



Título del Trabajo Fin de Máster:

***Plan Director de Análisis y Mejora de
la Red de Abastecimiento de Agua
Potable de Sant Carles de la Ràpita***

Intensificación:

HIDRÁULICA URBANA

Autor:

NÚRIA HERNÁNDEZ CUBERO

Director/es:

DR. RICARDO COBACHO JORDÁN

ELENA GÓMEZ SELLÉS

Fecha: **JULIO, 2014**



Título del Trabajo Fin de Máster:

Plan Director de Análisis y Mejora de la Red de Abastecimiento de Agua Potable de Sant Carles de la Ràpita

Autor: ***NÚRIA HERNÁNDEZ CUBERO***

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	<i>RICARDO COBACHO JORDÁN</i>	Fecha de Lectura	<i>JULIO 2014</i>
Codirector1	<i>ELENA GÓMEZ SELLÉS</i>		
Codirector2			
Tutor			

Resumen:

Este documento tiene por objeto estudio detallado de la red de abastecimiento de agua potable y la planificación de las futuras inversiones en este servicio a efectos de garantizar el servicio y optimizar su funcionamiento.

Se ha realizado la confección del modelo matemático a partir de los datos facilitados por la empresa gestora, en el que las fugas dependen de la presión, creándose dos escenarios, uno de consumo promedio anual y otro de consumo máximo, dada la estacionalidad de la demanda del municipio.

Las propuestas de mejora planteadas persiguen la búsqueda de un mayor rendimiento de red a través de la reducción de fugas gestionando presiones y una mejora de la calidad del servicio suministrado.

Para concluir se ha realizado una valoración económica de la inversión necesaria para implantar estas soluciones.

Palabras clave:

Abastecimiento, consumo estacional, rendimiento, fugas, sectorización

PLAN DIRECTOR DE AGUA
POTABLE DE SANT CARLES DE
LA RÀPITA

1.	Introducció	5
1.1	Objetivos	6
2.	Antecedentes	7
2.1	Descripció general del àmbit de estudi	7
2.2	Medio Natural	8
2.2.1	Posició y estructura	8
2.2.2	Medio Natural	9
2.2.3	Medio Socioeconómico	10
3.	Característiques de la Red de Distribució	11
3.1	Introducció	11
3.1.1	Configuració de la red	15
3.2	Descripció de los elementos	17
3.2.1	Captaciones	17
3.2.2	Depósitos	20
3.2.3	Grupos de Presión	22
3.2.4	Válvulas Reductoras de presión	23
3.2.5	Red de distribución	24
3.2.6	Tipología de Red	24
3.2.7	Distribució de los materiales en la red	26
3.3	Tabla Resumen De Los Elementos De La Red	27
4.	Balance Hídrico del Abastecimiento	28
4.1	Volumen de agua inyectado a Red	30
4.2	Volumen de agua consumido	31
4.3	Rendimiento Hídrico.	32
4.4	Modulación diaria y estacional	33
4.3.1	Curva de modulación horaria del Consumo	34
4.3.2	Estacionalidad del consumo	35
4.3.3	Determinación de caudales punta	36
4.4	Previsión del incremento de abonados	36
5.	Resumen de la Confección del Modelo Matemático	37
5.1	Datos iniciales. Planos	37
5.2	Asignación de cotas a los nudos	37

5.3	Asignación de consumos en los nudos	38
5.3.1	Datos disponibles	38
5.3.2	Mejoras implementadas en el modelo	38
5.3.3	Exportación	39
5.4	Creación del modelo a partir de datos de 2013	39
5.4.1	Régimen Permanente y Régimen en Periodo Extendido	39
5.4.2	Caudal no Facturado. Fugas	40
5.5	Calibración del modelo. Comparativas con Datos Reales de 2013	41
5.5.1	Modelo Día Promedio 2013	41
5.5.2	Situación Día de Máximo Consumo 2013	43
5.6	Configuración del modelo matemático en 2014	44
5.6.1	Día promedio 2014	44
5.6.2	Situación Día de Máximo Consumo 2014	47
5.7	Justificación de los cambios de configuración de la red: ahorro de agua.	48
5.7.1	Comparativa: Caudales 2013 y 2014 Periodo Extendido	48
5.7.2	Gráficos Comparativos De Caudalímetros Civil, Espanyol, Poble 2013-2014	49
6.	Análisis de la situación actual de la red de abastecimiento	50
6.1	Evolución del caudal producido o inyectado a red.	51
6.1.1	Evolución del Caudal en el Día Promedio	51
6.1.2	Evolución del Caudal en el Día de Máximo Consumo	52
6.1.3	Caudales medios inyectados y registrados	53
6.2	Análisis de la red en condiciones normales.	54
6.2.1	Topografía	54
6.2.2	Pérdida de Carga Unitaria	55
6.2.3	Velocidades	58
6.2.4	Presiones	61
6.2.5	Topología	64
6.2.6	Estudio de las válvulas reductoras	65
6.2.7	Caudales	67
6.3	Análisis De La Red De Agua Potable en Condiciones De Emergencia	69
6.3.1	Comportamiento de la red en condiciones de rotura	69
6.3.2	Comportamiento de la Red ante condiciones de incendio	72
7.	Propuesta de Actuaciones	77
7.1	Nuevas sectorizaciones.	77
7.1.1	Sectorización parte alta. Situación más desfavorable, verano 2014	77

