

# Trabajo Fin de Máster

## **ANÁLISIS Y PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LAS URBANIZACIONES DEL PLANTIO Y LA CAÑADA. SECTOR SUR.**

**Intensificación:** *HIDRÁULICA URBANA*

**Autor:**

*FABRA ARBONA, LAURA*

**Director:**

*DR. MARTINEZ SOLANO, FRANCISCO JAVIER*

**Codirector/es:**

*DR. IGLESIAS REY, PEDRO*

**Fecha:** *JULIO, 2016*



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería  
hidráulica y medio ambiente  
**mihma**

La verdadera riqueza no es un yate, ni un coche lujoso, joyas,...

La verdadera riqueza es la vida de tus padres, la salud de tus hijos,

la confianza de tus amigos y el apoyo de tu ser amado.

Agradecimientos,

Quiero dar las gracias a todo el profesorado partícipes de este Máster, sin excepción, que han compartido sus conocimientos y nos han transmitido su pasión por esta profesión. En especial a Francisco Javier Martínez Solano, mi tutor, por su guía para la elaboración de este trabajo, así como a Pedro Iglesias Rey.

Por último quiero dar las gracias a mi familia por su apoyo y ánimos y en especial a mi marido Jonhatan por estar siempre ahí y apoyarme en mis decisiones.

## Resumen del Trabajo Fin de Máster

Datos del proyecto	
<b>Título del TFM:</b>	Análisis y proyecto de sectorización de la red de abastecimiento de agua potable de las urbanizaciones del Plantío y la Cañada. Sector Sur.
<b>Title of TFM:</b>	Analysis and zoning project of water supply network of the housing developments of Plantío and Canyada. South Sector.
<b>Títol del TFM:</b>	Anàlisi i projecte de sectorització de la xarxa d'abastiment d'aigua potable de les urbanitzacions del Plantio i la Canyada. Sector Sur.
<b>Autora:</b>	Fabra Arbona, Laura
<b>Director:</b>	Martínez Solano, Francisco Javier
<b>Codirector:</b>	Iglesias Rey, Pedro
<b>Fecha Lectura:</b>	06, 2016

Resumen:
<p>El objeto principal del presente trabajo es realizar un análisis del funcionamiento actual de la red de agua potable, realizando una caracterización de los problemas existentes y posterior propuesta de mejoras factibles.</p> <p>Para ello, se ha confeccionado un modelo matemático para la simulación del comportamiento actual del sistema hidráulico a partir de la información obtenida por parte de COVAGUAS de las facturaciones trimestrales de los usuarios y el estudio de las mediciones de caudal, presión y niveles (en su caso) obtenidas en una campaña de telecontrol.</p> <p>Se ha analizado detalladamente el comportamiento tanto de los puntos de aporte de agua como los de almacenamiento y/o regulación (depósitos y grupos de bombeo) y por otro lado se ha caracterizado la demanda para poder representarlos lo más fielmente posible.</p> <p>También se ha realizado una evaluación del volumen incontrolado con la calibración de los</p>

coeficientes emisores del modelo matemático para la representación de las fugas dependientes de la presión.

Finalmente se realiza unas propuestas de sectorización con la finalidad de controlar el reparto de flujos desde cada punto de inyección y de este modo regular presiones y controlar caudal fugado.

### Resum:

L'objecte principal del present treball és realitzar una anàlisi del funcionament actual de la xarxa d'aigua potable, realitzant una caracterització dels problemes existents i posterior proposta de millores factibles.

Per a això, s'ha confeccionat un model matemàtic per a la simulació del comportament actual del sistema hidràulic amb la informació obtinguda per part de COVAGUAS de les facturacions trimestrals dels usuaris i l'estudi dels mesuraments de cabal, pressió i nivells (si és el cas) obtingudes en una campanya de telecontrol.

S'ha analitzat detalladament el comportament tant dels punts d'aportació d'aigua com els d'emmagatzemament y/o regulació (depòsits i grups de bombament) i per un altre costat s'ha caracteritzat la demanda per a poder representar-los el més fidelment possible.

També s'ha realitzat una avaluació del volum incontrolat amb la calibratge dels coeficients emissors del model matemàtic per a la representació de les fugues dependents de la pressió.

Finalment es realitza unes propostes de sectorització amb la finalitat de controlar el repartiment de fluxos des de cada punt d'injecció i d'esta manera regular pressions i controlar cabal escapat.

### Abstract:

The main purpose of this paper is an analysis of the current operation of the drinking water network, making a characterization of existing problems and subsequent proposal of feasible improvements.

To do this, a mathematical model for the simulation of the current behaviour of hydraulic system based on the information obtained by COVAGUAS of the quarterly billing of users and the study of measurements of flow rate, pressure and levels (in your case), obtained in a campaign of remote has put together.

The behaviour of points of water intake as storage and/or regulation (deposits and pumping) has been analysed in detail and on the other hand, demand has been characterized to represent them as faithfully as possible.

There has also been an evaluation of the uncontrolled volume with the calibration of the emitting coefficients of the mathematical model for the representation of the pressure-dependent leakage.

Proposals of zoning in order to control the distribution of flows from each point of injection and regular so pressures and control flow escaped is finally done.

Palabras Clave: Abastecimiento de agua potable, sectorización, modelo matemático, gestión de fugas

Paraules Clau: abastiment d'aigües potables, sectorització, model matemàtic, gestió de fugues

Key Words: drinking water supply, sectoring, mathematical model, leakage management

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Antecedentes .....	1
2.	LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA ZONA ESTUDIO .....	2
2.1.	Localización geográfica. ....	2
2.2.	Descripción del medio físico, Geomorfología .....	3
3.	CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED SECTOR SUR. ....	4
3.1.	Características de la demanda .....	4
3.2.	Características de la red de distribución.....	6
	• Diámetros .....	9
	• Materiales.....	11
3.3.	Condicionantes del funcionamiento actual de la red .....	11
4.	BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO .....	12
4.1.	Introducción al Balance Hídrico.....	12
4.2.	Análisis Volumen Inyectado.....	13
	• Volúmenes inyectados.....	13
	• Puntos de almacenamiento y distribución. Depósitos.....	16
4.3.	Análisis Volumen Registrado .....	17
4.4.	Análisis del estado de la red en función del Volumen Incontrolado.....	18
	• Conclusiones del estudio volumétrico .....	21
5.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	21
5.1.	Asignación de consumos.....	21
5.2.	Caracterización de la demanda .....	22

---



---

5.3.	<i>Modulación de la demanda (curva modulación)</i> .....	24
5.1.	<i>Ajuste de la modelación matemática</i> .....	27
	• Recopilación de la información. ....	27
	• Esqueletización de la red .....	28
	• Estudio de consumos y asignación de cargas.....	28
	• Mediciones en la red .....	29
	• Ajuste y calibración del modelo .....	29
6.	<i>ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED</i> .....	31
6.1.	<i>Análisis de la red en condiciones normales</i> .....	33
	• Velocidades.....	33
	• Pérdidas de carga .....	37
	• Presiones.....	40
7.	<i>PROPUESTA DE MEJORAS</i> .....	44
7.1.	<i>Propuesta de sectorización</i> .....	45
	• S1. Nuevo Sector Colinas de San Antonio .....	46
	• S2. Plantío oeste .....	49
	• S3. Plantío Sur_ Oeste .....	50
	• S4. Nueva Vallesa.....	52
	• S5. Cañada Centro .....	53
	• S6. Cañada Oeste_1 .....	55
	• S7. Cañada Oeste_2 .....	56





---

• S8. Cañada Sur_Este .....	57
• S9. Plantío Sur-Este .....	61
• S 10. Plantío Este .....	62
• S11. Nueva Montecañada.....	64
• S 12. Nueva Pista Ademuz .....	67
• S13. Nuevo Pla del Pou .....	71
7.2. <i>Propuesta de Válvulas reductoras</i> .....	72
8. <i>VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS ALCANZADOS CON LA PROPUESTA DE MEJORAS</i> .....	74
8.1. <i>Reducción general de presiones</i> .....	75
8.2. <i>Reducción del Volumen incontrolado</i> .....	77
8.3. <i>Valoración económica de las actuaciones realizadas</i> .....	78
9. <i>CONCLUSIONES</i> .....	79
10. <i>BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS</i> .....	81



---

## ANEJOS

1. Anejo I: Confección del Modelo Matemático
2. Anejo II: Análisis de los puntos de inyección de caudal
3. Anejo III: Análisis del comportamiento de los depósitos
4. Anejo IV: Presupuestos
5. Anejo V: Plano propuesta Sectorización



## 1. INTRODUCCIÓN

El problema de la escasez hídrica está íntimamente relacionado con la inadecuada gestión de los recursos hidrológicos. La calidad de suministro debe ser una premisa para las empresas a las que se les concede la gestión de la explotación y distribución de abastecimientos públicos de agua. La preocupación por una gestión eficiente es lo que impulsó inicialmente a realizar un convenio de colaboración del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente (DIHMA) de la Universidad Politécnica de Valencia y la Cooperativa Valenciana del Plantío y La Cañada (COVAGUAS), dentro del cual se desarrolla el presente proyecto.

La red de abastecimiento de la Cooperativa Valenciana del Plantío y la Cañada (COVAGUAS), que engloba los municipios de Bétera, Paterna, San Antonio de Benagéber y La Pobla de Vallbona, queda dividida por la carretera CV-35 (Valencia-Ademuz) en dos grandes sectores (Norte y Sur). El presente trabajo se centrará en el sector Sur.

El objetivo de este trabajo es el análisis del funcionamiento de la red de abastecimiento de aguas potables de las urbanizaciones El Plantío y la Cañada y localización de los principales problemas encontrados; para posteriormente presentar diferentes soluciones de mejora desde la eficiencia hidráulica y energética.

Las tecnologías y herramientas de análisis computacionales permiten el desarrollo de técnicas de gestión y explotación de abastecimientos de agua a partir de un modelo matemático que simule las condiciones reales de funcionamiento. A partir de este modelo se puede analizar el estado de la red actual y realizar diferentes escenarios para evaluar posibilidades de mejora.

### 1.1. ANTECEDENTES

En un principio, el abastecimiento y la gestión de agua en la zona de El Plantío y La Cañada dependía de pequeñas sociedades de riego con sus propios pozos que no eran capaces de garantizar una adecuada calidad en el suministro. Para solucionar este problema y homogeneizar la red en esa zona, en el año 1964 se fundó la “Cooperativa de viviendas para propietarios modestos de la zona residencial de El Plantío y La Cañada”. En 1986 esta cooperativa cambió de nombre y pasó a llamarse “Cooperativa Valenciana del Plantío y La

Cañada”. Hasta ese momento, la zona de acción de la cooperativa se limitaba a las zonas de El Plantío y La Cañada, pero con el aumento de la demanda en su zona de trabajo y el empobrecimiento de la calidad del agua en los pozos de los que disponían, la red se extendió hacia el norte en busca de otros puntos de suministro.

En el año 2003 se realizó el primer convenio entre el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia y COVAGUAS para elaborar el diseño de un plan director para la gestión de la red.

El suministro de agua a los abonados en la red de COVAGUAS, según los técnicos, es entre un 40% y un 50% menor que el volumen de producción es por lo que se precisa de un estudio y propuesta de mejora no solo por la cantidad de agua perdida sino por el exceso innecesario de consumo energético que ello supone.

## 2. LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA ZONA ESTUDIO

### 2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

La red objeto de trabajo se localiza en la provincia de Valencia, al noroeste de la ciudad homónima, formando parte de la red de abastecimiento de los municipios de Paterna, San Antonio de Benagéber. La zona de estudio se encuentra delimitada por el Norte por la carretera CV-35 (Pista Ademuz) y por el Sur el cauce del río Túria.



FIGURA 1 LOCALIZACIÓN DE LA PROVINCIA DE VALENCIA



FIGURA 2 : LOCALIZACIÓN DE LOS TÉRMINOS MUNICIPALES QUE ATRAVIESA LA RED COVAGUAS.



FIGURA 3 LOCALIZACIÓN DE LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DEL SECTOR SUR DE LA RED

## 2.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO, GEOMORFOLOGÍA

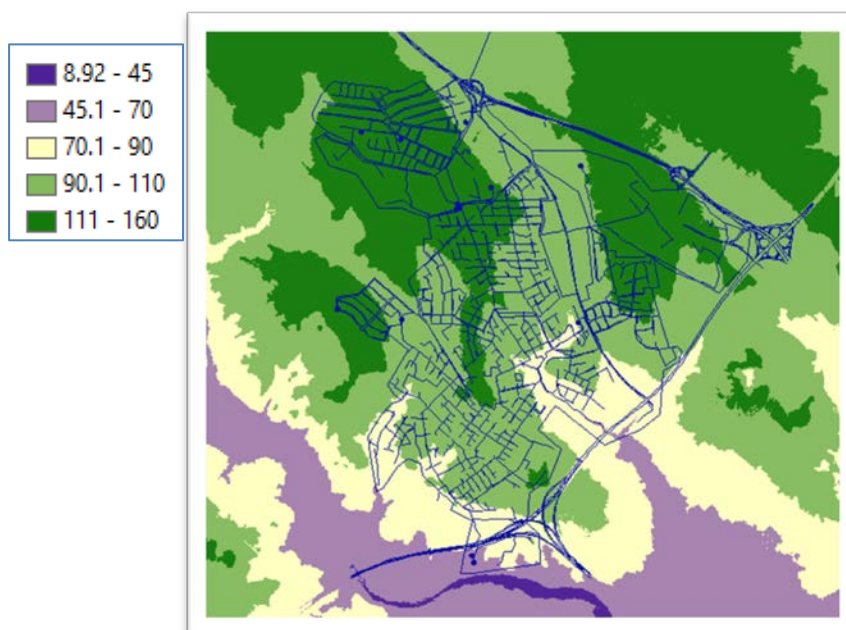


FIGURA 4 DISTRIBUCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL TERRENO

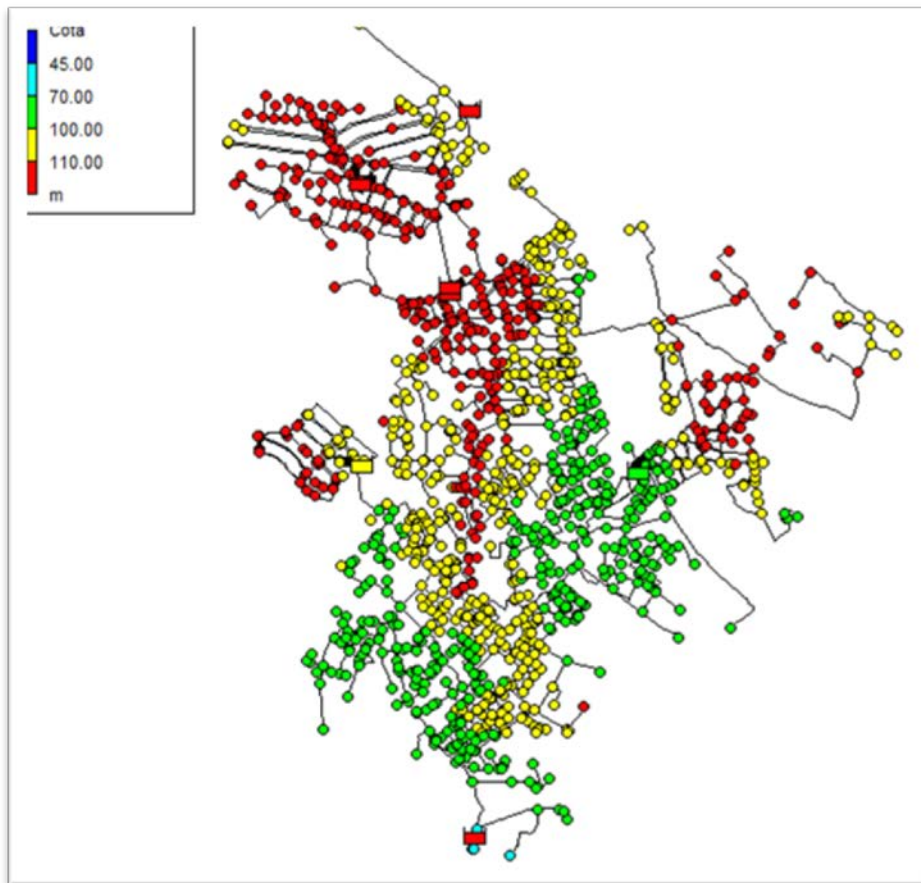


FIGURA 5 DIFERENCIA DE COTAS EN LOS NUDOS

Se observa un importante desnivel entre diferentes nudos habiendo entre el punto más alto y el más bajo de la zona de estudio una diferencia de unos 72.5 m. Es por ello que se precisa de diferentes depósitos para poder abastecer toda la zona.

### 3. CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED SECTOR SUR.

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA

La zona de estudio se compone principalmente de urbanizaciones compuestas básicamente por viviendas unifamiliares generalmente con no más de un piso con jardín y piscina, con un Polideportivo, dos colegios, un instituto de secundaria y un centro Social (PeñaCañada). También hay un polígono industrial Polígono Industrial La Andana (Paterna) que se encuentra al lado de lo que se conoce como la Pista Ademuz (CV-35) y otro Polígono Industrial en proyecto en Las Colinas de San Antonio pero que por el momento no existe consumo.



En la zona de estudio (zona Sur), La Cooperativa COVAGUAS gestiona un total de 4454 títulos (acciones).

Según la COVAGUAS, cada título corresponde a un contador de calibre 15 mm, de forma que un mismo abonado puede poseer más de un título.

Generalmente la demanda tiene carácter de segunda vivienda y por tanto no se le puede asignar un patrón de demanda tipo urbano. La demanda sufre una gran estacionalidad entre los meses de verano e invierno así como los consumos entre días laborables y fines de semana.

La Cooperativa tiene sectorizada previamente la red en zonas que se utiliza para facturación pero que no responde a ninguna valoración ni hipótesis hidráulica.

	ZONA
1	EL PLANTIO
2	LA CAÑADA
3	PLA DEL POU
4	COLINAS DE SAN ANTONIO
5	CALLE DIECISEIS
6	MONTECAÑADA
7	LA VALLESA
8	PISTA ADEMUZ
9	CAMINO VIEJO PATERNA

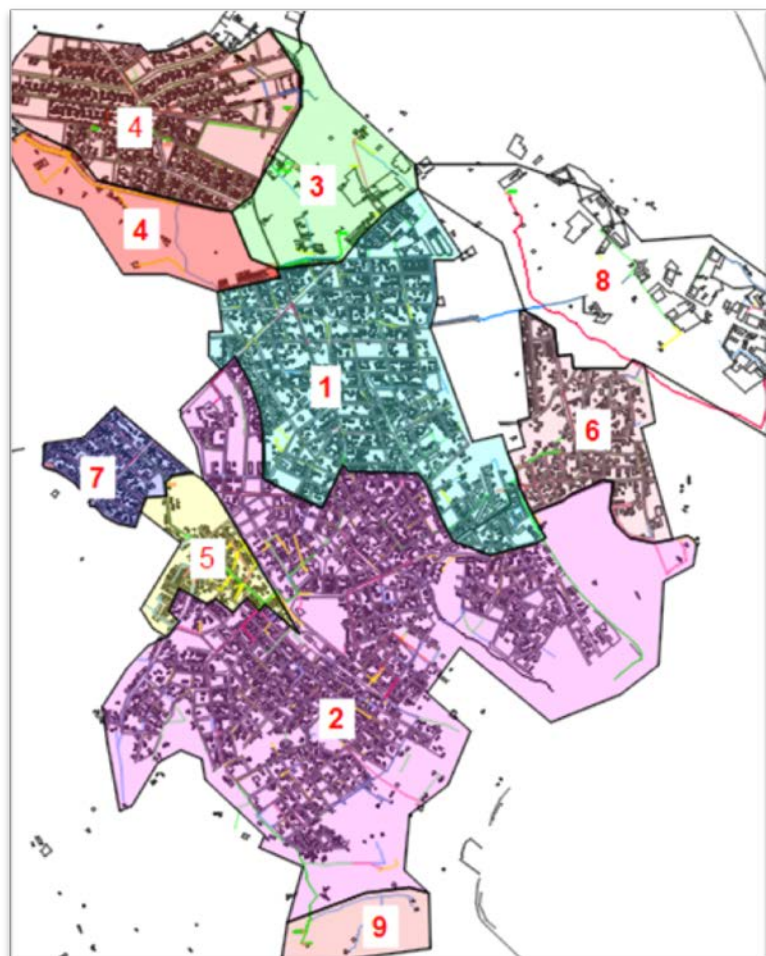


TABLA 1 LOCALIZACIÓN SECTORIZACION PREVIA COVAGUAS

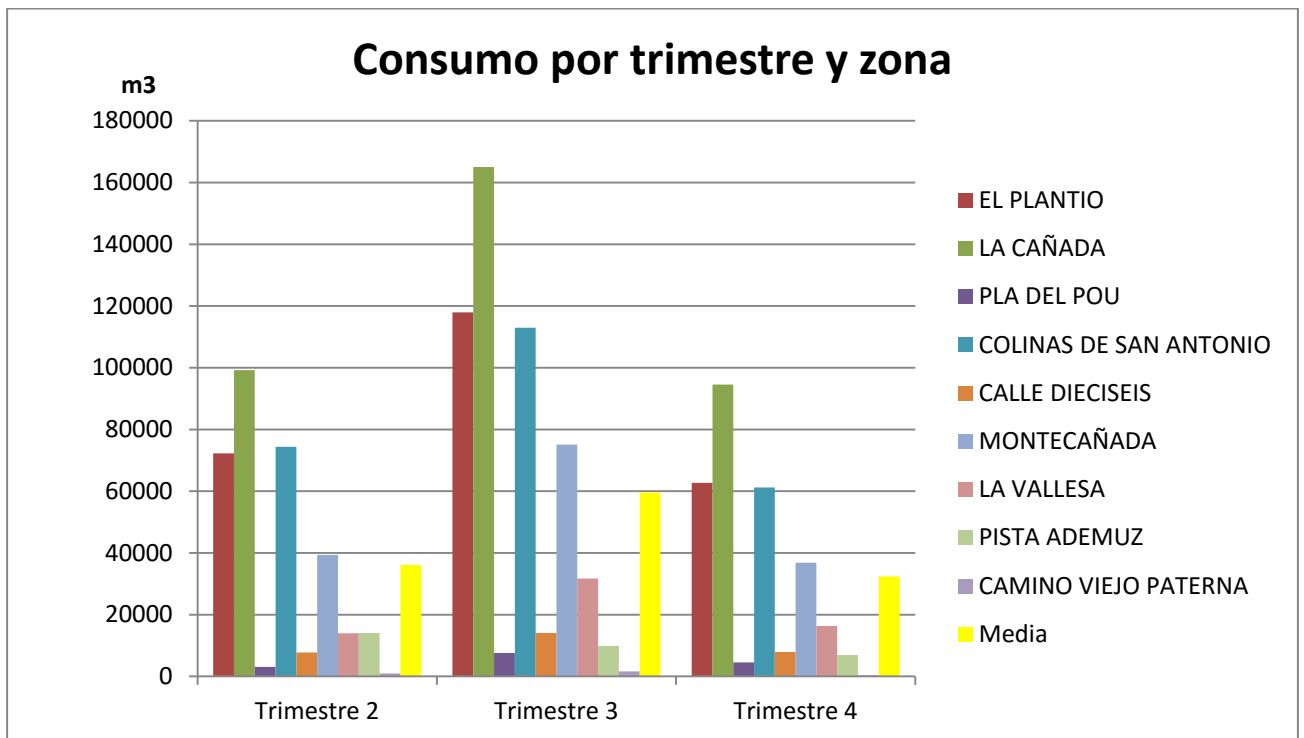


GRÁFICO 1 CONSUMO POR TRIMESTRE Y ZONA

### 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Se puede describir la red de abastecimiento como una red primaria a la que se le han añadido ampliaciones en función tanto de la adquisición de nuevos puntos de abastecimiento que pudieran sustituir a aquellos que se empleaban inicialmente y que se han contaminado, así como del crecimiento del número de abonados (reales y potenciales).

En la siguiente figura se puede ver un plano aproximado del área de servicio, los límites de los términos municipales y las tuberías que componen la red de abastecimiento de COVAGUAS.



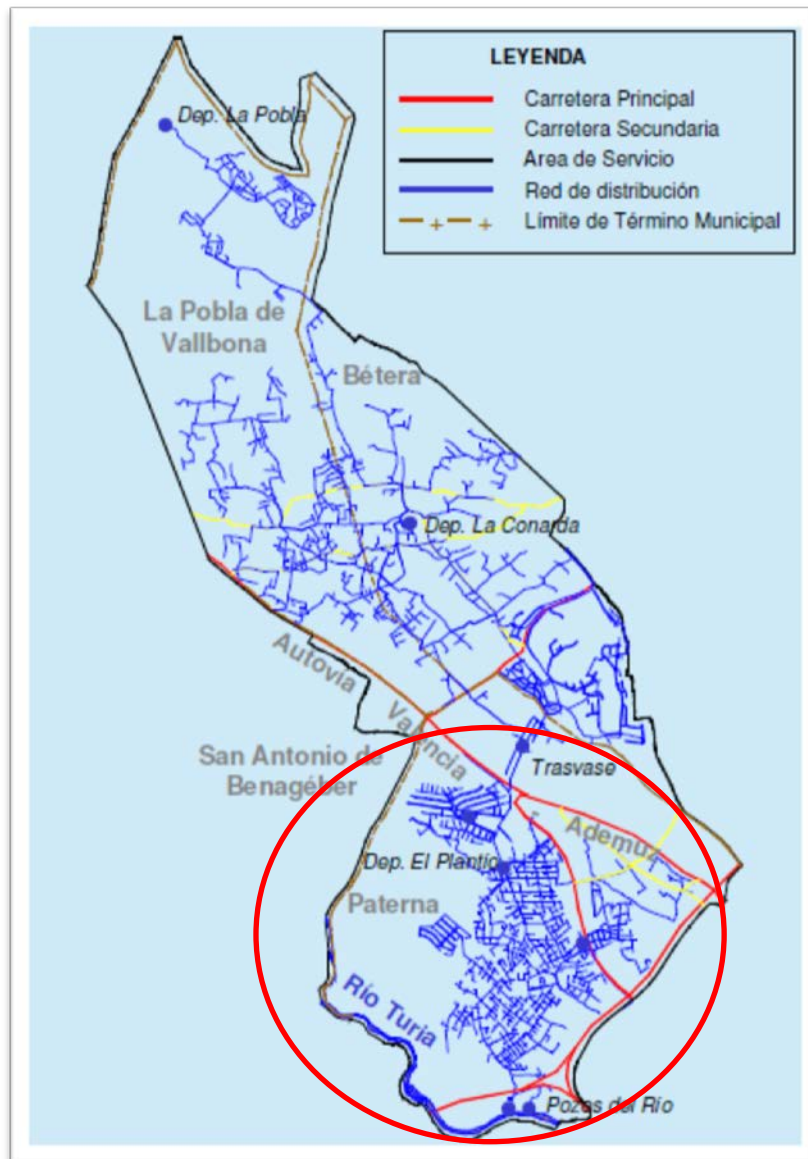


FIGURA 6 LOCALIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES PUNTOS DE LA RED DE COVAGUAS Y TÉRMINOS MUNICIPALES QUE ATRAVIESA.

Cabe señalar que en un principio, la totalidad de la red (Norte y Sur) se abastecía del Río Turia y fue a partir de la construcción de los pozos y los depósitos de La Pobla cuando principalmente se abasteció de esta fuente cambiando así el sentido del flujo.

El grupo de pozos de La Pobla, que se encuentra situado en el punto más septentrional de la red. Se trata del mejor punto de producción disponible en la red de distribución, tanto en términos económicos como en cuanto a la calidad del agua extraída. La cota que se tiene en ese

punto es tal, que permite que el agua extraída de este conjunto de pozos llegue a la zona sur de la red.

El sector Sur de la red se abastece de varios pozos existentes aunque el principal aporte de agua procede en la actualidad del pozo de La Pobla a través del único punto de conexión entre ambas mitades, conocido como el *Trasvase*.

En la siguiente figura se localizan los pozos existentes en la zona.

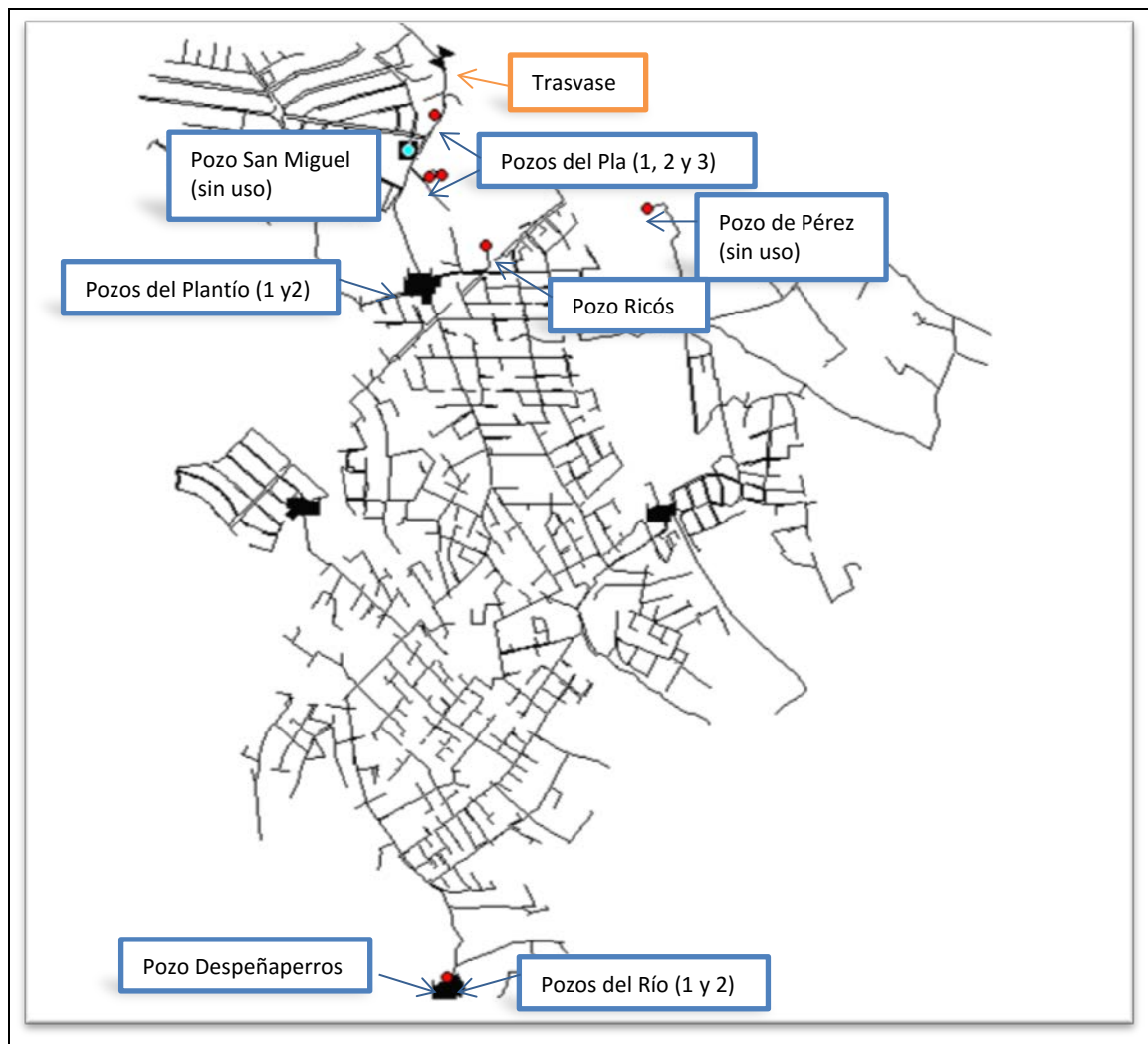


FIGURA 7 LOCALIZACIÓN DE LOS POZOS

Cabe destacar que no todos los pozos están actualmente en uso, en el **Anejo 2** se describen las características y el estudio realizado de los que están en servicio en el periodo de estudio, así como el *Trasvase*.

El agua suministrada desde los diferentes puntos, se almacena en diferentes composiciones de depósitos distribuidos a lo largo de la red y a partir de estos se suministra a los consumidores.

