0.23	-0.23	154	8.867	60	0.36	0.38
110	107.6	60	0.25	0.25	155	86	80	0.52	0.65
111	84.39	80	-0.49	-0.52	156	8.742	60	-0.44	-0.49
112	84.55	80	0.19	-0.07	157	11.36	60	0.66	0.72
113	8.05	150	3.46	3.06	158	55.19	100	-1.23	-1.16

159	166.5	60	-0.13	-0.17	204	34.15	96.8	0.23	0.43
160	74.04	100	1.14	0.93	205	9.207	96.8	-0.26	-0.32
161	162.9	60	-0.67	-0.72	206	11.25	96.8	-0.78	-1.04
162	142.1	79.2	1.57	1.71	207	11.79	96.8	-0.44	-0.32
163	150.9	79.2	-1.49	-1.63	208	39.17	100	0.38	0.74
164	93.98	100	0.73	0.86	209	10.64	96.8	-0.66	-0.11
165	8.164	150	-9.09	-9.66	210	77.74	100	-2.78	-2.7
166	8.513	100	0.16	0.3	211	38.08	100	0.64	0.04
167	161.1	79.2	-1.48	-1.6	212	87.92	96.8	1.5	1.38
168	60.64	100	1.95	2.23	213	67.4	150	11.91	11.92
169	102.1	60	-0.33	-0.4	214	134.7	100	1.57	1.4
170	54.25	100	-0.11	-0.41	215	10.68	141	-10.15	-10.42
171	25.24	100	0.01	0.34	216	2.577	150	-8.55	-9
172	19.07	100	-0.59	-0.54	217	2.86	150	-11.81	-11.89
173	7.104	100	-0.2	-0.48	218	4.009	79.2	3.16	3.52
174	2.355	60	0.1	0	219	45.04	100	-0.84	-1.23
175	16.28	100	3.06	3.37	220	8.28	100	-0.74	-0.5
176	5.208	100	1.01	1.06	221	50.67	100	-1.54	-1.65
177	9.398	60	-0.1	-0.02	222	6.672	79.2	2.27	2.24
178	33.81	100	1.43	1.53	223	3.875	100	-1.73	-2.23
179	6.698	100	1.69	1.85	224	89.21	100	-2.87	-2.7
180	42.31	100	-3	-3.38	225	86.25	141	14.88	14.61
181	43.46	100	2.99	3.26	226	13.76	141	9.99	9.8
182	10.06	100	2.79	3.17	227	141.7	60	-0.15	-0.14
183	17.93	60	0.4	0.36	228	154.4	60	-0.1	-0.11
184	6.852	100	0.29	0.06	229	259.7	60	-0.02	-0.01
185	7.885	100	-3.38	-3.49	230	141.4	60	-0.16	-0.15
186	39.82	100	1	0.83	231	206.9	80	-0.65	-0.72
187	25.1	28	0.1	0.02	232	213.9	100	-1.21	-1.32
188	53.72	100	3.88	3.92	233	123.4	60	0.03	0.02
189	7.132	100	2.4	2.34	234	187.2	60	-0.16	-0.15
190	15.53	100	0.1	0.02	235	177.3	60	0.13	0.1
191	54.85	79.2	0.1	0.1	236	72.65	100	-0.6	-0.59
192	110.9	96.8	0.31	0.41	237	112.4	60	-0.14	-0.14
193	55.06	79.2	-0.06	-0.11	238	78.26	150	1.96	1.67
194	59.73	96.8	0.26	0.22	239	90.73	60	0.05	0.08
195	55	141	-0.76	-0.63	240	15.3	60	-0.28	-0.23
196	26.68	141	-0.4	-0.41	241	80.38	60	-0.09	-0.05
197	60.94	96.8	0.11	0.02	242	121.8	100	0.15	0.15
198	26.64	96.8	0.53	0.39	243	49.24	80	-0.22	-0.21
199	26.24	141	-1.38	-1.02	244	38.42	100	0.46	0.48
200	9.011	96.8	0.34	0.29	245	7.128	100	0.46	0.47
201	11.36	96.8	-0.07	-0.1	246	6.996	80	0.1	0.08
202	74.61	100	0.29	0.67	247	26.84	100	0.41	0.45
203	73.81	96.8	0.98	1.33	248	5.429	60	-0.14	-0.08

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

249	38.96	150	-2.62	-2.32	294	50.98	150	2.17	2.11
250	110.3	150	0.98	1.38	295	239.6	60	-0.16	-0.16
251	88.47	60	-0.19	-0.17	296	6.589	150	4.63	4.79
252	82.24	60	-0.19	-0.17	297	6.475	150	-2.36	-2.64
253	20.06	150	-2.05	-1.76	298	18.24	150	5.33	5.43
254	5.74	150	2.34	2.02	299	12.73	141	0.87	0.53
255	6.848	141	1.86	1.9	300	52.34	141	0.35	0.43
256	6.316	150	-1.88	-1.94	301	4.669	150	-1.05	-1.28
257	121.8	150	1.11	0.86	302	5.371	150	-0.95	-0.92
258	123.1	60	-0.18	-0.17	303	105.9	150	-0.53	-0.48
259	110.6	100	-0.8	-0.74	304	69.06	79.2	0.1	0.04
260	108.6	96.8	0.8	0.73	305	29.73	141	0.19	0.1
261	124.9	100	0.52	0.44	306	37.23	60	0.29	0.15
262	15.03	150	0.91	0.81	307	45.33	60	-0.19	-0.03
263	7.294	100	-0.85	-0.54	308	34.14	60	0.1	0.02
264	20.14	150	-0.84	-0.44	309	2.127	60	0.57	0.41
265	10.24	100	0.97	0.65	310	10.22	100	-0.48	-0.42
266	23.49	96.8	1.2	1.04	311	97.4	96.8	0.02	0.02
267	120.9	96.8	-0.32	-0.26	312	92.67	79.2	0.01	0.01
268	212.9	96.8	-0.25	-0.26	313	92.25	79.2	0.02	0.02
269	140.6	79.2	0.12	0.08	314	46.22	100	0.12	0.11
270	141.4	79.2	-0.15	-0.09	315	9.956	100	0.21	0.2
271	51.88	141	-0.41	-0.37	316	58.11	96.8	0.07	0.07
272	36.42	96.8	-0.2	-0.2	317	23.85	141	0.1	0.01
273	6.04	96.8	-0.18	-0.2	318	3.325	60	0.19	0.03
274	10.39	96.8	-0.22	-0.2	319	35.04	150	1.4	1.48
275	23.62	96.8	-0.13	-0.19	320	6.475	150	0.1	0
276	123.3	150	1.48	1.36	321	145.5	100	-0.08	-0.1
277	126.1	60	0.06	0.04	322	111.8	150	-5.41	-5.83
278	125.9	79.2	0.12	0.08	323	143.2	96.8	-1.01	-1.08
279	123.6	60	0.03	0.02	324	212.1	96.8	-0.93	-0.99
280	60.6	80	-0.18	-0.18	325	85.4	79.2	1.18	1.3
281	36.13	150	-1.27	-0.97	326	152.5	60	0.1	0.05
282	56.97	100	-0.16	0.03	327	153.1	60	0.09	-0.01
283	9.277	150	1.55	1.21	328	138.5	60	0.22	0.25
284	52.92	80	0.03	0.05	329	54.49	100	0.43	0.26
285	8.593	80	0.25	0.25	330	7.579	60	0.37	0.3
286	41.44	80	0.4	0.4	331	47.56	60	-0.32	-0.34
287	12.43	150	1.97	1.87	332	8.064	60	-0.31	-0.47
288	66.96	96.8	0.25	0.26	333	1.814	60	-0.32	-0.63
289	71.32	100	-0.33	-0.32	334	43.74	100	-1.25	-1.32
290	59.53	60	-0.1	-0.04	335	6.501	100	0.61	0.84
291	159.6	60	-0.38	-0.27	336	37.7	100	-0.42	-0.67
292	55.82	150	4.55	4.96	337	17.83	60	-0.16	-0.1
293	111.2	150	2.1	2.27	338	35.12	79.2	0.34	0.32

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

339	6.205	66	0.02	0.05	384	56.13	100	-2.4	-2.61
340	8.93	100	0.73	0.91	385	85.86	100	0.91	1.02
341	4.773	100	1.16	1.28	386	26.72	100	-0.82	-0.91
342	7.605	100	0.35	0.71	387	7.595	66	0.64	0.64
343	5.48	96.8	-2.38	-2.56	388	30.45	60	0.1	0.02
344	3.54	100	1.35	1.37	389	6.602	100	-0.05	-0.22
345	2.208	100	3.48	3.77	390	11.56	150	-8.05	-8.47
346	33.88	44	0.1	0.03	391	5.069	150	-5.46	-5.68
347	11.12	60	-0.1	-0.02	392	39.35	150	-8.95	-9.51
348	7.448	60	0.19	0.06	393	100.7	60	0.65	0.71
349	112.4	60	-0.3	-0.34	394	21.06	150	-9.06	-9.57
350	107.9	60	-0.3	-0.34	395	4.042	150	-9	-9.52
351	112.2	60	-0.11	-0.14	396	46.79	60	-0.31	-0.33
352	8.214	141	0.36	0.81	397	17.07	60	-0.24	-0.27
353	14.83	96.8	-1.22	-1.26	398	88.9	80	-0.54	-0.52
354	24.45	96.8	1.42	1.5	399	9.743	150	-9.15	-9.72
355	63.87	100	-0.51	-0.5	400	121.4	80	0.6	0.68
356	113.6	141	0.97	0.61	401	132.8	100	-1.1	-1.25
357	62.44	60	-0.38	-0.42	402	121.4	150	0.29	0.22
358	92.96	150	-5.91	-6.35	403	133	141	-4.74	-4.94
359	40.49	150	-5.12	-5.44	404	82.69	141	-19.31	-18.9
360	7.585	150	5.52	5.88	405	90.79	150	-9.34	-9.95
361	6.403	60	-0.27	-0.21	406	39.83	80	1.47	1.51
362	7.532	60	-0.61	-0.67	407	63.97	141	-1.87	-1.41
363	119.1	80	0.3	0.3	408	83.93	141	-1.37	-1
364	29.74	60	0.86	0.96	409	13.8	96.8	0.41	0.32
365	142.7	80	0.35	0.36	410	11.08	96.8	-0.04	-0.04
366	118.5	100	-0.76	-0.81	411	92.1	80	-0.1	-0.06
367	67.31	80	0.3	0.32	412	19.24	60	1.28	1.36
368	35.21	100	1.25	1.32	413	11.29	80	-0.1	-0.01
369	8.22	100	1.71	1.87	414	3.959	80	4.93	5.04
370	27.16	150	4.14	4.39	415	20.55	141	-3.19	-2.23
371	23.6	100	-2.82	-3.04	416	46.33	96.8	0.93	0.71
372	16.39	100	1.15	1.29	417	15.83	150	0.1	0.01
373	23.04	100	0.99	1.08	418	6.651	100	6.5	6.58
374	1.458	100	0.79	0.87	419	11.04	96.8	-2.99	-2.2
375	26.73	80	0.75	0.84	420	2.504	96.8	-1.97	-1.45
376	34.2	80	0.24	0.26	421	8.126	141	0.1	0
377	40.53	96.8	-0.25	-0.3	422	40.51	79.2	-0.06	-0.04
378	7.664	100	-0.08	-0.06	423	86.2	79.2	0.38	0.42
379	51.09	79.2	0.44	0.44	424	86.26	79.2	-0.34	-0.38
380	65.68	96.8	0.1	0.04	425	86.07	141	2.66	2.9
381	139.6	60	-0.1	-0.09	426	86	96.8	-1.03	-1.16
382	144.7	60	0.1	0.09	427	92.58	96.8	1.04	1.11
383	77.59	100	2.5	2.73	428	40.75	141	2.57	2.9