7.1.2	Sectorización Centre. Nueva Válvula reductora.....	79
7.2	Consignas en Válvulas reductoras.	80
7.2.1	Modulador hidráulico progresivo a 2 rangos de presión.....	80
7.2.2	Otras válvulas reductoras. Previsión de fugas en zonas de reciente construcción.....	82
7.2.3	Dimensionado de las válvulas propuestas.....	83
7.3	Estudio Caudalímetros.	84
7.3.1	Contadores existentes y a modificar.....	85
7.4	Red de hidrantes	86
7.5	Renovación de conducciones con elevada pérdida de carga	87
7.6	Mallado de red	89
8.	Ahorro de agua obtenido aplicando las medidas propuestas.....	91
9.	Resumen de la valoración económica de las propuestas.....	92
10.	Conclusiones.....	93

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene por objeto el desarrollo del documento correspondiente al Plan Director de agua potable del municipio de Sant Carles de la Ràpita. El principal objetivo será el definir de una forma precisa y ordenada las características de la red y los cambios que se han producido en la misma durante año 2014. Para ello será necesario determinar cómo está estructurada la red en la actualidad y llevar a cabo un estudio riguroso de los datos utilizados que, unos por erróneos y otros por inexistentes, deberán ser revisados y obtenidos.

Igualmente se realizará una análisis de la red considerando diversos parámetros que permitan conocer en profundidad su funcionamiento y a partir de dicho análisis elaborar las propuestas adecuadas a implantar en la red de agua potable del municipio y demás instalaciones adscritas al servicio. Todo ello con el objetivo de garantizar y mejorar el suministro de agua potable tanto a corto como a medio y largo plazo.

En este sentido cabe destacar que el crecimiento y desarrollo urbanístico de una población se encuentra a menudo condicionado por las posibilidades de mantener el adecuado nivel de abastecimiento de agua potable. En el caso de Sant Carles estas actuaciones urbanísticas se verán paralizadas por un freno y posterior decrecimiento de la población, lo cual ha hecho suspender las actuaciones urbanísticas previstas.

Debido a que el municipio presenta importantes variaciones estacionales, en el presente documento se han planteado dos situaciones para el estudio de la red. La primera contempla la situación del municipio promedio y la segunda la situación de máximo consumo.

Junto con el desarrollo de las dos situaciones planteadas, se presentarán, una vez propuestas las actuaciones de mejora, los escenarios y formas de trabajo de la red con dichas actuaciones implantadas.

La dimensión de la red se ha establecido empleando un modelo matemático de detalle de la red de agua potable de Sant Carles de la Ràpita, cuyo proceso de creación y confección se detalla ampliamente en el documento.

La modelación de la situación correspondiente al año 2013 nos permitirá comprobar el estado de la red y verificar si existen zonas críticas que indiquen un mal funcionamiento. Por otro lado el modelo correspondiente al escenario correspondiente al año 2014 ha de servir para evaluar las dimensiones y el funcionamiento de las instalaciones proyectadas.

1.1 Objetivos

Los objetivos generales que se perseguirán dentro del presente documento son, en primer lugar, el estudio detallado de la red de abastecimiento de agua potable actualmente existente en el municipio y posteriormente, la planificación de las futuras inversiones en este servicio a efectos de garantizar el servicio y optimizar su funcionamiento.

La elaboración del Plan Director de agua potable persigue los siguientes objetivos específicos:

- Disponer de un conocimiento detallado del sistema de abastecimiento de agua potable. Ello conlleva conocer todas las actuaciones realizadas por parte de la empresa gestora a lo largo del año de facturación de 2013.
- Confección de un modelo matemático del sistema de abastecimiento de agua potable que reproduzca de manera fidedigna el comportamiento de dicho sistema.
- Identificación de los puntos críticos de la red de agua potable, tanto en su funcionamiento en condiciones normales como en situaciones de emergencia por fallos en puntos de producción, roturas de conducciones o apertura de hidrantes.
- Estudio de la influencia del crecimiento de la población durante los meses estivales sobre el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Estudio y análisis de diferentes alternativas de actuación para solucionar los problemas identificados.
- Diseño preliminar de las actuaciones necesarias
- Valoración de las actuaciones a realizar.