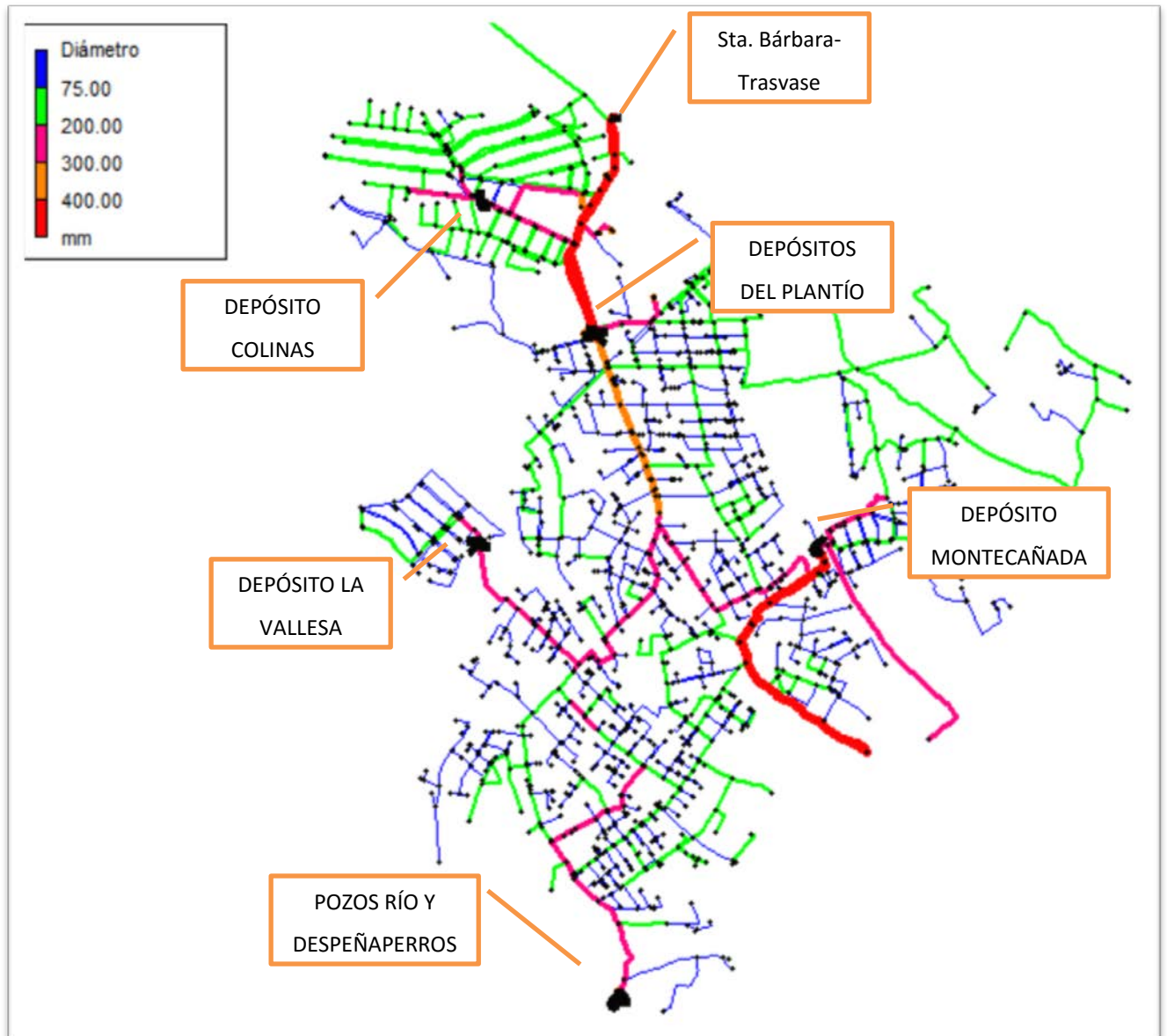


FIGURA 8 RED DISTRIBUCIÓN SEGÚN DIÁMETRO DE TUBERÍAS Y LOCALIZACIÓN DE DEPÓSITOS.

- **DIÁMETROS**

La totalidad de la red comprende de cerca 133 km de longitud total, cuya distribución de diámetros se refleja en la siguiente tabla.



Diámetro (mm)	Longitud total (m)
DN<75	90850.83
75≤DN<125	17076.78
125≤DN<200	14576.75
200≤DN<400	8946.14
DN≥400	1215.11

TABLA 2 LONGITUDES TOTALES DE LA RED EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

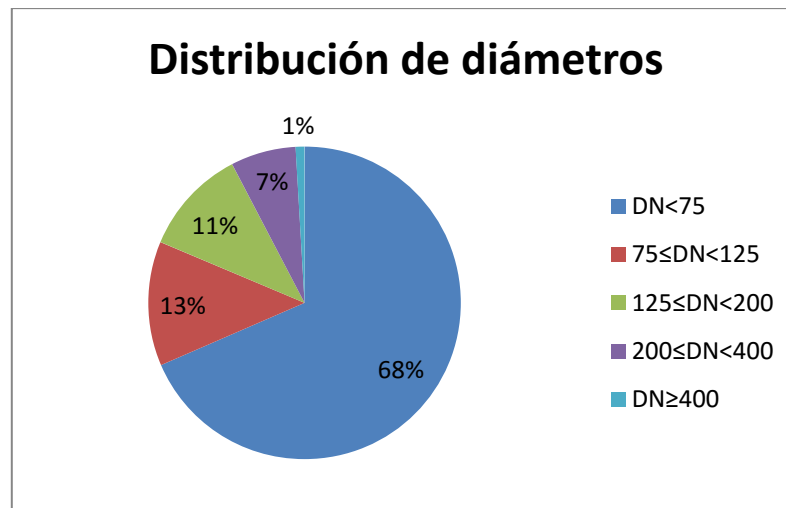


GRÁFICO 2 DISTRIBUCIÓN DE DIÁMETROS EN LA RED

Se observa que alrededor del 80% de la red corresponde a diámetros menores de 125 mm. Esto lo que demuestra es la gran extensión de la zona en proporción a la población abastecida.

La tubería del paso por la CV-35 (Sta. Bárbara-Trasvase) es de DN450 y con esta misma tubería se conecta al depósito de El Plantío. Después la arteria principal de distribución se dispone de entre los diámetros DN200 y DN350. Tanto la tubería que abastece a la Vallesa como la de Montecañada son de DN200.

Por otro lado, el abastecimiento de la Zona Sur también se ve alimentada por diferentes pozos que abastecen a los diferentes depósitos pero en mayor medida los del Río y Despeñaperros que conecta con una tubería de DN250 con la arteria principal del sector.



Cabe destacar que desde el Bombeo de Montecañada, salen dos tuberías, una de DN200 que discurre por la carretera de Paterna al Pla del Pou y otra de DN450 que va por el “Barranc de la Fon” y que llegan al Polígono Fuente del Jarro. Estas tuberías están dispuestas por un antiguo consorcio con una empresa filial de Aguas de Valencia s.a. que “vendía” agua en demanda punta, pero actualmente esta demanda queda cubierta por el aporte de los pozos.

- **MATERIALES**

Se trata de una red muy heterogénea en cuestión de los materiales de las tuberías posiblemente debido a las diferentes épocas de construcción.

- **PVC;** dispuesto en gran parte de la red sobre todo en diámetros pequeños de 32-63 mm en acometidas aunque también se encuentra en diámetros grandes como de 160 en la tubería que va del Plantío al polígono Pista Ademuz o la tubería que va del depósito de Montecañada al Polígono industrial Fuente del Jarro (en desuso)
- **Polietileno;** se encuentra en todos los diámetros hasta el 110 mm aunque mayoritariamente en diámetros pequeños como 40-63 mm.
- **Fibrocemento:** lo encontramos escasamente a partir de 50mm para acometidas y más en 65mm sobretodo La Vallesa y Montecañada. Pero sobre todo se utiliza este material para arterias de distribución para diámetros desde 80mm hasta los 450mm.

### **3.3. CONDICIONANTES DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA RED**

La existencia de una serie de condicionantes hace que la red sea compleja, de los cuales podemos destacar:

- Diferentes núcleos de consumo con tipologías de consumo diferentes.
- Variación del consumo temporal, tanto estacionalmente como semanalmente.
- Diferentes puntos de inyección de caudal. Variable según demanda.
- Diferencia de cotas significativas entre los depósitos y zonas específicas.
- No existe claramente la red primaria de la red de distribución en algunos puntos.
- Previsión de ampliación de consumo.

## 4. BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

### 4.1. INTRODUCCIÓN AL BALANCE HÍDRICO

Para realizar un análisis de un abastecimiento de agua potable de una población mediante un Modelo Matemático, es imprescindible establecer un balance hídrico previo, que consiste en determinar la diferencia existente entre los volúmenes de agua inyectados y los registrados y analizar rendimientos volumétricos.

Para ello se hace imprescindible realizar mediciones de volumen tanto en las entradas al sistema  $Q$  como en las salidas  $Q_r$ . La diferencia entre ambas es el denominado volumen no controlado o no registrado (VNR),  $Q_i$ , dentro del cual podemos diferenciar entre el volumen fugado real (fugas)  $Q_{if}$  y las pérdidas aparentes o VNR consumido  $Q_{ic}$  que engloban tanto el volumen realmente consumido pero no contabilizado por carencia de contador o acometidas ilegales  $Q_{icc}$  y el no registrado por error en la medida del contador  $Q_{ice}$ .<sup>(1)</sup>

En la Figura siguiente (9) se representa los diferentes volúmenes a tener en cuenta dentro de un balance hídrico volumétrico.

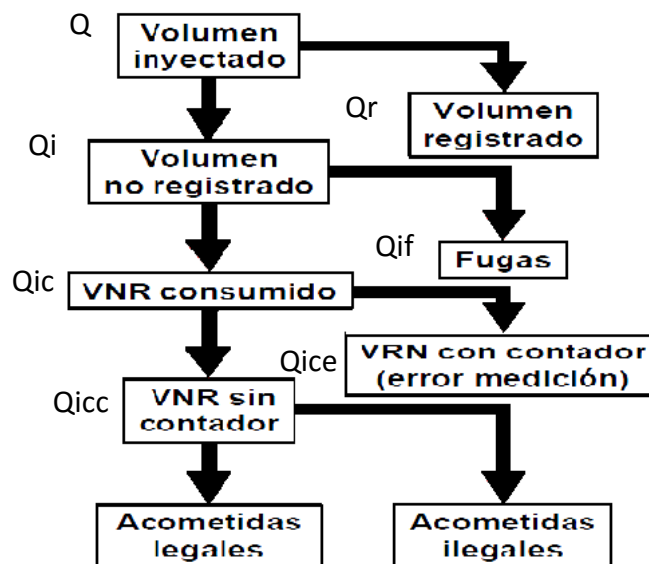


FIGURA 9 ESQUEMA DEL BALANCE VOLUMÉTRICO DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO (9).



En el **Anejo 1 “Confección del Modelo Matemático”** se desarrolla con más detalle el cálculo realizado para determinar en este estudio la distribución del Volumen incontrolado en fugas aparentes y fugas reales y la aplicación en el modelo.

#### **4.2. ANÁLISIS VOLUMEN INYECTADO**

Entre los años 2008 y 2011, este último no completo, se realizó por parte de COVAGUAS una campaña de telecontrol de las aportaciones al sistema recogiendo las lecturas en una base de datos. Entre estos datos recogidos, para nuestro estudio se destaca los siguientes:

- Caudal, a partir de contadores con totalizador cuyos caudales se obtienen como diferencia entre lecturas.
- Presión, medida puntual en un instante de tiempo determinado en bares y mca.
- Nivel, medida puntual en un instante de tiempo determinado.

Pero las lecturas no eran cada un intervalo de tiempo determinado sino por impulsos y asimismo existían muchos errores. Por ello se precisa de un filtrado para que las lecturas fuesen horarias y una corrección de errores.

Cabe destacar que tanto la presión en red como los niveles no se midieron en todos los pozos y en algunos sistemas de depósitos donde los caudales se midieron en la mitad de ellos hasta mediados de agosto.

Como se ha repetido en apartados anteriores, el sector sur está abastecido principalmente por el Trasvase (Santa Bárbara) y por una serie de pozos cuya aportación es según aumento de la demanda. En el **Anejo 2 *Análisis de los puntos de inyección del caudal*** se desarrolla con más detalle el comportamiento y la aportación al Sistema Hidráulico Sur que seguidamente se sintetiza.

- **VOLÚMENES INYECTADOS**

El volumen anual en el 2010 aportado al sector Sur es de **2 502 832.48 m<sup>3</sup>**, de los cuales, para el periodo de estudio (01/04/2010-13/08/2010) corresponden **1077633.57 m<sup>3</sup>**



En la siguiente tabla se recogen las aportaciones realizadas al sistema para el periodo de estudio.

<b>Instalación</b>	<b>NUDO EPANET</b>	<b>Caudal extracción (l/s)</b>	<b>Inyección periodo estudio (m3)</b>	<b>Fracción de uso (%)</b>
<b>TRASVASE</b>				
<b>Santa Bárbara</b>		38.18	445 280.93	100.0%
<b>Pozos</b>				
<b>Pou del Pla 1</b>	P11	17.43	126 481.15	61.9%
<b>Pou del Pla 2</b>	P12	7.70	49 628.60	55.1%
<b>Pou del Pla 3</b>	P13	16.01	107 596.04	58%
<b>Pozo del Rio</b>	P08 y P09	19.86	226 596.75	98.0%
<b>Pozo de Despeñaperros</b>	P04	11.46	49 618.00	37.1%
<b>Pozo de Ricós</b>	P05	39.81	72 432.10	56.2%
<b>San Miguel</b>			Desuso	
<b>Pozo del Rio 2</b>			Desuso	
<b>Pozo de Pérez</b>			Desuso	
<b>total pozos</b>			632 352.64	
<b>TOTAL</b>			1,077,633.57	

TABLA 3 APORTACIONES SECTOR SUR EN PERIODO ESTUDIO

En el siguiente gráfico se observa la cantidad suministrada por cada punto de aporte con respecto de la totalidad suministrada a la Zona Sur, para el periodo de estudio y anualmente:



### Distribución suministro de Agua. Anual

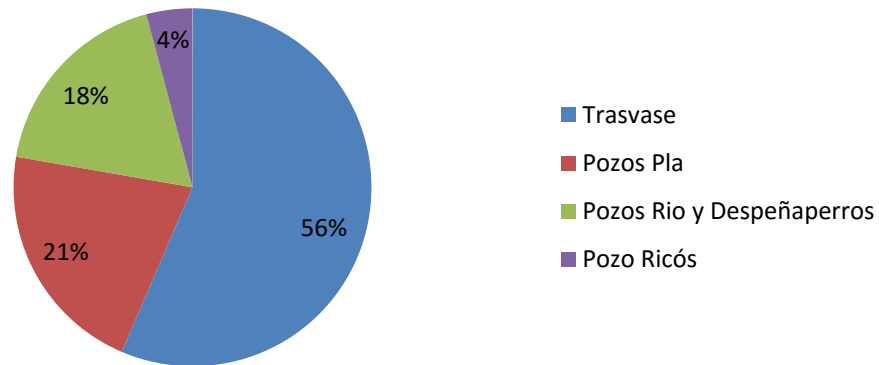


GRÁFICO 3 DISTRIBUCIÓN APORTE AGUA ZONA SUR. ANUAL

### Distribución suministro de Agua. Periodo Estudio

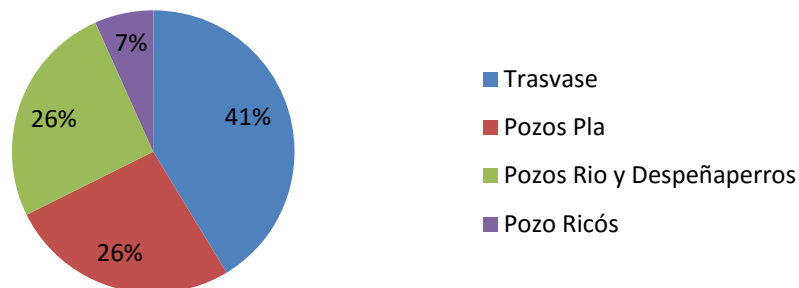


GRÁFICO 4 DISTRIBUCIÓN APORTE AGUA ZONA SUR. PERIODO DE ESTUDIO

En el siguiente gráfico se recoge los caudales aportados por cada punto de inyección al Sector Sur y la suma de ellos.

Como se puede observar en la tabla anterior y en el siguiente gráfico, la aportación del transvase es continua todos los meses. Los pozos abastecen sobretudo el aumento de demanda en los meses de verano.

Se observa que los meses de más calor existe un aumento importante de la demanda siendo el tercer trimestre del año donde mayor demanda existe, marcando notoriamente que son

segundas viviendas residenciales con jardines y piscinas. Por otro lado, en los meses de menor demanda (invierno), el aporte de agua se realiza principalmente desde el trasvase.

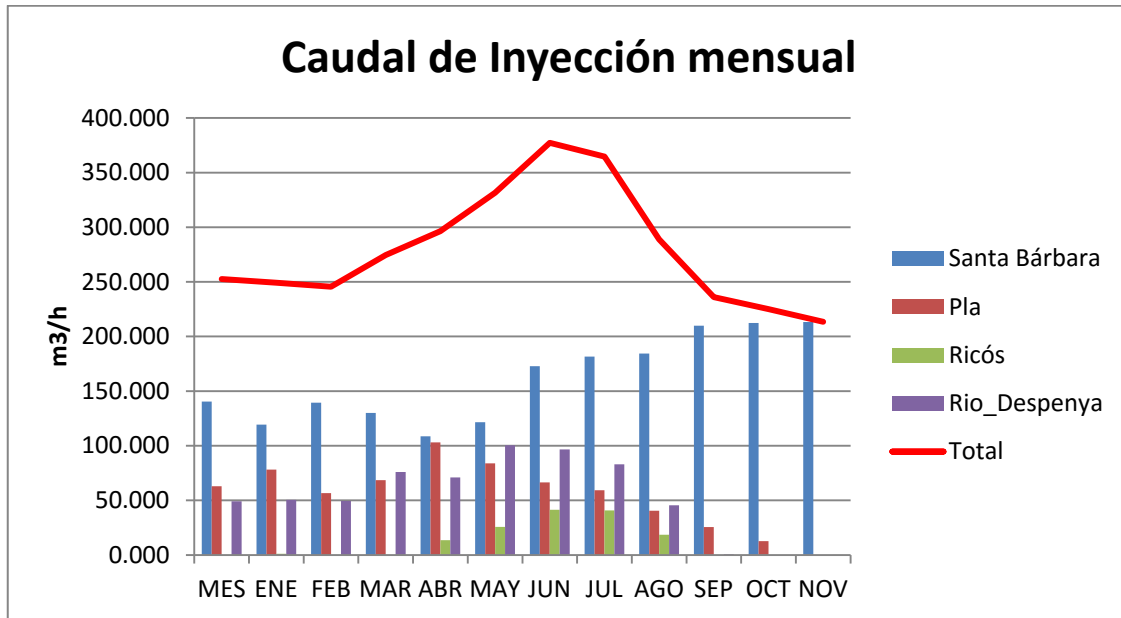


GRÁFICO 5 RELACIÓN MENSUAL DE LOS CAUDALES INYECTADOS AL SECTOR SUR

- **PUNTOS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN. DEPÓSITOS.**

Los depósitos distribuidos en toda la red son utilizados principalmente para almacenar agua, algunos de una sola entrada de agua, pero generalmente de diferentes fuentes de agua. Son por tanto puntos de distribución. En el **Anejo 3 Análisis del comportamiento de los depósitos** se describe detalladamente la disposición, características de la instalación y estudio del comportamiento en base a las mediciones realizadas.

En el siguiente gráfico se observa que en la zona donde mayor aporte de caudal es en el depósito de Las Colinas mayoritariamente en los meses de verano, posiblemente la mayor demanda de esta zona sea el Club de campo Peñacañada. Seguidamente el mayor aporte de caudal es en el depósito de Montecañada que suministra además de la zona residencial, un polígono industrial donde entre otros consumidores se encuentra la fábrica de pan del Grupo Siro (La Familia).

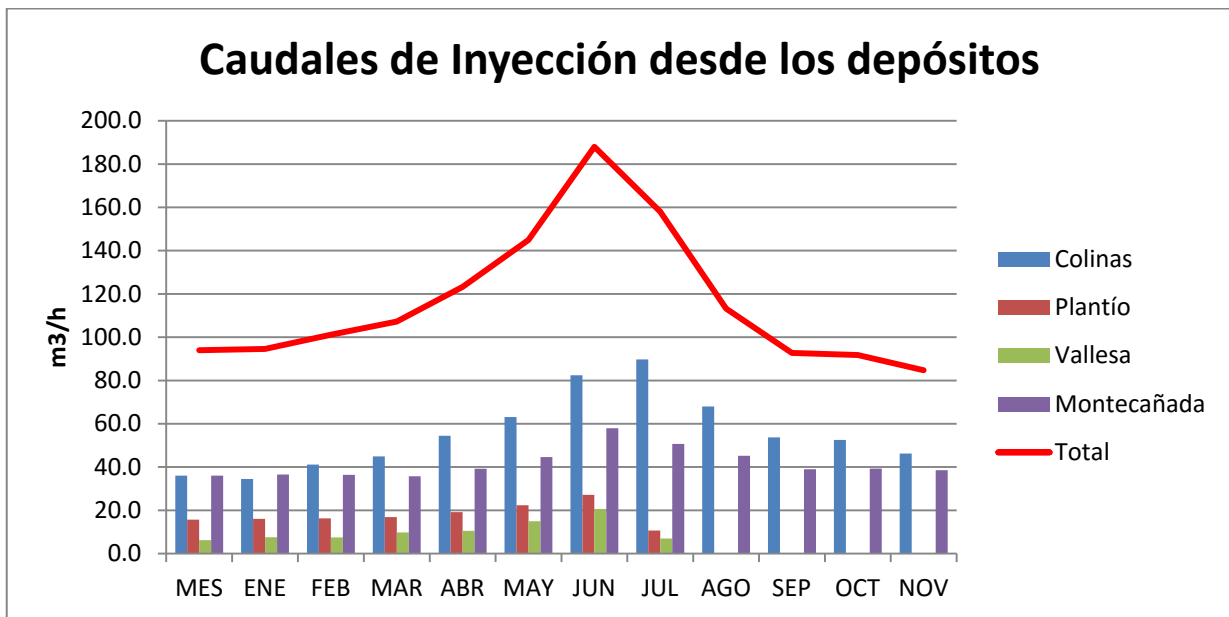


GRÁFICO 6 CAUDALES DE INYECCIÓN DESDE LOS DEPÓSITOS

Las mediciones de caudales proporcionadas en los depósitos de Colinas y el de Montecañada están todo el año, pero las de El Plantío y La Vallesa únicamente están hasta mediados de agosto lo más seguro por falta de medición, no porque estuviesen parados, pues sí existen mediciones de variación de niveles. Por tanto para la modulación del modelo y la determinación de los caudales medios diarios se ha tomado el periodo desde el 01/04/2010 hasta el 13/08/2010.

#### 4.3. ANÁLISIS VOLUMEN REGISTRADO

Como los datos de facturación obtenidos de los consumos en el año de estudio son trimestrales, para determinar el volumen consumido se obtiene comparando las lecturas con respecto al trimestre anterior, al no tener datos del último trimestre del 2009, se evaluarán los datos correspondientes a los tres últimos trimestres del año 2010, es decir, los últimos 275 días del año.

A partir de los datos recogidos en la campaña de instrumentación, se determina la cantidad de agua suministrada al Sistema Sur objeto de estudio



Según datos de las lecturas trimestrales facilitadas por la cooperativa se obtiene los consumos del sector Sur que subdividido por las zonas de facturación se obtiene los volúmenes registrados resumidos en la siguiente tabla.

Zona	Trimestre	Trimestre	Trimestre	Total zona
	2	3	4	
	m3	m3	m3	
EL PLANTIO	72275	117925	62708	252908
LA CAÑADA	99222	165040	94563	358825
PLA DEL POU	3076	7615	4512	15203
COLINAS DE SAN ANTONIO	74389	112985	61215	248589
CALLE DIECISEIS	7729	14081	7889	29699
MONTECAÑADA	39382	75089	36856	151327
LA VALLESA	13984	31707	16352	62043
PISTA ADEMUZ	14068	9891	6907	30866
CAMINO VIEJO PATERNA	971	1617	390	2978
				<b>1 152 438</b>

TABLA 4 VOLÚMENES REGISTRADOS

Se observa que el tercer trimestre que comprende los meses de Julio, Agosto y Septiembre es el que más consumo obtiene obteniendo un coeficiente de consumo promedio de 1.40 sobre el consumo medio. El cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre) es el de menor consumo promedio siendo un promedio de 0.76 sobre el consumo medio.

Cabe destacar que el Título 14431 correspondiente a la fábrica del Grupo Siro tiene unos consumos muy elevados siendo del segundo trimestre de 8205 m<sup>3</sup>, el tercer de 3467 m<sup>3</sup> y el cuarto de 2224 m<sup>3</sup>.

#### 4.4. ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA RED EN FUNCIÓN DEL VOLUMEN INCONTROLADO

En muchos estudios de sistemas de abastecimiento, se utiliza el rendimiento volumétrico o rendimiento global para calificar la gestión de un abastecimiento.

Se denomina el rendimiento global del sistema al cociente entre el volumen registrado y el inyectado.

$$\eta_s = \frac{Q_r}{Q}$$



A partir del valor del rendimiento global,  $\eta_s$ , la gestión del abastecimiento se puede clasificar en (7):

Rango	Calificación
$\eta_s > 0.9$	Excelente
$0.8 < \eta_s < 0.9$	Muy bueno
$0.7 < \eta_s < 0.8$	Bueno
$0.6 < \eta_s < 0.7$	Regular
$0.5 < \eta_s < 0.6$	Malo
$0.5 < \eta_s$	Inaceptable

TABLA 5 CALIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DE UN ABASTECIMIENTO EN FUNCIÓN DE RENDIMIENTO GLOBAL (7)

Según las mediciones, se puede considerar que la gestión del sistema es **regular** en la media de los últimos 9 meses de estudio.

		275 DIAS		Periodo estudio		3er trimestre		4to trimestre	
		m3	l/s	m3	l/s	m3	l/s	m3	l/s
<b>Vol. Suministrado</b>	Q	1948848	82.1	1077633.6	92.3897	766269	32.25	503791.9	21.2
<b>Vol. Consumido</b>	Qr	1152438	48.5	468588.6	40.1739	535950	67.43	291392.0	36.7
<b>Vol. No Registrado</b>	Q-Qr	796411	33.5	609045.0	52.22	230319	28.98	212399.9	26.7
<b>rendimiento volumétrico</b>	Qr/Q	59.13%		43%		70%		58%	

TABLA 6 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO

Siendo el mismo sistema, observamos que pasamos de un sistema Bueno-Regular en los meses de mayor consumo a uno malo en los de menor consumo. Esto indica que efectivamente las fugas dependen del caudal consumido y con ello de la presión.



En el **Anejo 1 Confección del Modelo Matemático** se desarrolla cómo se llega a la siguiente distribución del caudal incontrolado para el periodo de estudio:

Reparto del Volumen Incontrolado				
<b>Vol. No Registrado</b>	609045	m3	52.22	l/s
<b>Fugado</b>	72%	438512	m3	37.59 l/s
<b>Consumido</b>	28%	170532	m3	14.62 l/s

TABLA 7 DISTRIBUCIÓN DEL VNR

La IWA recomienda que se utilicen indicadores relativos para definir si un sistema es aceptable o no. Para ello utilizaremos el indicador IFE (índice de Fugas Estructural) que es un indicador muy recomendado por ser claro, sencillo, porque se puede revisar en distintos años o para distintos escenarios y por contar con los principales factores que afectan a las fugas: presión, número y longitud de acometidas y longitud de tubería.

Se define:  $IEF = \frac{VIF}{UMF}$  dónde:

- Volumen de pérdidas reales  $VIF = \frac{Vif}{dia \cdot Na}$
- Umbral mínimo de fugas  $UMF = \frac{p(A \cdot Lt + B \cdot Na + C \cdot La)}{Na}$

Na: nº de acometidas

Lt: longitud total de tuberías

La: longitud total de acometidas

Según un estudio realizado por Alan Lambert: A=18; B=0.8 y C=25

En nuestro sistema hidráulico; la presión media del sistema la fijamos en **P=35 mca**, no conocemos la longitud de acometidas, pero vamos a suponer  $L_{ai}=11$  m, el número de acometidas será igual al de títulos **Na= 4454**, por tanto **La=49 km** y la longitud total de la red es **Lt= 134.8 km**.

$$VIF = \frac{Vif}{dia \cdot Na} = 729.29 \text{ l/día/acometida}$$



$$UMF = \frac{p(A \cdot Lt + B \cdot Na + C \cdot La)}{Na} = 56.69 \text{ l/día/acometida}$$

$$IEF = \frac{VIF}{UMF} = 12.86$$

- **CONCLUSIONES DEL ESTUDIO VOLUMÉTRICO**

Según el rendimiento global, se puede clasificar la red como un estado Regular, siendo en los meses de menor demanda (mayor presiones) considerada como un estado Mal incluso para el periodo de estudio (abril-agosto) se considera inaceptable.

Según la IWA,  $IEF > 8$  aunque las consideraciones operativas y financieras pueden permitirse a un largo plazo, el nivel de fugas indican que no se está utilizando el recurso del agua efectivamente. Se recomienda actuar para disminuir el volumen fugado.

Con esto, el nivel de fugas es mejorable siendo aconsejable una actuación sobre el estado de las tuberías realizando una campaña de renovación de la red, un estudio de mejora en el control y distribución del flujo (sectorización), y se propone realizar un estudio sobre el parque de contadores.

## 5. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Uno de los pasos más importantes en la elaboración de un modelo matemático fiable es la carga de los consumos, tanto de los registrados como los incontrolados, para que la demanda coincida con el caudal inyectado.

En el **Anejo 1** (Modelo matemático) en el apartado 7. *Carga inicial del Modelo Hidráulico* se describe detalladamente los pasos realizados para realizar la asignación de los consumos a los nudos y posteriormente, en el apartado 8. *Carga definitiva del Modelo* se indica la introducción del caudal incontrolado, tanto las fugas aparentes como las reales.

### 5.1. ASIGNACIÓN DE CONSUMOS

A falta de una micromedición detallada del consumo, la demanda de los consumidores se obtiene a partir de la facturación trimestral de los mismos asignándose ésta a cada “zona de Facturación” descrita anteriormente.



Una vez realizado el esquema del modelo, se le asignará a cada nudo la parte proporcional del consumo de la Zona de Facturación a la que pertenezca.