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

429	40.55	141	3.1	3.53	474	27.99	96.8	0.24	0.24
430	13.13	141	2.82	3.19	475	76.9	96.8	0.52	0.39
431	43.2	141	-3.61	-3.83	476	82.18	141	-0.1	-0.05
432	40.65	79.2	-0.85	-0.94	477	64.75	96.8	-2.88	-2.83
433	13.55	79.2	-0.41	-0.47	478	64.95	96.8	-2.66	-2.61
434	65.4	141	13.17	12.93	479	67.52	141	-11.39	-11.14
435	12.99	141	16.27	15.99	480	71.47	96.8	-4.37	-4.27
436	18.11	141	22.62	22.17	481	54.77	96.8	2.03	2.01
437	80.42	150	2.15	2.4	482	66.98	141	-9.35	-9.18
438	21.15	150	2.85	3.22	483	12.89	141	6.38	6.29
439	44.9	141	4.04	4.59	484	13.85	141	-8.78	-8.59
440	50.56	150	-0.1	-0.03	485	62.84	141	3.2	3.12
441	72.42	80	-0.1	-0.04	486	50.31	141	-5.04	-5.08
442	169	150	-0.38	-0.4	487	18.64	141	0.57	0.75
443	230.7	141	0.48	0.65	488	54.1	96.8	2.52	2.49
444	87.43	141	4.98	4.9	489	12.97	176.2	-6.8	-6.69
445	88.11	141	-4.02	-3.93	490	97	176.2	-3.68	-3.6
446	83.07	150	-0.1	-0.05	491	23.07	176.2	3.77	3.67
447	91.8	96.8	1.78	1.76	492	53.51	96.8	-1.25	-1.24
448	65.02	141	6.07	5.95	493	16.07	176.2	5.11	4.97
449	48.48	141	-0.19	-0.13	494	313.6	150	0.1	0
450	89.28	141	3.16	3.08	495	136.2	96.8	-0.1	-0.08
451	18.86	141	3.01	2.98	496	173.8	141	0.19	0.15
452	88.89	141	-3.29	-3.21	497	131.2	100	-0.1	0
453	44.11	176.2	0.1	0.03	498	57.86	79.2	0.03	0.07
454	13.18	176.2	1.97	1.88	499	58.27	79.2	0	-0.04
455	84.64	141	-0.1	-0.05	500	4.521	141	-0.48	-0.42
456	212.5	141	3.13	3.05	501	1.938	141	-0.29	-0.34
457	139	141	2.15	2.16	502	22.12	96.8	-0.1	-0.02
458	91.01	96.8	1.61	1.6	503	75.74	96.8	-0.52	-0.35
459	107.6	141	3.94	3.88	504	7.318	79.2	-0.21	-0.21
460	142.2	176.2	8.73	8.61	505	3.388	60	0.41	0.37
461	120.6	141	2.95	2.85	506	3.119	60	0.31	0.37
462	65.96	96.8	1.91	1.87	507	2.213	96.8	0.35	0.2
463	118.9	141	2.94	2.88	508	6.172	141	-0.5	-0.39
464	109.1	141	-3.18	-3.12	509	2.304	96.8	-0.53	-0.33
465	66.11	96.8	1.76	1.72	510	35.16	100	0.1	0.02
466	85.07	96.8	-0.1	0	511	19.85	141	0.7	0.4
467	83.18	96.8	0.1	0	512	56.93	79.2	-0.3	-0.13
468	13.11	141	2.76	2.72	513	44.24	60	0.1	0.03
469	12.55	141	4.61	4.48	514	5.131	96.8	0.19	0.16
470	65.59	96.8	-1.81	-1.77	515	6.915	96.8	0.17	0.17
471	17.21	141	1.23	1.22	516	33.12	150	-3.46	-3.41
472	13.47	141	5.45	5.35	517	3.696	150	-2.01	-1.81
473	12.76	141	-1.32	-1.28	518	55.92	60	0.25	0.25

519	3.354	60	-0.29	-0.03	539	17.23	141	2.79	2.75
520	10.79	100	0.1	0.02	540	138.9	141	-3.62	-3.59
521	8.89	100	1.87	2.04	541	17.56	141	-5.08	-5.01
522	60.47	100	0.58	0.63	542	50.66	141	-3.53	-3.51
523	42.7	96.8	-1.19	-1.31	543	37.07	96.8	-0.53	-0.35
524	179.4	150	8.45	8.92	544	34.22	96.8	-0.18	-0.18
525	16.79	141	-3.84	-3.77	545	77.11	79.2	-0.27	-0.21
526	12.98	141	0.41	0.35	546	77.05	79.2	-0.27	-0.21
527	16.35	96.8	-0.32	-0.23	547	53.08	96.8	-0.2	-0.36
528	12.81	96.8	-2.41	-2.31	548	1.512	96.8	-0.3	-0.39
529	18.46	141	-3.14	-3.04	549	1.977	79.2	0.19	0.07
530	12.66	141	-6.47	-6.34	550	52.38	79.2	0.1	0.03
531	103.9	80	0.16	-0.15	551	1.687	96.8	0.31	0.24
532	84.42	79.2	-0.24	-0.25	552	9.731	96.8	0.22	0.24
533	4.923	96.8	0.83	0.62	553	1.933	141	6.65	6.55
534	54.34	96.8	0.03	-0.3	554	136	141	6.56	6.48
535	11.17	96.8	-0.66	-0.63	555	30.29	141	-39.15	-38.47
536	29.41	96.8	0.6	0.33	556	35	141	-16.02	-16.61
537	65.66	141	-5.64	-5.54					
538	17.76	141	-7.2	-7.11					

Tabla 1. Longitudes, diámetros y caudales de las tuberías de la red en los escenarios 1 y 4



## A.2. Nudos: Cota, demanda base y presión en los escenarios 1 y 4

Nudo	Cota mca	Demanda Base		Presión	
		Escenario		Escenario	
		1 LPS	4 LPS	1 mca	4 mca
1	14	0.062	0.060	31.39	31.4
2	14	0.062	0.050	31.39	31.4
3	14	0.062	0.050	31.39	31.4
4	17	0.062	0.000	28.42	28.43
5	18	0.062	0.000	27.42	27.43
6	18	0.062	0.150	27.42	27.43
7	20	0.062	0.140	25.42	25.43
8	17	0.062	0.080	28.42	28.42
9	18	0.062	0.081	27.42	27.42
10	14	0.062	0.074	31.39	31.4
11	14	0.062	0.066	31.39	31.4
12	14	0.062	0.064	31.39	31.4
13	14	0.062	0.069	31.39	31.4
14	14	0.062	0.033	31.4	31.4
15	14	0.062	0.109	31.4	31.41
16	14	0.062	0.064	31.39	31.4
17	16	0.062	0.105	29.41	29.42
18	16	0.062	0.000	29.41	29.42
19	18	0.062	0.105	27.41	27.41
20	15	0.062	0.068	30.41	30.42
21	16	0.062	0.072	29.41	29.41
22	15	0.062	0.069	30.41	30.42
23	15	0.062	0.053	30.41	30.42
24	16	0.062	0.078	29.41	29.41
25	14	0.062	0.059	31.41	31.41
26	16	0.062	0.073	29.42	29.42
27	16	0.062	0.076	29.42	29.42
28	18	0.062	0.072	27.42	27.42
29	19	0.062	0.000	26.42	26.42
30	18	0.062	0.000	27.42	27.42
31	19	0.062	0.000	26.42	26.43
32	15	0.062	0.000	30.42	30.43
33	17	0.062	0.000	28.42	28.42
34	17	0.062	0.000	28.42	28.43
35	18	0.062	0.000	27.42	27.43
36	19	0.062	0.000	26.42	26.43
37	17	0.062	0.000	28.42	28.43
38	17	0.062	0.000	28.42	28.42
39	17	0.062	0.000	28.42	28.42
40	19	0.062	0.000	26.42	26.43
41	18	0.062	0.000	27.42	27.42
42	18	0.062	0.000	27.42	27.42
43	19	0.062	0.048	26.42	26.42
44	19	0.062	0.076	26.42	26.42
45	17	0.062	0.109	28.41	28.42
46	17	0.062	0.083	28.42	28.42
47	19	0.062	0.120	26.42	26.42
48	19	0.062	0.070	26.42	26.42
49	19	0.062	0.000	26.42	26.42
50	19	0.062	0.000	26.42	26.42
51	19	0.062	0.080	26.43	26.43
52	19	0.062	0.000	26.42	26.42
53	19	0.062	0.000	26.42	26.42
54	19	0.062	0.050	26.43	26.43
55	19	0.062	0.050	26.43	26.43
56	19	0.062	0.120	26.43	26.43
57	19	0.062	0.050	26.43	26.43
58	17	0.062	0.030	28.43	28.43
59	19	0.062	0.120	26.43	26.43
60	18	0.062	0.090	27.42	27.43
61	19	0.062	0.120	26.44	26.43
62	19	0.062	0.120	26.45	26.44
63	19	0.062	0.100	26.43	26.43
64	18	0.062	0.090	27.43	27.43
65	19	0.062	0.100	26.43	26.42
66	18	0.062	0.110	27.43	27.42
67	19	0.062	0.100	26.43	26.42
68	18	0.062	0.100	27.43	27.42
69	19	0.062	0.000	26.42	26.43
70	18	0.062	0.070	27.43	27.43
71	18	0.062	0.060	27.43	27.43
72	19	0.062	0.110	26.43	26.43
73	19	0.062	0.060	26.43	26.43
74	19	0.062	0.060	26.44	26.43
75	19	0.062	0.120	26.46	26.45
76	18	0.062	0.100	27.45	27.45
77	18	0.062	0.100	27.43	27.43
78	17	0.062	0.070	28.42	28.43
79	18	0.062	0.080	27.42	27.43
80	18	0.062	0.010	27.42	27.43
81	18	0.062	0.040	27.42	27.43
82	18	0.062	0.010	27.42	27.43

Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

83	20	0.062	0.100	25.43	25.43	128	20	0.062	0.110	25.52	25.51
84	18	0.062	0.040	27.42	27.43	129	21	0.062	0.100	24.5	24.49
85	19	0.062	0.030	26.42	26.43	130	20	0.062	0.110	25.46	25.45
86	19	0.062	0.030	26.42	26.43	131	20	0.062	0.120	25.49	25.48
87	18	0.062	0.080	27.43	27.43	132	20	0.062	0.110	25.47	25.46
88	18	0.062	0.040	27.43	27.43	133	20	0.062	0.110	25.47	25.46
89	19	0.062	0.040	26.42	26.43	134	20	0.062	0.100	25.47	25.46
90	19	0.062	0.000	26.42	26.43	135	20	0.062	0.090	25.47	25.46
91	19	0.062	0.000	26.42	26.43	136	20	0.062	0.120	25.49	25.48
92	20	0.062	0.100	25.43	25.42	137	19	0.062	0.104	26.97	27.03
93	21	0.062	0.100	24.43	24.43	138	19	0.062	0.089	27	27.05
94	21	0.062	0.120	24.46	24.45	139	15	0.062	0.080	31.28	31.38
95	22	0.062	0.120	23.48	23.47	140	19	0.062	0.049	27.25	27.37
96	22	0.062	0.100	23.48	23.48	141	19	0.062	0.105	27	27.05
97	21	0.062	0.120	24.46	24.45	142	19	0.062	0.103	27.24	27.33
98	18	0.062	0.120	27.45	27.45	143	19	0.062	0.118	27.2	27.29
99	21	0.062	0.100	24.43	24.43	144	19	0.062	0.081	26.96	27.01
100	18	0.062	0.040	27.5	27.49	145	19	0.062	0.079	26.96	27.02
101	18	0.062	0.100	27.52	27.52	146	19	0.062	0.080	26.98	27.03
102	18	0.062	0.060	27.49	27.48	147	19	0.062	0.085	27.24	27.33
103	20	0.062	0.070	25.55	25.55	148	18	0.062	0.050	27.56	27.57
104	20	0.062	0.060	25.57	25.57	149	18	0.062	0.080	27.56	27.57
105	20	0.062	0.150	25.57	25.57	150	20	0.062	0.050	25.56	25.56
106	15	0.062	0.116	30.42	30.41	151	18	0.062	0.040	27.56	27.57
107	12	0.062	0.118	33.41	33.41	152	18	0.062	0.020	27.56	27.57
108	19	0.062	0.120	26.49	26.49	153	18	0.062	0.010	27.56	27.57
109	20	0.062	0.120	25.51	25.5	154	18	0.062	0.000	27.56	27.57
110	19	0.062	0.120	26.49	26.49	155	18	0.062	0.010	27.56	27.57
111	20	0.062	0.150	25.51	25.5	156	18	0.062	0.140	27.69	27.72
112	19	0.062	0.000	26.78	26.84	157	19	0.062	0.030	26.77	26.82
113	17	0.062	0.094	28.76	28.8	158	18	0.062	0.050	27.61	27.63
114	17	0.062	0.104	28.77	28.81	159	19	0.062	0.050	26.79	26.84
115	18	0.062	0.130	27.59	27.61	160	19	0.062	0.020	26.77	26.82
116	19	0.062	0.120	26.69	26.72	161	18	0.062	0.010	27.57	27.63
117	19	0.062	0.110	26.97	27.01	162	19	0.062	0.010	26.77	26.82
118	20	0.062	0.130	25.54	25.53	163	17	0.062	0.000	29.25	29.37
119	21	0.062	0.120	24.46	24.46	164	19	0.062	0.000	27.25	27.37
120	21	0.062	0.100	24.46	24.45	165	20	0.062	0.000	26.25	26.37
121	20	0.062	0.100	25.51	25.5	166	20	0.062	0.078	26.25	26.36
122	20	0.062	0.150	25.56	25.56	167	19	0.062	0.000	27.25	27.37
123	21	0.062	0.110	24.5	24.49	168	17	0.062	0.000	29.25	29.37
124	20	0.062	0.100	25.47	25.46	169	20	0.062	0.000	26.25	26.37
125	20	0.062	0.080	25.52	25.5	170	17	0.062	0.000	29.25	29.37
126	20	0.062	0.090	25.51	25.5	171	17	0.062	0.059	29.25	29.37
127	20	0.062	0.050	25.52	25.51	172	16	0.062	0.000	30.25	30.37