2. ANTECEDENTES

2.1 Descripción general del ámbito de estudio

Sant Carles de la Ràpita es un municipio español situado en la comarca del Montsià (provincia de Tarragona, Cataluña). Forma parte de “les Terres del Ebre”, el conjunto de cuatro comarcas situadas en el extremo sur de Catalunya: el Baix Ebre, el Montsià, la Terra Alta y la Ribera d'Ebre. Tal como indica su nombre, su identidad se vertebró alrededor del curso del río Ebro.

El Montsià está situado en el extremo sur de Catalunya. Al norte limita con el Baix Ebre y en su vertiente meridional es vecino de la comarca del Baix Maestrat que forma parte de la Comunidad Autónoma del País Valencià.

Cuenta con una superficie de 53,7 Km². Se encuentra a una altura media de 11 metros sobre el nivel del mar aunque su topografía es inclinada y existen zonas de la ciudad que rondan los 60 metros de altura.

La población contaba con 15.245 habitantes en 2013 según Idescat, aunque según el Resumen numérico de nacionalidades de la página web del ayuntamiento de Sant Carles cuenta a fecha 20/03/2014 con 15.101 habitantes.

A continuación se describirán las características del municipio según la descripción de los medios natural y socio económico, más la evolución demográfica, como factores que influirían en el sistema de abastecimiento por la topografía del terreno, las características de la demanda y las previsiones de consumo futuras, respectivamente.

2.2 Medio Natural

2.2.1 Posición y estructura

El municipio de Sant Carles de la Ràpita se encuentra situado en el Corredor Mediterráneo, entre las áreas metropolitanas de Tarragona y Castellón y, por tanto, en un importante lugar de paso de las principales arterias de comunicación.

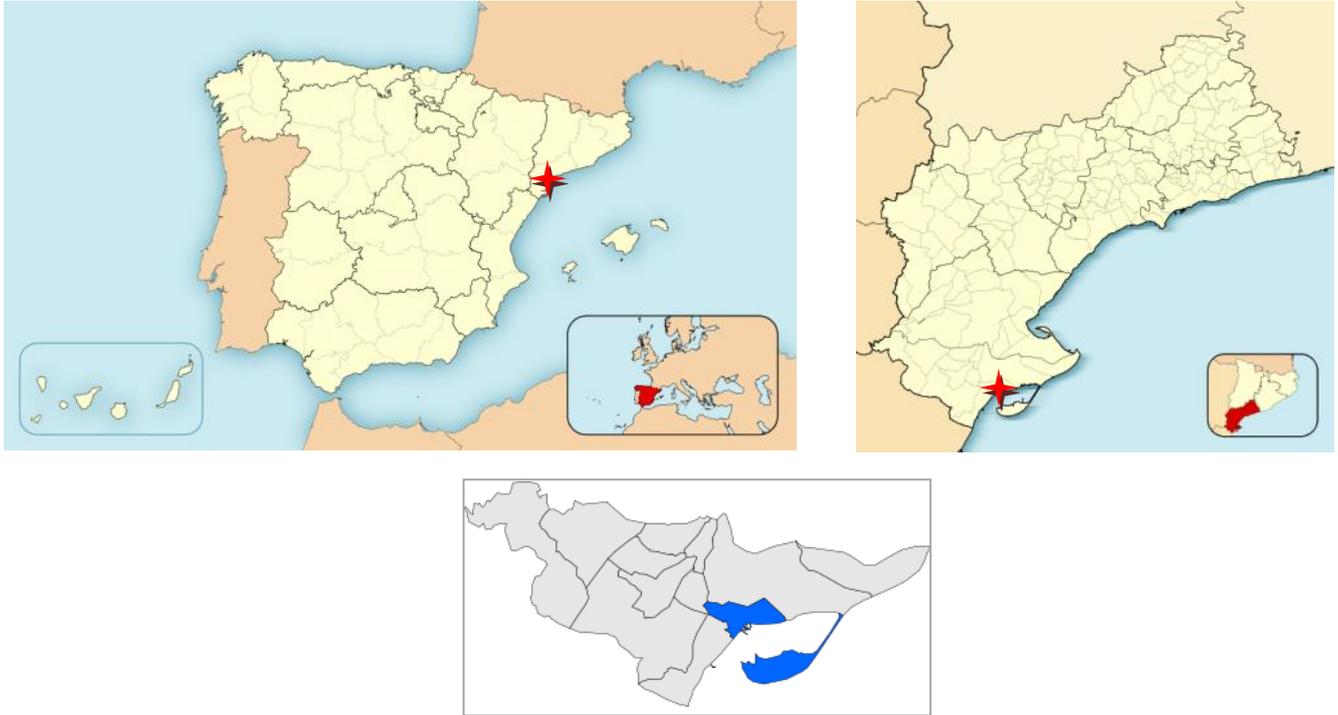
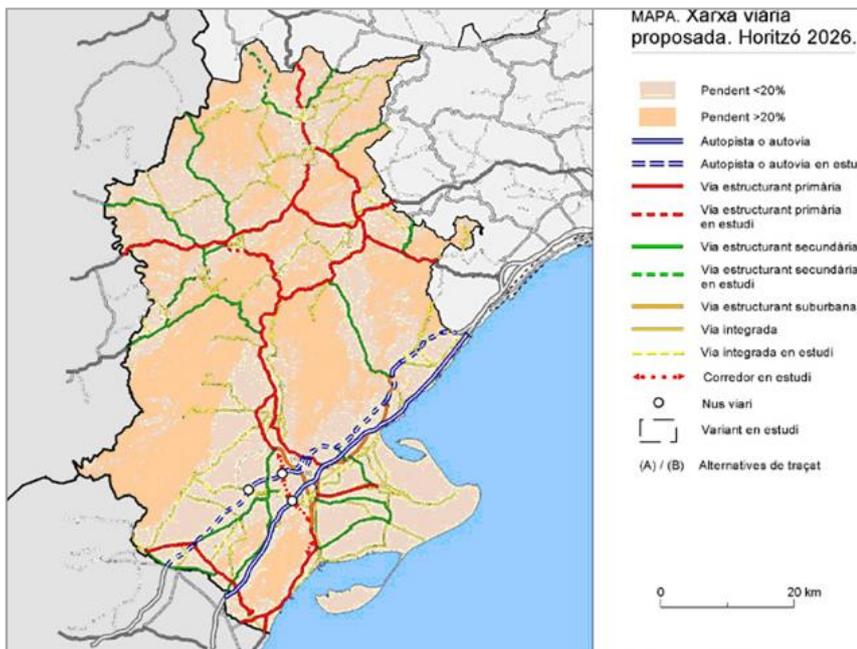