Para una mejor estimación del modelo, se asignará como demanda cero a nudos que se sepa que no tienen consumo. Y se asignará individualmente la demanda a grandes consumidores, que en este caso son:

- Sector Pista Ademuz:
  - Fábrica “La Familia” del Grupo Siro, cuya demanda media es de 0.586 l/s, obtenido a partir de la facturación.
- Sector La Cañada:
  - Club social Campo Peñacañada, al cual se le ha estimado un consumo con un coeficiente punta  $K_p=5$  sobre el consumo medio de la zona.
  - Polideportivo municipal, que se ha estimado un  $K_p=4$ .
  - Instituto de Secundaria, que se le ha estimado un  $K_p=3$
  - Colegio público, con también  $K_p=3$
- Sector Montecañada:
  - Colegio Santo Tomás de Aquino con numerosas instalaciones incluso campo de fútbol, por tanto se le ha estimado un  $K_p=6$

## 5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA

Con lo descrito en el apartado anterior, el resto de los nudos de consumo por sector de facturación y su demanda inicial estimada (caudal medio en el periodo de estudio) queda:

Zona	Títulos	Nudos	Q/Nudo (l/s)
El Plantío	956	287	0.03709
La Cañada	1756	420	0.03472
Pla del Pou	48	12	0.05332
Colinas de San Antonio	860	119	0.08792



Zona	Títulos	Nudos	Q/Nudo (l/s)
Calle dieciséis	173	36	0.03472
Montecañada	411	48	0.11794
La Vallesa	201	31	0.08423
Pista Ademuz	42	12	0.05938
Camino viejo Paterna	7	3	0.04178

TABLA 8 DEMANDA BASE EN NUDOS CONSUMO

Con estas demandas asignadas, el modelo queda:

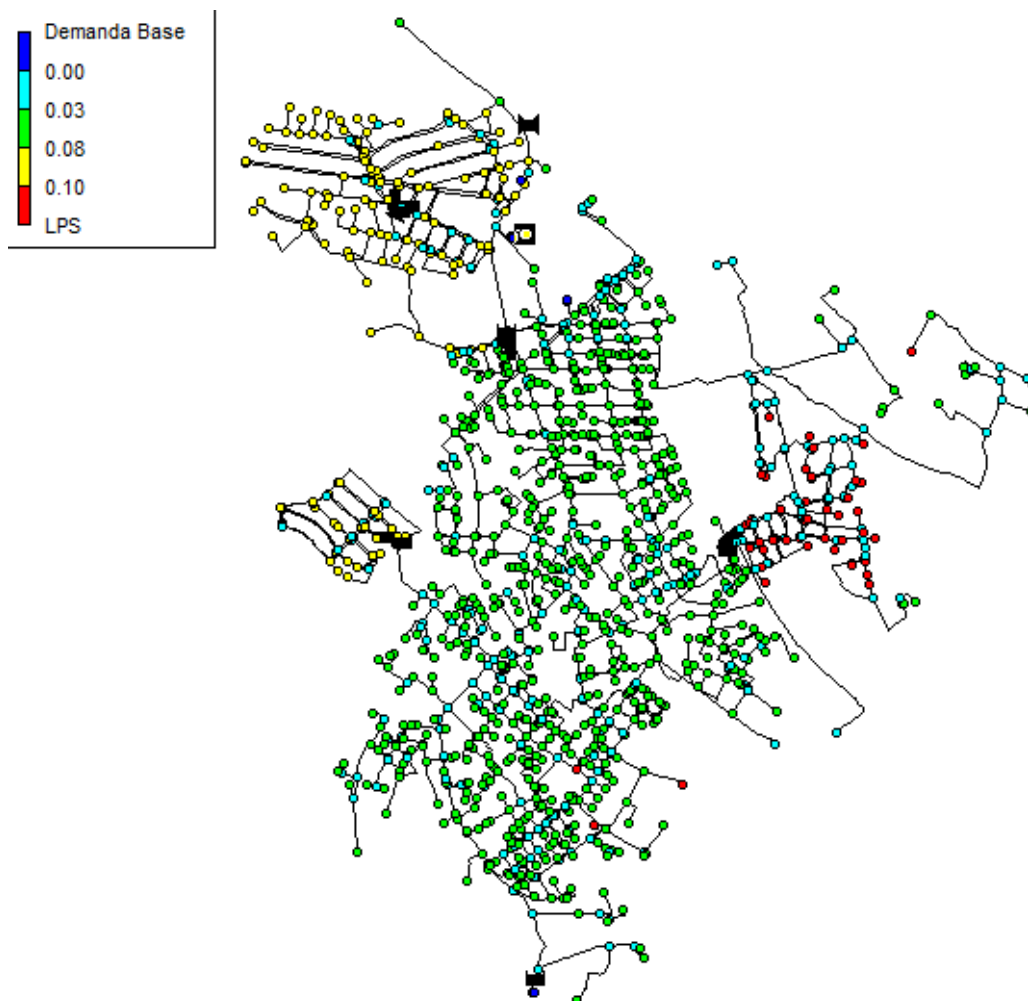


FIGURA 10 DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA BASE MEDIA



### 5.3. MODULACIÓN DE LA DEMANDA (CURVA MODULACIÓN)

Los consumos asignados a cada nudo de la red, normalmente varían a lo largo del día no permaneciendo constantes por lo que se verán afectados por una curva de modulación diaria. Esta modulación de caudales depende directamente de los hábitos de consumo de cada sector siendo la asignación de la modulación clave para la elaboración de un modelo matemático con la finalidad que represente lo máximo posible a la realidad.

Debido a la falta de micromedición horaria en los puntos de consumo, no se sabe con certeza la modulación del consumo. Como sí existe medición en la salida de los depósitos, y sabemos que la mayoría de consumidores son viviendas unifamiliares con no más de una o dos plantas con jardín y piscina excepto los grandes consumidores ya nombrados y la zona Industrial Pista Ademuz, se puede estimar la modulación de los nudos de consumo.

Existen dos zonas diferenciadas que son Las Colinas de San Antonio y La Vallesa, donde están reguladas por un único depósito cada una, y los puntos de consumo son de carácter vivienda unifamiliar más o menos de las mismas características, por tanto a estas zonas se les asignará la misma curva de modulación que los depósitos respectivos.

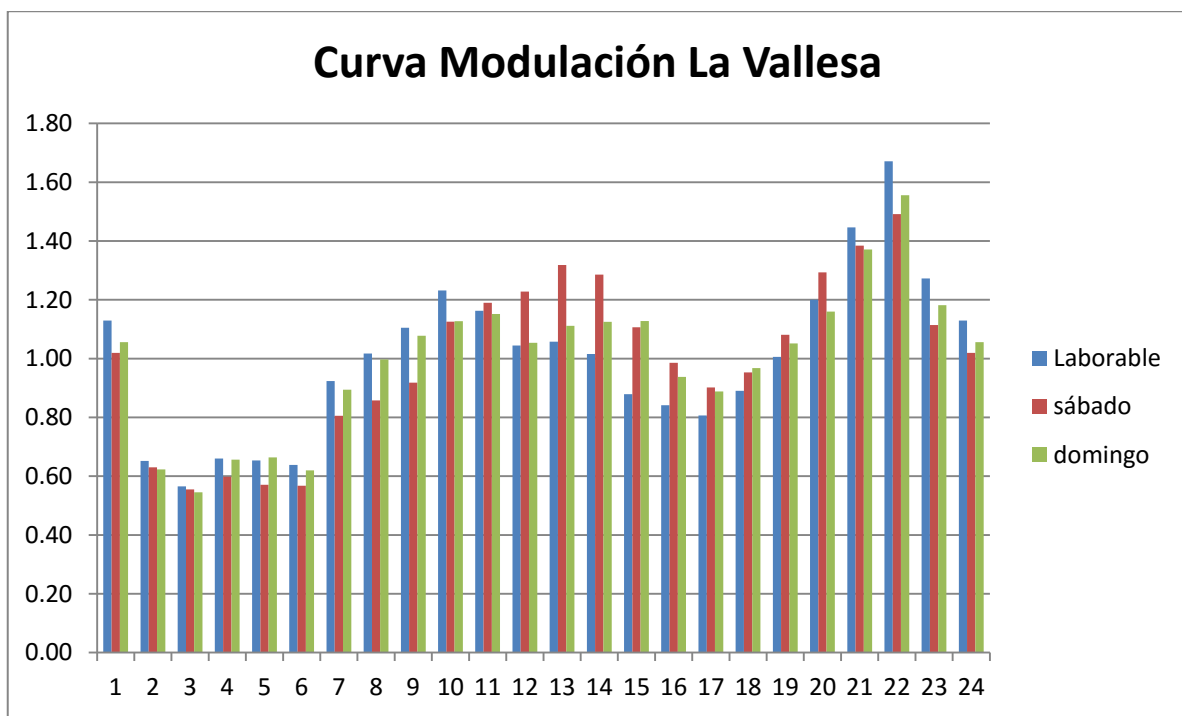


GRÁFICO 7 MODULACIÓN LA VALLESA

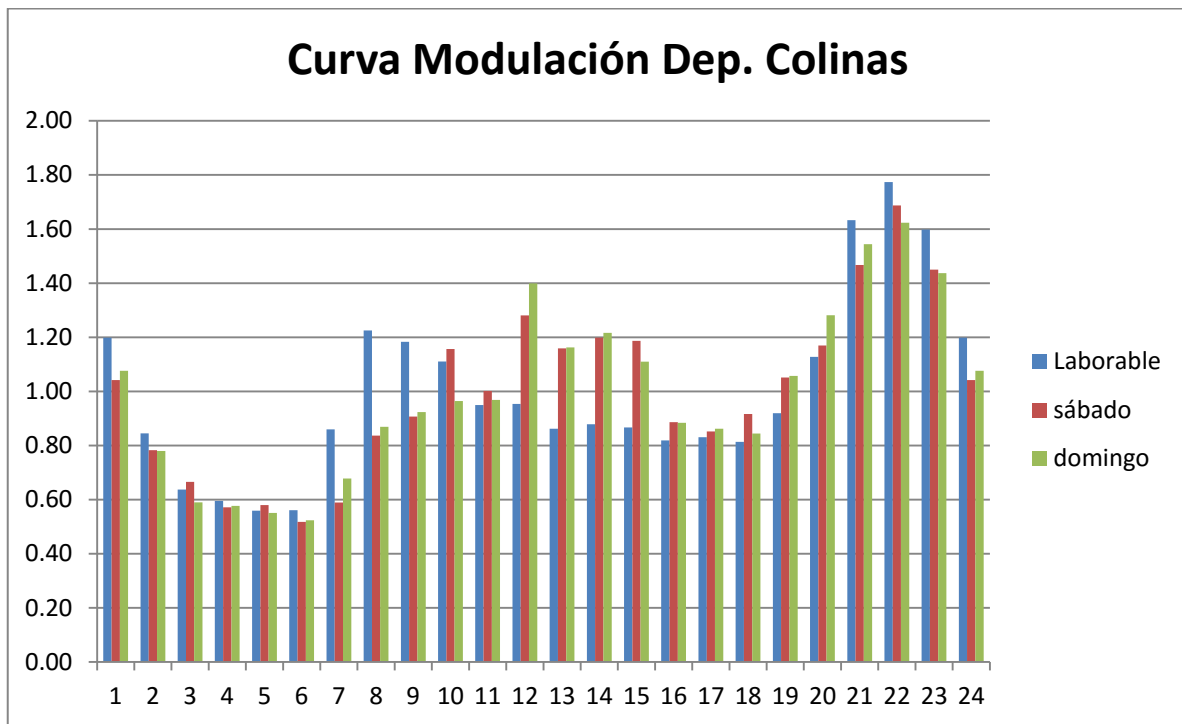


GRÁFICO 8 MODULACIÓN DEPÓSITO LAS COLINAS

Se observa un comportamiento similar entre las dos modulaciones donde los fines de semana existe un mayor consumo en las horas centrales del día con diferencia de los días laborales, así mismo caudal punta se sitúa sobre las 22 h y horas valle en la madrugada entre las 3 y las 6 h.

Para resto de viviendas residenciales se ha optado por asignarles una modulación producto de la combinación de las dos anteriores pues el comportamiento de los depósitos del Plantío (de paso y distribución a gran parte del sector sur) y Montecañada (suministra también a zona industrial) no responden tanto a una modulación tipo de vivienda residencial.

Seguidamente se resumen los patrones estimados para los diferentes consumidores que se han insertado en el modelo haciendo una simulación de 168 h (una semana) debido a la diferencia de comportamiento entre los días laborables y el sábado y el domingo.

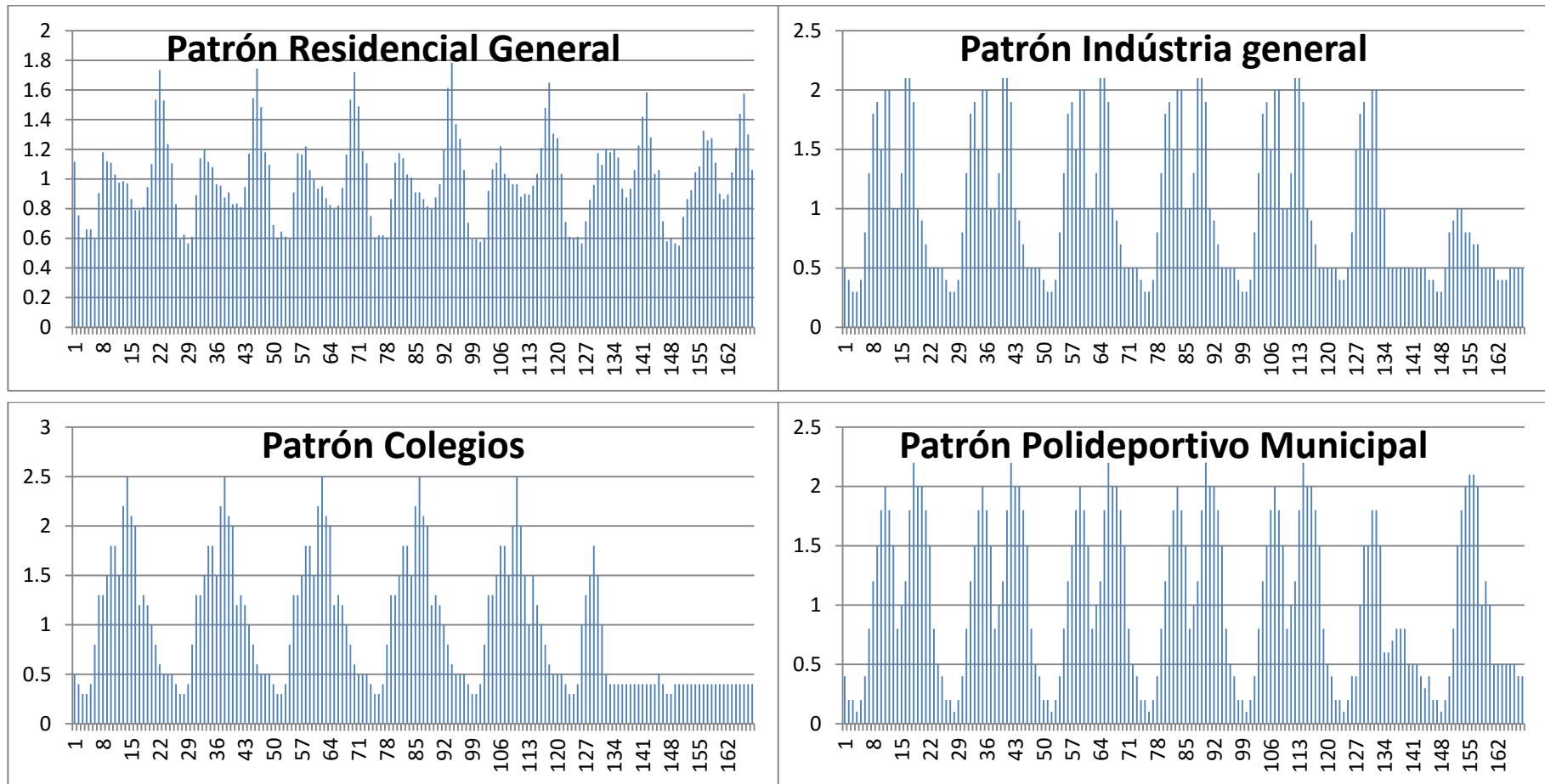


GRÁFICO 9 PATRONES DE DEMANDA ESTIMADOS



### 5.1. AJUSTE DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA

En el **Anejo 1** de este trabajo, se explica detalladamente todo el proceso seguido para realizar el modelo matemático que más se ajuste a los valores proporcionados por las mediciones y la información proporcionada siguiendo los siguientes puntos:

- **RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

Para la creación de un modelo, es primordial que la información sea precisa y certera. Cabe destacar que para la elaboración de este modelo existe cierta incertidumbre en la fiabilidad del mismo pues se desconoce fielmente el funcionamiento de los grupos de bombeo o los depósitos, así como las conexiones certeras de estos sistemas a la red, la metodología de regulación de la red e incluso la modelación de la demanda. Todo esto se ha estimado a partir de las mediciones obtenidas en la campaña de telecontrol y suposiciones de funcionamiento en los sistemas de almacenamiento e inyección de caudal.

La información obtenida sobre la red es:

- Proyecto del PAI “El Manisero”, de donde se ha obtenido información de los pozos.
- **Plano** de AutoCad con la disposición de las tuberías del año 2013, distribuido por capas para cada tubería con el binomio diámetro-material.
- Dos **modelos matemáticos** realizados sobre la red (Norte-Sur): el primero en el 2012 por Paula Quintá Pérez como Proyecto fin de carrera y el otro en el 2013 por Francesc Vicent Tordera Lledó como Trabajo fin de Master. Se han tenido como referencia y consulta, pero existe gran incongruencia entre ambos tanto en cotas de los nudos, en el de Francesc no existían algunas zonas de estudio, y en la disposición de los depósitos y algunas conexiones también eran diferentes dando un resultado bastante dispar entre ellos y que no se ajustaban a las mediciones proporcionadas.
- **Datos de medición** mediante un sistema de telecontrol de COVAGUAS en puntos de distribución de aguas (depósitos y pozos) donde entre otros se miden caudal y presión ofrecida en red y niveles de pozos y depósitos.

- **Lecturas** trimestrales de los contadores de los usuarios (Títulos) del año 2010 por COVAGUAS.

- **ESQUELETIZACIÓN DE LA RED**

No se disponen de mediciones de cotas reales de la red, por tanto se ha utilizado la herramienta GISRed para intersecar el plano de AutoCad con modelos digitales del terreno, con el mínimo error posible, para así estimar las cotas de los nudos. Mediante este programa se ha asegurado las conexiones de la red y se ha obtenido un esquema con una propuesta de nudos que se exporta al programa EPANET para seguir con éste la modelación de la red objeto de estudio.

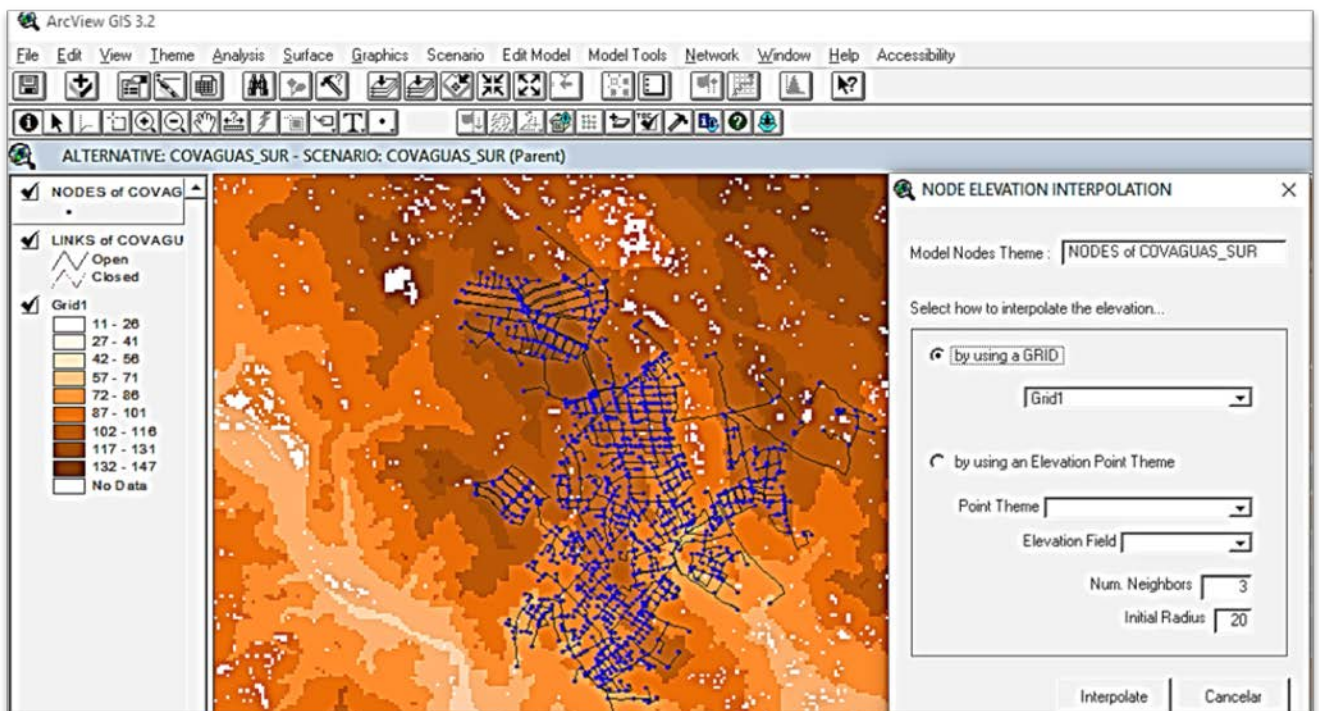


FIGURA 11 CREACIÓN DEL GRID PARA LA INTERPOLACIÓN DE COTAS. GISRED

- **ESTUDIO DE CONSUMOS Y ASIGNACIÓN DE CARGAS**

En el Anejo 1 se detalla la forma de asignación de cargas, explicado anteriormente en el 5.1 del presente documento.



- **MEDICIONES EN LA RED**

- Datos de medición mediante un sistema de telecontrol de COVAGUAS en puntos de distribución de aguas (depósitos y pozos) donde entre otros se miden caudal, presión y nivel de pozos y depósitos.

Primero se procede a la validación de los datos, es decir al filtrado de valores erróneos y estimación de los mismos, señalando las modificaciones realizadas. Posteriormente se tratan estos datos de forma que su consulta sea de la forma y parámetros necesarios para su posterior análisis y valoración.

- Lecturas trimestrales de los contadores de los usuarios (Títulos) del año 2010 por COVAGUAS.

Se realiza una validación y tratamiento de los datos al igual que en las mediciones con la finalidad de obtener los parámetros necesarios.

- **AJUSTE Y CALIBRACIÓN DEL MODELO**

El comportamiento hidráulico de un modelo depende de parámetros que deben representar lo más fielmente posible a la realidad. Como son:

- Rugosidad en tuberías
- Pérdidas en accesorios y Grado de apertura en válvulas de control
- Ajuste del volumen no registrado
- Demanda en nudos
- Funcionamiento de las bombas (ajuste de curvas características reales)
- Patrones de consumo

La calibración dinámica se usa para modelos en periodo extendido, como es nuestro caso, donde se comparan los resultados de las simulaciones con medidas de campo a lo largo de un periodo de tiempo de estudio.

El tiempo extendido utilizado en nuestro caso es de 168h, es decir una semana, debido a la diferencia del comportamiento entre los días laborales y los fines de semana tanto en el



consumo como en los puntos de inyección de caudal, y el periodo de tiempo de estudio son los 135 días que corresponden desde el 01/04/2010 al 13/08/2010, como se ha explicado anteriormente.

- Rugosidad de la tubería

El método matemático para el cálculo de pérdidas utilizado en el modelo es el de Darcy-Weisbach, donde por defecto se ha asignado una rugosidad de **0.1mm** a la totalidad de las tuberías, aunque se sabe que existe diferentes materiales, la red es bastante antigua y no se dispone de información de cambio de tuberías. Para hacer una conveniente calibración, deberíamos de disponer de mediciones reales de presiones y caudal en diferentes puntos de la red. Por tanto se ha dado este valor basado en la experiencia.

- Funcionamiento de las bombas

Se dispone de información de curvas características de algún grupo de bombeo, pero no se sabe el punto de funcionamiento de las bombas. Por otro lado, se dispone de mediciones tanto de caudal inyectado como de presiones en red en puntos de suministro, esto son los valores en los que se ha fijado para representación de los grupos de bombeo que en alguno de los casos donde la presión se puede considerar constante, se ha representado mediante un embalse cuya altura total es la cota de nudos colindantes más esta presión media.

En los casos en que se ha representado mediante una bomba, se ha optado por representación de la curva en un solo punto de funcionamiento (aproximadamente en el caudal medio ofrecido) pues es el mejor ajuste que proporciona EPANET.

- Ajuste del volumen no registrado

En el apartado del análisis volumétrico, se describe la diferencia entre las fugas aparentes y las fugas reales. Y el modo de asignarlo en el modelo matemático se recoge en el **Anejo 1**, donde se describe que:

- Fugas aparentes  $Q_{ic}$ , consideradas en este estudio como un 28% del caudal Incontrolado  $Q_i$ , se consideran caudal realmente consumido, y por tanto se comporta independiente de la presión y se representa como un aumento de la demanda base.





- Fugas reales  $Q_{if}$ , consideradas como un 72% del  $Q_i$ , y que dependen directamente de la presión y de la característica hidráulica de la fuga, modelándose en Epanet con unos coeficientes emisores  $K_f$  tal que:

$$Q_{if} = K_f p^n$$

Donde  $n$  es un exponente que depende del material de la tubería. Estimándose en este caso en 0.5 al ser una red vieja con una gran cantidad de tuberías rígidas (PVC).

Se calibra el emisor de cada nudo mediante un proceso iterativo con la herramienta EPANET y una hoja de cálculo Excel dándole el “peso” correspondiente a cada nudo en función de las medias longitudes de las tuberías que confluyen en dicho nudo.

Se ajustan la magnitud de los coeficientes emisores hasta que la diferencia de los caudales inyectado simulado e inyectado medido sea menor que un 1%.

Después del ajuste de los coeficientes emisores, el caudal fugado resulta ser de 52.34 l/s frente un caudal inyectado de 92.51 l/s que supone el 57% de éste. Es por lo que hasta que no se han introducido las fugas en el modelo, no se ha podido estimar el funcionamiento de los sistemas de distribución en función de las mediciones proporcionadas.

## 6. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED.

A partir del Modelo matemático realizado y calibrado, podemos analizar el comportamiento de la red en su estado actual.

En un principio se realizará un análisis en las condiciones normales de funcionamiento generalmente hora punta de consumo, localizada a las 22h y en el caso de la presión, también en hora valle situada a las 5h. Se estudia el comportamiento hidráulico con respecto los siguientes parámetros:

- Velocidades

La velocidad de circulación depende del caudal y del diámetro de la tubería. Para un mismo caudal, mayores diámetros implican menores pérdidas de carga. Según la AEAS (Asociación



Española de Abastecimientos y Saneamientos, propone que para abastecimiento la velocidad quede comprendida entre los valores 0.6 y 2.25 m/s.

Velocidades bajas implica:

- Infrutilización de la tubería
- Aumento de deposición de materias en suspensión.
- Aumento del tiempo de permanencia

Velocidades altas implica:

- Mayores pérdidas por fricción
  - Ruidos y vibraciones
  - Si se produce transitorios, las sobrepresiones pueden provocar roturas.
- Pérdidas de carga

La pérdida de carga está en función de la viscosidad del agua y del rozamiento de esta contra las paredes internas de las tuberías.

Las pérdidas de carga se calculan mediante la fórmula de Darcy según la siguiente expresión:

$$j = \frac{8 f}{\pi^2 g D^5} Q^2$$

Dónde:

- j: pérdida de carga (en m/m)
- f: coef. de fricción (formula Colebrook-White)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)
- g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Según la UNE-EN 805, no es recomendable sobrepasar los siguientes valores de pérdida de carga según el diámetro de la tubería:



<b>Diámetro (mm)</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>
<b>Jmax (m/km)</b>	6.8	4.8	4.1	3.3	2.85	2.4	2.1

Pérdidas altas implica un mayor gasto de energía y problemas en las conducciones por ruidos y vibraciones pues se puede crear un transitorio

- Presiones

En las acometidas se debe asegurar una presión mínima de servicio necesaria para abastecer directamente a las viviendas a una determinada altura. Normalmente en edificios de 1 o 2 plantas este valor se fija en 20-25 mca, aunque existen municipios que el valor mínimo para viviendas que no superan las 2 viviendas se fija en **15** mca.

Se puede fijar la presión máxima en una instalación entre **50-60** mca, a partir de este valor se encarece el conjunto de la instalación así como el consumo energético y un aumento del caudal fugado.

### **6.1. ANÁLISIS DE LA RED EN CONDICIONES NORMALES**

Se realizará el análisis de la red trabajando en condiciones normales de suministro, es decir, sin producirse ninguna avería significativa en red.

- **VELOCIDADES**

Se analizará únicamente las velocidades en hora punta de consumo (22h) pues se trata de una red donde principalmente existen acometidas y unos valores de caudales circulantes por las red generalmente bajos.

En el análisis en un modo general se observa que la velocidad de circulación es muy baja (menor de 0.4 m/s) en la red de distribución (acometidas) esto puede ser normal debido a la baja demanda en los nudos exceptuando en las “arterias principales” donde sí se encuentran en niveles más aceptables.

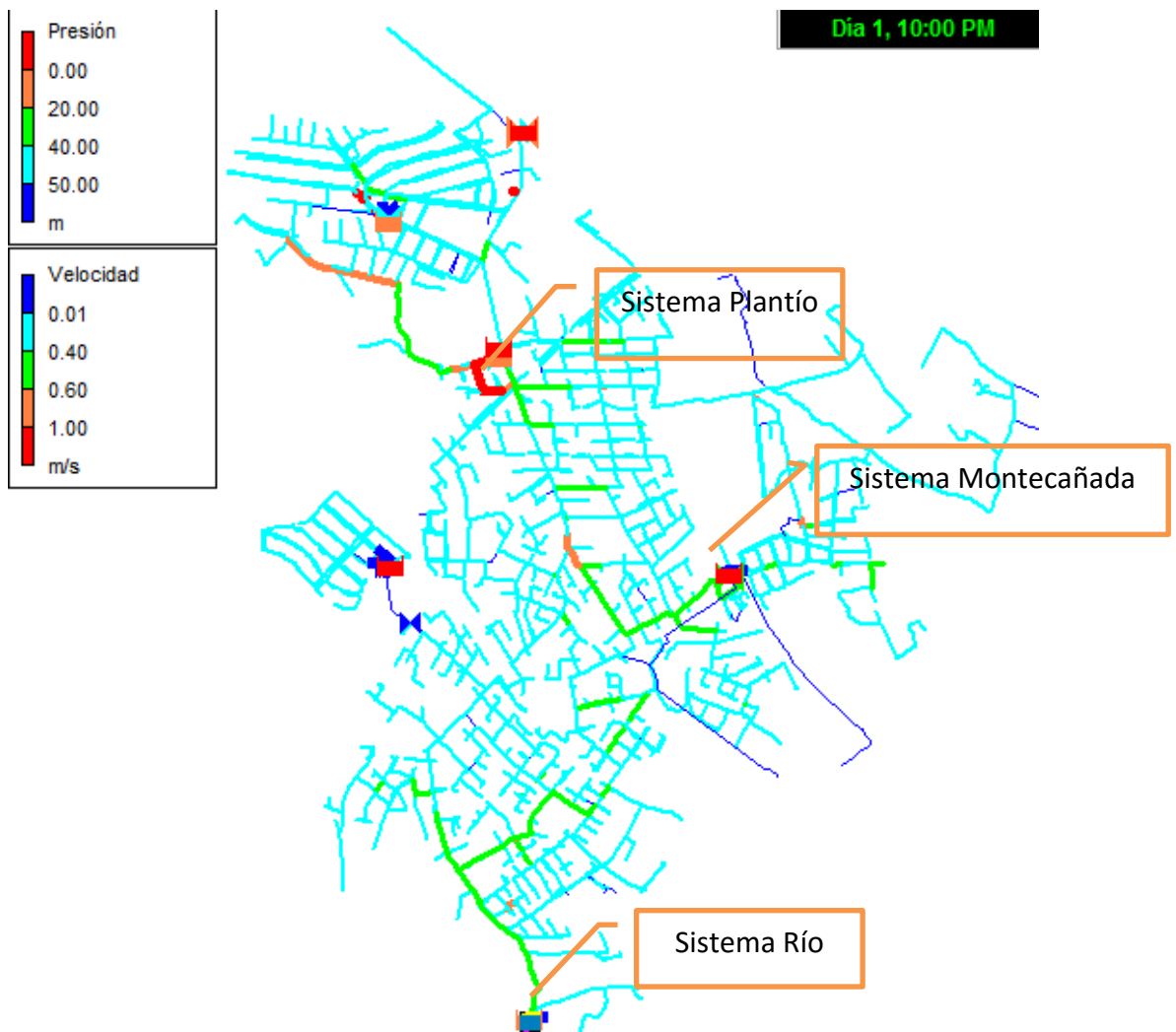


FIGURA 12 VELOCIDAD EN CONDICIONES NORMALES Y EN HORA PUNTA

En el siguiente gráfico se muestra en tanto por cien de tuberías cuya velocidad se encuentra en el valor indicado. Se observa que el 90% de tuberías se encuentra a una velocidad menor de 0.4m/s indicando por tanto una infrautilización de las tuberías.