173	17	0.062	0.046	29.25	29.37	218	18	0.062	0.060	27.44	27.44
174	20	0.062	0.045	26.25	26.36	219	18	0.062	0.070	27.45	27.44
175	19	0.062	0.051	27.25	27.35	220	20	0.062	0.140	25.46	25.45
176	19	0.062	0.034	27.22	27.32	221	18	0.062	0.160	27.45	27.44
177	20	0.062	0.044	26.25	26.36	222	18	0.062	0.110	27.46	27.45
178	20	0.062	0.019	26.25	26.36	223	20	0.062	0.030	25.46	25.45
179	19	0.062	0.041	27.25	27.37	224	18	0.062	0.090	27.45	27.45
180	14	0.062	0.000	32.41	32.5	225	14	0.062	0.040	31.39	31.4
181	19	0.062	0.087	27.25	27.35	226	15	0.062	0.069	30.4	30.4
182	19	0.062	0.019	27.25	27.35	227	12	0.062	0.110	33.41	33.41
183	16	0.062	0.030	30.3	30.38	228	15	0.062	0.105	30.42	30.41
184	12	0.062	0.000	34.56	34.64	229	14	0.062	0.050	31.39	31.4
185	16	0.062	0.020	30.34	30.42	230	14	0.062	0.050	31.39	31.4
186	16	0.062	0.040	30.33	30.41	231	14	0.062	0.010	31.39	31.4
187	16	0.062	0.050	30.29	30.37	232	16	0.062	0.070	29.42	29.42
188	9	0.062	0.060	38.1	38.16	233	15	0.062	0.075	30.42	30.42
189	9	0.062	0.050	38.14	38.2	234	16	0.062	0.070	29.42	29.42
190	18	0.062	0.120	27.46	27.45	235	16	0.062	0.074	29.42	29.42
191	17	0.062	0.079	28.42	28.42	236	15	0.062	0.042	30.41	30.42
192	16	0.062	0.086	29.43	29.43	237	15	0.062	0.080	30.42	30.41
193	17	0.062	0.124	28.49	28.49	238	13	0.062	0.066	32.41	32.41
194	17	0.062	0.130	28.49	28.49	239	14	0.062	0.069	31.41	31.41
195	18	0.062	0.120	27.46	27.45	240	15	0.062	0.073	30.42	30.41
196	17	0.062	0.092	28.65	28.68	241	17	0.062	0.024	28.38	28.43
197	14	0.062	0.128	31.72	31.77	242	15	0.062	0.056	30.38	30.43
198	17	0.062	0.098	28.64	28.67	243	15	0.062	0.078	30.39	30.44
199	14	0.062	0.101	31.72	31.76	244	17	0.062	0.078	28.48	28.48
200	17	0.062	0.071	28.42	28.42	245	17	0.062	0.042	28.48	28.49
201	14	0.062	0.146	31.52	31.52	246	17	0.062	0.034	28.45	28.45
202	17	0.062	0.089	28.53	28.54	247	17	0.062	0.142	28.43	28.43
203	17	0.062	0.098	28.52	28.53	248	15	0.062	0.048	30.42	30.41
204	17	0.062	0.054	28.43	28.43	249	17	0.062	0.025	28.43	28.43
205	17	0.062	0.039	28.44	28.44	250	17	0.062	0.050	28.45	28.45
206	16	0.062	0.113	29.42	29.42	251	15	0.062	0.039	30.42	30.41
207	18	0.062	0.060	27.44	27.43	252	12	0.062	0.027	33.41	33.41
208	17	0.062	0.044	28.42	28.42	253	17	0.062	0.023	28.48	28.49
209	17	0.062	0.074	28.43	28.43	254	17	0.062	0.014	28.48	28.48
210	17	0.062	0.071	28.42	28.42	255	12	0.062	0.057	33.41	33.41
211	17	0.062	0.028	28.42	28.42	256	11	0.062	0.062	34.41	34.41
212	17	0.062	0.073	28.42	28.42	257	13	0.062	0.063	32.41	32.41
213	17	0.062	0.036	28.42	28.42	258	14	0.062	0.059	31.41	31.41
214	18	0.062	0.080	27.44	27.44	259	14	0.062	0.011	31.51	31.52
215	18	0.062	0.040	27.45	27.44	260	14	0.062	0.009	31.51	31.52
216	17	0.062	0.134	28.46	28.45	261	14	0.062	0.003	31.72	31.76
217	18	0.062	0.080	27.45	27.45	262	19	0.062	0.110	26.69	26.73

263	17	0.062	0.089	28.61	28.63	308	17	0.062	0.047	28.72	28.75
264	17	0.062	0.049	28.69	28.73	309	19	0.062	0.070	26.7	26.73
265	17	0.062	0.106	28.48	28.47	310	17	0.062	0.021	28.7	28.73
266	19	0.062	0.090	26.52	26.52	311	17	0.062	0.012	28.69	28.73
267	19	0.062	0.130	26.51	26.51	312	16	0.062	0.083	29.84	29.9
268	19	0.062	0.090	26.52	26.53	313	17	0.062	0.065	28.7	28.74
269	19	0.062	0.120	26.48	26.47	314	14	0.062	0.089	31.74	31.78
270	19	0.062	0.100	26.49	26.48	315	14	0.062	0.079	31.74	31.79
271	19	0.062	0.080	26.48	26.48	316	10	0.062	0.115	37.77	37.8
272	19	0.062	0.020	26.49	26.48	317	11	0.062	0.097	36.77	36.8
273	19	0.062	0.030	26.49	26.49	318	13	0.062	0.000	32.84	32.9
274	19	0.062	0.030	26.51	26.51	319	15	0.062	0.059	30.94	31.01
275	19	0.062	0.010	26.49	26.49	320	14	0.062	0.041	32.3	32.4
276	19	0.062	0.020	26.49	26.49	321	12	0.062	0.090	35.15	35.21
277	19	0.062	0.030	26.49	26.49	322	15	0.062	0.045	31.05	31.13
278	19	0.062	0.030	26.49	26.49	323	15	0.062	0.020	31	31.07
279	19	0.062	0.020	26.69	26.72	324	16	0.062	0.060	29.94	30.01
280	19	0.062	0.020	26.68	26.72	325	16	0.062	0.064	30.26	30.37
281	19	0.062	0.010	26.49	26.49	326	14	0.062	0.026	32.27	32.38
282	17	0.062	0.060	28.47	28.47	327	15	0.062	0.040	31.26	31.37
283	17	0.062	0.064	28.51	28.52	328	15	0.062	0.042	31.26	31.37
284	17	0.062	0.083	28.51	28.52	329	15	0.062	0.037	30.94	31.01
285	17	0.062	0.047	28.46	28.45	330	15	0.062	0.004	30.94	31.01
286	17	0.062	0.058	28.46	28.45	331	14	0.062	0.016	32.3	32.39
287	17	0.062	0.051	28.6	28.62	332	14	0.062	0.024	32.27	32.38
288	15	0.062	0.115	30.69	30.72	333	15	0.062	0.055	31.26	31.37
289	17	0.062	0.057	28.67	28.71	334	15	0.062	0.006	31.05	31.13
290	17	0.062	0.025	28.6	28.63	335	14	0.062	0.003	32.3	32.39
291	17	0.062	0.080	28.67	28.7	336	14	0.062	0.056	31.79	31.85
292	17	0.062	0.074	28.68	28.71	337	14	0.062	0.067	31.79	31.85
293	15	0.062	0.113	30.7	30.74	338	13	0.062	0.056	32.78	32.84
294	17	0.062	0.048	28.68	28.71	339	13	0.062	0.056	32.78	32.84
295	17	0.062	0.051	28.68	28.71	340	14	0.062	0.056	31.79	31.85
296	17	0.062	0.020	28.66	28.69	341	13	0.062	0.000	32.82	32.88
297	15	0.062	0.072	30.7	30.73	342	13	0.062	0.000	32.79	32.85
298	15	0.062	0.070	30.81	30.87	343	14	0.062	0.068	31.77	31.82
299	15	0.062	0.062	30.81	30.87	344	10	0.062	0.040	37.57	37.61
300	15	0.062	0.056	30.82	30.88	345	12	0.062	0.040	35.24	35.3
301	17	0.062	0.026	28.81	28.87	346	10	0.062	0.050	37.81	37.85
302	18	0.062	0.055	27.86	27.91	347	11	0.062	0.020	36.77	36.8
303	18	0.062	0.095	27.86	27.92	348	11	0.062	0.029	36.77	36.8
304	18	0.062	0.077	27.84	27.89	349	9	0.062	0.159	38.77	38.8
305	18	0.062	0.057	27.84	27.89	350	10	0.062	0.070	37.77	37.81
306	17	0.062	0.037	28.7	28.73	351	12	0.062	0.078	35.17	35.23
307	19	0.062	0.080	26.59	26.61	352	12	0.062	0.071	35.19	35.25

353	13	0.062	0.033	34.22	34.28	383	9	0.062	0.040	38.56	38.61
354	12	0.062	0.052	35.22	35.28	384	10	0.062	0.040	37.48	37.53
355	12	0.062	0.059	35.33	35.39	385	10	0.062	0.040	37.77	37.81
356	12	0.062	0.084	35.26	35.32	386	9	0.062	0.020	38.53	38.58
357	11	0.062	0.069	36.22	36.28	387	10	0.062	0.048	37.35	37.41
358	11	0.062	0.062	36.22	36.28	388	10	0.062	0.037	37.35	37.41
359	12	0.062	0.073	35.25	35.31	389	10	0.062	0.100	35.41	35.41
360	12	0.062	0.018	35.33	35.39	390	8	0.062	0.000	37.41	37.41
361	12	0.062	0.080	35.33	35.39	391	10	0.062	0.054	35.41	35.41
362	19	0.062	0.034	28.22	28.27	392	12	0.062	0.079	33.41	33.41
363	12	0.062	0.089	35.22	35.27	393	12	0.062	0.093	33.41	33.41
364	12	0.062	0.129	35.22	35.28	394	11	0.062	0.000	34.41	34.41
365	11	0.062	0.060	36.26	36.32	395	12	0.062	0.055	33.41	33.41
366	12	0.062	0.093	35.24	35.3	396	18	0.062	0.010	27.42	27.43
367	12	0.062	0.084	35.27	35.33	397	19	0.062	0.000	26.48	26.49
368	10	0.062	0.071	37.33	37.39	398	14	0.062	0.014	31.39	31.4
369	10	0.062	0.060	37.47	37.52	399	15	0.062	0.018	30.38	30.43
370	10	0.062	0.083	37.36	37.41	400	19	0.062	0.010	26.77	26.82
371	12	0.062	0.087	35.18	35.24	401	17	0.062	0.000	29.25	29.37
372	12	0.062	0.080	35.24	35.3	402	17	0.062	0.013	29.25	29.37
373	12	0.062	0.078	35.2	35.26	403	10	0.062	0.095	37.31	37.36
374	12	0.062	0.075	35.25	35.31	404	10	0.062	0.088	37.34	37.39
375	10	0.062	0.076	37.29	37.35	405	17	0.062	0.018	29.25	29.37
376	15	0.062	0.000	32.18	32.24	406	17	0.062	0.022	29.25	29.37
377	15	0.062	0.000	32.17	32.23	407	17	0.062	0.022	29.25	29.37
378	17	0.062	0.000	29.25	29.37	408	20	0.062	0.021	26.25	26.37
379	19	0.062	0.033	28.22	28.28	409	17	0.062	0.005	29.25	29.37
380	11	0.062	0.040	36.26	36.32	410	9	0.062	0.040	38.52	38.57
381	9	0.062	0.040	38.39	38.44						
382	9	0.062	0.060	38.37	38.43						

**Tabla 2. Cota, demanda base y presiones para los nudos de la red en los escenarios 1 y 4**



# Presupuesto

---



**Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana.  
Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.**

**Presupuesto**

<i>Código</i>	<i>NatC</i>	<i>Ud</i>	<i>Resumen</i>	<i>CanPres</i>	<i>Pres</i>	<i>ImpPres</i>
C01	Capítulo		DEMOLICIONES, RECOMPOSICIONES Y ARQUETAS	1	11,720.84	11,720.84
C02	Capítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS	1	5,551.45	5,551.45
C03	Capítulo		VALVULAS, TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES	1	6,708.48	6,708.48
C04	Capítulo		MONTAJE	1	1,630.98	1,630.98
C05	Capítulo		GESTIÓN DE RESIDUOS	1	750.49	750.49
C06	Capítulo		VARIOS	1	5,180.88	5,180.88
C07	Capítulo		SEGURIDAD Y SALUD - FORMACIÓN OPERARIOS	1	393.62	393.62
<b>Total PRESUPUESTO</b>						<b>31,936.74</b>