Ilustración 2.2.1 Localización de Sant Carles de la Ràpita Fuente: Wikipedia

La localización estratégica de Sant Carles de la Ràpita le garantiza una buena accesibilidad con el exterior, al conectar fácilmente con las principales arterias que atraviesan el corredor mediterráneo.



El municipio se encuentra bastante alejado de los principales núcleos de población catalanes y valencianos, y su abastecimiento de agua potable no es autónomo. Depende para el suministro de agua potable de Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT).

El clima de Sant Carles de la Ràpita es mediterráneo y mantiene temperaturas suaves tanto en invierno como en verano periodo en el que la población llega a aumentar hasta más de un 80% en días puntuales.

Ilustración 2.2.1.A Red Viaria. Fuente: POUM

2.2.2 Medio Natural

La singularidad natural de las Terres de l'Ebre viene definida por la confluencia en un mismo territorio del mar Mediterráneo, el río y el macizo de los Ports. Estos tres elementos reúnen una variedad sorprendente de paisajes y ecosistemas de alto valor medioambiental.

El municipio está formado por dos distritos o entidades de población: Salinas de la Trinidad (deshabitado) y San Carlos de la Ràpita.

El litoral presenta en estas comarcas unos rasgos físicos singulares que lo distinguen del resto del litoral catalán y que afecta al modelo de ocupación del litoral. El resultado ha permitido evitar los abusos de la construcción masiva, modelo que es abiertamente rechazado. Por otra parte, la fragmentación del litoral en piezas diferentes no ha permitido y, probablemente, no permitirá alcanzar unos asentamientos de masa crítica. (Fuente: POUM)

Relieve: Orografía

Tal y como se observa en la Ilustración 2.2.2, en cuanto a la orografía se pueden diferenciar tres zonas de menor a mayor pendiente: la llanura deltaica, con pendientes del 0 al 5%, el espacio de transición, con pendientes de 10 al 15%, y la Sierra del Montsià, con pendientes que superan el 50%.