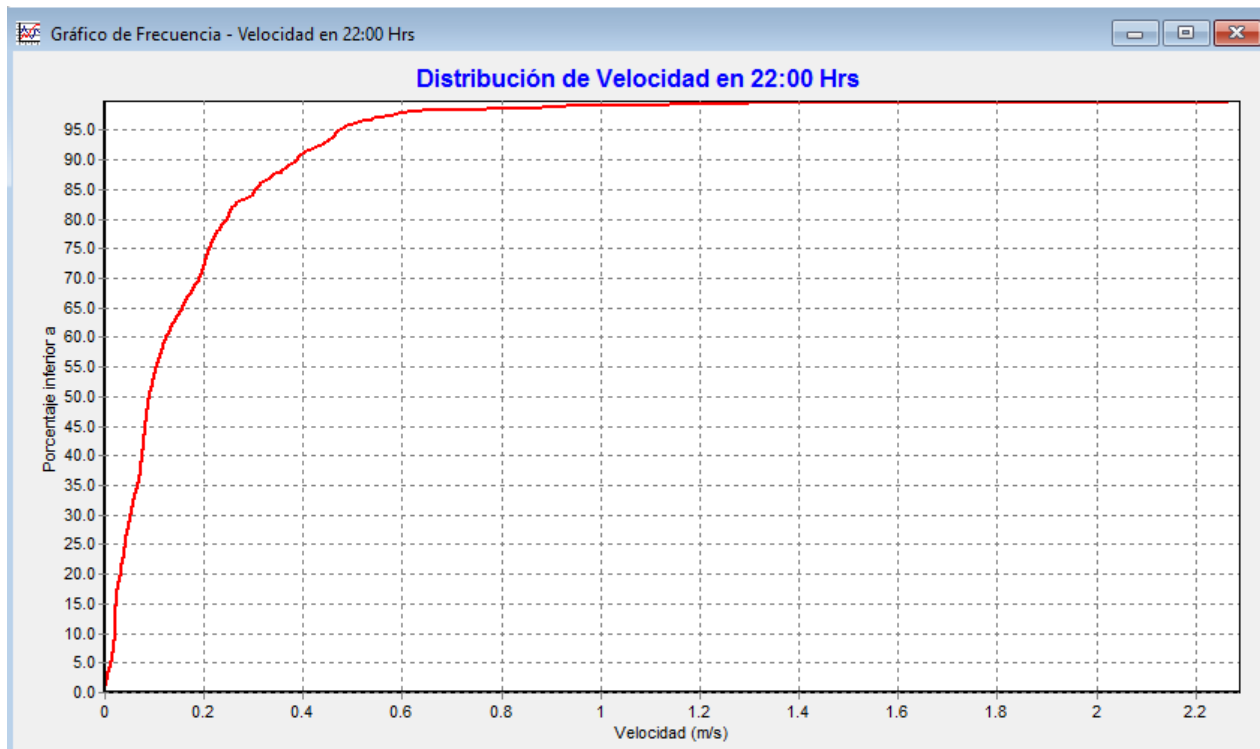


GRÁFICO 10 PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD EN HORA PUNTA

Por tanto se puede decir que existe un sobredimensionamiento en general de la red, lo que implica que se puede tener problemas de precipitación de material y no cumplir los tiempos de permanencia para el cloro.

Por otro lado existen zonas cuya velocidad es aceptable como la “arteria” que suministra desde los Pozos del Sistema del Río o las que salen del Plantío. El ramal que sale del Sistema del Plantío hacia Colinas de San Antonio presenta velocidades altas pero en ningún caso superior a 2.30 m/s.



- **PÉRDIDAS DE CARGA**

Si las pérdidas de carga son altas, existen problemas en las conducciones, no sólo por la pérdida de energía que se realiza, sino por ruidos y vibraciones incluso posible provocación de transitorios que pueden causar desperfectos.

En el siguiente gráfico se puede observar que aproximadamente el 93% de las tuberías presentan una pérdida de carga menor de 5m/km

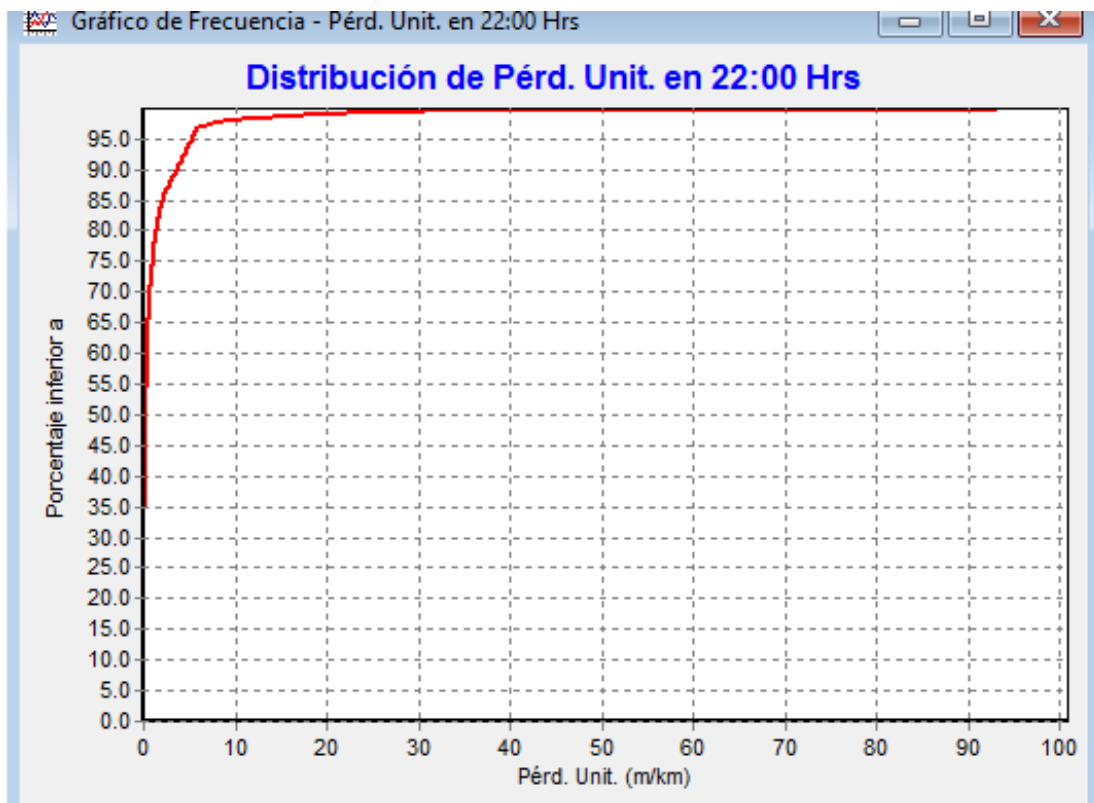


GRÁFICO 11 DISTRIBUCIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA EN HORA PUNTA

Tal y como se refleja en la siguiente figura y en el gráfico anterior, no existen grandes pérdidas unitarias, posiblemente debido al sobredimensionado general, pero sí que existen algunos tramos que pueden presentar problemas como por ejemplo el ramal del sector Colinas de San Antonio que no está conectado al sistema de depósito Colinas sino directamente del Plantío que posiblemente presenta un diámetro más pequeño que el que debiera funcionando de este modo como “cuello de botella”.

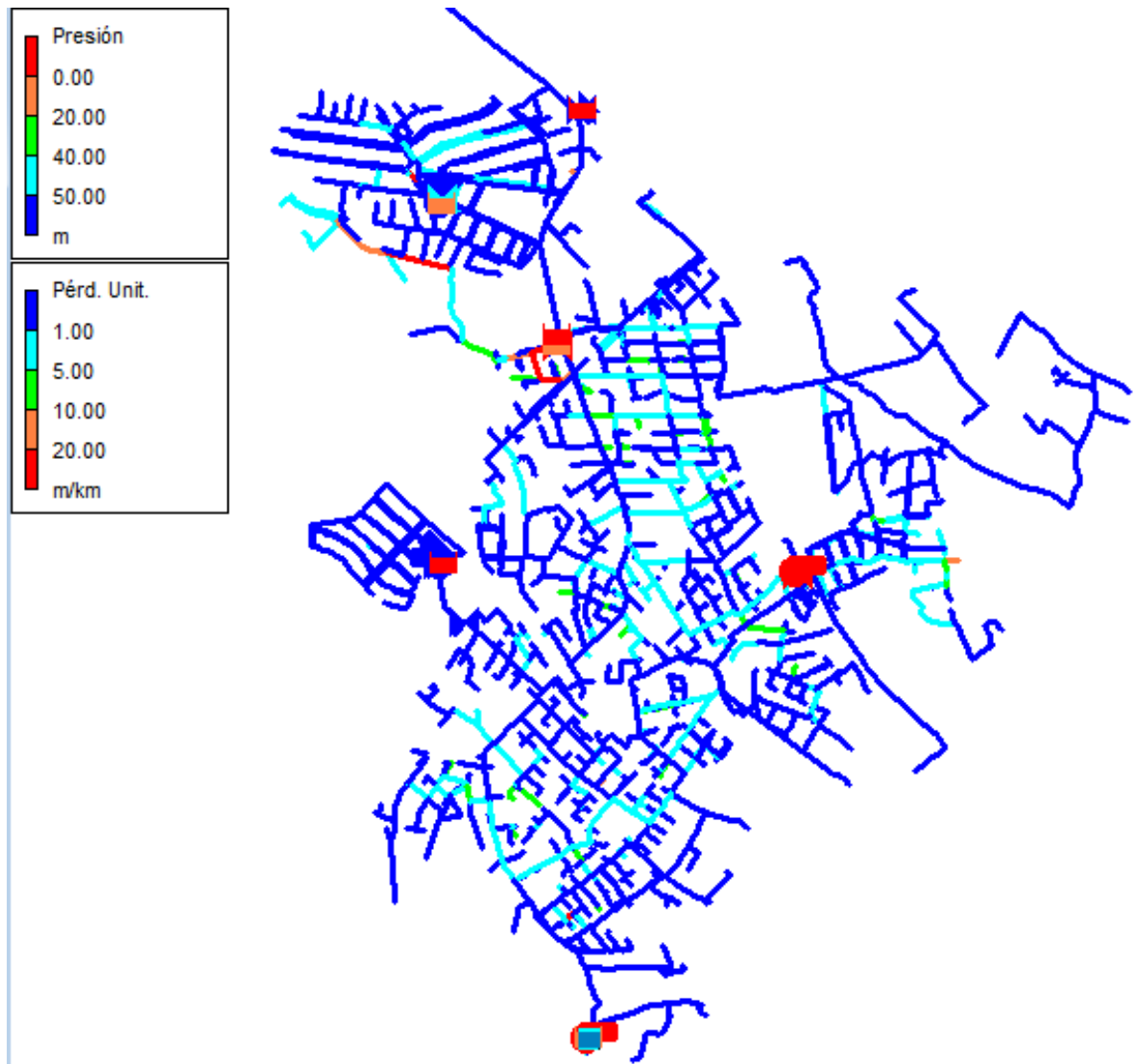


FIGURA 14 PÉRDIDA DE CARGA UNITARIA EN HORA PUNTA



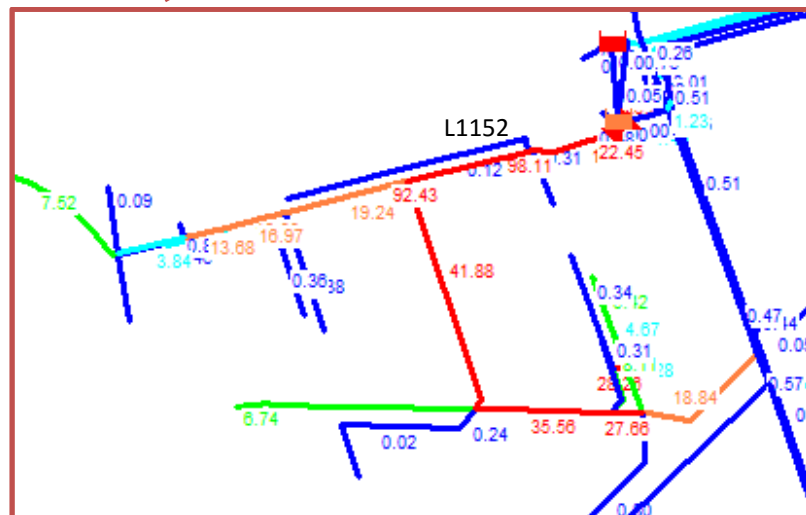
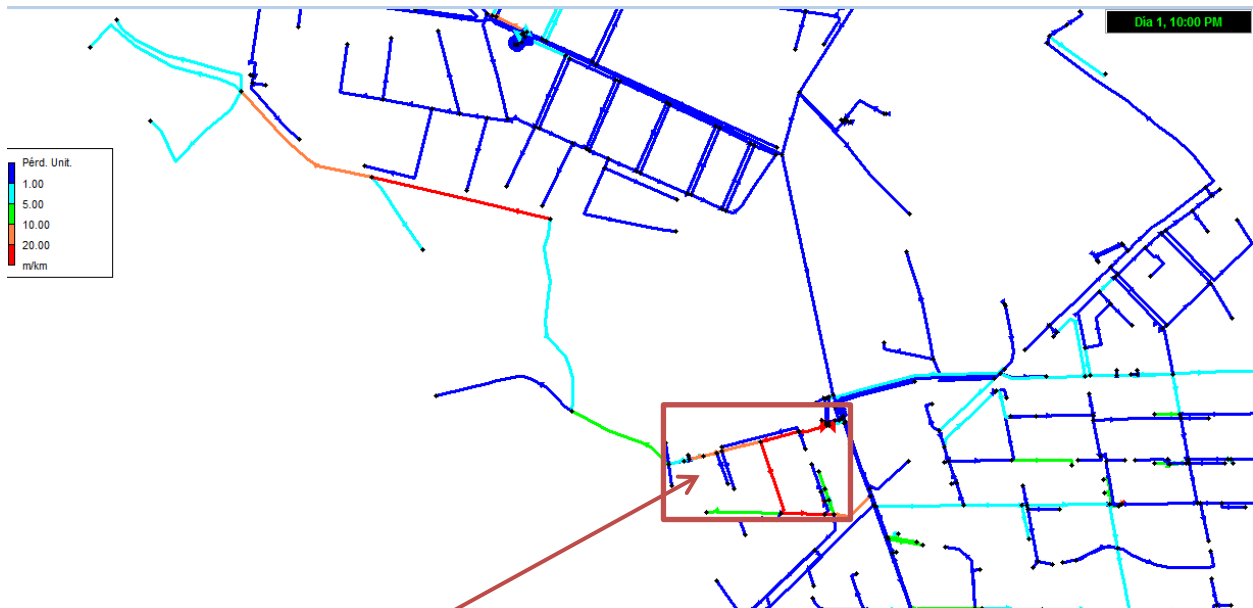


FIGURA 15 PÉRDIDAS DE CARGA RAMAL PLANTÍO-COLINAS

En el siguiente gráfico se comparan las pérdidas unitarias de las líneas señalados, donde la L1152 de diámetro DN65 mm presenta valores muy altos (70-98 m/km) siendo previsiblemente una tubería con diámetro inferior al que debiera ya que suministra flujo a diferentes puntos.

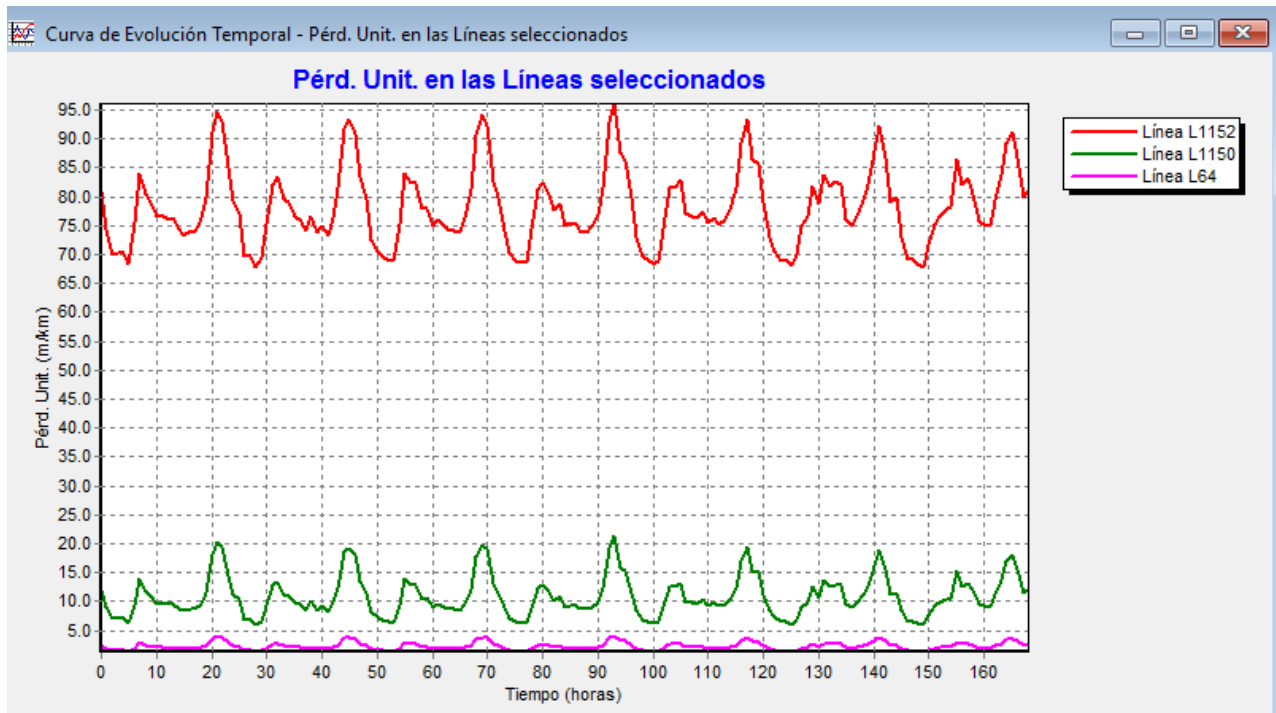


FIGURA 16 PÉRDIDAS UNITARIAS RAMAL PLANTÍO-COLINAS

- **PRESIONES**
  - Presiones Mínimas

Aunque la presión mínima recomendable son los 20 mca, en este caso vamos a poner el límite en 15 mca al ser la gran mayoría viviendas de una sola planta.

Se realiza el estudio de Presiones mínimas en la hora de máximo consumo (Hora Punta 22:00).

Aun bajando el límite a 15 mca, existen zonas con problemas de presión como son; el ramal problemático del Plantío a Colinas, la zona de debajo del sistema del Plantío y puntos de Pista Ademuz.

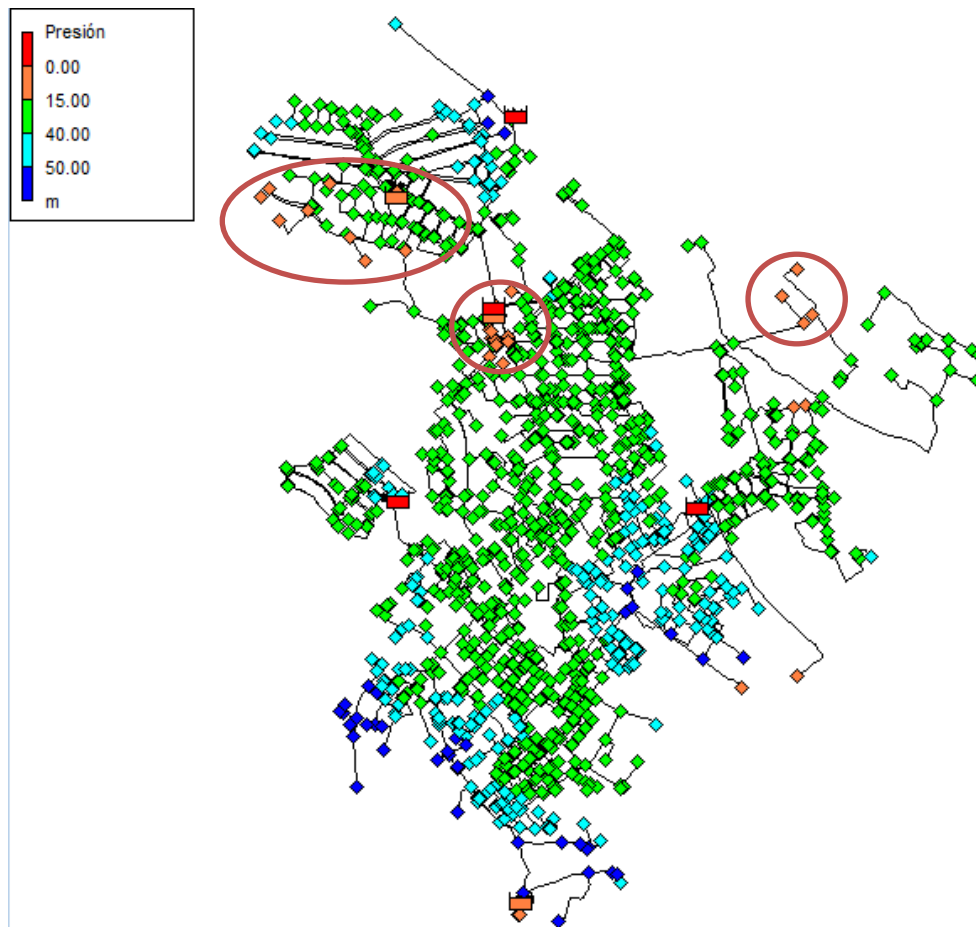


FIGURA 17 PRESIONES MÍNIMAS. HORA PUNTA

### ZONAS CON PROBLEMAS DE PRESIÓN MÍNIMA

- Ramal Plantío-Colinas: Zona de muy baja presión (inferior a 10 mca)

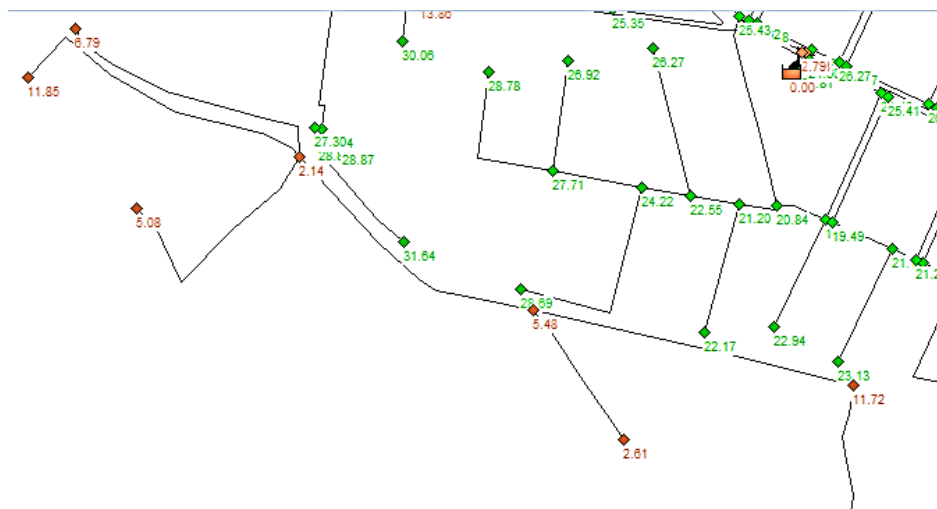


FIGURA 18 PRESIONES BAJAS EN RAMAL PLANTÍO-COLINAS



- Zona de debajo del Plantío: la zona problemática está conectada por un lado por el ramal Plantío-Colinas y por otro por la conducción principal de DN350 mm pero según las flechas de caudal, el agua viene del ramal. Las Presiones mínimas se sitúan entre

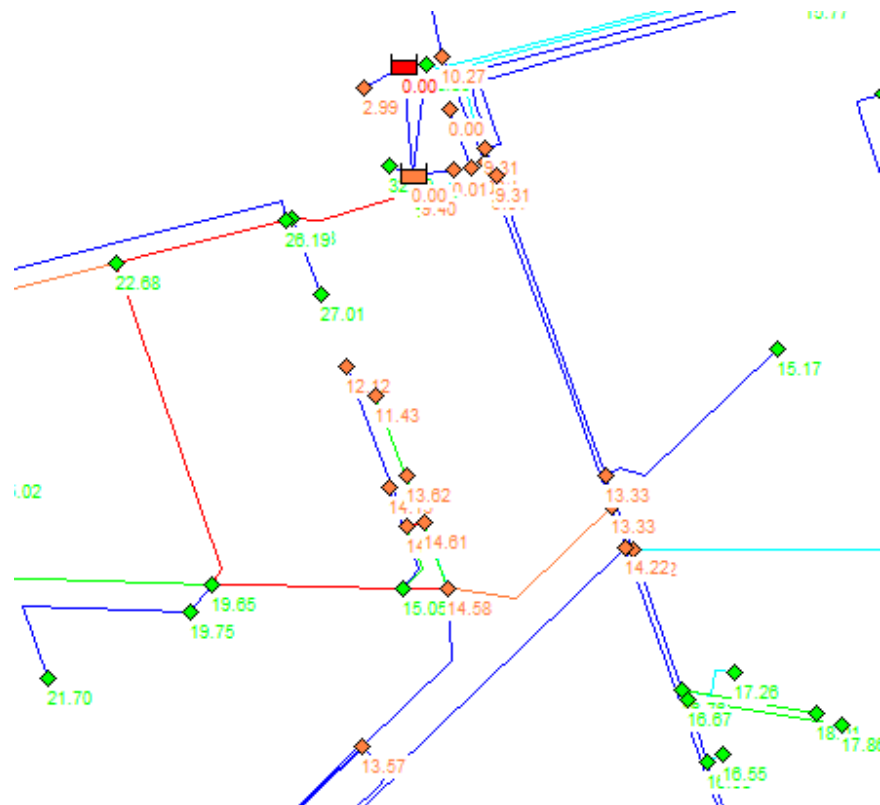
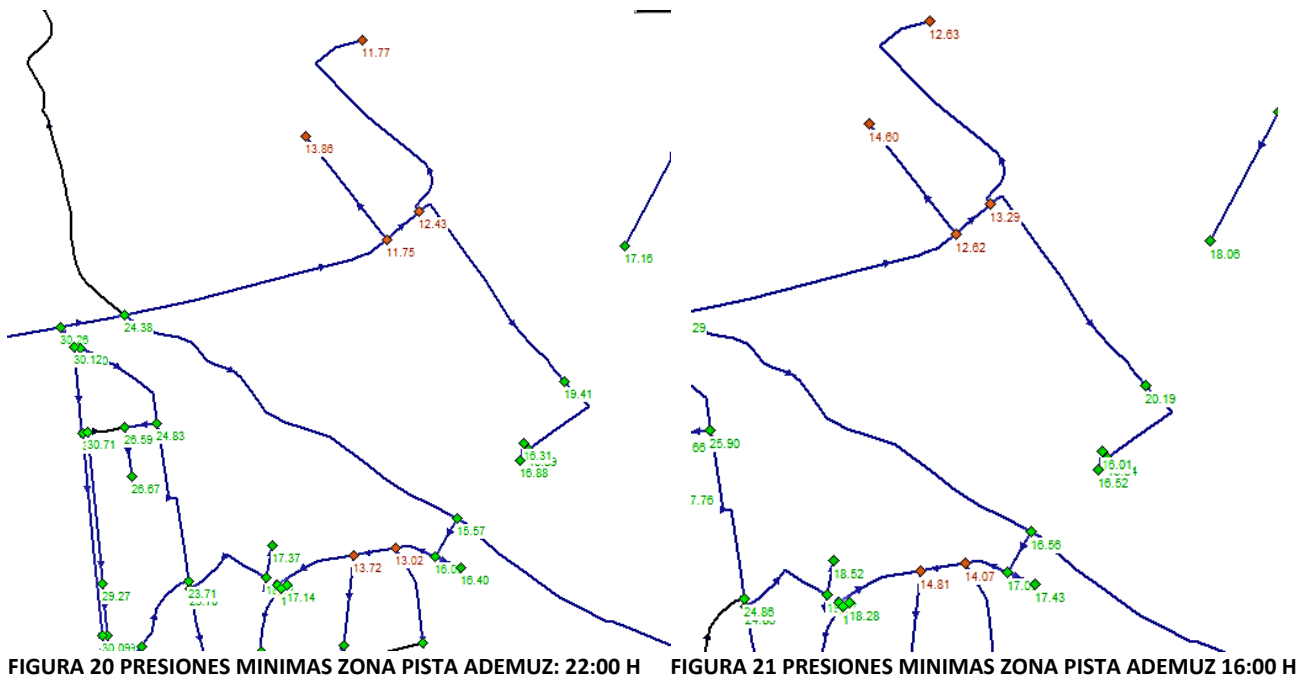


FIGURA 19 PRESIONES MÍNIMAS ZONA PLANTÍO

- Zona Pista Ademuz: se trata de nudos que reciben agua del Sistema del Plantío con valores entre 11.7 y 13 mca. Hay que indicar que se trata de una zona industrial dónde se ha supuesto que la hora punta es a las 16:00 h, donde se comprueba que aunque ligeramente mayores las presiones siguen estando por debajo de 15 mca y posiblemente su necesidad a esa hora sea mayor.



- Presiones máximas

Para el estudio de presiones máximas, se realizará en horas de menor consumo (hora valle) localizada a las 5:00 h.

En la siguiente figura se observan presiones muy altas en el Sector de Colinas de san Antonio con valores entre 50-70 mca, cabe indicar que posiblemente esta zona las presiones sean incluso mayores pues en el modelo el caudal inyectado en esta zona en horas valle es superior que el de las mediciones.

En la zona cercana al Río Túria, donde las cotas son considerablemente más bajas que el resto del sistema, también existen presiones superiores a los 50 mca con valores entre 50-57 mca con algún punto de 64 – 70 mca.

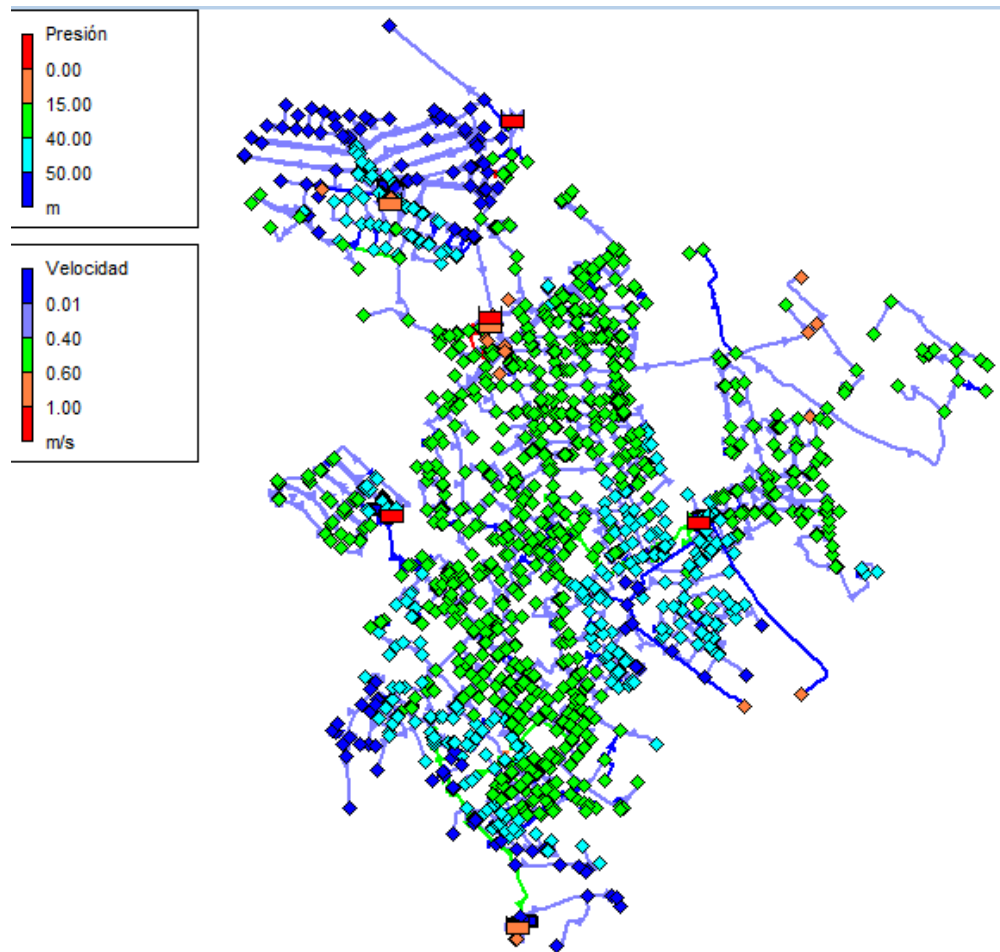


FIGURA 22 PRESIONES MÁXIMAS EN HORA VALLE: 05:00

## 7. PROPUESTA DE MEJORAS

Para mejorar la red, se deben realizar actuaciones de forma que aumentan la eficiencia hidráulica y energética.