**TREINTA Y UN MIL NOVECIENTOS TREINTA Y SEIS CON SETENTA Y CUATRO**



**Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.**

Presupuesto							
Código	NatC	Ud	Resumen	CanPres	Pres	ImpPres	
<b>C01</b>	<b>Capítulo</b>		<b>DEMOLICIONES, RECOMPOSICIONES Y ARQUETAS</b>	<b>1</b>	<b>11,720.84</b>	<b>11,720.84</b>	
DA02010	Partida	M2	DEMOLICION ACERAS	18.00	24.45	440.10	
			DEMOLICIÓN DE ACERAS (DE BALDOSA HIDRÁULICA, HORMIGÓN, ASFALTO...), CON CORTE LIMPIO Y RECTO DE LOS BORDES DE ZANJA, INCLUSO BASE DE HORMIGÓN Y RETIRADA DE ESCOMBROS A VERTEDERO.				
MQPP002_A	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	0.2000	5.26	1.05	
MMM036	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	0.2000	1.11	0.22	
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.6250	14.63	9.14	
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.				
PAPP001_A	Material	m3	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM	2.3000	5.02	11.55	
			CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.				
MMM005	Material	H	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN	0.0495	21.80	1.08	
			CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.				
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0148	65.28	0.97	
			RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.				
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.1103	4.00	0.44	
			<b>Total DA02010</b>	<b>18.00</b>	<b>24.45</b>	<b>440.10</b>	
DA02075	Partida	ML	ARRANCADO DE BORDILLO	10.00	11.73	117.30	
			ARRANCADO DE BORDILLO, INCLUSO BASE DE HORMIGÓN Y RETIRADA DE ESCOMBROS A VERTEDERO.				
MQPP002_A	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	0.0800	5.26	0.42	
MMM036	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	0.0800	1.11	0.09	
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.2648	14.63	3.87	
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.				
PAPP001_A	Material	m3	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM	1.0200	5.02	5.12	
			CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.				
MMM005	Material	H	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN	0.0495	21.80	1.08	
			CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.				
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0148	65.28	0.97	
			RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.				
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0459	4.00	0.18	
			<b>Total DA02075</b>	<b>10.00</b>	<b>11.73</b>	<b>117.30</b>	
DA02660	Partida	M2	DEMOLICION PAVIMENTO ASF. O BASE HORM. 15 CM.	60.00	14.31	858.60	
			DEMOLICIÓN BASE DE PAVIMENTO, DE HORMIGÓN DE 15 CM. DE ESPESOR, INCLUSO RETIRADA DE ESCOMBROS A VERTEDERO.				
MQPP002_A	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	0.1500	5.26	0.79	
MMM036	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	0.1500	1.11	0.17	
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.6043	14.63	8.84	
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.				
PAPP001_A	Material	m3	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM	1.0000	2.05	2.05	
			CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.				
MMM005	Material	H	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN	0.0495	21.80	1.08	
			CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.				
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0148	65.28	0.97	
			RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.				
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.1015	4.00	0.41	
			<b>Total DA02660</b>	<b>60.00</b>	<b>14.31</b>	<b>858.60</b>	
DA11010	Partida	M2	RECOMPOSICION DE ACERAS	18.00	107.94	1,942.92	
			RECOMPOSICIÓN DE ACERAS (DE BALDOSA HIDRÁULICA, CEMENTO, ASFALTO...) INCLUSO BASE DE HORMIGÓN Y MORTERO DE AGARRE.				
MTPP1003_A	Material	m2	BALDOSA 25X25 CM.	1.0000	9.57	9.57	
MO003	Material	H	OFICIAL 1º CONSTRUCCIÓN	0.0730	17.70	1.29	
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.1235	14.63	1.81	
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.				
PAPP002_A	Material	m3	MORTERO CEM. PORTLAND+ARENA 250KG/M3,1:6,HORM.165L	0.2000	79.39	15.88	
			MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y ARENA CON 250 KG/M3 DE CEMENTO, CON UNA PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:6, ELABORADO EN LA OBRA CON HORMIGONERA DE 165 L				
MTA22300	Material	m3	AGUA	0.2000	1.12	0.22	
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.3476	14.63	19.72	
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.				
MTPP1004	Material	T	ARENA PIEDRA GRANIT. P/MORTE.	1.6300	19.33	31.51	
			ARENA DE CANTERA DE PIEDRA GRANÍTICA PARA MORTERO.				
MTPP1001_A	Material	t	CEMENTO PORT.ESCOR. CEM II/B-S/32,5,SACOS	0.2500	106.32	26.58	
MMM033	Material	H	HORMIGONERA 165L	0.6708	2.03	1.36	

HORMIGONERA DE 165 L						
<b>Total PAPP002_A</b>				18.0000	<b>107.94</b>	<b>1,942.92</b>
DA11075	Partida	ML	COLOCACION DE BORDILLO	10.00	115.52	1,155.20
			COLOCACIÓN DE BORDILLO, INCLUSO LECHO DE HORMIGÓN Y REJUNTADO CON MORTERO DE CEMENTO.			
MTPP1009_A	Material	m	BORDILLO PREF HORM., 20X25 CM.	1.0500	4.99	5.24
			BORDILLO PREFABRICADO DE HORMIGÓN, 20X25 CM.			
MO003	Material	H	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	0.1165	17.70	2.06
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.2470	14.63	3.61
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
PAPP002_A	Material	m3	MORTERO CEM. PORTLAND+ARENA 250KG/M3,1:6,HORM.165L	0.2500	83.69	20.92
			MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y ARENA CON 250 KG/M3 DE CEMENTO, CON UNA PROPORCION EN VOLUMEN 1:6, ELABORADO EN LA OBRA CON HORMIGONERA DE 165 L			
MTA22300	Material	m3	AGUA	0.2000	2.25	0.45
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.3476	15.32	20.65
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
MTPP1004	Material	T	ARENA PIEDRA GRANIT. P/MORTE.	1.6300	21.26	34.65
			ARENA DE CANTERA DE PIEDRA GRANÍTICA PARA MORTERO.			
MTPP1001_A	Material	t	CEMENTO PORT.ESCOR. CEM II/B-S/32,5,SACOS	0.2500	106.32	26.58
MMM033	Material	H	HORMIGONERA 165L	0.6708	2.03	1.36
			HORMIGONERA DE 165 L			
<b>Total PAPP002_A</b>				10.0000	<b>115.52</b>	<b>1,155.20</b>
DA11130	Partida	M2	RECOMP. PAVTº AGLOM. ASF. 10 FONON.	60.00	40.08	2,404.80
			RECOMPOSICIÓN DE PAVIMENTO CON AGLOMERADO FONOABSORBENTE DE 10 CM DE ESPESOR			
MTPP1010B	Material	m2	RIEGO DE IMPRIMACIÓN	1.0000	0.41	0.41
			RIEGO DE IMPRIMACIÓN			
MTPP1011B	Material	m2	RIEGO DE ADHERENCIA	1.0000	0.22	0.22
			RIEGO DE ADHERENCIA			
MTPP1008B	Material	m2	MEZCLA BITUM. CALIENTE S-12, ÁRIDO CALIZO, BETÚN ASF. 6 CM.	1.0000	24.14	24.14
			MEZCLA BITUM. CALIENTE S-12, ÁRIDO CALIZO, BETÚN ASF. 6 CM.			
MTPP1009B	Material	m2	M.BITUM. CALIENTE SMA-11, ÁRIDO PORFIDICO, FONOABSORBENTE 3 CM.	1.0000	13.77	13.77
			M.BITUM. CALIENTE SMA-11, ÁRIDO PORFIDICO, FONOABSORBENTE 3 CM.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.3854	4.00	1.54
<b>Total DA11130</b>				60.00	<b>40.08</b>	<b>2,404.80</b>
PSF310	Material	UD	ARQUETA VALV 150-200 (1.65x1.30)	3.0000	1,600.64	4,801.92
			Arqueta para válvula diámetro 150-200 mm., de unas dimensiones interiores de 1.65x1.30 m. y profundidad (según perfil); formada por solera de hormigón de 25 cm. de espesor, muros de 20 cm. de espesor, y losa de cubrición de 30 cm. de espesor, todo en hormigón armado HA-25/P/20/IIa, incluyendo trapa de fundición diámetro 600 mm., y pates de polipropileno para acceso a interior.			
MTPP1071	Material	ud	Marco y trapa de fundición diámetro 600 mm.	1.0000	99.82	99.82
			Marco y trapa de fundición diámetro 600 mm.			
MTPP1102	Material	m3	Hormigón HA-25/P/20/IIa	1.2100	70.51	85.32
			Hormigón armado tipo HA-25/P/20/IIa, incluyendo suministro.			
MTPP1047	Material	kg	Acero corru AEH-500NØ16 (1.580)	6.1500	0.72	4.43
			Acero redondo corrugado AEH-500N, de 16 (1.580) mm. de diámetro, homologado (1.580 Kg/m.).			
MTPP1052	Material	u	Pate pref a galv 250x315 mm	4.0000	12.26	49.04
			Pate prefabricado de acero galvanizado, de dimensiones 250x315 mm. y 18 mm. de diámetro.			
MOPP001	Mano de obra	h	Oficial de 1ª.	5.3690	17.70	95.03
			Oficial de 1ª.			
MOPP003	Mano de obra	h	Peón ordinario.	5.8000	25.07	145.41
			Peón ordinario.			
DA31310	Partida	M2	ENCOFRADO MUROS Y LOSAS	32.0200	31.03	993.58
			Encofrado y desencofrado mediante tablas o paneles metálicos, en muros y losas.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% Medios Auxiliares + 1% Control Calidad)	19.2523	4.00	77.01
AP01	Material		Sin descomposición.	0.0000	0.00	0.00
<b>Total PSF310</b>				1.0000	<b>1,549.64</b>	<b>1,549.64</b>
MO003	Material	H	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	1.5170	17.70	26.85
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.5170	14.63	22.19
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.4904	4.00	1.96
<b>Total DA21080</b>				3.00	<b>1,600.64</b>	<b>4,801.92</b>
<b>Total C01</b>				1	<b>11,720.84</b>	<b>11,720.84</b>
<b>C02</b>	<b>Capítulo</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		<b>1</b>	<b>5,551.45</b>	<b>5,551.45</b>

DA21025	Partida	M3	EXCAV. MAQUINA ZANJA EN TIERRA	102.00	9.85	1,004.70
MMM044	Material	H	EXCAVACIÓN CON MEDIOS MECÁNICOS DE ZANJA EN TIERRA, CON UNA TOLERANCIA DE RASANTEO DE +/- 5 CM. RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0790	65.28	5.16
MO003	Material	H	RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3. OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	0.1128	17.70	2.00
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.1578	14.63	2.31
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0947	4.00	0.38
REDON_A	Partida		REDONDEO	0.0000	0.01	0.00
			<b>Total DA21025</b>	<b>102.00</b>	<b>9.85</b>	<b>1,004.70</b>
DA21080	Partida	M3	EXCAV. MANUAL ZANJA EN TIERRA	31.00	51.00	1,581.00
MO003	Material	H	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJA EN TIERRA, CON UNA TOLERANCIA DE RASANTEO DE +/- 5 CM. OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	1.5170	17.70	26.85
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.5170	14.63	22.19
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.4904	4.00	1.96
			<b>Total DA21080</b>	<b>31.00</b>	<b>51.00</b>	<b>1,581.00</b>
DA21420	Partida	M3	TAPADO ZANJA CON ARENA	133.00	16.36	2,175.88
MTPP1041_A	Material	t	TAPADO Y REGADO DE ZANJA CON APORTACIÓN DE ARENA O ÁRIDO FINO, EN LECHO, LATERALES Y LOMO DE TUBERÍA (RECUBRIENDO ÉSTA AL MENOS 15 CM. POR ENCIMA ARENA AMARILLA.	0.5000	6.75	3.38
MMM044	Material	H	ARENA AMARILLA.	0.1000	65.28	6.53
MMM054	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0200	55.41	1.11
MO023	Material	h	RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3. RODILLO VIBRATORIO AUTPRO 4TM	0.3218	14.63	4.71
%M.AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN.	0.1573	4.00	0.63
			4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	133.00	16.36	2,175.88
			<b>Total DA21420</b>	<b>133.00</b>	<b>16.36</b>	<b>2,175.88</b>
DA21450	Partida	M3	TAPADO ZANJA CON ZAHORRAS	12.00	22.93	275.16
MTPP1034_A	Material	Tn	TAPADO Y COMPACTADO DE ZANJA CON APORTACIÓN DE ZAHORRAS LIMPIAS, PROCEDENTES DE MACHAQUEO. EXTENDIDAS EN CAPAS DE 25 CM. DE ESPESOR ZAHORRA ARTIFICIAL 0/80	1.5000	6.92	10.38
MMM044	Material	H	ZAHORRA ARTIFICIAL 0/80, LAVADA, A PIE DE OBRA, CONSIDERANDO TRANSPORTE CON CAMIÓN DE 25 T. RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0599	65.28	3.91
MMM054	Material	H	RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3. RODILLO VIBRATORIO AUTPRO 4TM	0.0300	55.41	1.66
MO023	Material	h	RODILLO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO DE 4 TM.	0.4168	14.63	6.10
%M.AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN.	0.2205	4.00	0.88
			4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	12.00	22.93	275.16
			<b>Total DA21450</b>	<b>12.00</b>	<b>22.93</b>	<b>275.16</b>
DA21621	Partida	M3	CARGA Y TRANSPORTE PRODUCT. EXCAV. VERT.	133.00	3.87	514.71
MMM044	Material	H	CARGA Y TRANSPORTE DE PRODUCTOS PROCEDENTES DE LA EXCAVACIÓN, A VERTEDERO A CUALQUIER DISTANCIA INCLUYENDO CANON DE VERTIDO. RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0454	65.28	2.96
MMM005	Material	H	RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3. CAMIÓN BASCULANTE 12 TN	0.0350	21.80	0.76
%M.AUX	Otros	%	CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.	0.0372	4.00	0.15
			4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	133.00	3.87	514.71
			<b>Total DA21621</b>	<b>133.00</b>	<b>3.87</b>	<b>514.71</b>
			<b>Total C02</b>	<b>1</b>	<b>5,551.45</b>	<b>5,551.45</b>