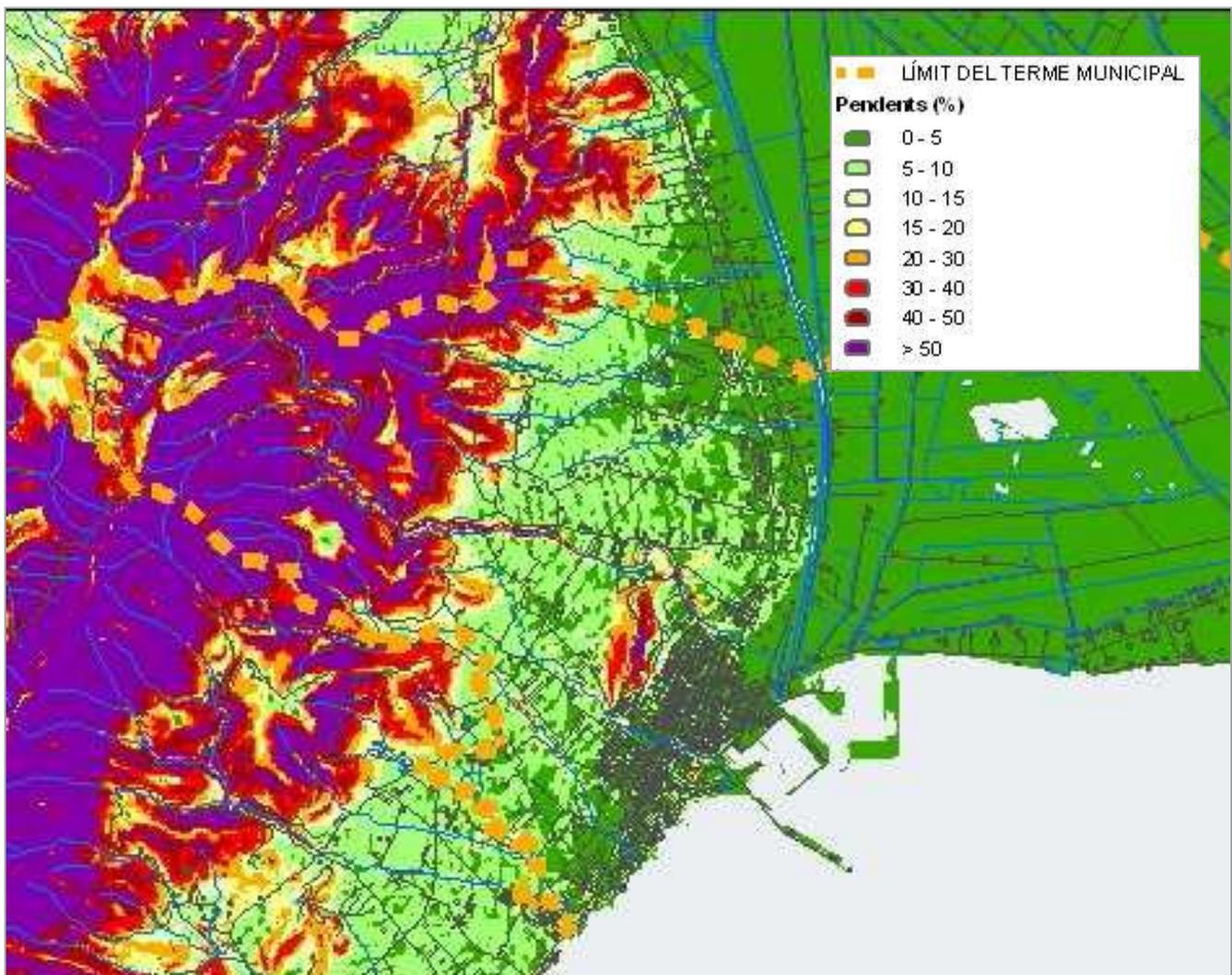


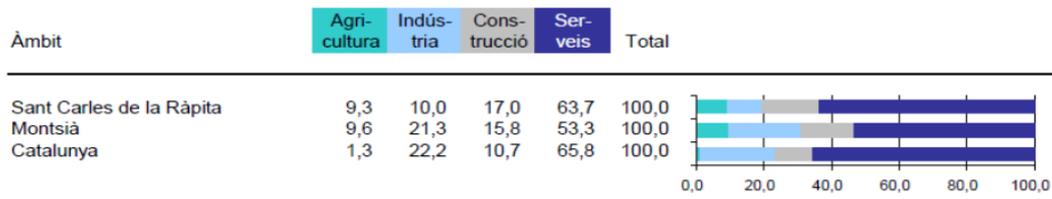
Ilustración 2.2.2 Pendientes en Sant Carles de la Ràpita. Fuente: POUM

2.2.3 Medio Socioeconómico

Composición sectorial de la actividad

El peso del sector primario en San Carlos de la Rápita, como el conjunto de la comarca del Montsià, es muy superior al del conjunto de Cataluña, en detrimento de un sector industrial que no llega a la mitad de la media catalana.

Tabla 2.2.3 Composición sectorial de la actividad. Fuente: POUM



Como actividad industrial más destacada cuenta con uno de los puertos pesqueros más importantes de Cataluña. Cuenta con diferentes instalaciones como la lonja para la subasta del pescado, fábricas de hielo y unos astilleros para la construcción de barcos de hasta 30 m de eslora. Destaca la pesca de langostinos y marisco y los viveros de mejillón y ostras situados en la Bahía de los Alfaques.