Mejoras en la red de distribución

- Sectorización de la red aislando sectores incluyendo caudalímetros.
- Direccional el flujo de forma que presente menor pérdida de carga y aumento o disminución de la presión según convenga. Este punto se puede incluir en la sectorización.
- Reducción de presiones mediante instalación de válvulas reductoras de presión, reduciendo al mínimo las presiones en horas valle.
- Comprobación/calibración del material hidráulico y de instrumentación existente; válvulas, ventosas, contadores, caudalímetros.



Mejoras en la gestión

- Implantación de un programa de renovación y comprobación de estado de la red.

### **7.1. PROPUESTA DE SECTORIZACIÓN**

La sectorización es un buen sistema que sirve para mejorar el control del agua y es una buena herramienta para controlar y localizar el agua fugada. Consiste en subdividir la red en sectores más pequeños en los que se controla el caudal entrante a cada sector. De esta forma se puede comparar los caudales mínimos nocturnos y si se observa un aumento de estos es posible que exista o una fuga o prácticas delictivas.

Las características que deben cumplir los sectores son:

- Respetar la topología de la red y de la ciudad.
- Tengan en cuenta la sectorización previa existente.
- Sean homogéneos y respeten los escalones de presión para que ésta sea lo más uniforme posible dentro de cada sector.
- Tengan una o dos entradas, donde se colocará un caudalímetro y una válvula de corte por si fuese necesario aislar el sector.

En la propuesta de sectorización que se ofrece en este trabajo se ha intentado mantener la red básica actual y se ha servido de las tuberías de mayor diámetro como red arterial de distribución. También, en la medida de lo posible se ha intentado que los nuevos sectores se basen en la sectorización anterior y por último se ha fijado en grupos de cotas. Cabe destacar que existen puntos que actualmente se conectan a la red principal directamente y no se han incluido por el momento en ningún nuevo sector por elevar estas actuaciones el presupuesto.

En un primer momento se sectoriza la red desde el modelo “situación actual”, es decir con los mismos coeficientes emisores. Una vez realizada la propuesta de sectorización, y mejoras, se calibrará el modelo siguiendo el mismo procedimiento descrito hasta que en dos iteraciones consecutivas la diferencia del caudal suministrado sea inferior al 1%.

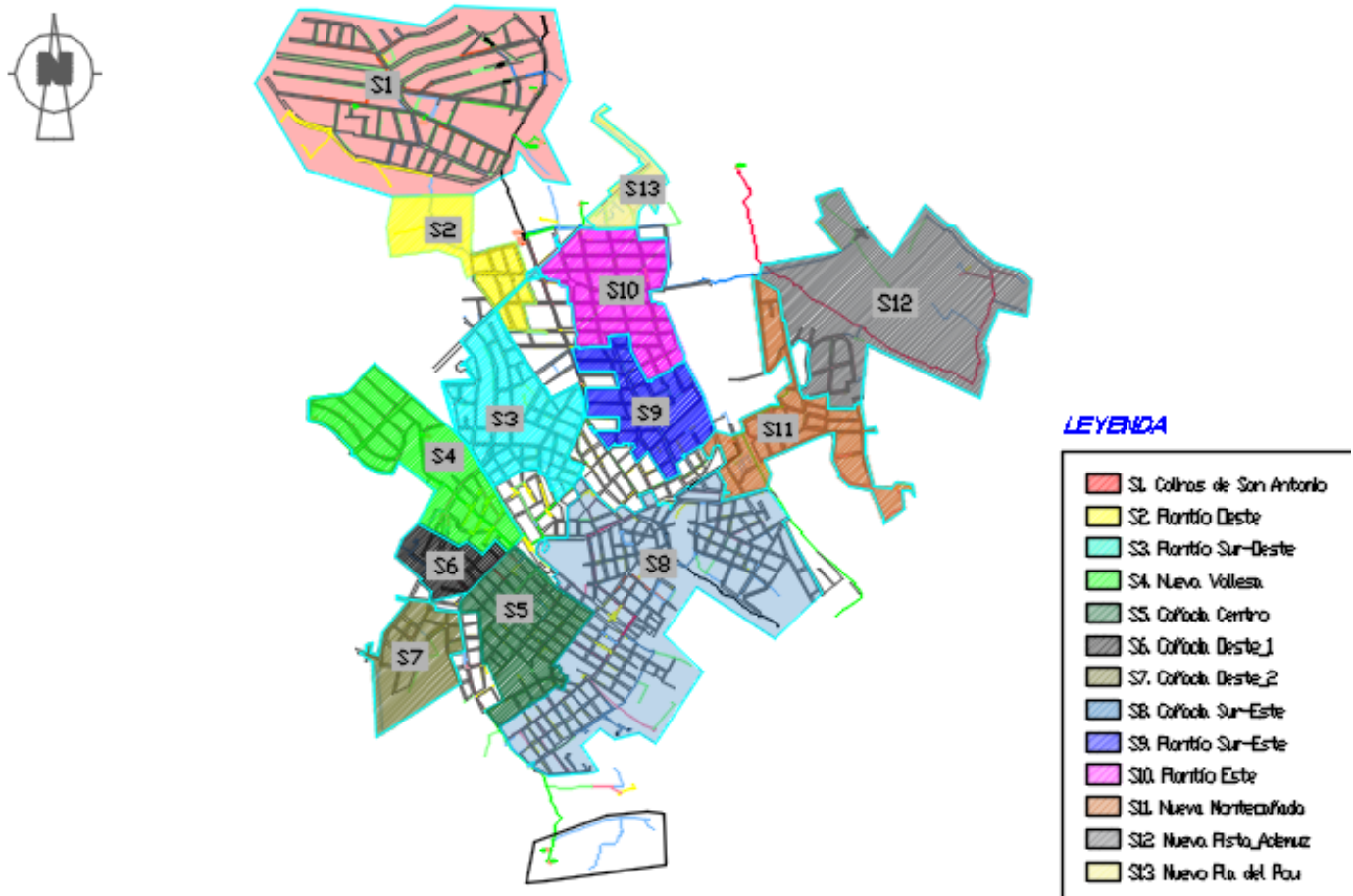


FIGURA 23 DIFERENCIA DE COTAS

- **S1. NUEVO SECTOR COLINAS DE SAN ANTONIO**

Lo que primero se quiere solventar es el “ramal” problemático de Colinas de San Antonio. Se propone que no se alimente desde El Plantío sino del Sistema de Colinas. Para ello, se propone cerrar la tubería de conexión con el Plantío (L1159) e instalar una tubería (T11) de diámetro DN75 mm y que mide 24.36 m entre el Nudo N1935 y el N1031.

En un primer momento, se probará con una sola bomba en funcionamiento 24 h. Tras la simulación se observa que en hora punta sigue habiendo bajas presiones en el ramal y en puntos altos del sistema de Colinas. Por tanto se propone que siga en funcionamiento la bomba auxiliar durante las horas de mayor demanda.





- Pérdida de carga unitaria.

Tras la modificación, la tubería L1940 presenta en hora punta una pérdida de carga de 13.47 m/km es por lo que se decide aumentar dicho diámetro de 40 mm a 60mm. Por otro lado, las tuberías que suministran el agua desde la estación de bombeo, que en el modelo “actual” presentaban valores aceptables, ahora han aumentado considerablemente. Son:

Tubería	Diámetro original mm	Longitud m	Pérdida carga Hora Punta m/km	Diámetro propuesto mm	Pérdida carga Hora Punta m/km
L1198	110	61.69	46.64	180	4.65
L1051	110	8.19	50.09	180	4.75
L1200	110	10.85	59.13	180	4.91
L3077	63	95.33	23.42	75	1.64
L3073	63	9.19	8.51	75	0.59

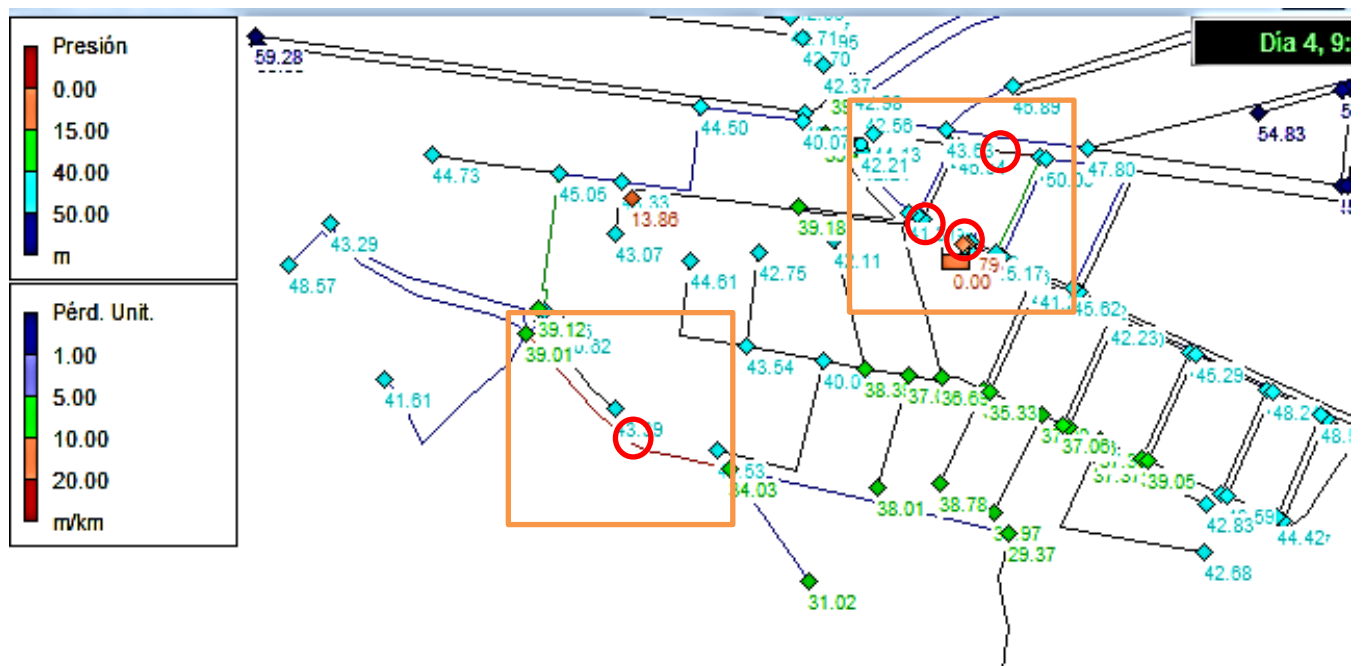


FIGURA 24 PÉRDIDA UNITARIA Y PRESIONES NUEVO RAMAL PLANTÍO-COLINAS. HORA PUNTA.

Con respecto a las velocidades, ninguna sobrepasa los límites establecidos.

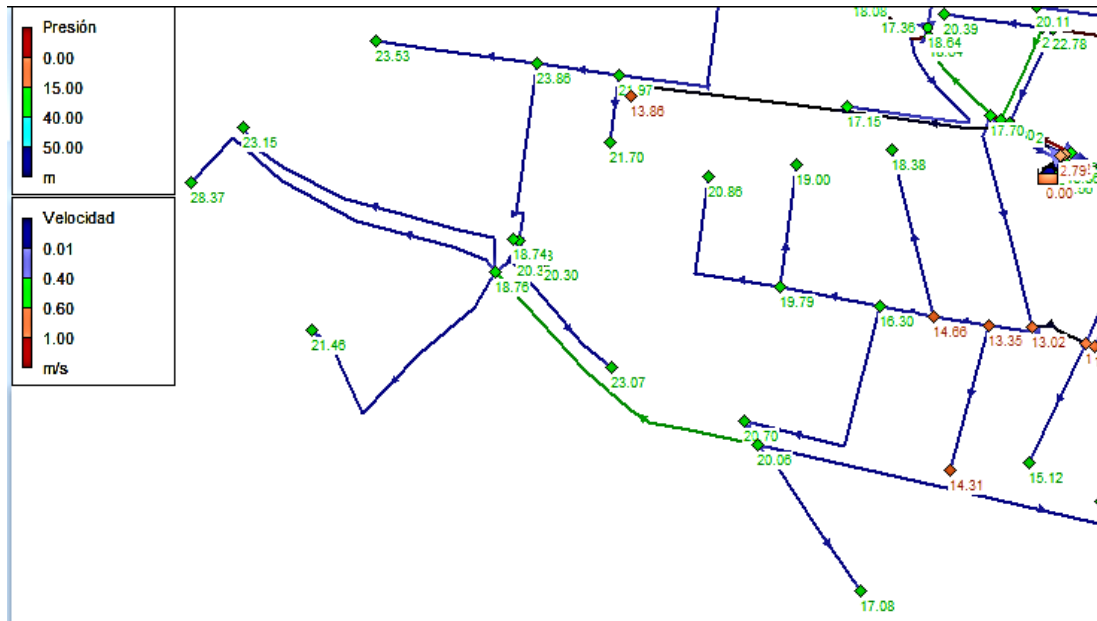


FIGURA 25 VELOCIDADES EN NUEVO RAMAL PLANTÍO-COLINAS. HORA PUNTA

Se instalará una válvula de corte y un caudalímetro a la entrada del sector (línea L1262).

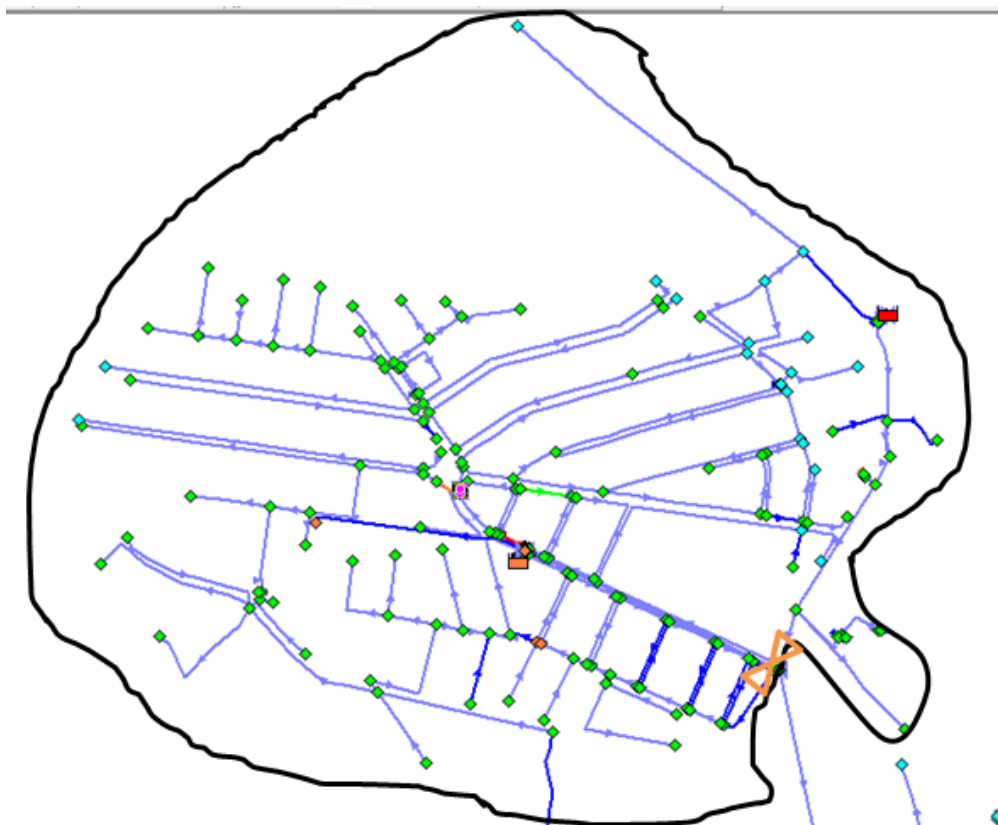


FIGURA 26 PRESIONES EN COLINAS DE SAN ANTONIO. HORA VALLE

- **S2. PLANTÍO OESTE**

En la parte del ramal que queda en el Plantío, se desconectará de la tubería principal DN350 cerrando la línea L1143 y la línea L433, de esta forma se queda el tramo ramificado y se instalará la válvula de corte y el caudalímetro en la línea L1153.

De este modo se logra aumentar las presiones en todos los nudos resultando en hora valle todas superiores a 26 mca.

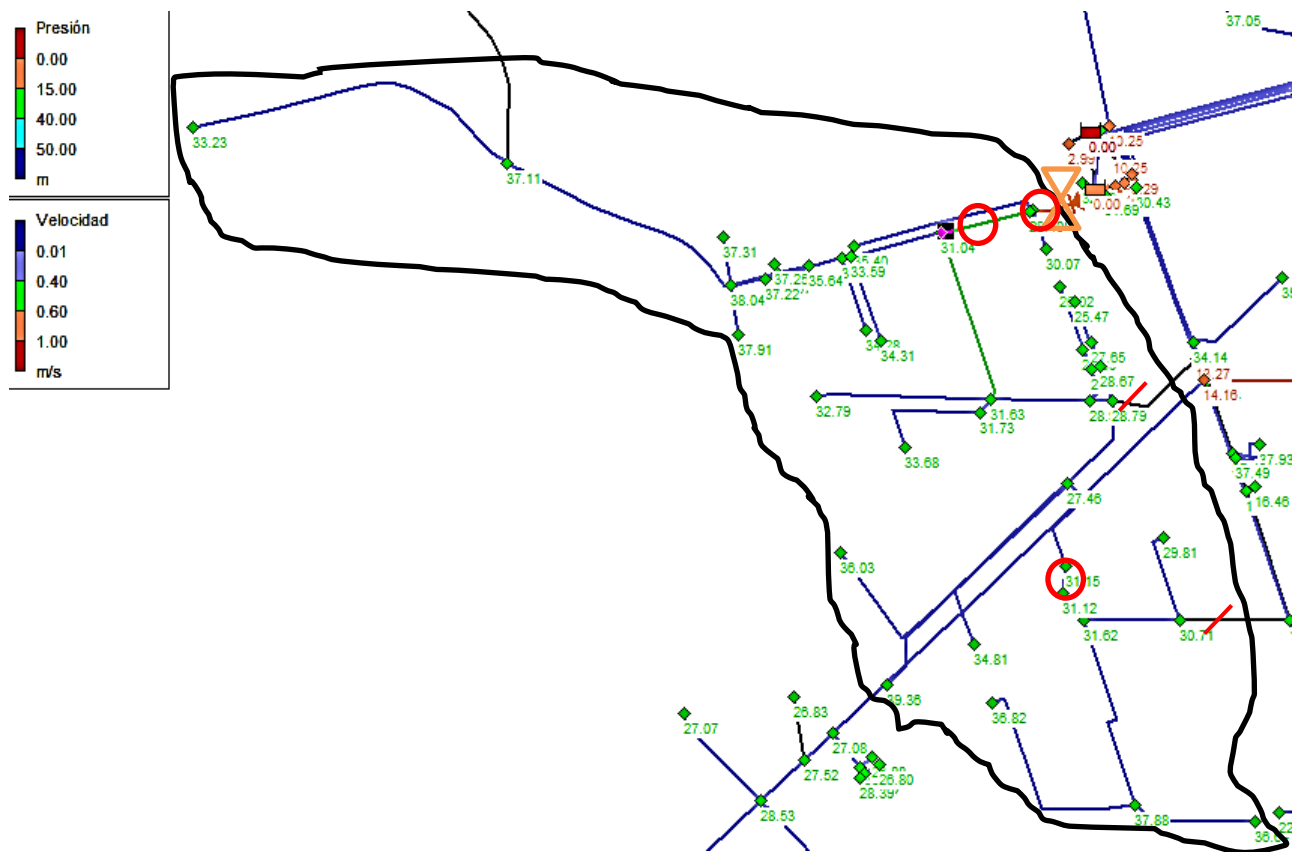
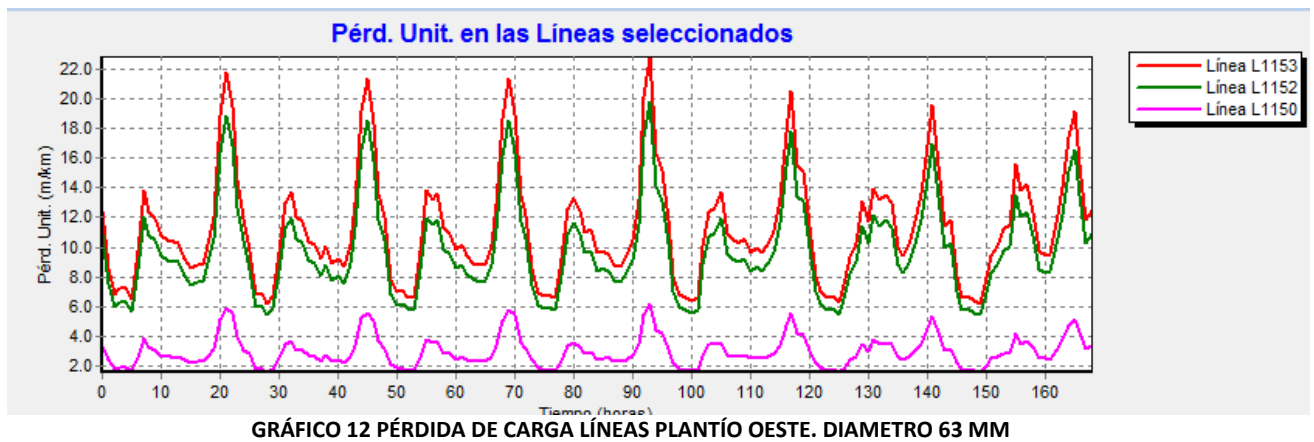


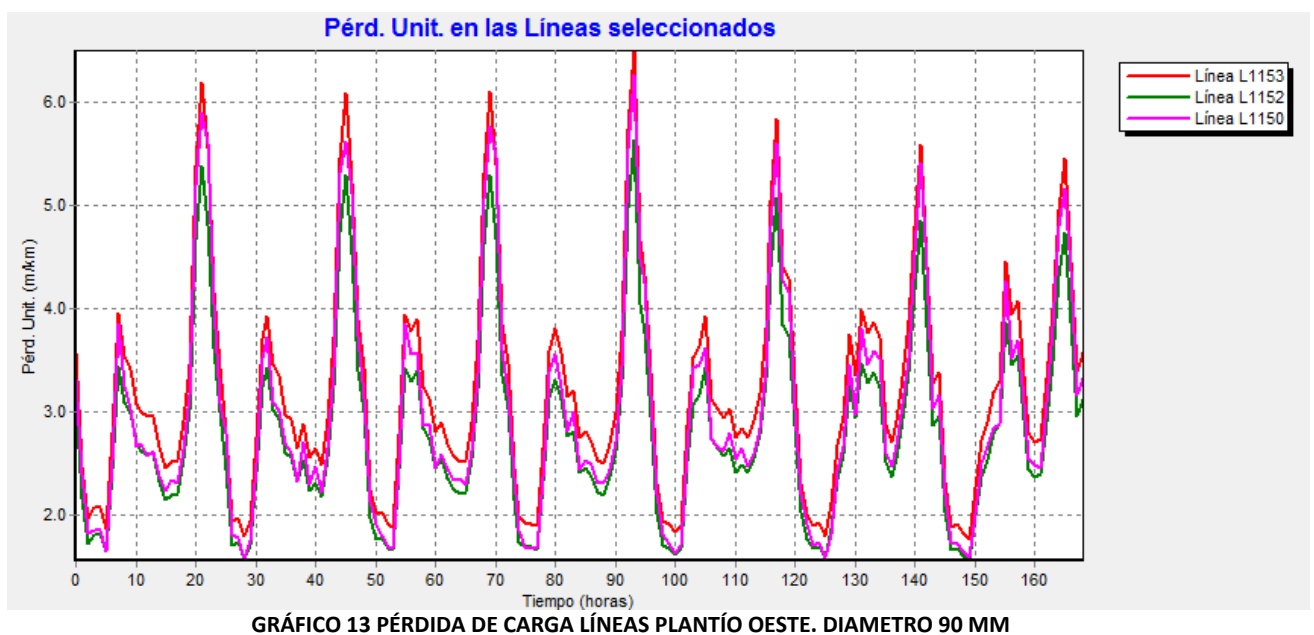
FIGURA 27 PRESIONES SECTOR PLANTÍO OESTE. HORA VALLE

En cuanto a las velocidades, la velocidad máxima (hora Punta) resulta 1.40 m/s.

En cuanto las pérdidas de carga unitarias, las tuberías iniciales del sector (L1153 y L1152) presentan valores muy altos, 38.54 m/km y 33.29 m/km respectivamente en hora punta; posiblemente sea porque los diámetros son demasiado pequeños (63 mm).



Por tanto se propone cambiar estos diámetros a 90 mm resultando unos valores de pérdida de carga aceptables.



- **S3. PLANTÍO SUR\_OESTE**

Este sector tiene la entrada por la tubería L437 de 140 mm de diámetro conectada a la “arteria” principal DN350, donde se colocará la válvula de corte y el caudalímetro. Para aislar el sector se cortan las tuberías que lo unen con la arteria principal cerrando las tuberías L419, L350 y L351.

Esta zona ya no tenía problemas de presión, velocidades altas in pérdidas de carga excesivas.

Después de la sectorización continúa sin tener problemas de presiones.

Con respecto a las velocidades todas las tuberías en hora punta presentan velocidades aceptables.

Pero al sectorizar existe una zona donde han aumentado la pérdida de carga unitaria. Se propone aumentar los diámetros de las L489, L490, L49 y L30 de 63 a 75 mm y el de L477 de 63 a 80 mm.

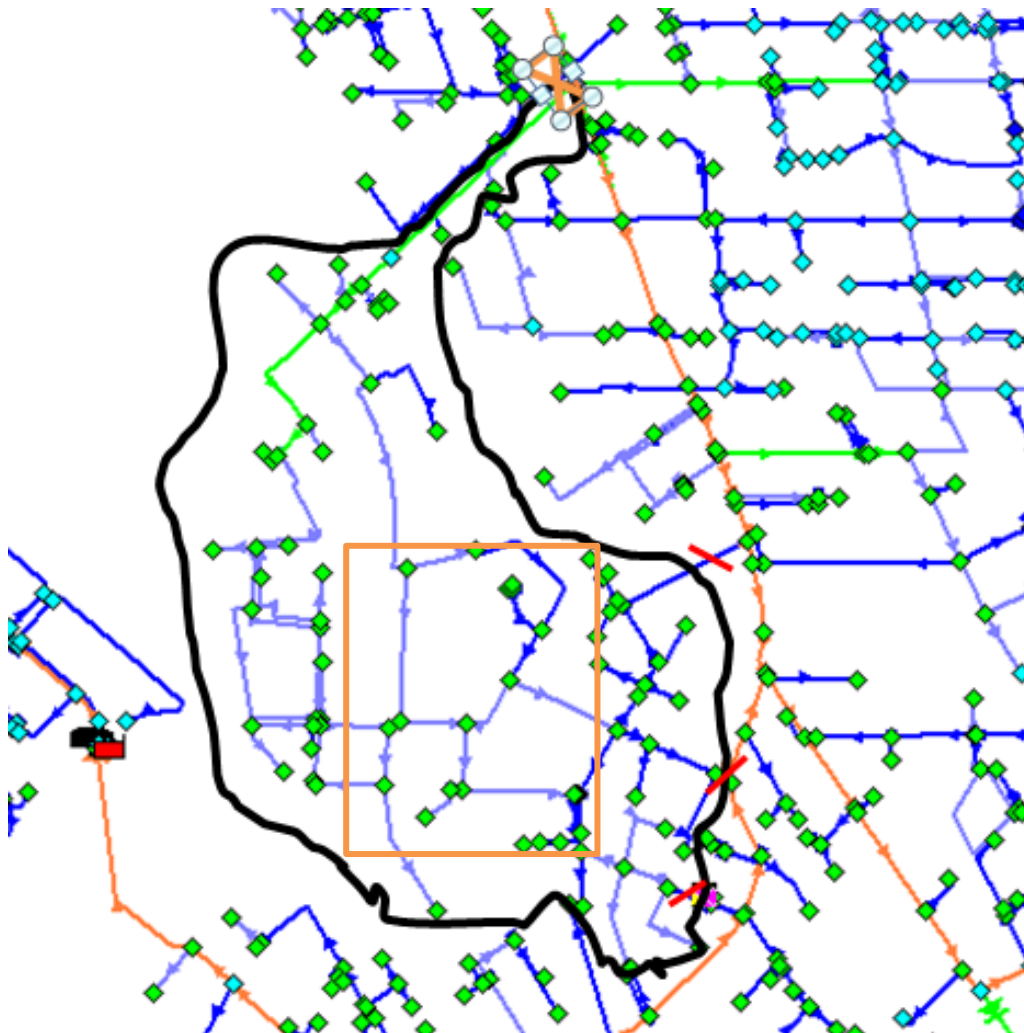


FIGURA 28 SECTOR PLANTÍO SUR-OESTE

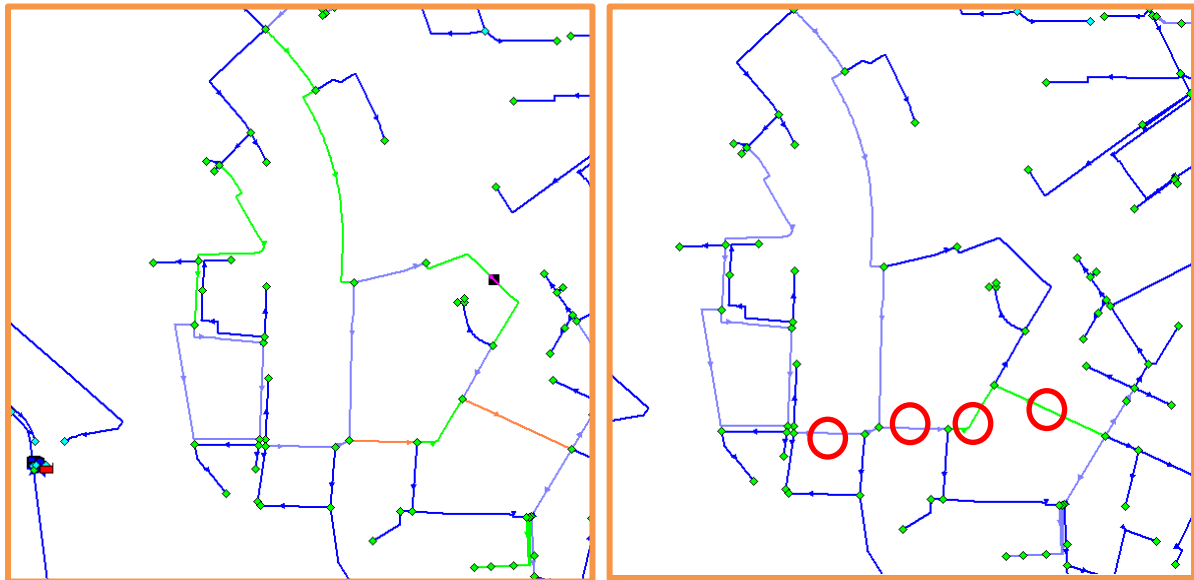


FIGURA 29 ZONA CON PROBLEMAS DE PÉRDIDAS DE CARGA ANTES Y DESPUÉS DE MODIFICACIÓN DEL FLUJO. HORA PUNTA

- **S4. NUEVA VALLESA**

Se propone ampliar este sector incluyendo al antes nombrado Sector calle dieciséis, siendo alimentado por la tubería de 200 mm L2024 donde se instalará la válvula de corte y el caudalímetro.

Esta zona previamente no presentaba problemas por presiones mínimas ni máximas, pérdidas de carga y las velocidades son bajas. Como no se modifica nada, sigue con las mismas características.



FIGURA 30 NUEVA VALLESA

- **S5. CAÑADA CENTRO**

Este nuevo sector se alimenta desde la arteria principal de dónde viene el flujo desde el Sistema del Río Túria, por la tubería L185 de 200 mm donde se colocará la válvula de corte y el caudalímetro.

Para aislar el sector se debe cerrar las siguientes tuberías: L2060, L2059, L208, L144 y L2198.

Antes del aislamiento este sector no tenía problemas de presiones, ni velocidades ni de pérdidas de carga.

Después de la sectorización aumentan ligeramente las presiones superando en horas valle los 60 mca.