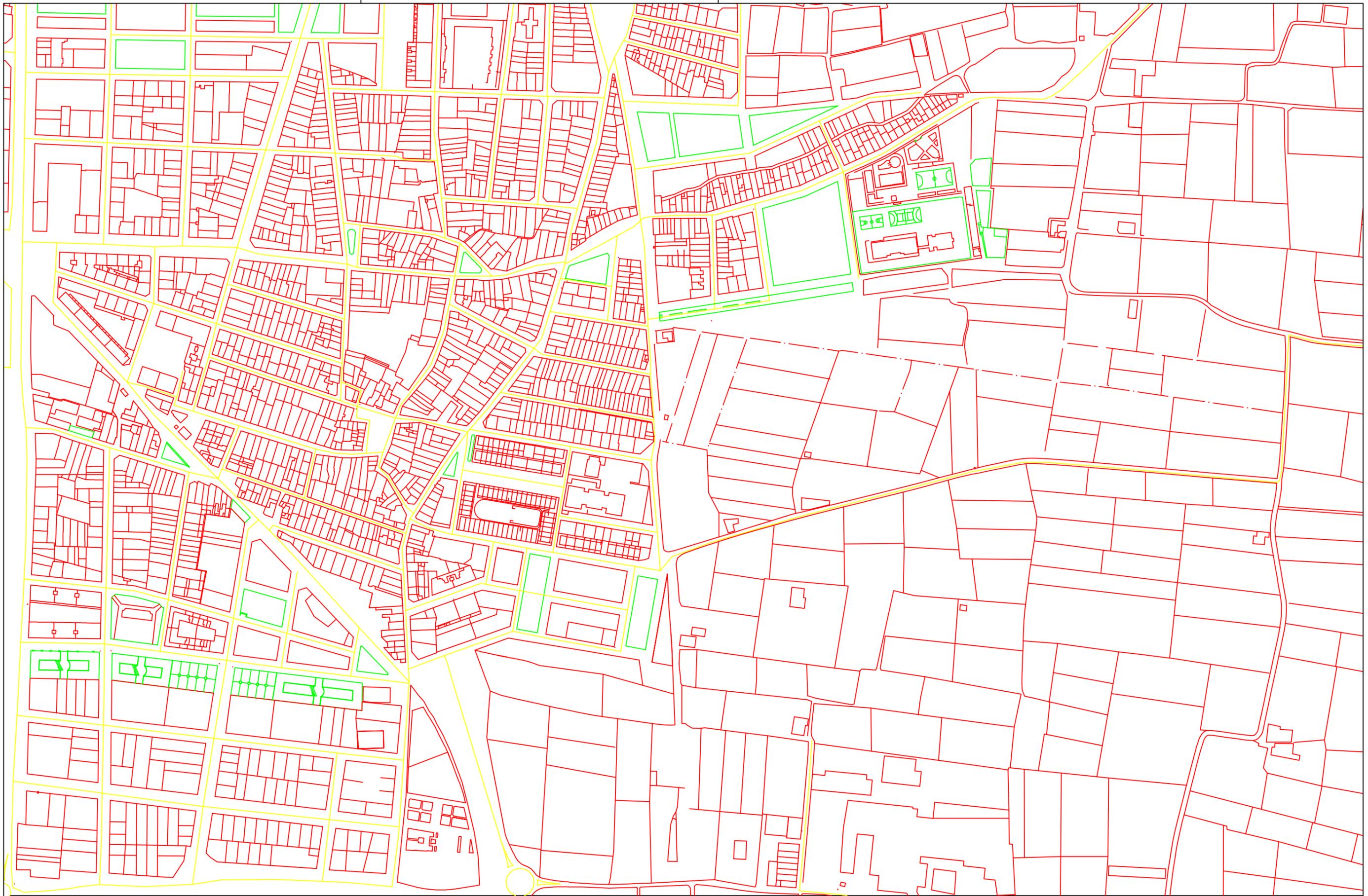
				1	6,708.48	6,708.48
<b>C03</b>	<b>Capítulo</b>		<b>VALVULAS, TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES</b>			
DB51206	Partida	ML	TUBERIA P.E. ø 160, 10 ATM. (AD. PE-100)	60.0000	12.56	753.60
			TUBERIA DE POLIETILENO (ALTA DENSIDAD. PE-100) DIAMETRO EXTERIOR 160 MM. (ESPESOR 9.50 MM.), DE 10 ATM.			
MTB51206	Material	ML	TUBERIA P.E. ø 160, 10 ATM. (AD. PE-100)	1.0000	11.74	11.74
			TUBERIA DE POLIETILENO (ALTA DENSIDAD) DIAMETRO EXTERIOR 160 MM. (ESPESOR 9.5 MM.), DE 10 ATM.			
%T7	Otros	H	TRANSPORTE	0.1174	7.00	0.82
			<b>Total DB51205</b>	<b>60.0000</b>	<b>12.56</b>	<b>753.60</b>
DC04722	Partida	UD	VALVULA COMP. C.E. ø 150 PN-10	1.0000	241.20	241.20
			VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 150 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10; CONSTRUIDA CON CUERPO DE FUNDICION DUCTIL, COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (REVESTIDA DE ELASTOMERO EPDM) Y EJE DE ACERO INOXIDABLE.			
MTC04722	Material	UD	VALVULA COMP. C.E. ø 150 PN-10	1.0000	231.92	231.92
			VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 150 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10; CONSTRUIDA CON CUERPO DE FUNDICION TRANSPORTE			
%T4	Otros			2.3192	4.00	9.28
			<b>Total DC04722</b>	<b>1.0000</b>	<b>241.20</b>	<b>241.20</b>
PZ0595	Material	UD	VÁLVULA AUTOMÁTICA REDUCTORA DE Ø150 MM. VÁLVULA AUT. PILOTO DE Ø150 MM.	2.00	2,856.84	5,713.68
MTPP718	Material		VÁLVULA AUT. PILOTO DE Ø150 MM. VÁLVULA AUT. PILOTO DE Ø150 MM.	1.0000	2,850.00	2,850.00
%M_AUX	Otros	%	6% (5% Medios Auxiliares + 1% Control Calidad)	1.1403	6.00	6.84
			<b>Total PZ0595</b>	<b>2.00</b>	<b>2,856.84</b>	<b>5,713.68</b>
<b>Total C03</b>				<b>1</b>	<b>6,708.48</b>	<b>6,708.48</b>
<b>C04</b>	<b>Capítulo</b>		<b>MONTAJE</b>	<b>1</b>	<b>1,630.98</b>	<b>1,630.98</b>
DE11459	Partida	UD	MONTAJE VALV. COMPUERTA Ø 150	1.00	221.10	221.10
			MONTAJE VÁLVULA COMPUERTA, DIÁMETRO 150 MM.			
MO003	Material	H	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	7.1000	17.70	125.67
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	6.4000	14.63	93.63
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.4489	4.00	1.80
			<b>Total DE11459</b>	<b>1.00</b>	<b>221.10</b>	<b>221.10</b>
DE11421	Partida	UD	MONTAJE VALV. AUT Ø 150	2.00	235.27	470.54
			MONTAJE VÁLVULA DIÁMETRO 150 MM.			
MO003	Material	H	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	7.1780	17.70	127.05
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	6.9880	14.63	102.23
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	1.4964	4.00	5.99
			<b>Total DE11421</b>	<b>2.00</b>	<b>235.27</b>	<b>470.54</b>
DE02210	Partida	ML	MONTAJE TUB. PE Ø 100-300	40.00	7.72	308.80
			DESCARGA, ACARREO, COLOCACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍA PE, DIÁMETRO 100-300 MM.			
MMM010	Material	h	CAMIÓN GRÚA 10 TN	0.0179	34.56	0.62
MO003	Material	H	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	0.1800	17.70	3.19
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.2470	14.63	3.61
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0742	4.00	0.30
			<b>Total DE02210</b>	<b>40.00</b>	<b>7.72</b>	<b>308.80</b>

DE22270	Partida	UD	MONTAJE PIEZAS ESPECIALES Ø 100-300	18.00	35.03	630.54
MO003	Material	H	MONTAJE DE PIEZAS ESPECIALES, DIÁMETRO 100-300 MM. OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	0.8820	17.70	15.61
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.2348	14.63	18.07
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.3368	4.00	1.35
			<b>Total DE22270</b>	<b>18.00</b>	<b>35.03</b>	<b>630.54</b>
<b>Total C04</b>				<b>1</b>	<b>1,630.98</b>	<b>1,630.98</b>
<b>C05</b>	<b>Capítulo</b>		<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	<b>1</b>	<b>750.49</b>	<b>750.49</b>
DA64002	Partida	M3	GESTION RESIDUOS INERTES TIPO TIERRAS	133.00	1.38	183.54
MO017	Material	h	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES TIPO TIERRAS (LER 17 05 04), PROCEDENTES DE LA EXCAVACIÓN SIN INCLUIR RECOGIDA, CARGA, TRANSPORTE Y VERTIDO, SÓLO PEÓN ESPECIALISTA CONSTRUCCIÓN	0.0050	14.63	0.07
GR10001_1	Partida	M3	CANON RESIDUOS TIPO TIERRAS	1.0000	1.26	1.26
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0133	4.00	0.05
			<b>Total DA64002</b>	<b>133.00</b>	<b>1.38</b>	<b>183.54</b>
DA64004	Partida	M3	GESTION RESIDUOS INERTES TIPO HORMIGÓN	60.00	4.93	295.80
MO017	Material	h	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES TIPO HORMIGÓN (LER 17 01 01), PROCEDENTES DE LA DEMOLICIÓN, SIN INCLUIR RECOGIDA, CARGA, TRANSPORTE Y VERTIDO, SÓLO INCLUYE VALORIZACIÓN EN SU CASO INCLUYENDO ELIMINACIÓN EN VERTEDERO DE INERTES AUTORIZADO POR LA CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, AGUA, URBANISMO Y TERRITORIO, POR MEDIO DE GESTOR AUTORIZADO.	0.0600	14.63	0.88
GR30001_1	Partida	M3	CANON RESIDUOS TIPO HORMIGÓN	1.0000	3.86	3.86
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0474	4.00	0.19
			<b>Total DA64004</b>	<b>60.00</b>	<b>4.93</b>	<b>295.80</b>
DA64005	Partida	M3	GESTION RESIDUOS INERTES TIPO AGLOMERADO	55.00	4.93	271.15
MO017	Material	h	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES TIPO AGLOMERADO (LER 17 03 02), PROCEDENTES DE LA DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO. SIN INCLUIR RECOGIDA, CARGA, PEÓN ESPECIALISTA CONSTRUCCIÓN	0.0600	14.63	0.88
GR40001_1	Partida	M3	CANON RESIDUOS TIPO AGLOMERADO	1.0000	3.86	3.86
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0474	4.00	0.19
			<b>Total DA64005</b>	<b>55.00</b>	<b>4.93</b>	<b>271.15</b>
<b>Total C05</b>				<b>1</b>	<b>750.49</b>	<b>750.49</b>
<b>C06</b>	<b>Capítulo</b>		<b>VARIOS</b>	<b>1</b>	<b>5,180.88</b>	<b>5,180.88</b>
DO02110	Partida	PA	AVISO Y CERRADA	1.00	676.28	676.28
VA0012	Partida	UD	AVISO Y CERRADA DEL SERVICIO, MANIOBRANDO LAS VALVULAS NECESARIAS PARA AISLAR Y AFECTAR LA MENOR ZONA POSIBLE.	3.00	922.97	2,768.91
MQPP046	Material	h	VACIADO DE TUBERÍAS EN ZONA CERRADA	12.0000	7.93	95.16
MOPP045_D	Material	h	VACIADO DE TUBERIA EN ZONA DE CERRADA	0.6500	32.42	21.07
MOPP047_D	Material	h	Bomba de achique.	3.0000	28.81	86.43
%M.AUX6	Otros	%	OFICIAL AYUDANTE	7.3375	6.00	44.03
			PEÓN.	3.00	922.97	2,768.91
			<b>Total VA0012</b>	<b>3.00</b>	<b>922.97</b>	<b>2,768.91</b>
DA04066	Partida	UD	CATA DE 1X1X1 PARA LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS	2.00	379.53	759.06
MQPP002_A	Material	H	TRABAJOS PREVIOS Y CONFECCION DE CALAS PARA LOCALIZACION DE SERVICIOS DE UNAS DIMENSIONES DE 1X1X1.	2.0000	5.26	10.52
MMM036	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	1.5000	1.11	1.67
MO003	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	1.8200	17.70	32.21
MO023	Material	h	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	2.0000	14.63	29.26
			PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN			

			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
PAPP001_A	Material	m3	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.	2.0000	75.71	151.42
MMM005	Material	H	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN  CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.	0.0495	21.80	1.08
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3 RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.	0.0148	65.28	0.97
			<b>Total PAPP001_A</b>	2.0000	75.71	151.42
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.7571	4.00	3.03
			<b>Total DA04066</b>	2.00	379.53	759.06
MJ0003	Maquinaria	UD	CONEXIÓN A RED EXISTENTE IGUAL O INFERIOR A Ø 100 MM.  CONEXIÓN A RED EXISTENTE DE DIÁMETRO IGUAL O INFERIOR A Ø 100 MM.	1.00	313.95	313.95
MTPP812	Material	ud	Piezas para conexión a red existente de diámetro igual o inferio CONEXIÓN A RED EXISTENTE DE DIÁMETRO IGUAL O INFERIOR A Ø 100 MM.	1.0000	231.77	231.77
MOPP045	Material	h	Oficial Ayudante  OFICIAL AYUDANTE	0.5000	32.42	16.21
MOPP047	Material	h	Peón.  PEÓN.	1.5000	28.81	43.22
%M_AUX	Otros	%	6% (5% Medios Auxiliares + 1% Control Calidad)	3.7910	6.00	22.75
			<b>Total MJ0003</b>	1.00	313.95	313.95
DN02210	Partida	UD	VALLA RIGIDA P/METALICOS 2.40 M.  VALLA DE PIES METALICOS, DE 2.40 M.	6.00	5.08	30.48
MTN01210	Material	UD	VALLA P/METALICOS 2.40 M.  VALLA DE PIES METALICOS, DE 2.40 M., PARA CUATRO USOS.	0.1500	32.78	4.92
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN  PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	0.0110	14.63	0.16
			<b>Total DN02210</b>	6.00	5.08	30.48
DN02235	Partida	UD	SEÑAL TRAFICO C/SOPORTE SEÑAL NORMALIZADA DE TRAFICO, CON SOPORTE METALICO, INCLUSO COLOCACION.	6.00	60.88	365.28
MTN01235	Material	UD	SEÑAL TRAFICO SEÑAL NORMALIZADA DE TRAFICO, PARA TRES USOS.	0.3330	126.38	42.08
MTN01240	Material	UD	SOPORTE SEÑAL  SOPORTE SEÑAL DE TRAFICO, PARA TRES USOS.	0.3330	29.85	9.94
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN  PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	0.6054	14.63	8.86
			<b>Total DN02235</b>	6.00	60.88	365.28
DN02310	Partida	H.	MANO DE OBRA SEÑALISTA PERSONAL EN SEÑALIZACION.	12.00	17.70	212.40
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	1.2097	14.63	17.70
			<b>Total DN02310</b>	12.00	17.70	212.40
DN02280	Partida	UD	BALIZA FLUORESC. 0.50 M. BALIZA TRONCOCONICA FLUORESCENTE, DE 50 CMS. DE ALTURA, INCLUSO COLOCACION.	4.00	13.63	54.52
MTN01280	Material	ML	BALIZA FLUORESC. 0.50 M. BALIZA TRONCOCONICA FLUORESCENTE, DE 50 CMS. DE ALTURA, PARA DOS USOS.	0.5000	25.50	12.75
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	0.0604	14.63	0.88
			<b>Total DN02280</b>	4.00	13.63	54.52
			<b>Total C06</b>	1	5,180.88	5,180.88
<b>C07</b>	<b>Capítulo</b>		<b>SEGURIDAD Y SALUD - FORMACIÓN OPERARIOS</b>	1	393.62	393.62
DSEGSALUD	Partida	Ud	DOTACIÓN PARA EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD DOTACIÓN PARA EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	2.00	196.81	393.62
			<b>Total C07</b>	1	393.62	393.62
			<b>Total PRESUPUESTO</b>			<b>31,936.74</b>