Evolución de la población

El municipio de Sant Carles de la Ràpita tiene en 2013 un 34% más de habitantes de los que tenía al comienzo de la década. Ha mostrado un incremento de población constante, si bien con ligeras irregularidades, a lo largo de todo el siglo XX, sólo interrumpido en la década de los 1950 en que pierde un 8,5% de su población. A lo largo de las décadas de los ochenta y noventa su crecimiento, si bien muy suave, fue superior al del conjunto de Cataluña, que vivía un período de estancamiento demográfico tras los fuertes incrementos de las décadas posteriores.

Con el cambio de siglo cuando San Carlos de la Rápita experimenta el ritmo de crecimiento demográfico más elevado de su historia, de modo que incluso las tasas cercanas al 18% que había experimentado en la década de los sesenta son ahora prácticamente dobladas, con crecimientos cercanos al 35%.

Sin embargo, en 2008 este incremento se ve fuertemente frenado, y en 2010 la población empieza a experimentar un ligero decrecimiento.

Como resultado de esta evolución, Sant Carles de la Rápita tiene en 2013 15.245 habitantes, una cuarta parte de los cuales han nacido o han llegado al municipio en los últimos diez años

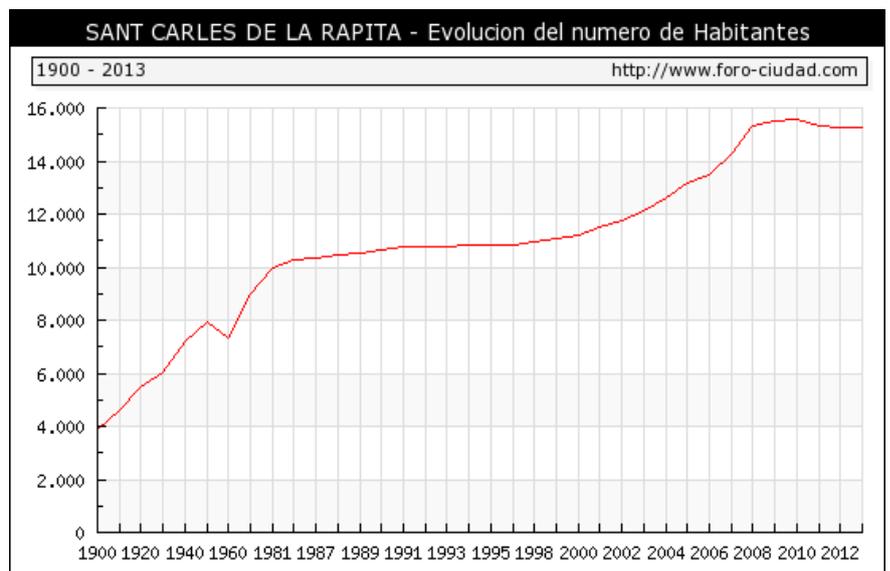
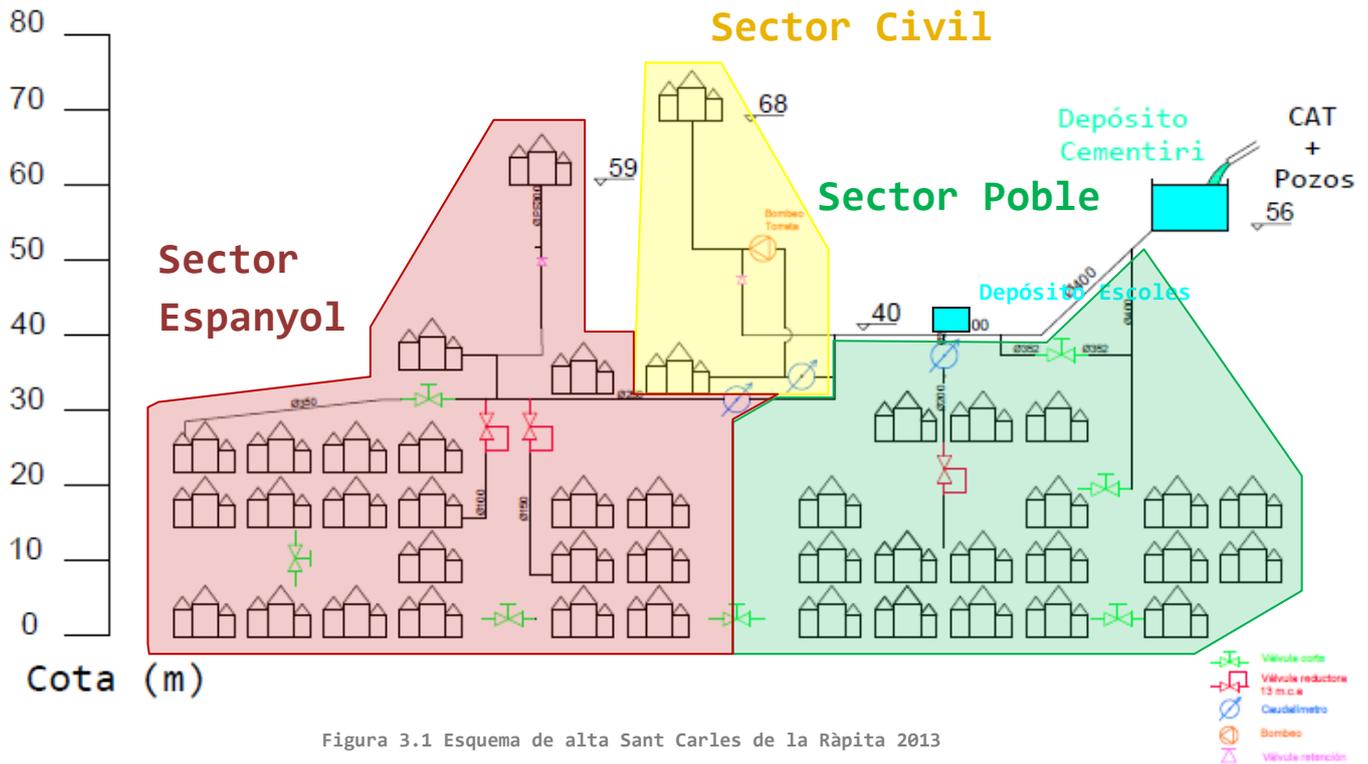