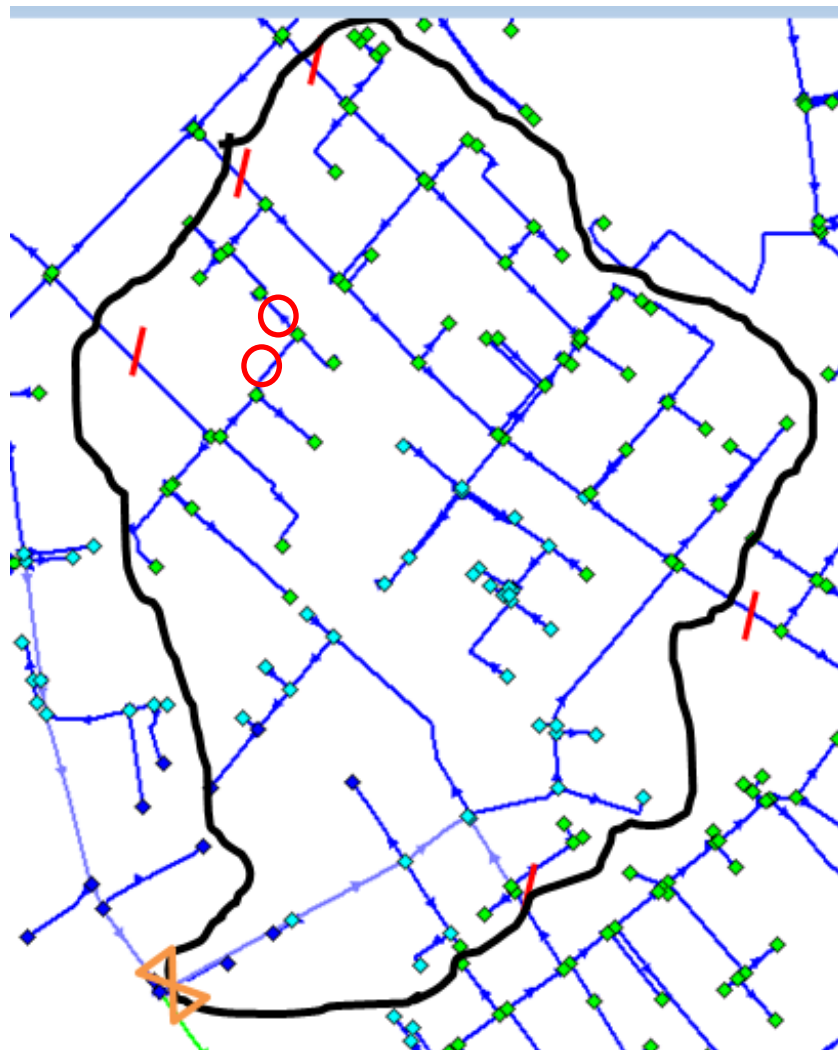


FIGURA 31 CAÑADA OESTE. HORA PUNTA

Con la nueva redirección del flujo, existe dos tuberías consecutivas (L218 y L219) de 32 mm y 40 mm respectivamente que ahora reciben mucho caudal y por tanto aumentan las velocidades, aunque dentro de los valores aceptables pero lo que sí que aumentan son las pérdidas de carga en las mismas. Por lo que se propone cambiar dicha tubería por una de un diámetro alcanzando de esta forma unos valores de pérdida de carga inferiores a 2 m/km.



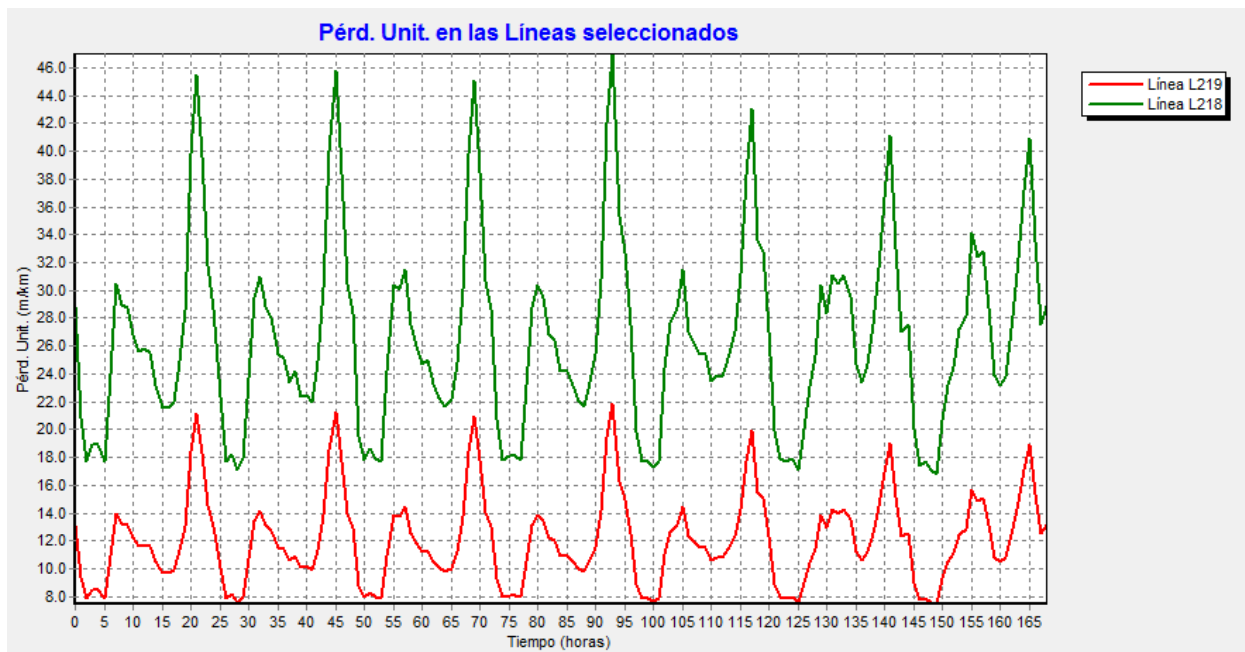


FIGURA 32 PÉRDIDA DE CARGA DIÁMETRO 32 Y 40 MM

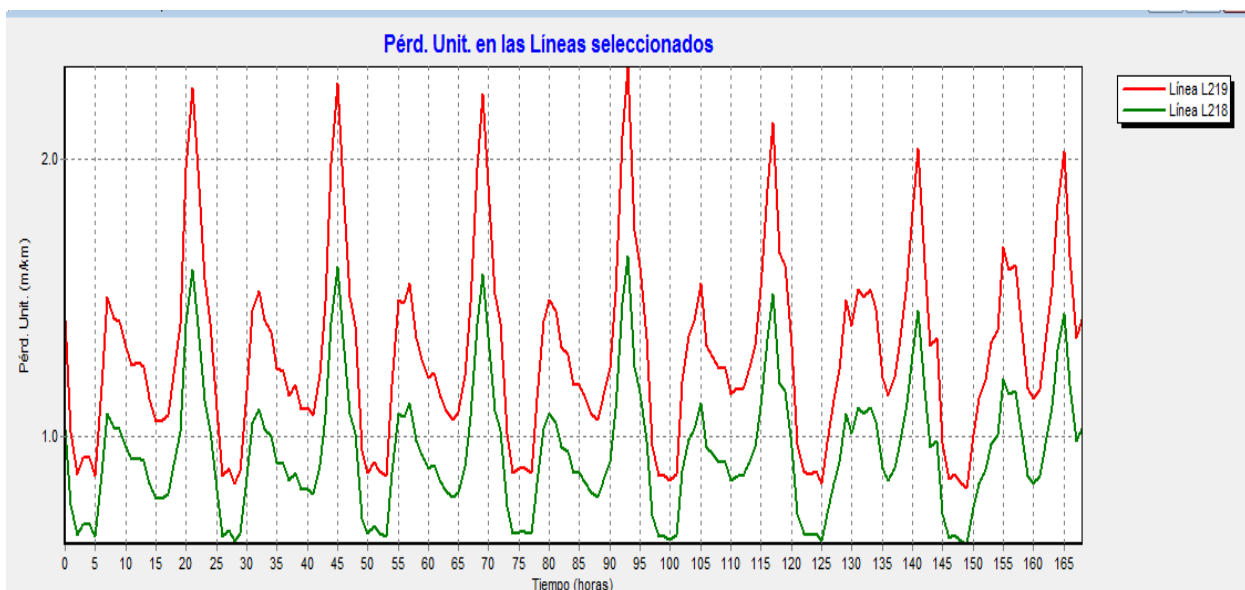


FIGURA 33 PÉRDIDA DE CARGA DIÁMETRO 63 MM

- **S6. CAÑADA OESTE\_1**

Minisector situado al sur de lo que antes era la Calle dieciséis que conecta con la tubería de distribución Dn100 mediante la tubería L207 de 60 mm, donde se instalará la válvula de corte y el caudalímetro.



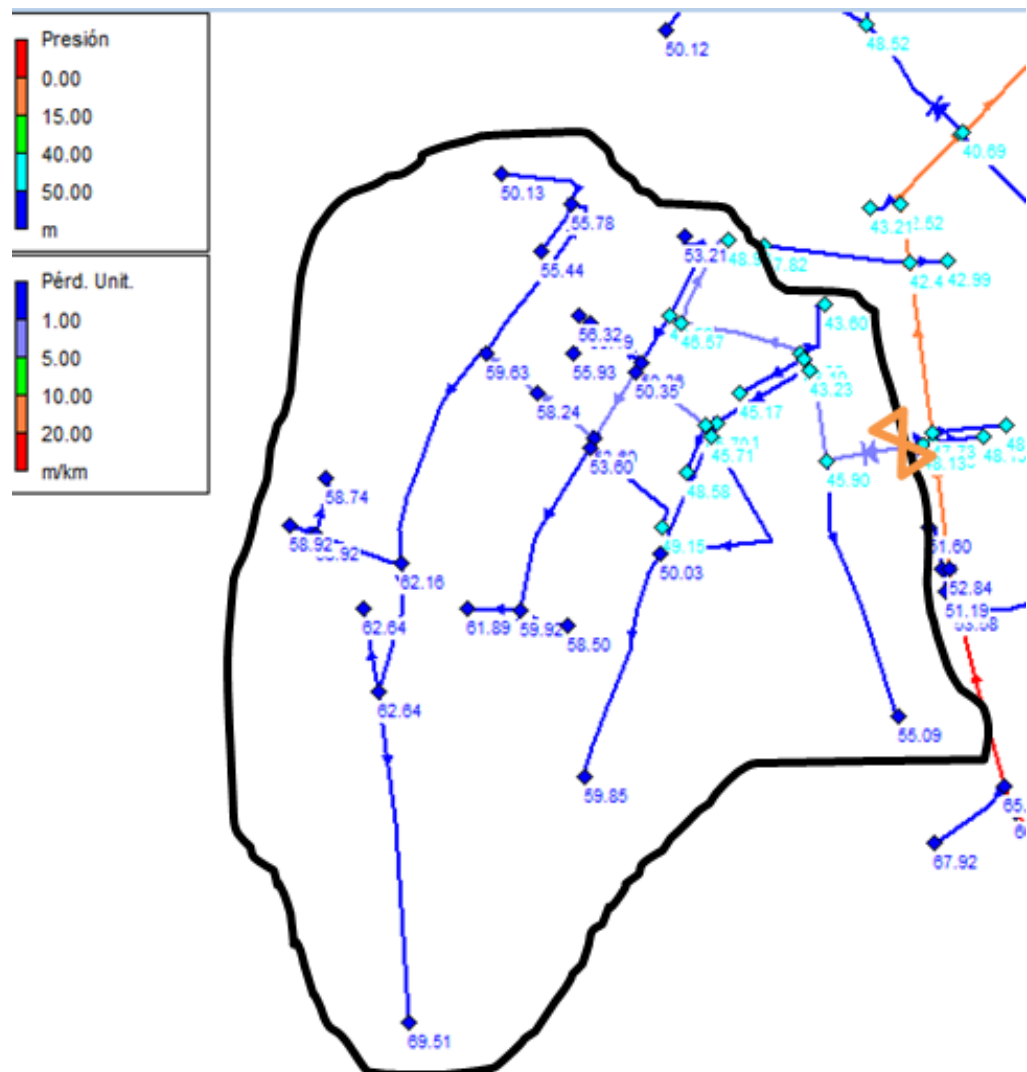


FIGURA 35 CAÑADA OESTE\_2. HORA VALLE.

- **S8. CAÑADA SUR\_ESTE**

Sector más extenso de esta propuesta. Alimentado desde la arteria principal (desde El Plantío) por la tubería L585 de diámetro 150 mm, donde se localizará el caudalímetro y la válvula de corte. Para aislar este sector, se deben cerrar las siguientes tuberías: L346, L649 y L157 (conexión desde el Río).

En un principio se pensó en realizar este sector de forma que fuese alimentado desde el río, pero existía un problema de presiones negativas.

Al ser un sector muy grande, se hace una propuesta de en un futuro subseccionar el mismo.

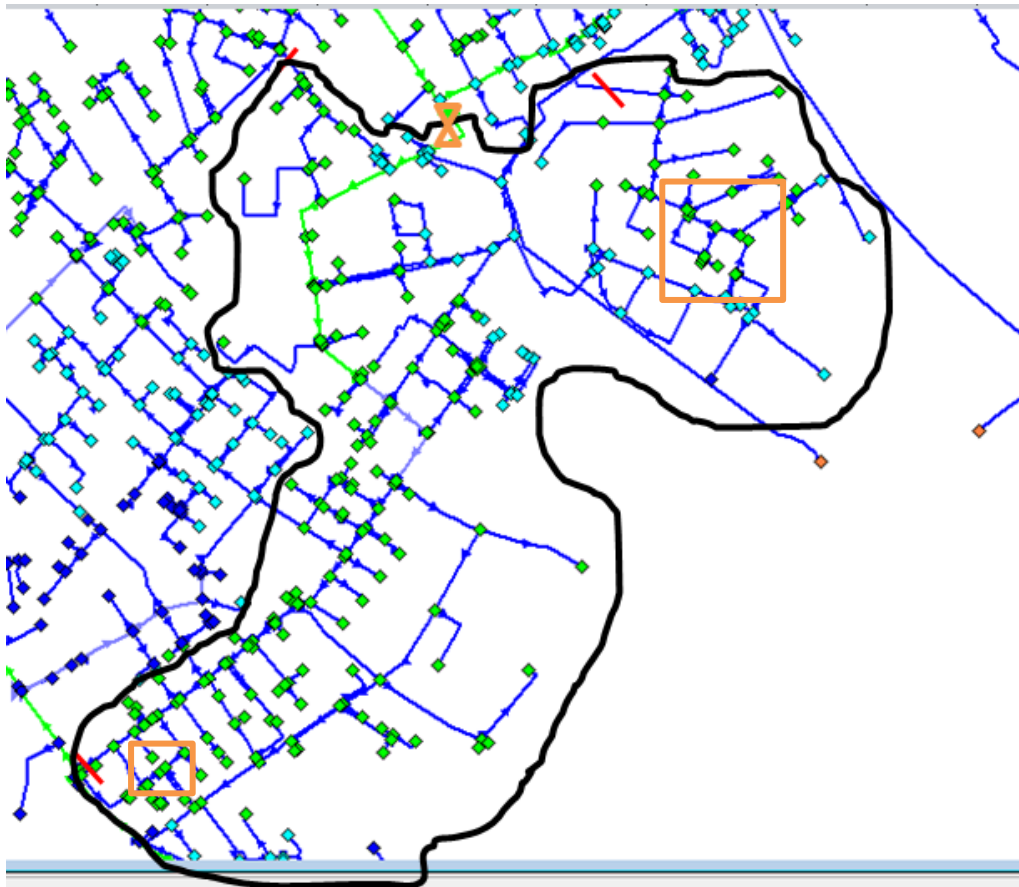


FIGURA 36 SECTOR CAÑADA SUR-ESTE. SEÑALIZADO LAS ZONAS CON PROBLEMAS DE PÉRDIDA DE CARGA

Ni en el modelo de la situación actual ni después de sectorizar hay problemas de presiones ni de velocidades. Pero al realizar la propuesta de sectorización existen cuatro tuberías que presentan un aumento considerable de la pérdida de carga, tres de ellas consecutivas (L616, L617 y L618) de diámetros 63, 60 y 60 respectivamente y la otra cercana al Río L165 de 32 mm de diámetro.

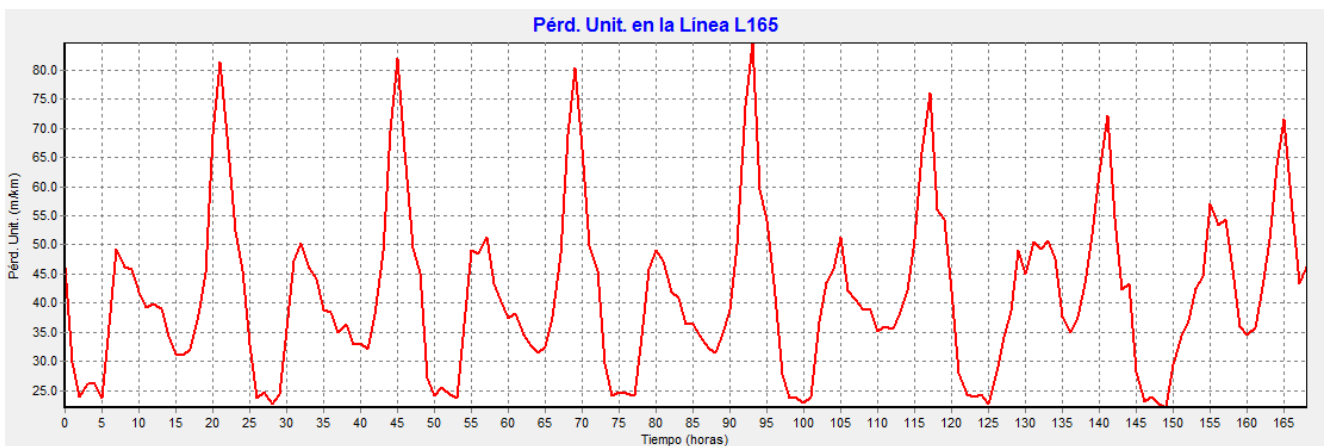
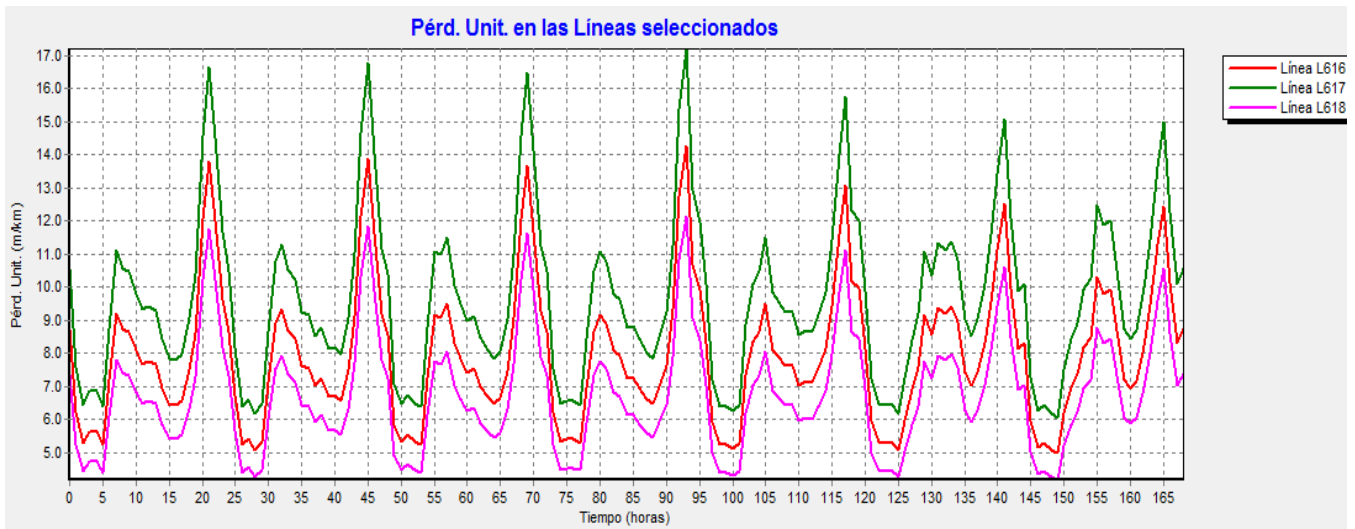


FIGURA 37 PÉRDIDAS UNITARIAS LÍNEAS SECTOR CAÑADA SUR-ESTE

Se propone por un lado cerrar la tubería L610 (redundante) aumentar dichos diámetros y los antecesores a 75 y 70 mm.

Finalmente se obtienen unos valores aceptables.

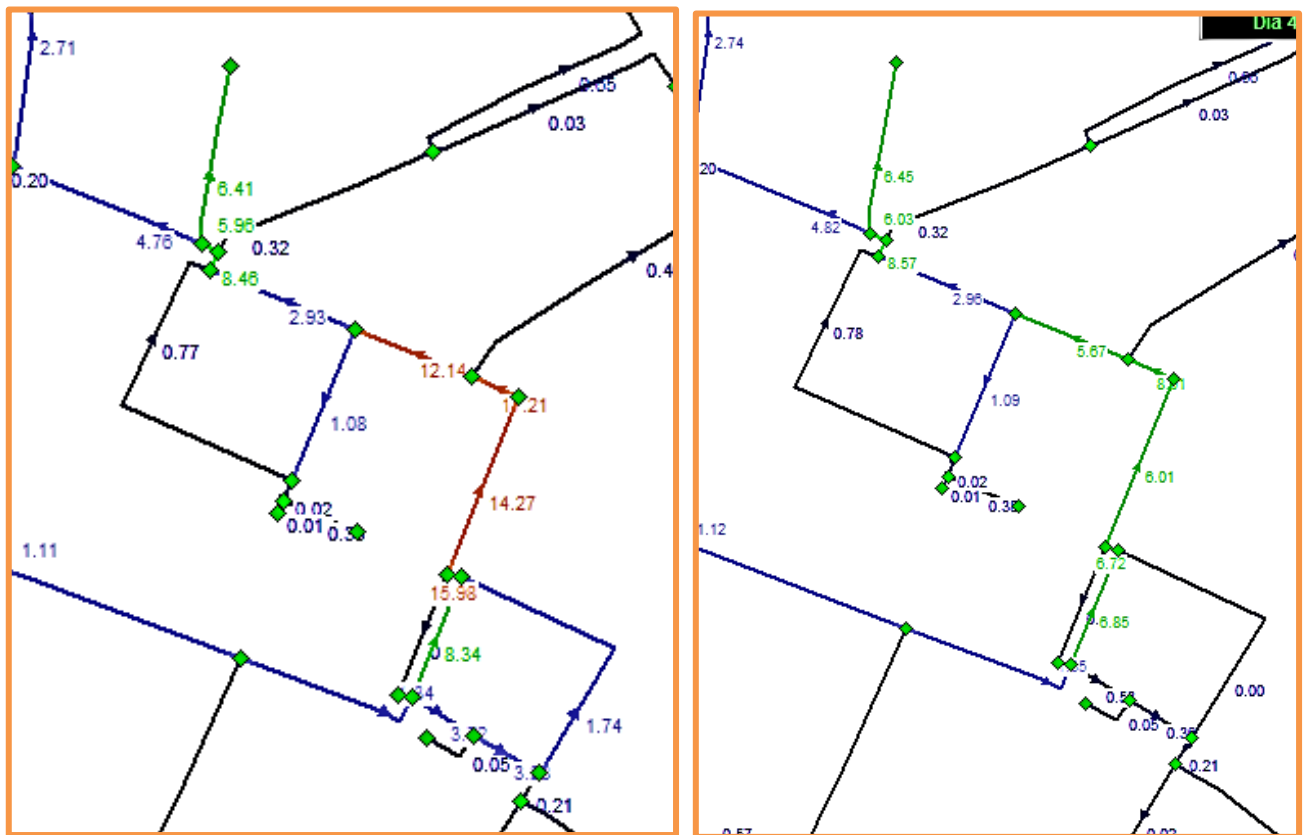


FIGURA 38 ZONA PROBLEMA DE PÉRDIDA DE CARGA ANTES Y DESPUÉS DE MODIFICACIÓN

Se propone cambiar los diámetros de L165 y L171 de 32 mm a 60 mm resultando una pérdida de carga aceptable.

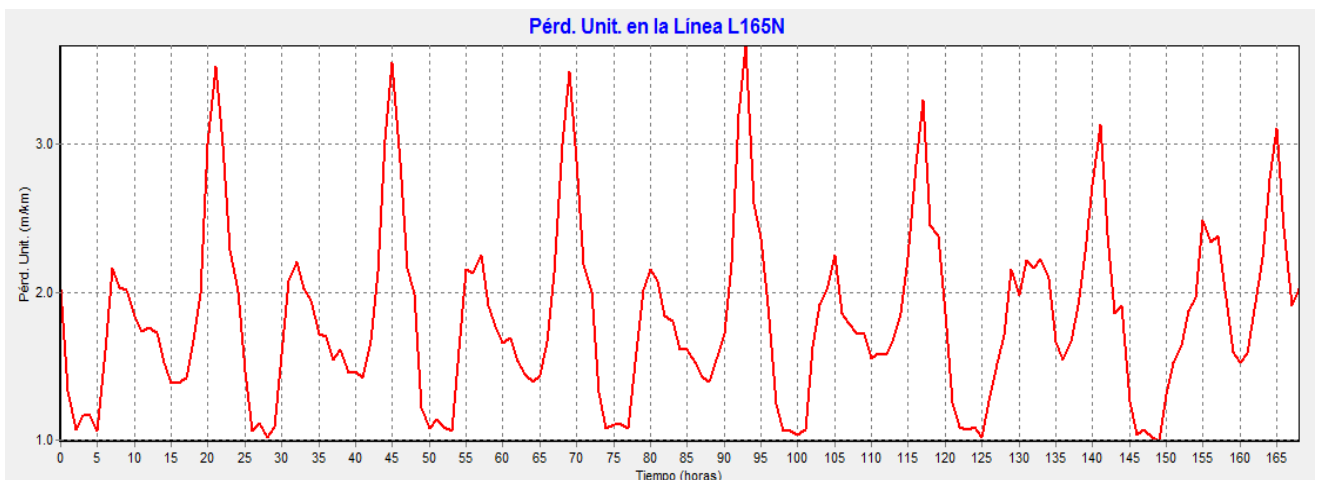


FIGURA 39 PÉRDIDA DE CARGA DIÁMETRO MODIFICADO

- **S9. PLANTÍO SUR-ESTE**

Se aísla este sector de la tubería que va a Montecañada y la alimentación al mismo se realiza desde la arteria principal de DN350 mediante la tubería L21 de diámetro 100 mm dónde se colocará la válvula de corte y el caudalímetro. Para aislar el sector se propone cerrar las siguientes tuberías: L33, L390, L703, L659 y L658. Por otra parte se propone cerrar también L696, L746 y L658 por ser redundantes.

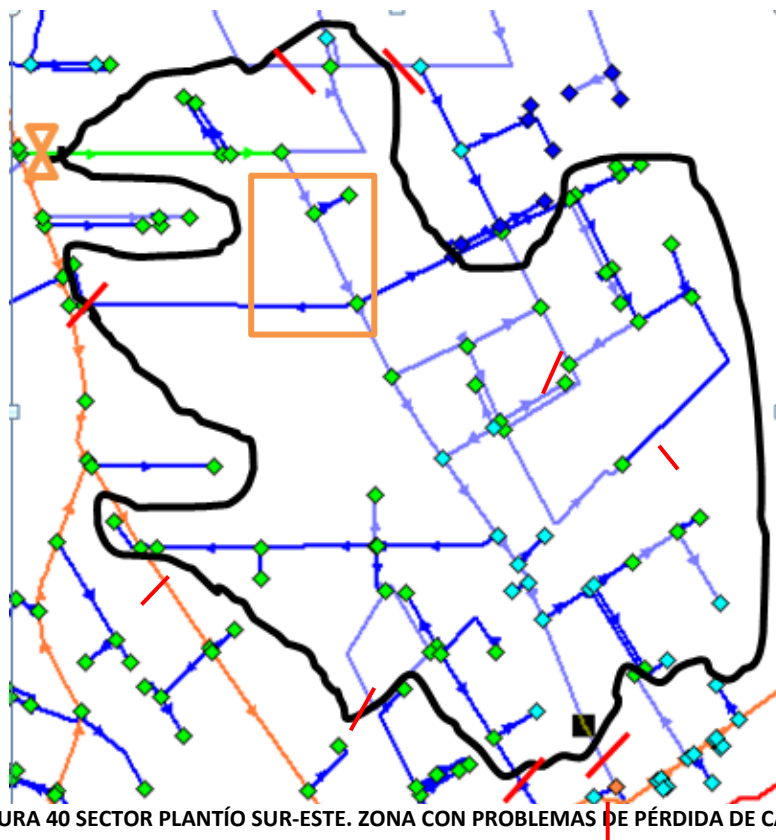


FIGURA 40 SECTOR PLANTÍO SUR-ESTE. ZONA CON PROBLEMAS DE PÉRDIDA DE CARGA

No existen problemas de presiones ni velocidad en este sector, pero existen dos tuberías que al recibir un incremento de caudal presentan un ligero aumento de la pérdida de carga. L736 y L768 de 80 mm de diámetro. Se propone modificar dichos diámetros a 90 mm.

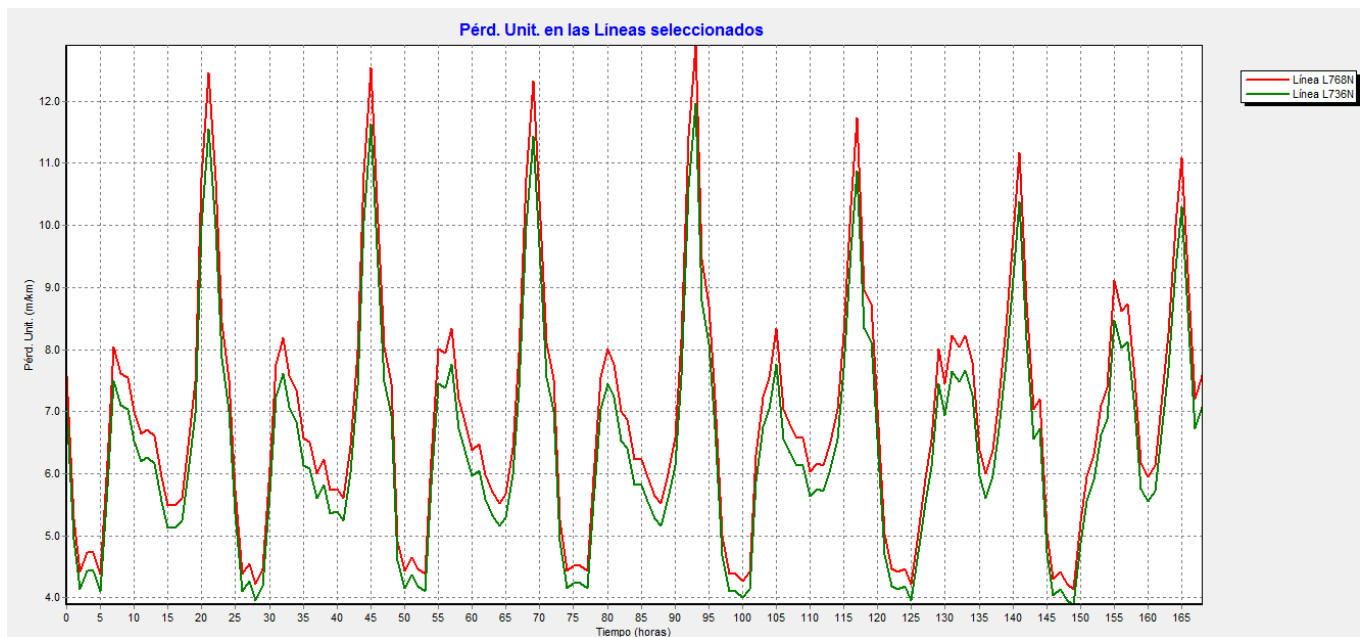


GRÁFICO 14 PÉRDIDA DE CARGA ANTES DE MODIFICACIÓN DE DIÁMETRO

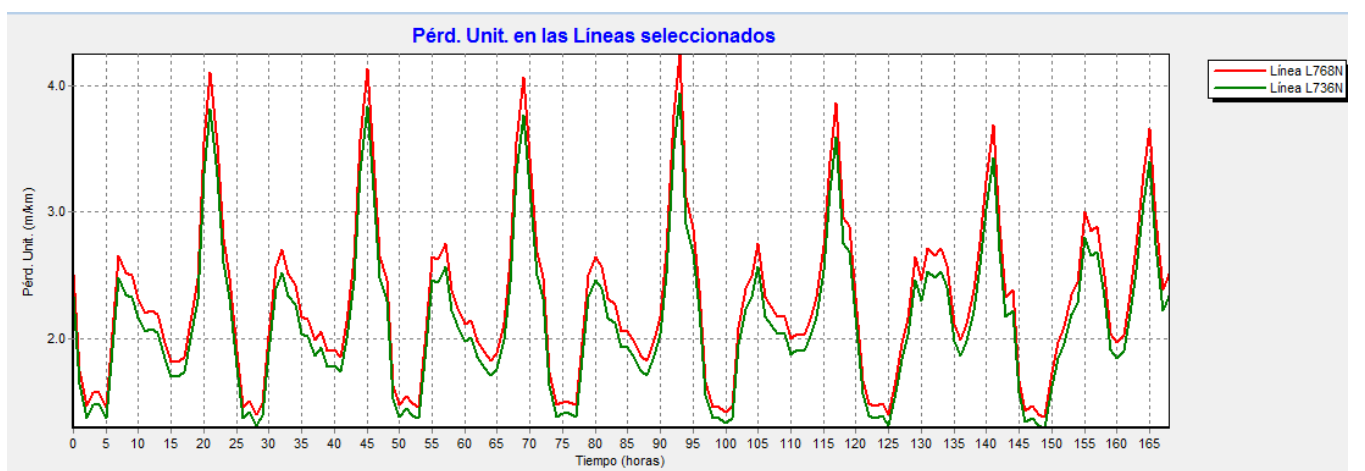


GRÁFICO 15 PÉRDIDA DE CARGA DESPUÉS DE MODIFICACIÓN DE DIÁMETROS

- **S 10. PLANTÍO ESTE**

Lo que se pretende de este sector es dejar la conducción que va desde el Sistema del Plantío a la Pista Ademuz libre.