# Planos

---



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: **ELABORACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DE MELIANA. PROPUESTAS DE MEJORA DE SU FUNCIONAMIENTO ACTUAL.**

Plano: **Plano general Meliana**

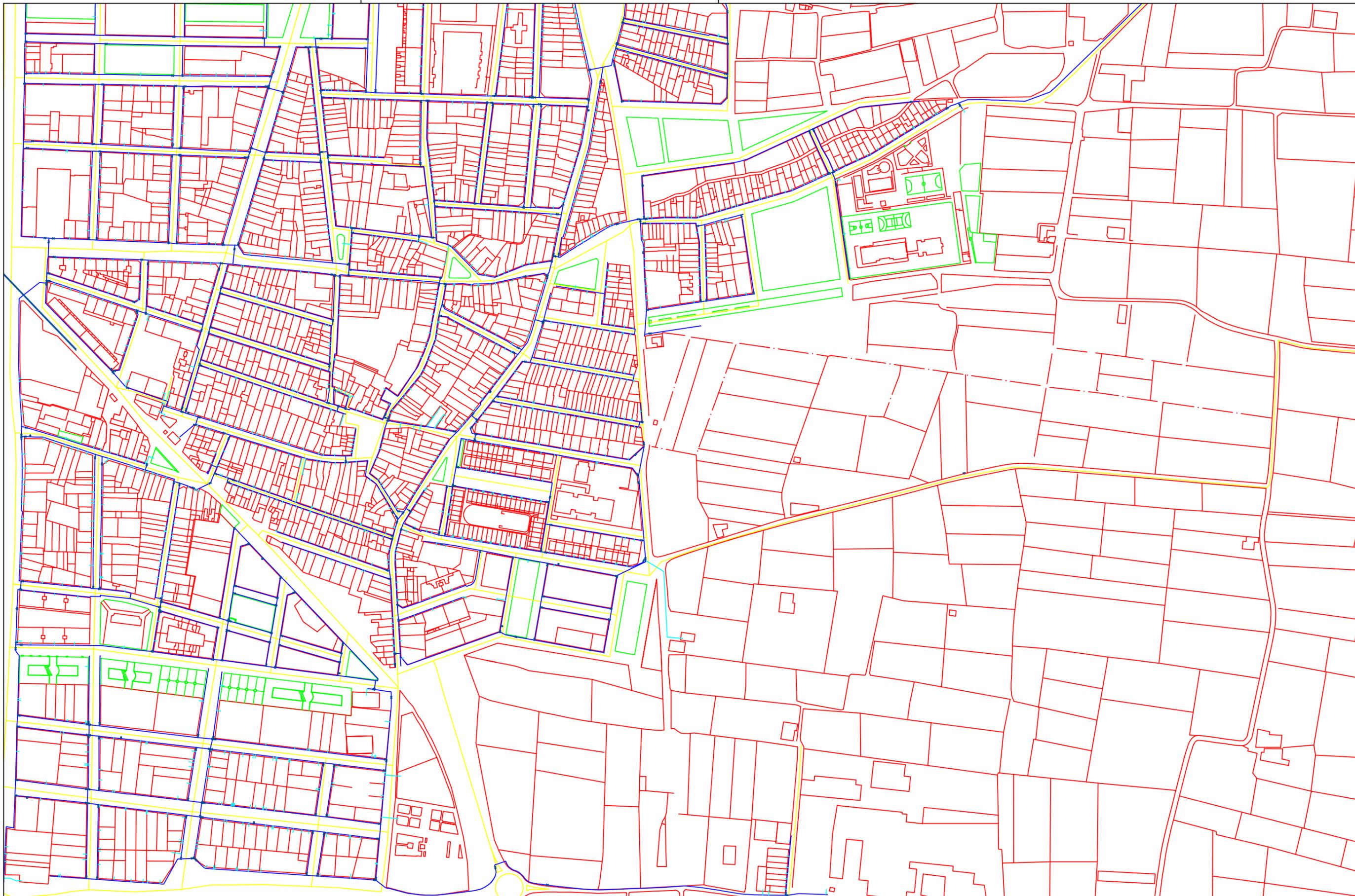
Autor: **DARÍO GALLENT SANTANDER**

Fecha: **Julio 2015**

Escala: **1:4000**

Nº Plano:

**1**



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: **CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DE MELIANA. PROPUESTAS DE MEJORA DE SU FUNCIONAMIENTO**

Plano: **Red abastecimiento de agua Meliana**

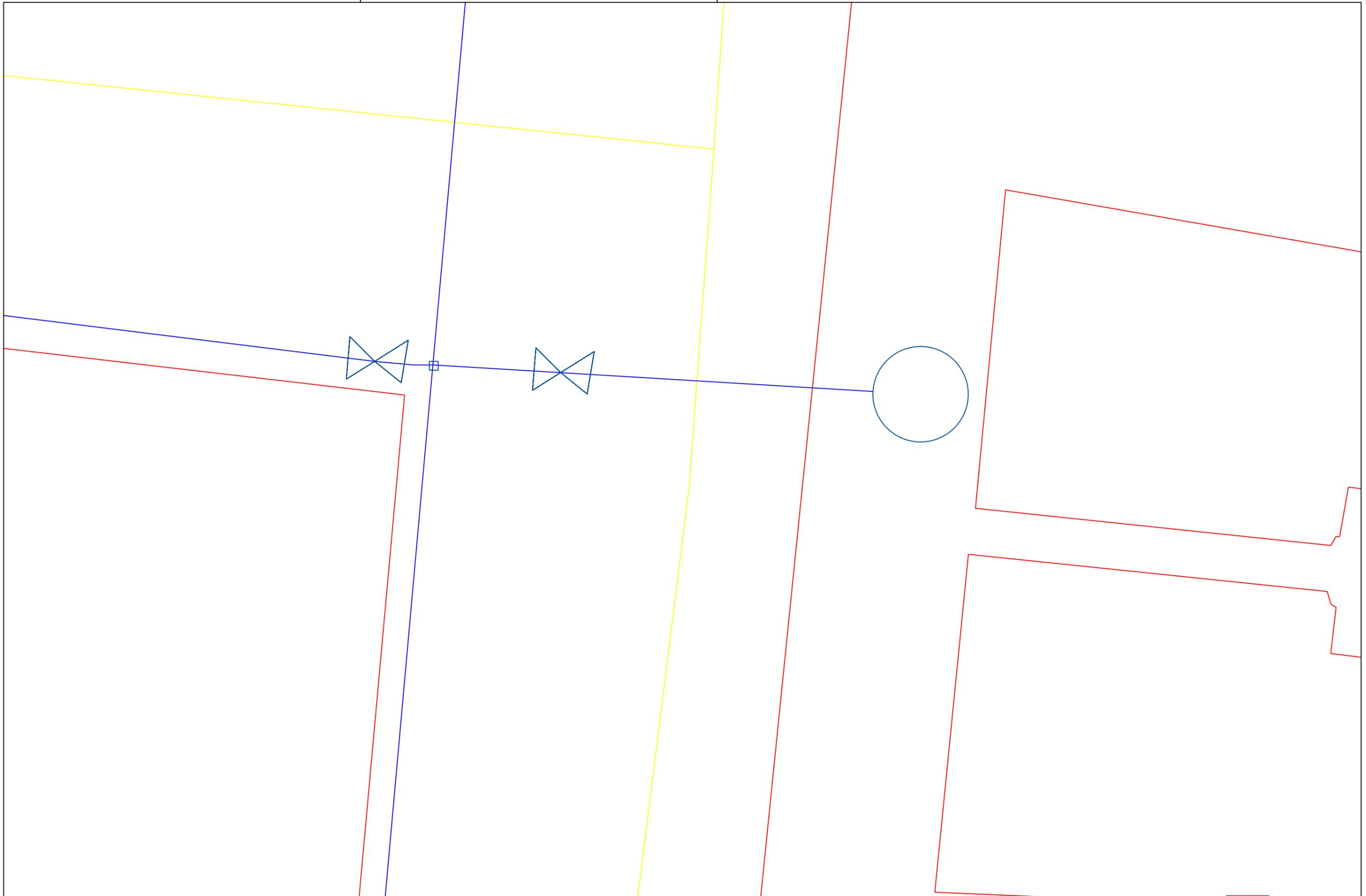
Autor: **DARÍO GALLEN SANTANDER**

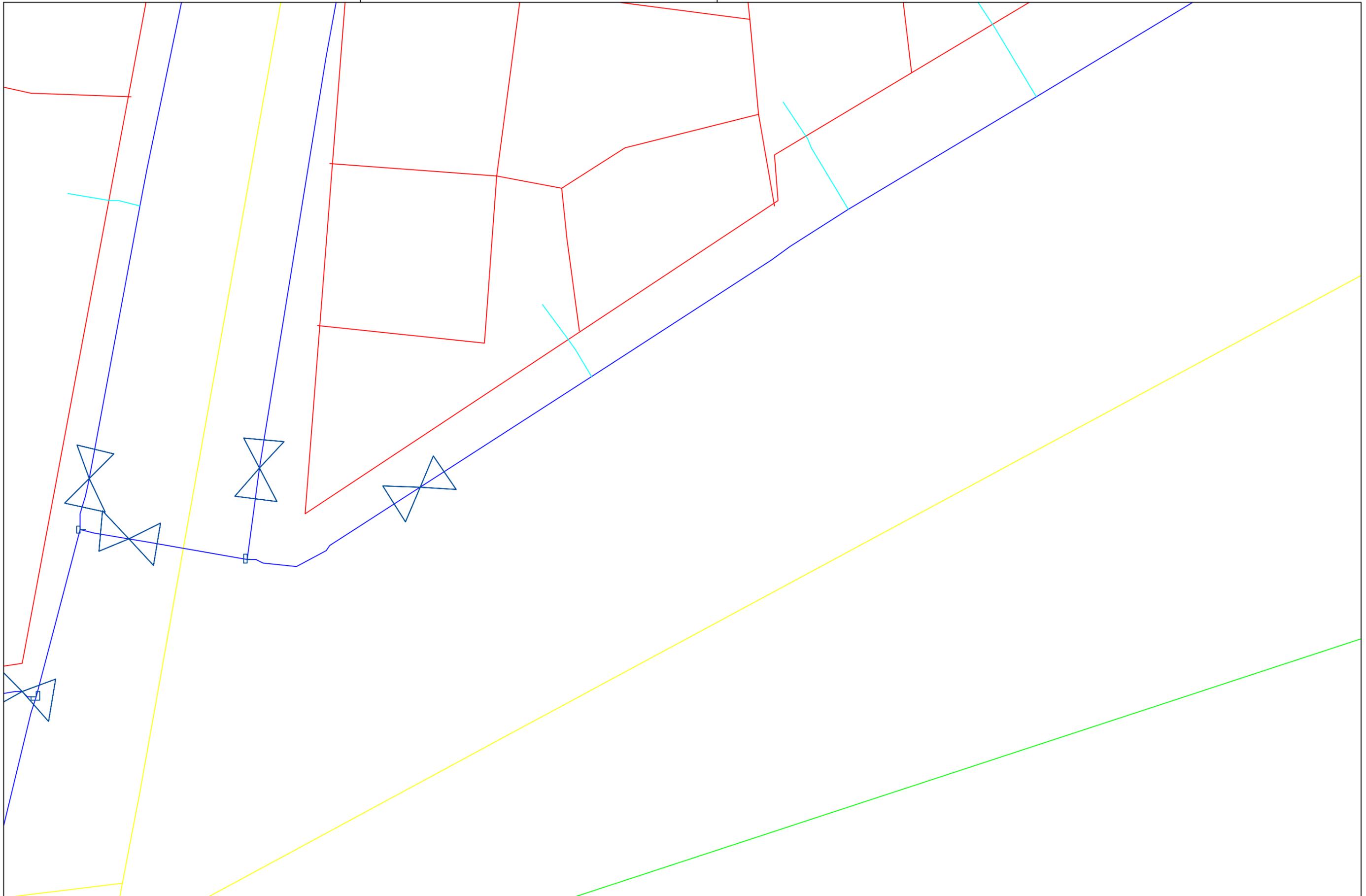
Fecha: **Julio 2015**

Escala: **1:4000**

Nº Plano:

**2**





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DE MELIANA. PROPUESTAS DE MEJORA DE SU FUNCIONAMIENTO**

Plano: **Válvula de reducción de presión (2)**

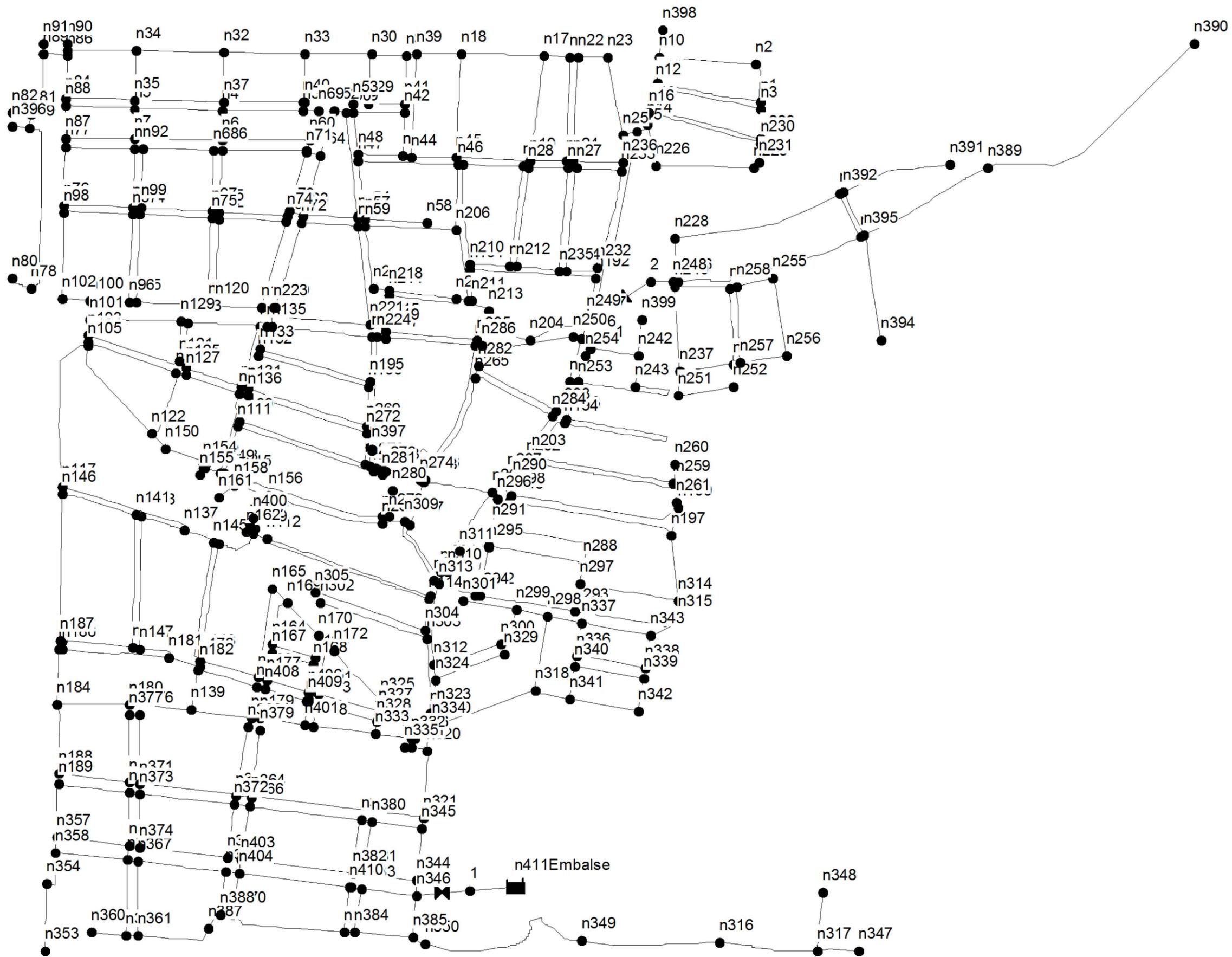
Autor: **DARÍO GALLENT SANTANDER**

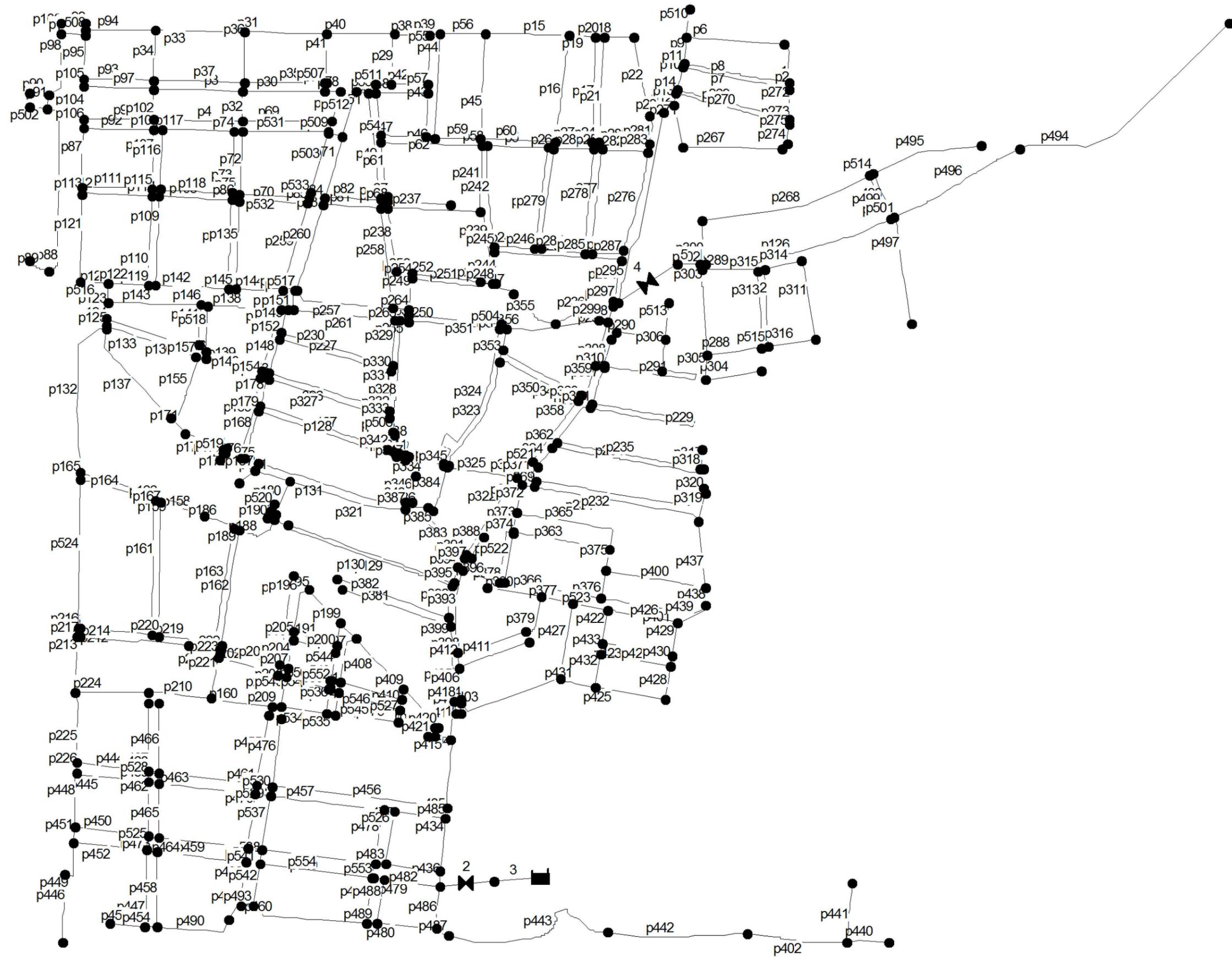
Fecha: **Julio 2015**

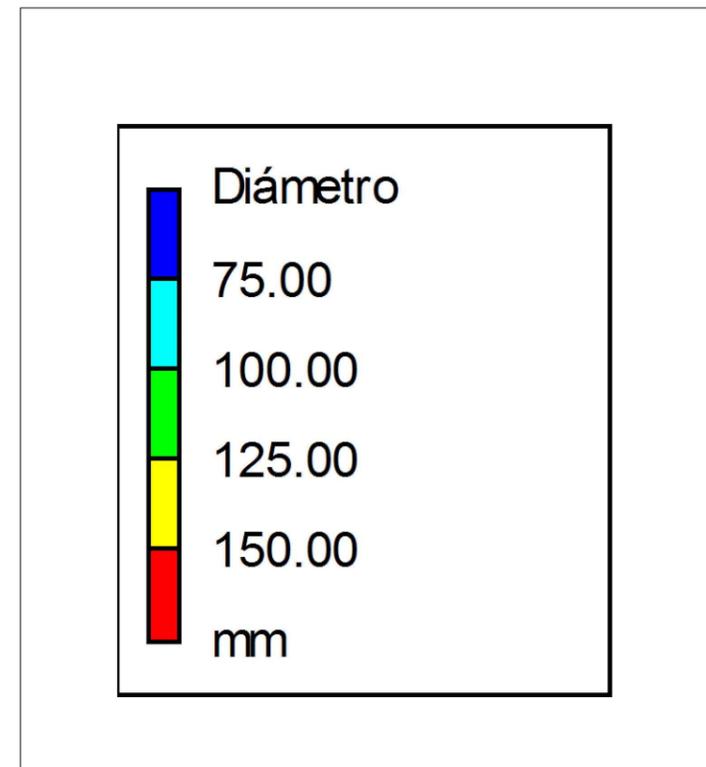
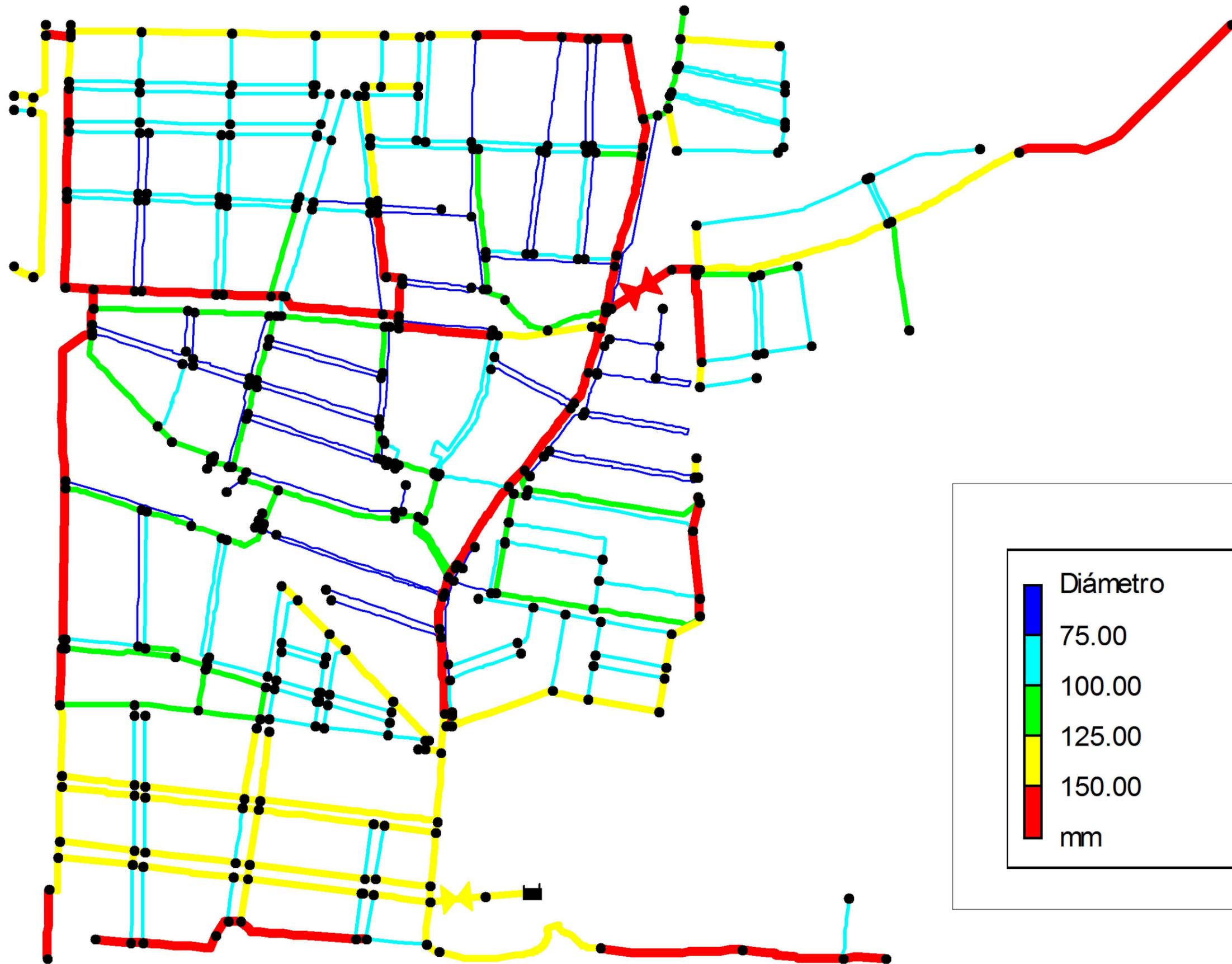
Escala: **1:500**