Figura 2.2.3 Gráfico de evolución de la población Fuente: www.foro-ciudad.com

3. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

3.1 Introducción

Sant Carles de la Ràpita se abastece de agua a través del CAT (Consortio de Aguas de Tarragona) mediante un régimen de concesión. Puntualmente puede utilizar los pozos existentes en las cercanías del municipio. El siguiente esquema muestra la distribución por sectores en el año 2013 y elementos principales de la red para facilitar la comprensión de la descripción:



Desde las captaciones se conduce el agua al depósito de cabecera, Cementiri, y hasta el año 2013, se distribuía por gravedad a la red arterial mediante una tubería de 400 mm. A mitad del recorrido, el abastecimiento contaba con un pequeño depósito llamado “Escoles” (estaba próximo al instituto municipal) para ayudar a compensar las presiones, aunque los últimos años estaba ya en desuso. Desde la tubería de interconexión principal también conecta a un grupo de presión que suministra a un sector creado en 2013 denominado “Civil”, y que posteriormente se llamaría “Torreta”, de cota alta.

La red quedaba dividida en tres sectores según la ubicación de los registros de caudal:

- Sector Civil, el más pequeño y de cota elevada
- Sector Poble, perteneciente a la parte más antigua y de población más estable del municipio
- Sector Espanyol constituido por las nuevas construcciones se caracteriza por una acusada variación poblacional de tipo estacional.

El sistema resultaba insuficiente, por lo que en 2010 se presentó un proyecto para la construcción de un nuevo Depósito de compensación, el Depósito de Aiguassera, proyectado a una cota similar al depósito de cabecera. Dicho proyecto comenzó a estar operativo a comienzos de 2014.

Estos dos depósitos se interconectarían mediante la incorporación de tramos de tubería 400mm. Y se

incorporarían nuevos cambios (detallados más adelante) que darían lugar a nuevos sectores:

- Sector Porta Nord, situado en el extremo norte del municipio
- Sector Torreta, el más pequeño y de cota elevada
- Sector Poble, zona de cota elevada del casco urbano
- Sector Centre, perteneciente a la parte más antigua del casco urbano. Contiene el puerto.
- Sector Barri, de tamaño pequeño y construido a finales de los años 80
- Sector Passeig, gran sector con gran aumento de población estival. En él se encuentra el paseo marítimo
- Sector Eixample, perteneciente a la urbanización más reciente

Estos sectores están representados sobre la planta del municipio en la Ilustración 3.1A que se adjunta a continuación