Este sector se alimenta de la arteria principal DN350 desde la tubería L6 de 100 mm de diámetro. Para ello se deben cerrar las siguientes tuberías: L994, L1024, L1019, L1018 y L406; así como las siguientes tuberías por resultar redundantes: L773, L771 y L762.



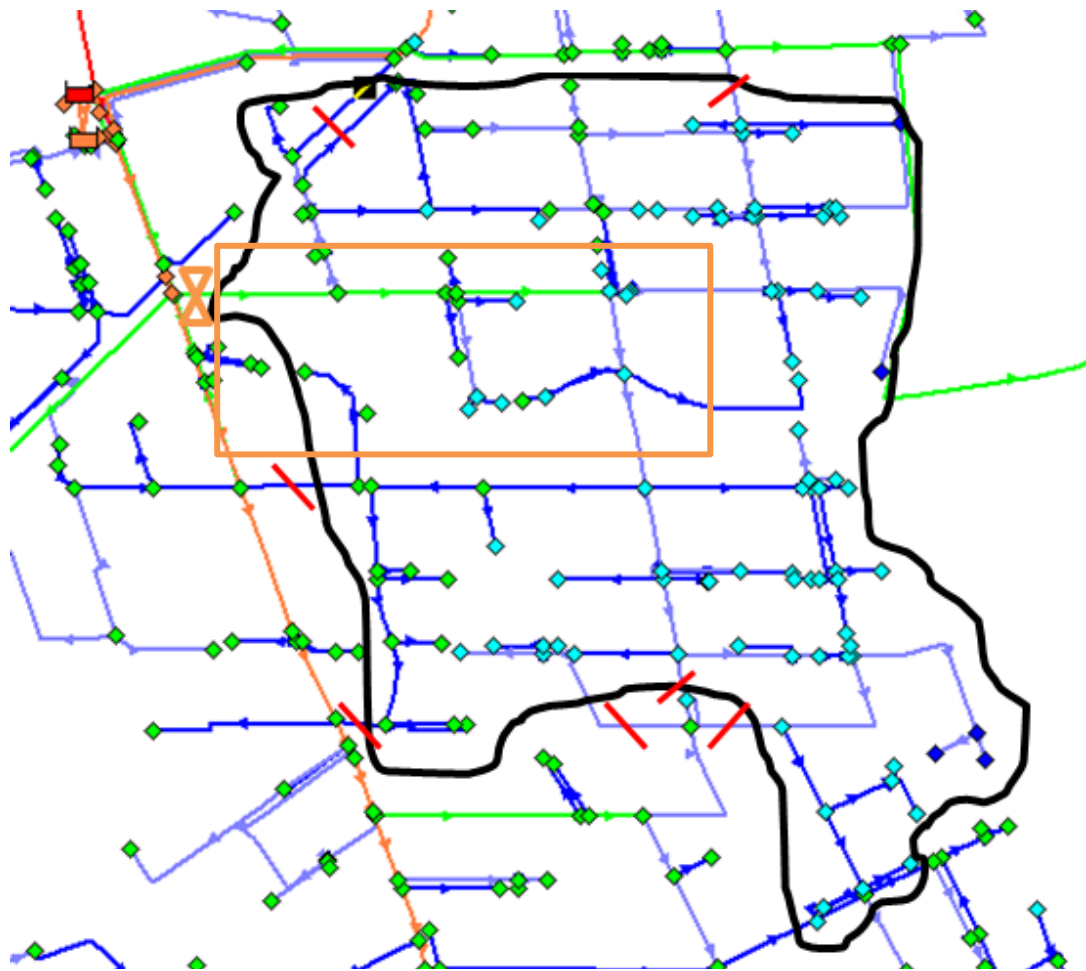


FIGURA 41 SECTPR PLANTÍO ESTE SEÑALIZADO ZONA CON PROBLEMAS DE PÉRDIDA DE CARGA

Existen puntos que no presentaban problemas de presión pero que ahora después de la sectorización presentan presiones ligeramente superiores a 50 mca, son los puntos con cotas más bajas de este sector.

Con respecto a la pérdida de carga, ha aumentado en las tuberías que ahora suministran el caudal al sector. Por lo que se propone aumentar estos diámetros.

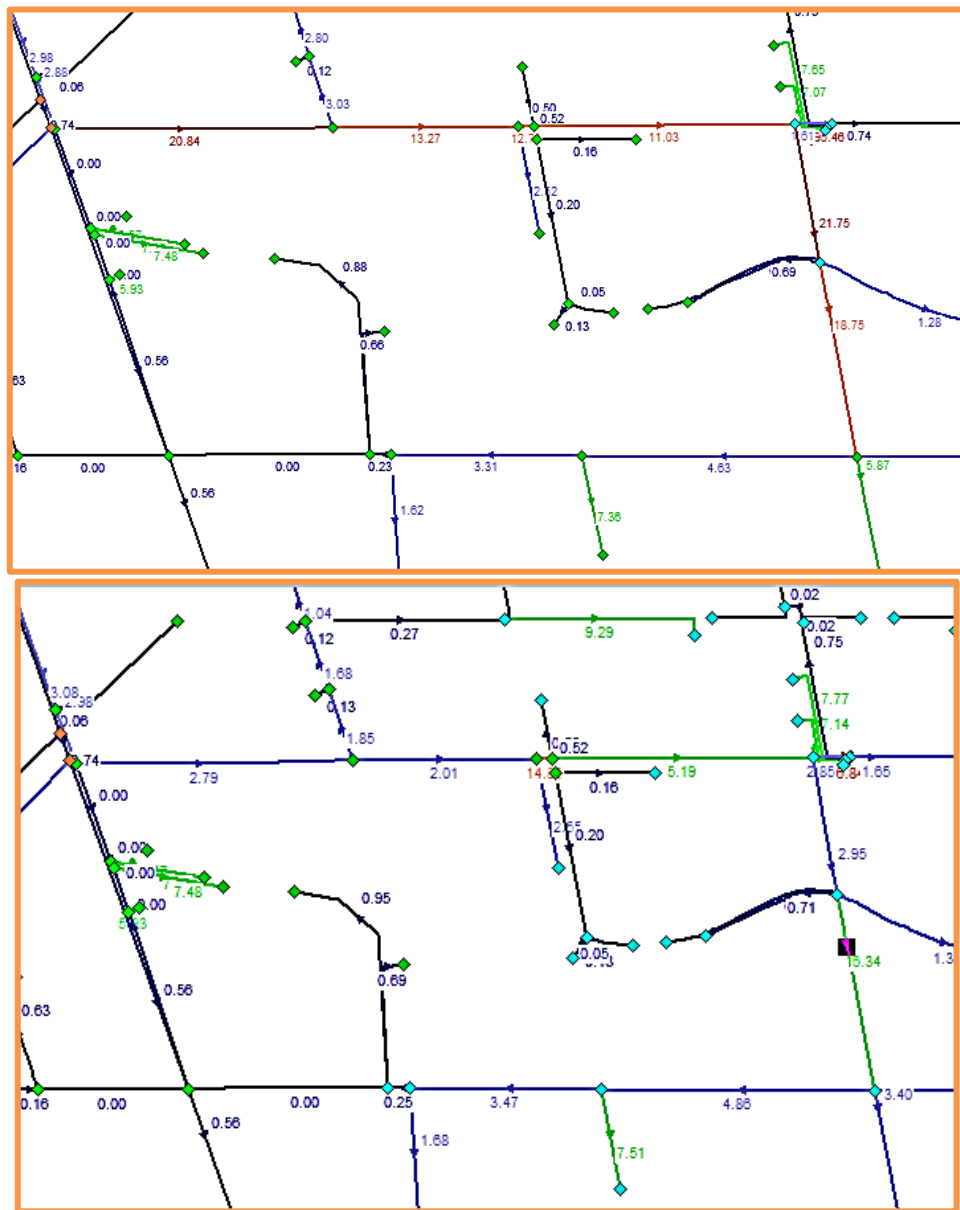


FIGURA 42 ZONA PROBLEMÁTICA DE PÉRDIDA DE CARGA ANTES Y DESPUÉS DE MODIFICACIÓN DE DIAMETROS

- **S11. NUEVA MONTECAÑADA**

Si se aísla el sector original de Montecañada del de Pista Ademuz, es decir, desconectar de la tubería de alimentación que viene del Plantío. y con la configuración actual del grupo de bombeo y cota de embalse, se presentan nudos de baja presión presentando incluso en Hora punta de consumo valores de 6 mca. Aun aumentando el grupo de bombeo es muy difícil con esta disposición alcanzar valores de presión aceptables.

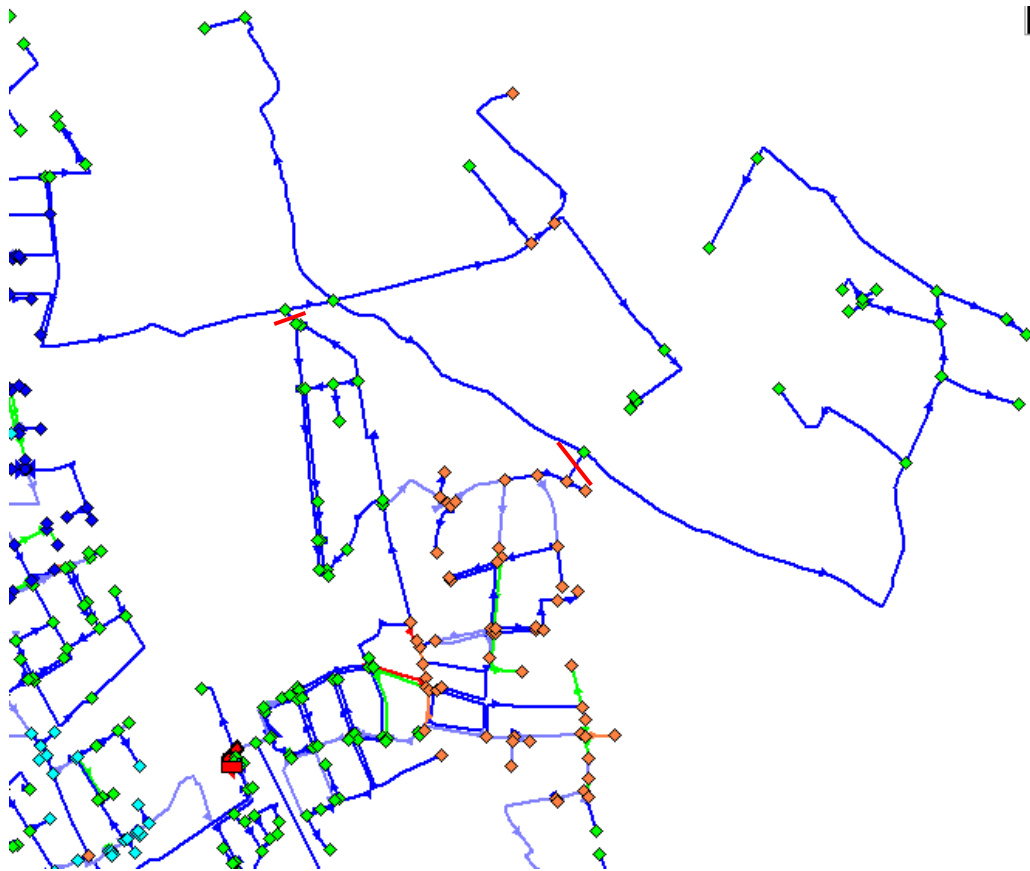


FIGURA 43 SECTOR MONTECAÑADA ORIGINAL SECTORIZADO DE PISTA ADEMUZ. HORA PUNTA

Es por lo que se propone que el grupo de nudos de este sector se alimente desde el Plantío desconectando del Sistema de depósito y bombeo de Montecañada añadiéndose al Sector de Pista Ademuz.

Para ello, la tubería de entrada al sector es la que sale directamente del grupo de bombeo, L673, de 200 mm de diámetro, que es donde se instalará la válvula de corte y el caudalímetro.

Para aislar el sector, será necesario cerrar las siguientes tuberías: L827, L936 y L909. Y se propone cerrar la L826 por considerarse redundante. Por otro lado, se hace necesario conectar los nudos N843 y N946 mediante una nueva tubería T30 que se propone de 60 mm.

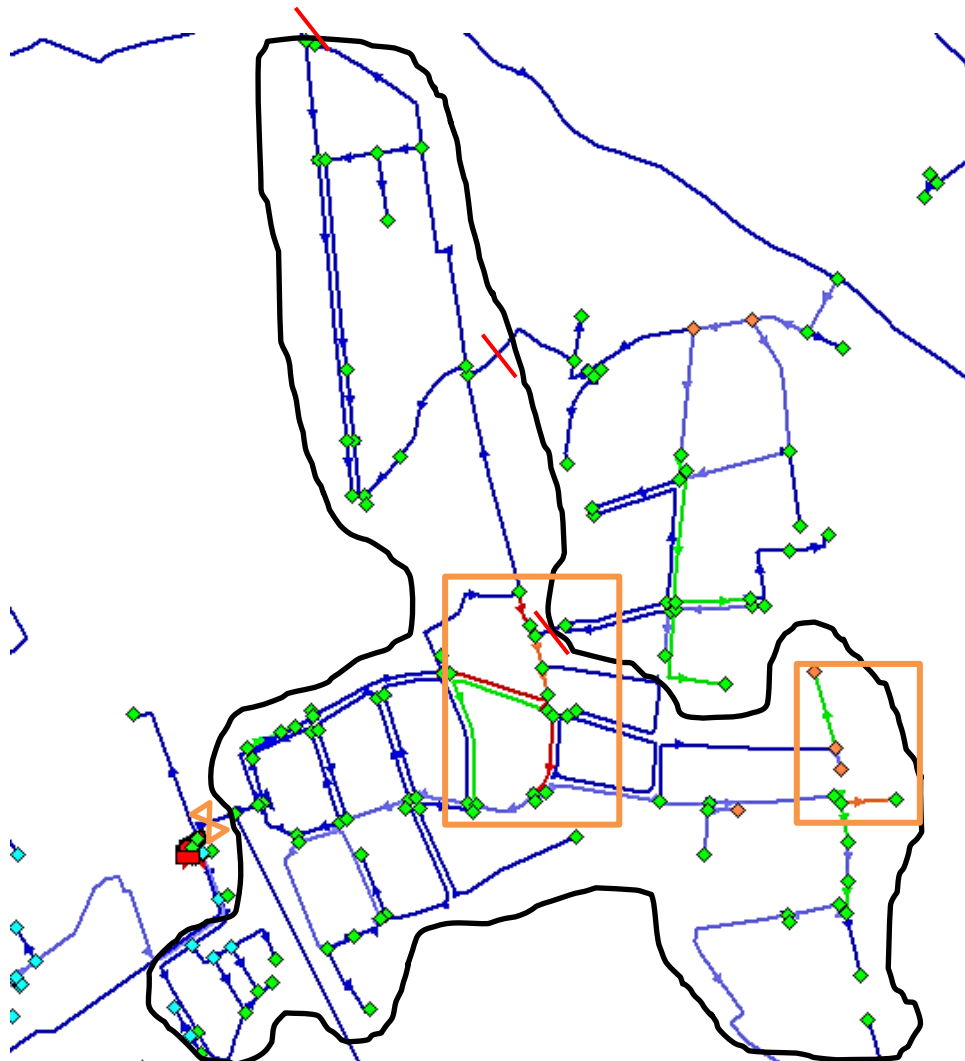


FIGURA 44 SECTOR NUEVA MONTECAÑADA. PRESIONES Y PÉRDIDAS DE CARGA EN HORA PUNTA

Se observa una zona de pérdida de carga y puntos donde las presiones continúan siendo bajas, por tanto se propone por un lado redireccionar el flujo cortando la tubería L828 y ampliando los diámetros de L821, L822, L878 de 60 a 120 mm y L881 y L880 de 80 a 100 mm, y por último la L902 de 25 mm se amplía a 32 mm. De esta forma se consiguen aumentar las presiones por un lado y que las pérdidas de carga unitarias sean aceptables.

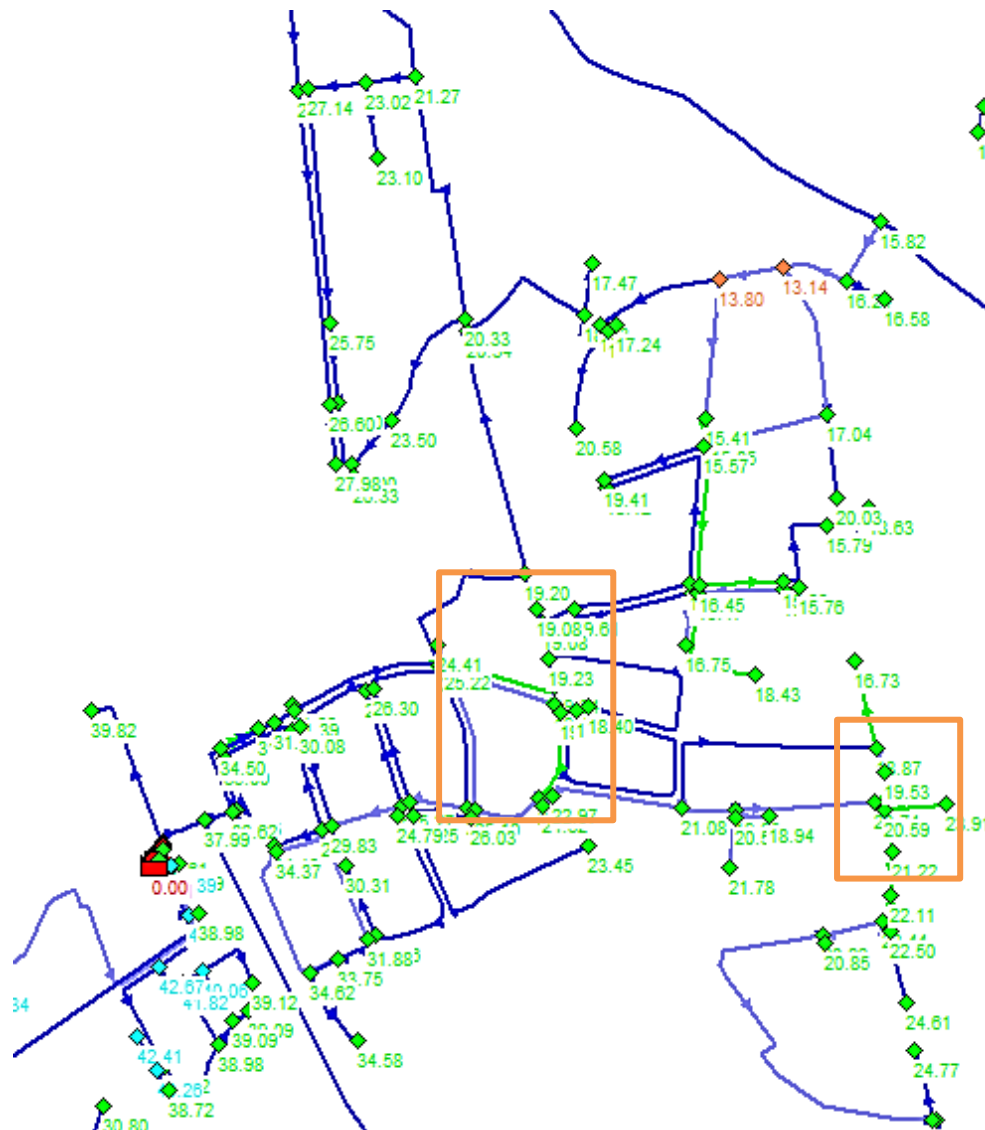


FIGURA 45 SECTOR NUEVA MONTECAÑADA. PRESIONES Y PÉRDIDAS DE CARGA EN HORA PUNTA DESPUÉS DE CAMBIO DIAMETROS

- **S 12. NUEVA PISTA ADEMUZ**

Este sector es principalmente industrial donde se ha incorporado por motivos antes mencionados una parte de Montecañada. La tubería de entrada al sector es la que viene desde el Plantío, por el norte, L906 de 160 mm

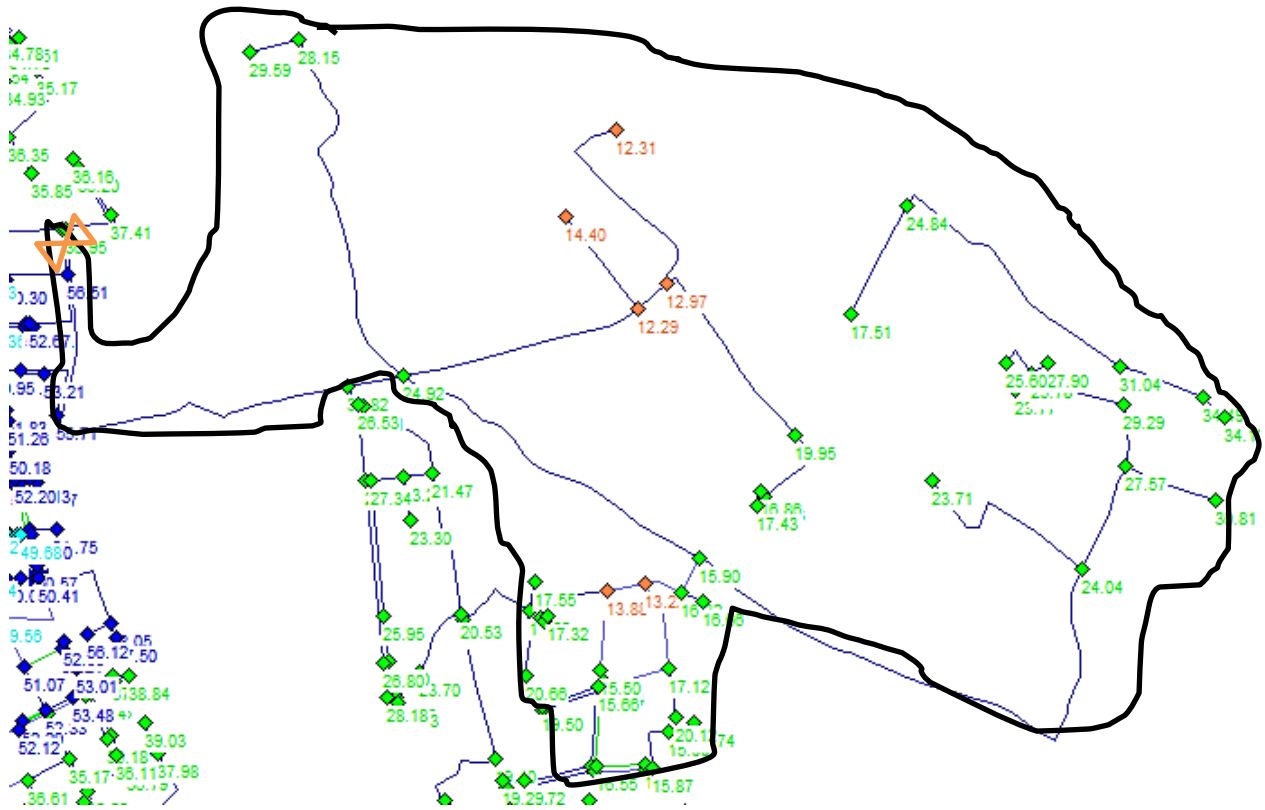


FIGURA 46 NUEVO SECTOR PISTA ADEMUZ

El problema de estos puntos es que entre el nudo intersección (N912) y estos existe de 10 a 13 m de diferencia, por tanto se propone instalar un pequeño grupo de bombeo antes del nudo de intersección con la finalidad de aumentar la presión general del sector, pues al ser una zona industrial posiblemente con 15 mca a la entrada de la acometida sea insuficiente.

Se propone una bomba tipo IDEAL CPR 80-300/M diámetro rodete 230, que después de la instalación aumentan notablemente las presiones.



CPR 80-300/2M

125/80

4831

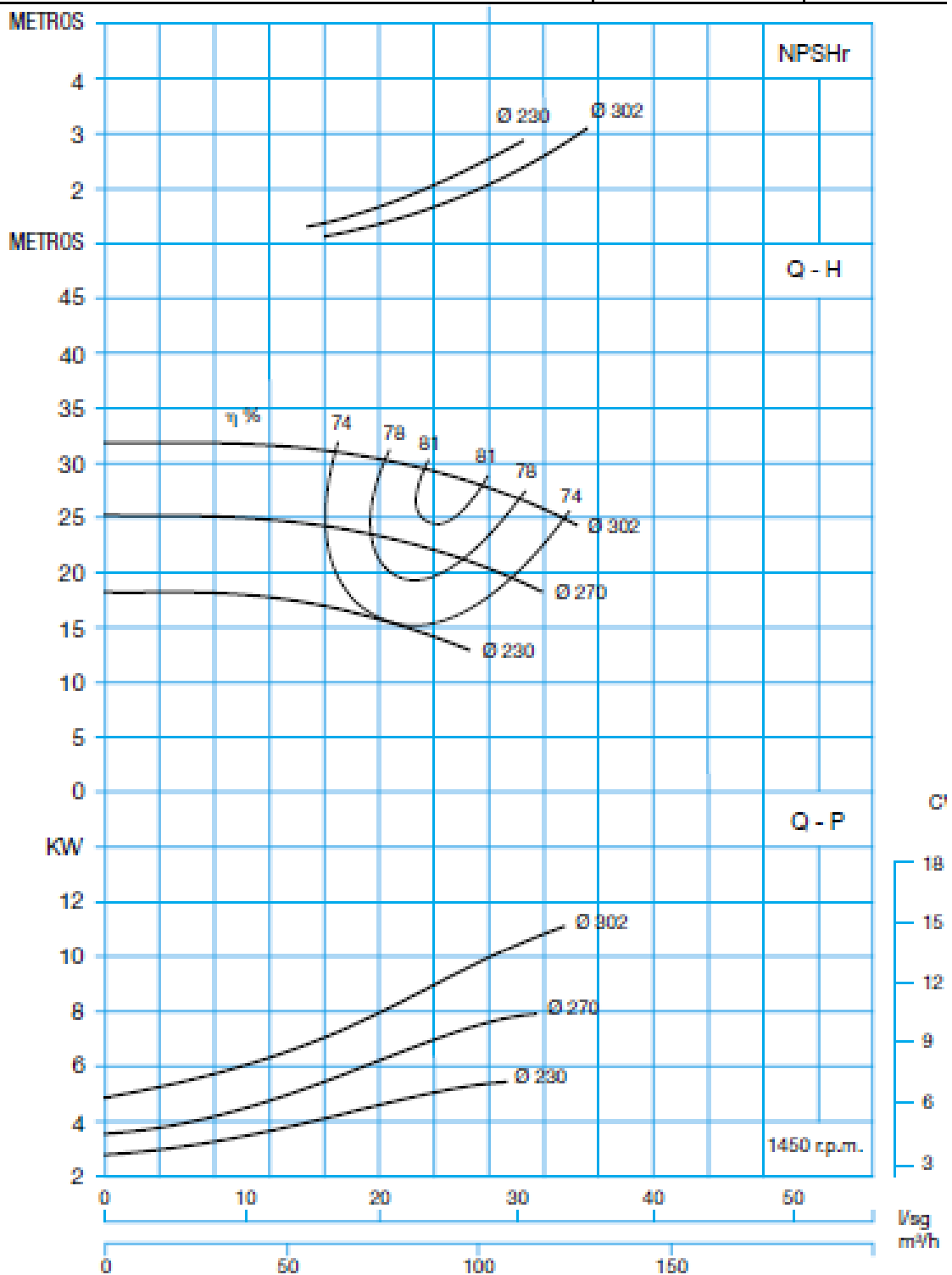


GRÁFICO 16 CURVA CARACTERÍSTICA PISTA\_ADEMUZ. EPANET

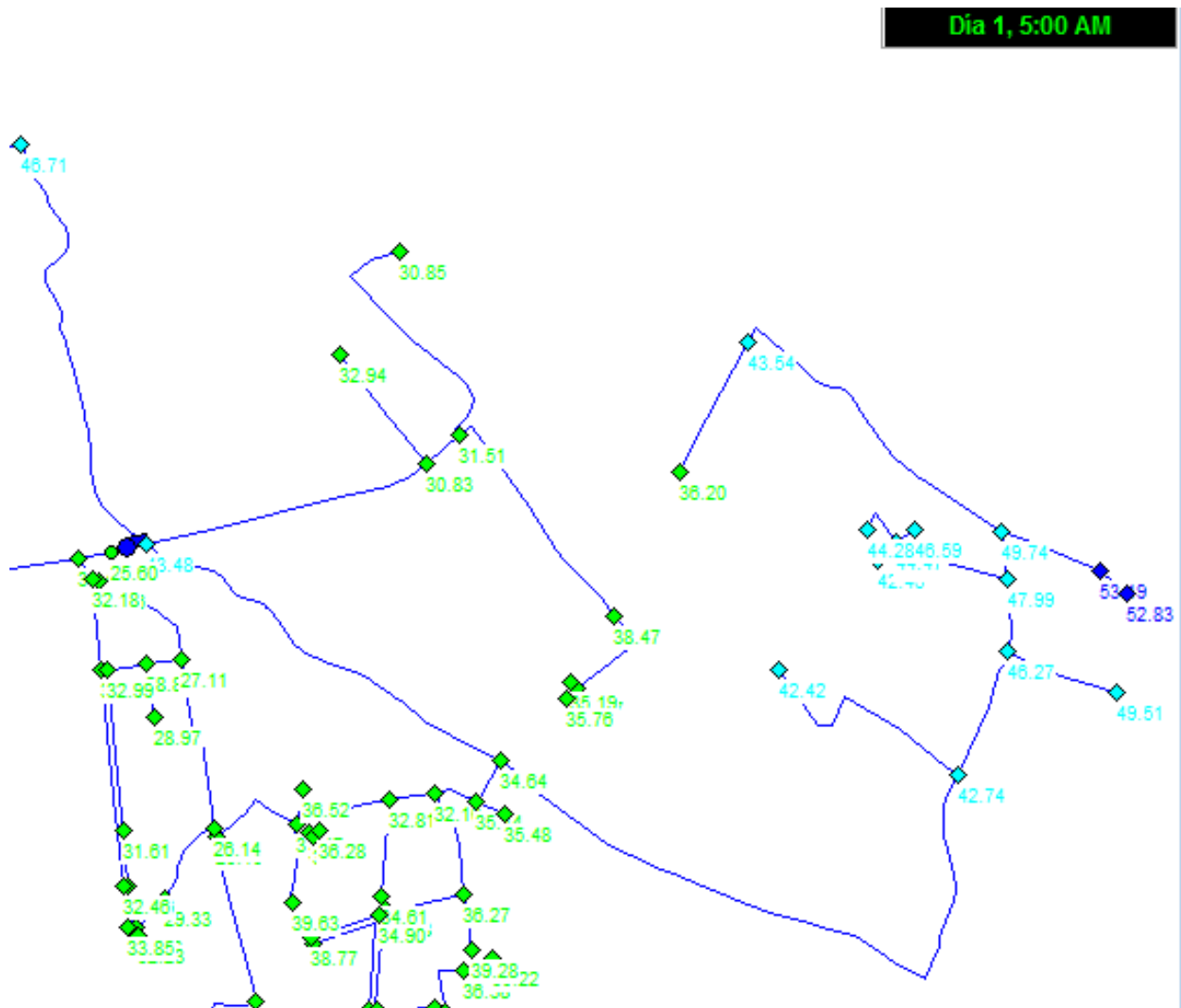


FIGURA 47 NUEVO SECTOR PISTA ADEMUZ DESPUÉS DEL REBOMBEO. HORA VALLE

Existen puntos que superan ligeramente los 50 mca, son puntos más bajos del sector, pero se acepta esta bomba pues en hora punta las presiones son aceptables.