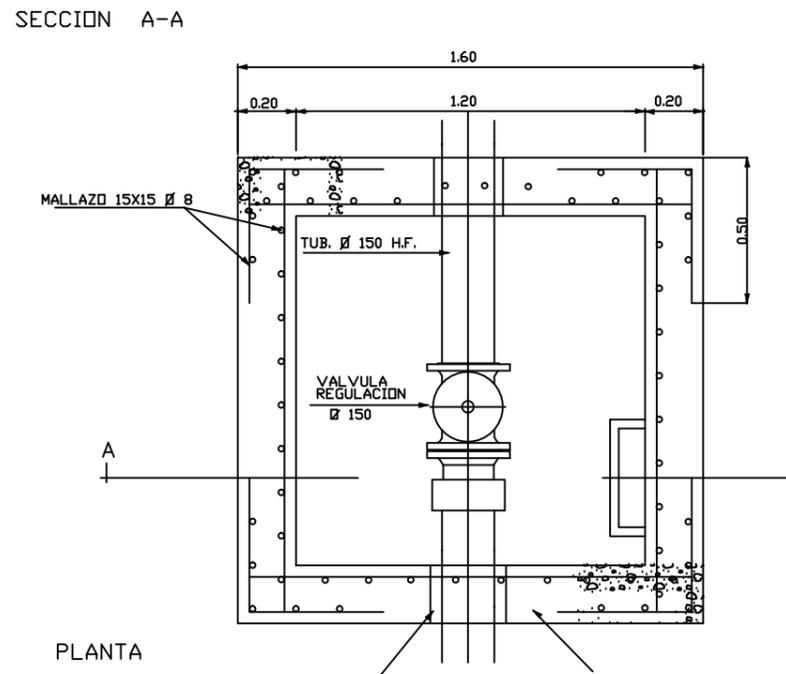
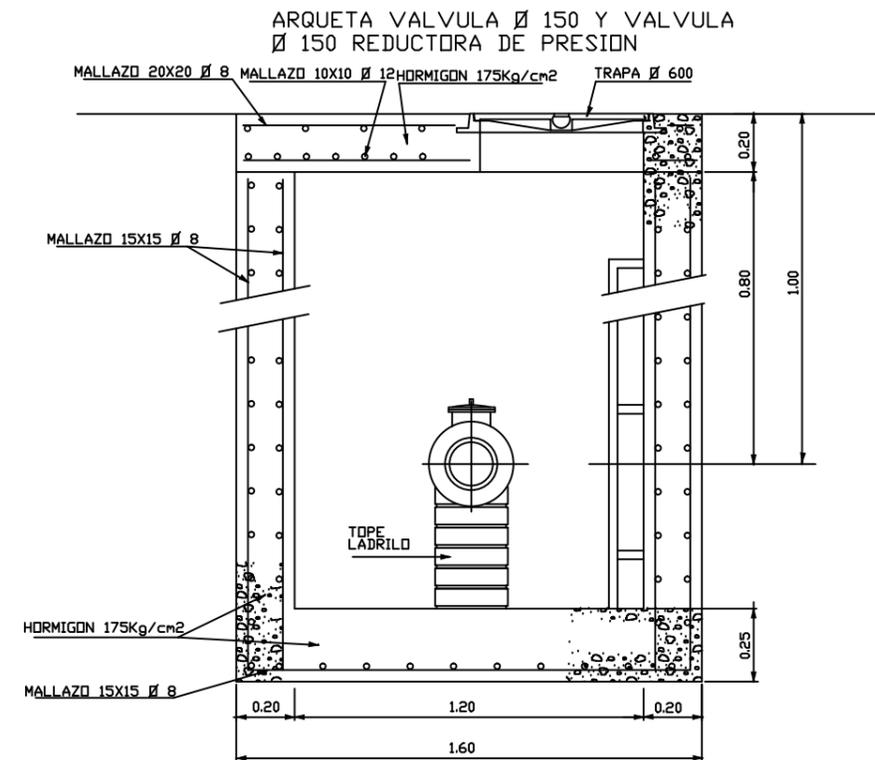
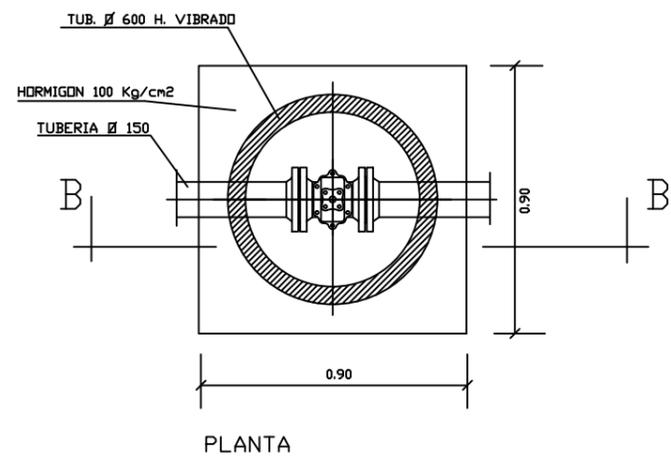
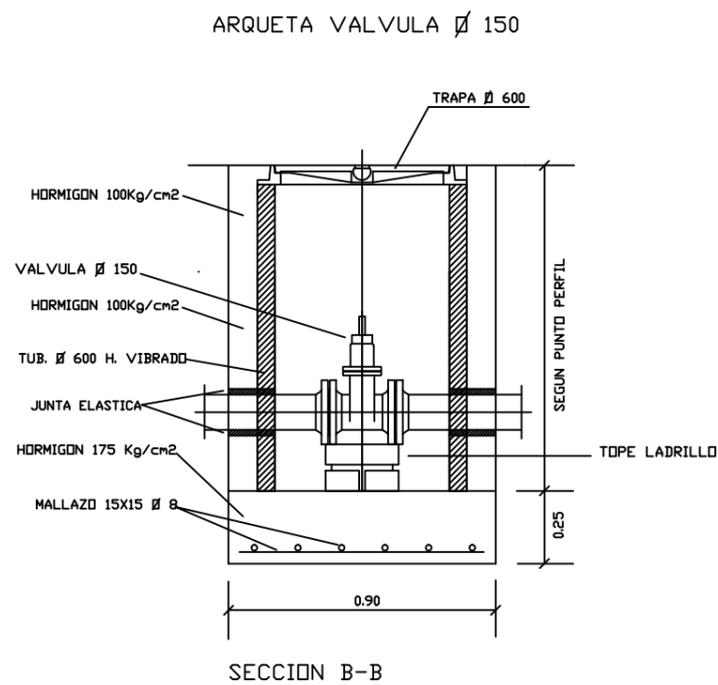
Nº Plano:

**4**



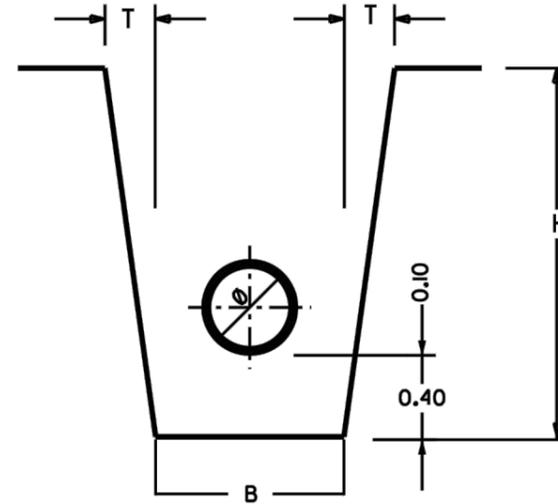
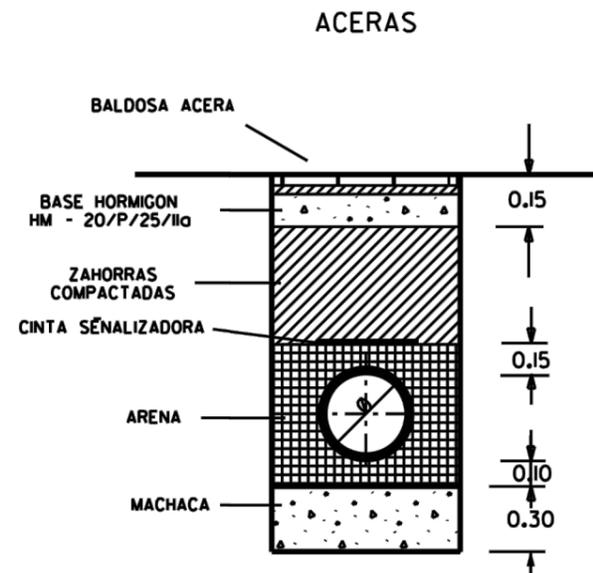






NOTA:  
 HORMIGON ARMADO  
 HA - 25/P/20 II $\alpha$   
 HORMIGON EN MASA  
 HM - 20/P/25 II $\alpha$

## ZANJAS TIPO



T.- TALUDES  
H.- ALTURA ZANJA

ARENA Y ESCOMBROS T=H  
TIERRA SUELTA T=0.50 x H  
TIERRA COMPACTA T=0.20 x H  
TAPAZ T=0.10 x H  
ROCA T=0

TUBERIA POLIETILENO  
Y HIERRO FUNDIDO

B.- ANCHO ZANJA

DIAMETRO	B TIERRA	B TAPAZ	B ROCA
100	0.60	0.60	0.60
150	0.60	0.60	0.60
200	0.60	0.60	0.60
250	0.60	0.60	0.60
300	0.85	0.75	0.65
350	0.90	0.80	0.70
400	1.00	0.90	0.80
450	1.05	0.95	0.85
500	1.10	1.00	0.90
600	1.20	1.10	1.00

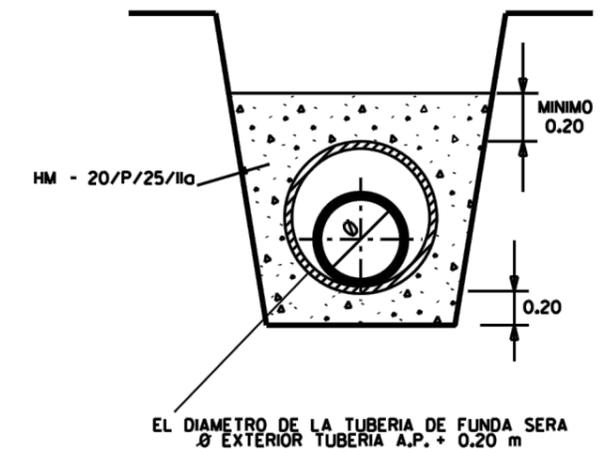
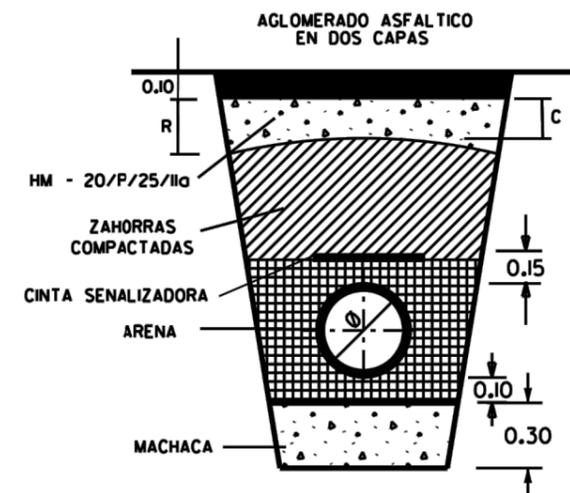
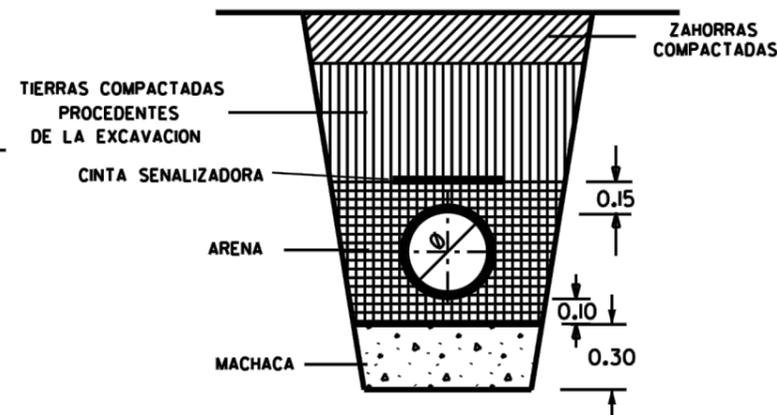
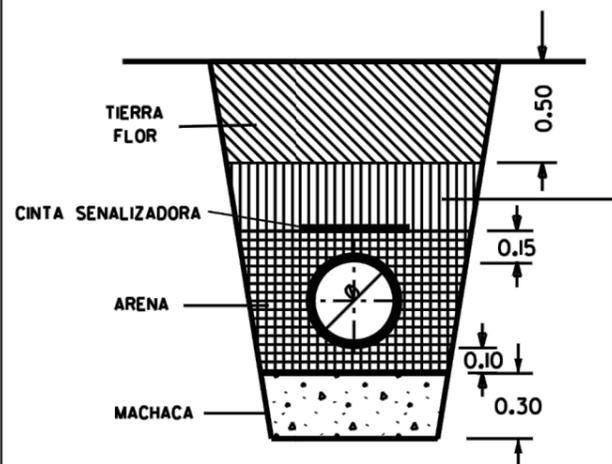
## TAPADO DE ZANJAS

CAMPOS

CAMINOS

CALZADA

PROTECCION EN CRUCES



DIAMETRO	R	C
80a250	25	15
300a500	30	20
600a1200	35	25

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



Proyecto: Elaboración del modelo matemático de la red de abastecimiento de agua de Meliana. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

Plano: Zanja empleada en la instalación de la tubería

Autor: Fuente: Aguas de Valencia.  
Darío Gallent Santander (Modificación)

Fecha: Junio 2015

Escala: Detalle