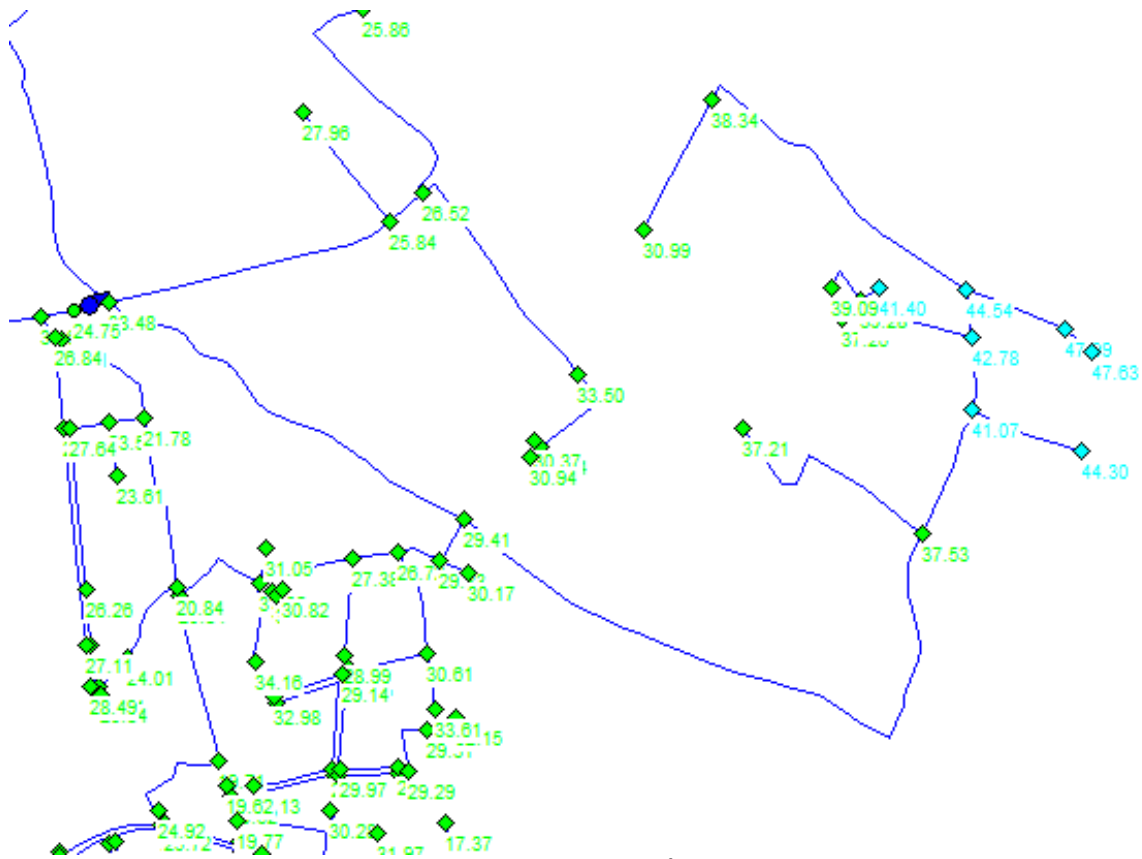


FIGURA 48 NUESTRO SECTOR PISTA ADEMUZ DESPUÉS DEL REBOMBEO. HORA PUNTA

- **S13. NUEVO PLA DEL POU**

La entrada al sector se realizará por la tubería L1025 de 80 mm de diámetro y se cortarán las L1078 y L1074. Este sector no presenta problemas ni de presiones, ni velocidades ni pérdidas de carga.

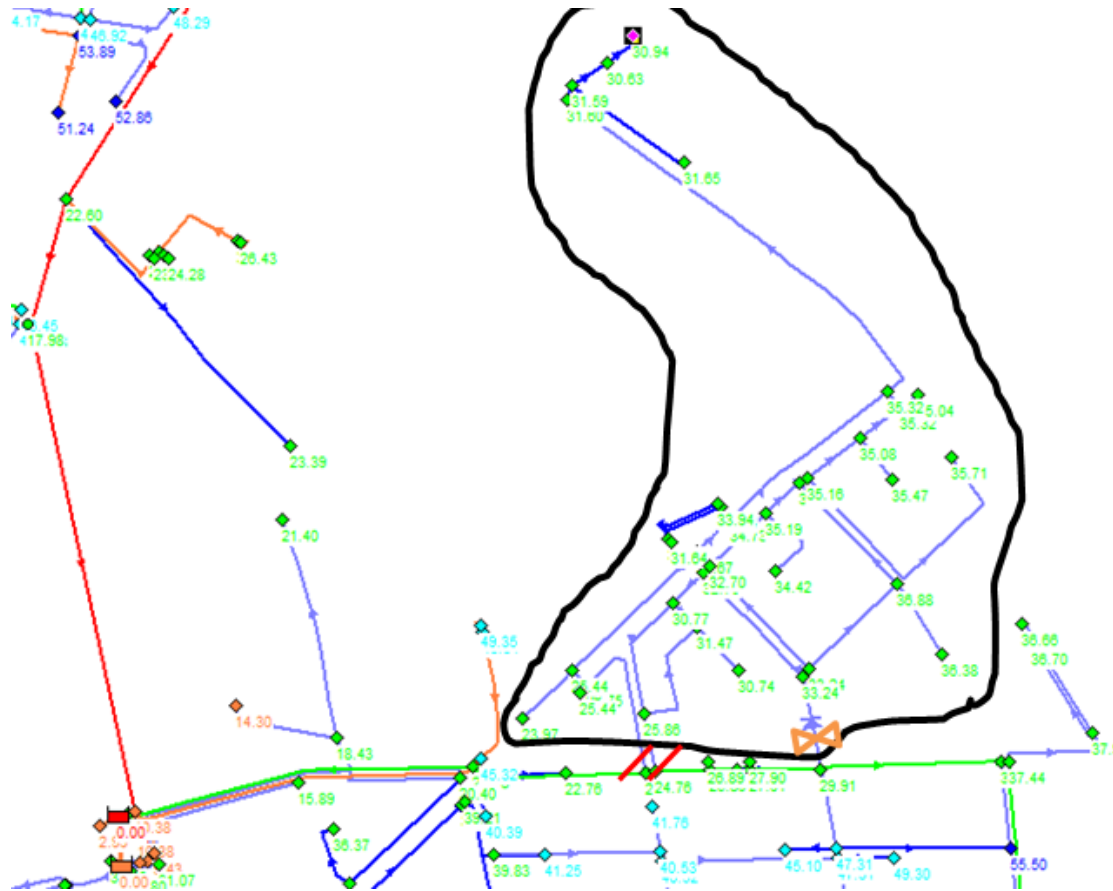


FIGURA 49 SECTOR PLA DEL POU

## 7.2. PROPUESTA DE VÁLVULAS REDUCTORAS

Existen algunas zonas con presiones bastante altas, especialmente en la zona de Colinas de San Antonio y en la zona cercana al Río Túria. Al reducir las presiones aumentamos la seguridad en la instalación y ofrecemos al consumidor un servicio adecuado al mismo tiempo que se disminuye el caudal fugado y por tanto aumenta el rendimiento volumétrico.

Como de forma general, todo lo que está “alimentado” por el Sistema Río presentan unas presiones muy altas, se decide bajar la presión de forma que el nudo más desfavorable influenciado por este aporte de presión se encuentre dentro del rango aceptable. Se decide realizar este cambio mediante aumento del embalse y anulación de la bomba del río. Las consecuencias son bajada general de las presiones de esta zona,, un 8%, disminución considerable del caudal aportado por el sistema del Río de alrededor de un 82% menos y aumento del caudal aportado desde el trasvase 56% más.

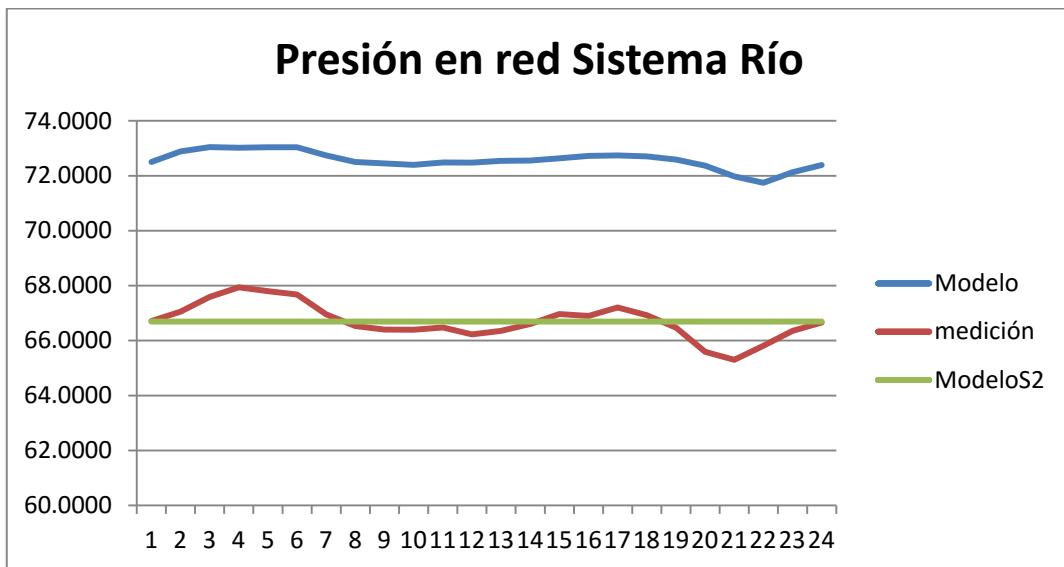


FIGURA 50 DISMINUCIÓN DE LA PRESIÓN APORTADA POR EL SISTEMA RÍO

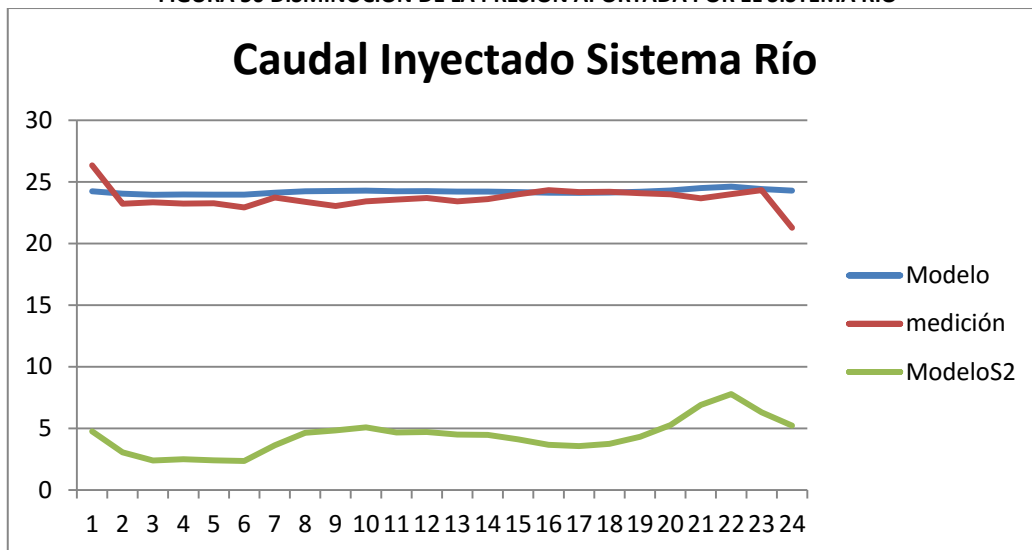


FIGURA 51 DISMINUCIÓN DEL CAUDAL APORTADO POR EL SISTEMA RIO

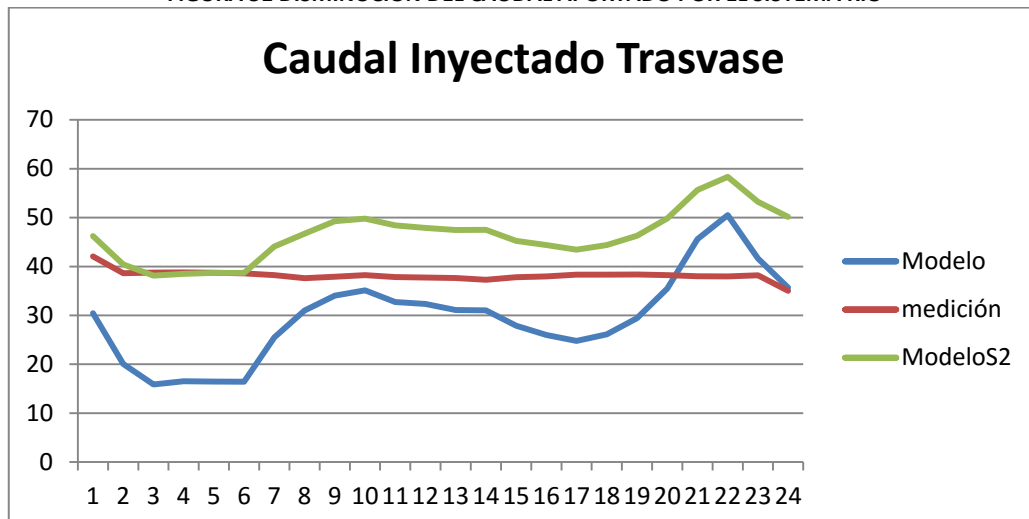


FIGURA 52 AUMENTO DEL CAUDAL INYECTADO POR EL TRASVASE



El resto de las presiones se reducen mediante válvulas reductoras de presión o si se trata de una red mallada, dirigiendo el caudal de tal forma que el camino para llegar al punto problemático sea más largo pues aumenta la pérdida de carga por fricción.

Una vez la red se ha sectorizado según la propuesta anterior, se propone incorporar al sistema una serie de válvulas reductoras de presión (VRP) tal y como se indica a continuación.

<b>Sector</b>	<b>TUBERÍA</b>	<b>VRP</b>	<b>Diámetro tubería (mm)</b>	<b>Ptarado (mca)</b>
<b>Colinas</b>	L1201	Vlv1	200	30
<b>Cañada oeste_2</b>	L200	Vlv4	80	24
<b>Plantío Este</b>	L6N	Vlv7	150	25
<b>Camino Paterna</b>	L70	Vlv9	63	40
<b>Cañada</b>	L80	Vlv10	75	30

TABLA 9 VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN

## 8. VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS ALCANZADOS CON LA PROPUESTA DE MEJORAS

Después de todas las modificaciones anteriores, al modificar las presiones, también se modifica el caudal suministrado y por tanto también disminuirá el volumen incontrolado. Por tanto, en el modelo se deben ajustar los coeficientes emisores de tal forma que la diferencia entre dos iteraciones, la diferencia entre el caudal inyectado sea inferior al 1%.

Con el modelo de las propuestas ajustado, se va analizar la mejora obtenida. Por un lado con la disminución de presiones, y por otro la valoración del Volumen no controlado.



### 8.1. REDUCCIÓN GENERAL DE PRESIONES

En la siguiente tabla se compara las presiones medias, mínimas (hora punta) y máximas (hora valle) en el Sector Sur de las Urbanizaciones antes y después de las modificaciones propuestas.

		Modelo Actual	Modelo Propuesto
<b>Presión media</b>	mca	35.09	34.16
<b>Presión mínima (HP)</b>	mca	34.71	32.78
<b>Presión máxima (HV)</b>	mca	36.31	35.25

TABLA 10 COMPARACIÓN DE PRESIONES

En las siguientes figuras se observan las presiones tanto en hora punta como en hora valle en el modelo con las mejoras propuestas.

- Presiones mínimas: Se alcanza la presión mínima de 15 mca en todos los puntos de consumo, incluso en la zona industrial, en todo momento la presión no baja de 27 mca.
- Presiones máximas: Se observan algunos puntos donde se supera ligeramente los 50 mca, son puntos por ejemplo conectados directamente a la “arteria” del Río (no sectorizado) y puntos más bajos de Colinas de San Antonio (recordemos que a esta hora la segunda bomba está activa) y puntos más bajos de la Pista Ademuz (después del rebombeo)

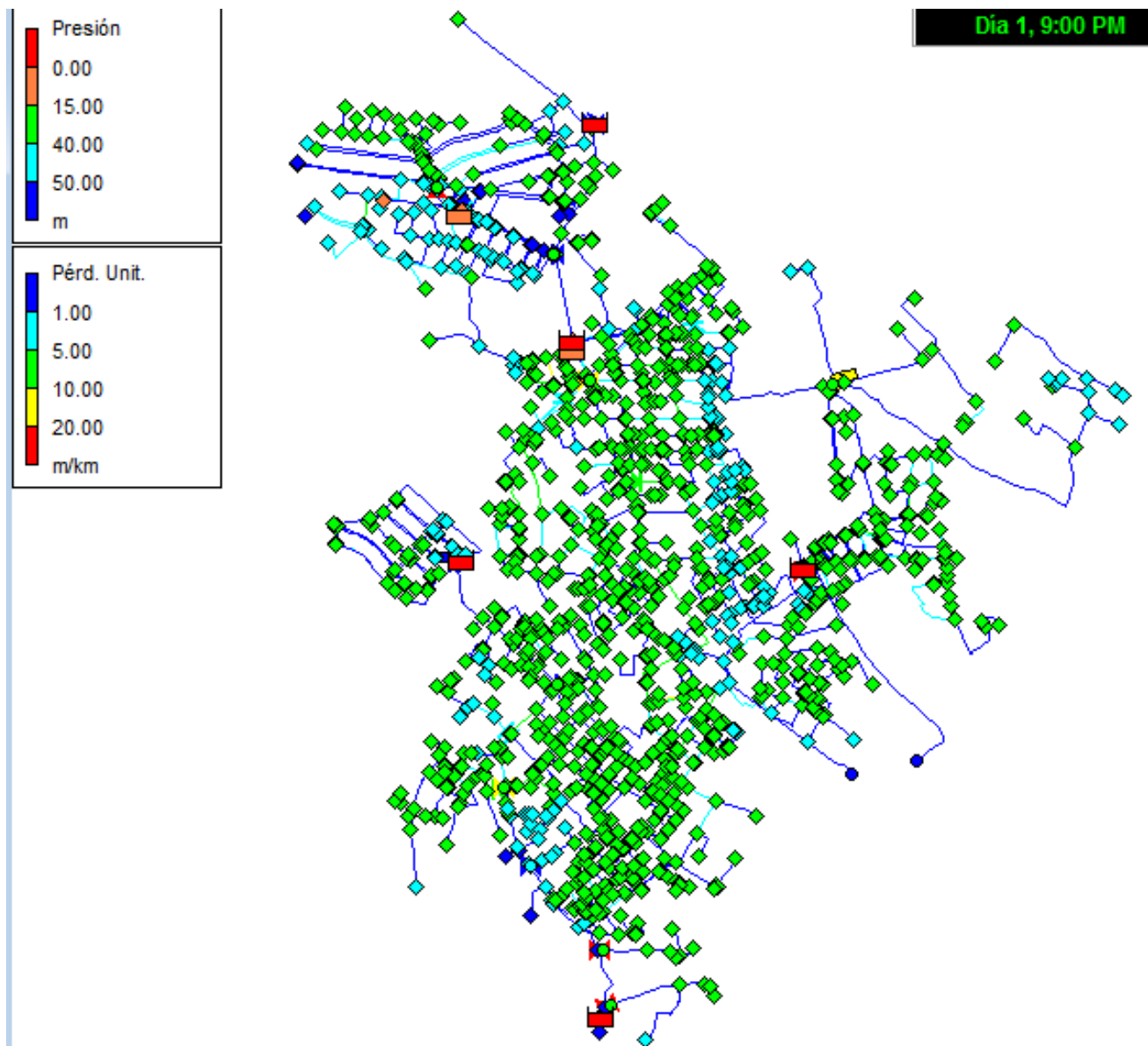


FIGURA 53 SECTOR SUR PRESIONES HORA PUNTA DE CONSUMO

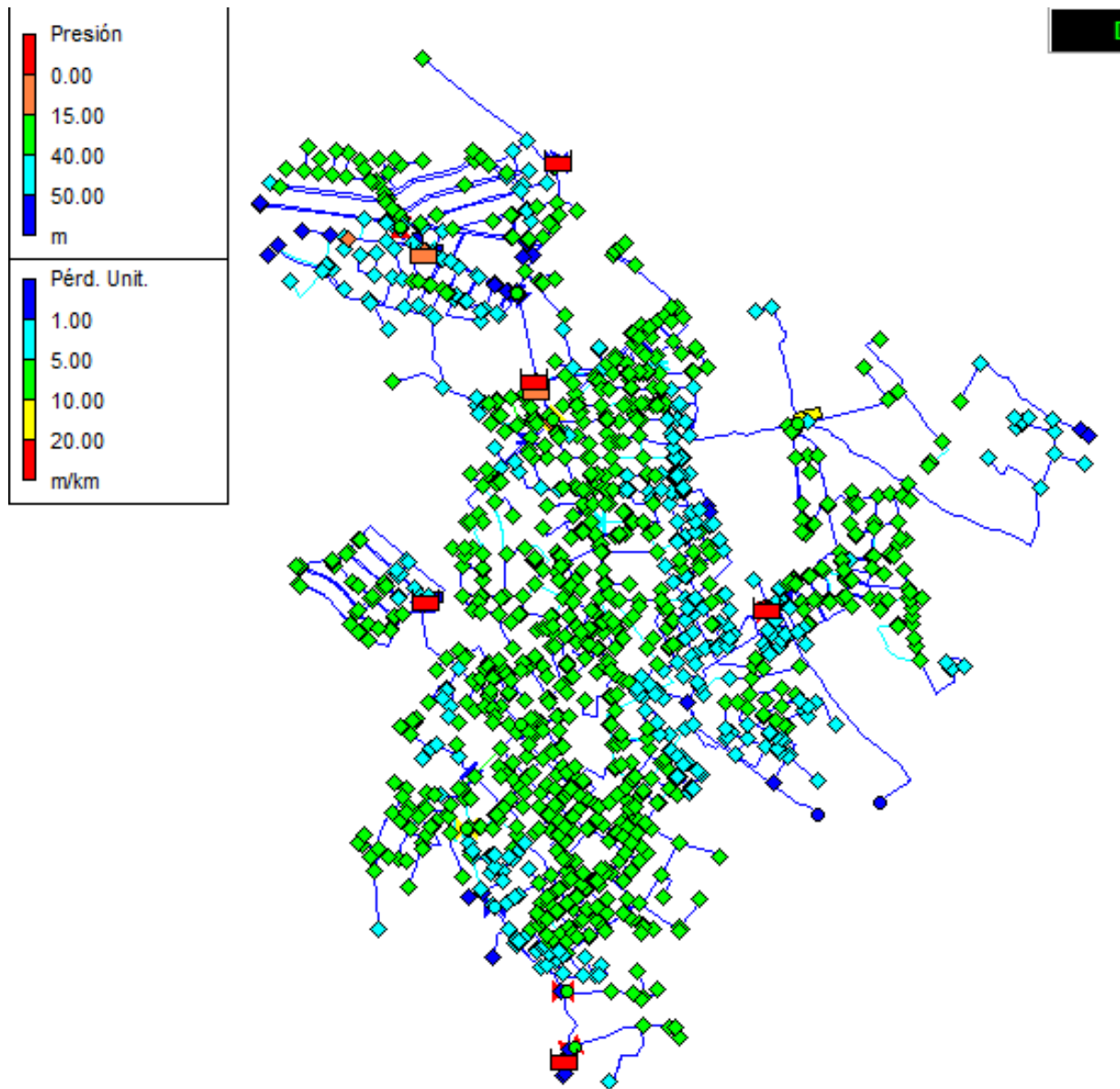


FIGURA 54 SECTOR SUR PRESIONES HORA VALLE DE CONSUMO

## 8.2. REDUCCIÓN DEL VOLUMEN INCONTROLADO

Para una misma demanda de 40.17 l/s se obtiene un caudal suministrado de 89.38 l/s frente los 92.51 l/s del modelo actual, resultando por tanto un rendimiento volumétrico de 44.95%, ha aumentado un 3.5% pero se sigue considerando Inaceptable.

El indicador Índice Estructural de Fugas resulta 12.48, sigue siendo superior a 8 y por tanto señala que con la sectorización y las válvulas reductoras de presión no es suficiente para optimización de la red frente al volumen incontrolado.



Para el periodo de estudio, supondría una inyección de 1 042 528 m<sup>3</sup> es decir un ahorro de 35 105 m<sup>3</sup> con respecto al caudal medido.

Por tanto, obtiene un caudal medio fugado de 48.54 l/s, un 7% menos de caudal medio fugado.

### 8.3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ACTUACIONES REALIZADAS

En el **Anejo 4** se detalla el presupuesto de las actuaciones realizadas que se resumen en:

CAPÍTULO 1. RENOVACIÓN DE RED		<b>245,757.47 €</b>
CAPÍTULO 2. VÁLVULAS DE CORTE Y CAUDALÍMETROS		<b>158,057.60 €</b>
	SUBCAPÍTULO 2.1 OBRA CIVIL	20,800.00 €
	SUBCAPÍTULO 2.2 MATERIAL HIDRÁULICO	118,289.43 €
	SUBCAPÍTULO 2.3 INSTRUMENTACIÓN	18,968.17 €
CAPÍTULO 3. VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN		<b>28,178.13 €</b>
CAPÍTULO 4. REBOMBEO. SECTOR PISTA ADEMÚZ		<b>6,000.00 €</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>437,993.20 €</b>
	Gastos generales 13%	56,939.12 €
	Beneficio industrial 6%	26,279.59 €
	Seguridad y Salud 5%	21,899.66 €
	I.V.A 21%	91,978.57 €
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>635,090.14 €</b>





## 9. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha realizado con el objetivo principal de analizar la red actual para posteriormente sectorizarla y sugerir posibles mejoras.

A partir del Balance Volumétrico de la situación actual, (desde las mediciones proporcionadas), se puede decir que para el periodo de estudio, la red se clasifica como inaceptable (7). Y según el indicador de Índice Estructural de fugas al ser  $IEF > 8$  aunque las consideraciones operativas y financieras pueden permitirse a un largo plazo, el nivel de fugas indican que no se está utilizando el recurso del agua efectivamente. Se recomienda actuar para disminuir el volumen fugado (4).

Con respecto a la modelación matemática, se ha realizado el modelo a partir de la información proporcionada; mediciones de caudal aportado de puntos de inyección y sistemas de depósitos y plano proporcionado de AutoCAD, pero se carece de información de la modulación de la demanda así como de la disposición y funcionamiento de los sistemas de distribución y de mediciones internas del comportamiento de la red. Por tanto se ha estimado el funcionamiento de los mismos de tal forma que se aproxime lo máximo posible a los resultados de las mediciones.

Las mejoras inmediatas que se proponen se intenta que sean lo más rápidas y efectivas posibles con el mínimo coste para que pueda ser amortizado en un periodo corto de tiempo y posteriormente sugerir más cambios para conseguir finalmente la optimización de la red.

A partir del modelo matemático de la situación actual, se puede realizar una sugerencia de sectorización de la red y mejora en la distribución de flujo con propuesta de cambio de tuberías de diámetros insuficientes que crean unas pérdidas de carga excesiva y por consiguiente bajada de presión en algunos puntos y consumo innecesario de energía. Así mismo, en puntos donde existen presiones excesivas, se realiza una propuesta de colocación de válvulas reductoras de presión.

Uno de los principales problemas era el mal funcionamiento del Ramal del Sector Colinas de San Antonio que se abastecía directamente desde el Plantío con una insuficiencia de presión



importante y grandes pérdidas de carga en tuberías. Se ha sugerido la conexión de éste al Sector Colinas, desconectándolo del Plantío, simplemente con esta acción de coste mínimo se solucionan los problemas de presión y pérdidas de carga. Por otro lado, la parte del ramal que permanece conectada al Plantío continúa con problemas de pérdida de carga al existir tuberías que provocan lo que se llama “cuello de botella” al tener diámetros insuficientes, por tanto se propone aumentar estos hasta obtener unas pérdidas aceptables. Este mismo procedimiento se ha seguido para la sugerencia de sectorización propuesta.

Tras las mejoras propuestas, se ha analizado la situación en la que quedaría la red y se puede decir que aunque han disminuido las presiones y las pérdidas de carga en las tuberías, el volumen incontrolado sigue siendo inaceptable por lo que se proponen las siguientes actuaciones futuras:

- Campaña de renovación de tuberías y parque de contadores si es preciso a partir de un estudio detallado del Volumen Incontrolado, pues el principal objetivo es la disminución del caudal fugado.
- Verificación de los puntos de funcionamiento de los grupos de bombeo y funcionamiento de los depósitos.
- Conectar puntos de consumo directamente conectados a la red principal a los diferentes sectores para que quede toda la red sectorizada.
- Tras una campaña de mediciones de los sectores, se puede realizar entre otras cosas:
  - o una calibración de la rugosidad para mejorar la estimación del modelo.
  - o un estudio de la distribución del Volumen Incontrolado (fugas aparentes, fugas reales).



## 10. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

### BIBLIOGRAFÍA

- (1) Cabrera, E., Espert, V., Arregui, F., García-Serra, J., García Carrasco, V. (2001). *Evaluación y control de pérdidas de agua en redes urbanas. Curso de fugas y modelación matemática de redes*. Instituto Tecnológico del Agua. Universidad Politécnica de Valencia (España).
- (2) Fuertes, V.S., García-Serra, J., Iglesias, P.L., López, G., Martínez, F.J. y Pérez, R. (2002). *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*. Ed. Grupo Mecánica de Fluidos. Universidad Politécnica de Valencia (España).
- (3) Iglesias, P.L. y Martínez Solano, F.J. (2012). *Análisis y diseño de redes de distribución de agua mediante Epanet 2 vE*. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medioambiente. Universidad Politécnica de Valencia (España).

### REFERENCIAS

- (4) Cabrera Marcet, E., Cabrera Rochera, E. *Balances hídricos en redes de agua. El criterio de la Internacional Water Association (IWA)*. Instituto Tecnológico del Agua. Universidad Politécnica de Valencia (España).
- (5) Instituto Nacional de Estadística (2013). *Encuesta del Suministro y Saneamiento del Agua año 2011*.
- (6) López, A., López, G., Martínez, J., Y Pérez, R. (2005). *El Modelo de la red de distribución como herramienta de gestión y toma de decisiones: la importancia de la calibración del mismo*. Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia.
- (7) Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., García-Serra, J.(1999) *Auditoría de redes de distribución de agua*
- (8) Manual de uso de GISRed. Disponible en:  
[http://www.redhisp.upv.es/software/descargas/gisred/GISRed\\_Users\\_Manual.pdf](http://www.redhisp.upv.es/software/descargas/gisred/GISRed_Users_Manual.pdf)



- 
- (9) Cabrera Rochera, E.; Cabrera Marcet, E.; Arregui, F.; Cobacho R. *Apuntes de la asignatura de gestión técnica de abastecimientos de agua urbanos sostenibles*. Máster de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente”. (2015).
- (10) Martínez, F.J; Iglesias, P.L. *Apuntes de la asignatura de Análisis y modelación de redes de abastecimiento de agua*. Máster de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. (2014).