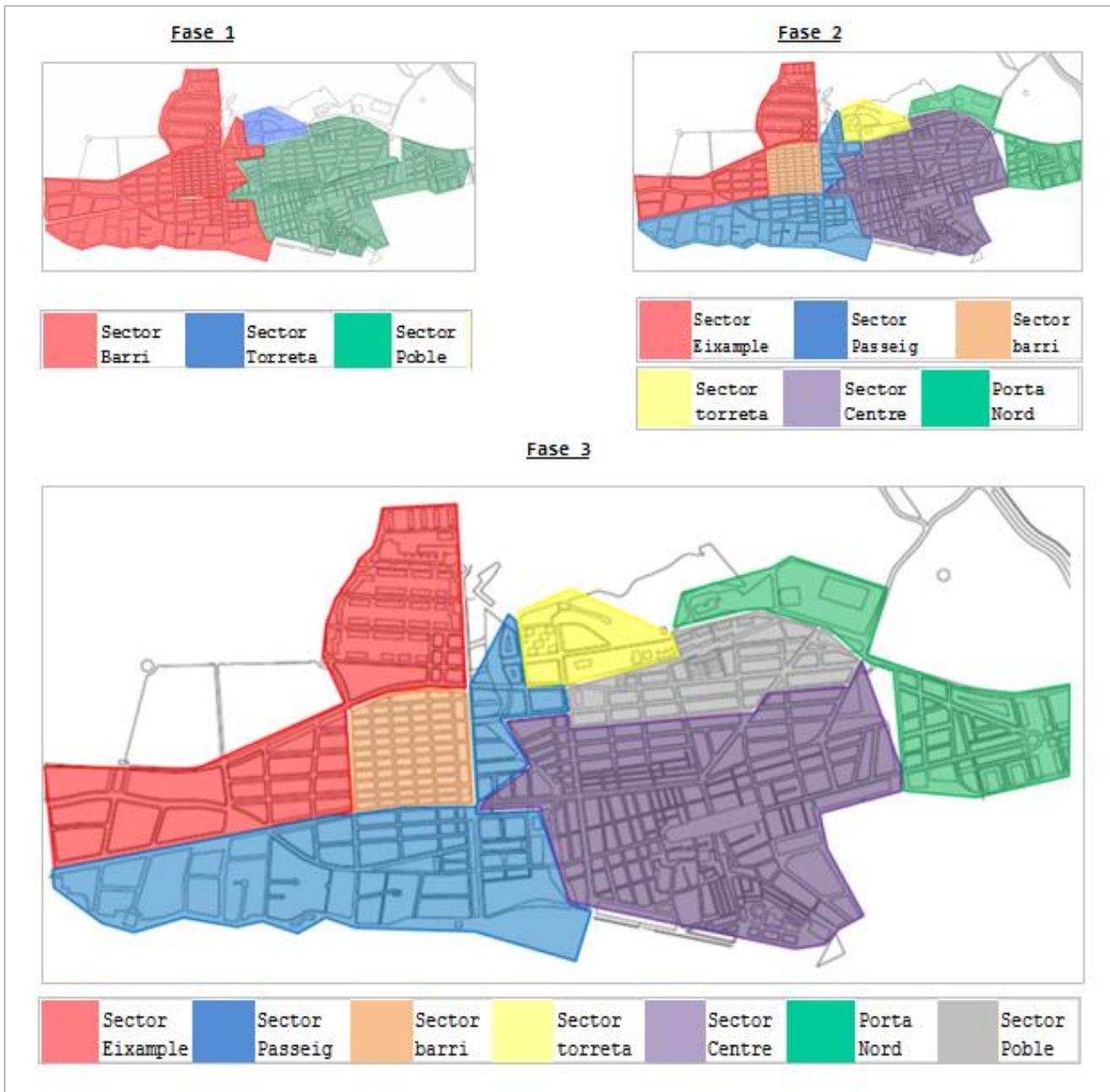


Ilustración 3.1A Evolución de la sectorización durante el último año

Estos sectores se han creado acorde no solo a la localización de los diferentes barrios sino también de acuerdo a las diferentes alturas que presenta la población, ya que no es absolutamente plana, sino que tiene tres escalones de presión lo suficientemente diferenciados a medida que nos adentramos desde el mar.

Además para tener un control mayor sobre estos escalones se han instalado recientemente unas válvulas reductoras de presión. Están colocadas a la entrada de los Sectores Barri, Passeig y Centre. Estas válvulas se autorregulan según la demanda de agua de las zonas a las que suministra.

Ciertamente estas válvulas podrían presentar un problema: la no detección de Fugas, pues se autorregularían a la demanda, y la válvula permitiría el paso de caudal alimentando la fuga. Es por ello que se debe tener un exhaustivo control sobre los consumos habituales tanto diurnos como sobre todo nocturnos. Es esta una de las causas de la creación de los nuevos sectores, y así para tener un control de la red más acotado y detectar las anomalías que se presenten con mayor rapidez.

Hoy en día la red de Sant Carles está todavía en proceso de sectorización, por lo que la distribución actual de los sectores puede modificarse según se considere en el futuro.

También existen dos pequeñas estaciones de bombeo que suministran presión a los sectores de cota más elevada.

Los nuevos elementos asignados (válvulas y bombeos) se pueden apreciar en el esquema de la Ilustración 3.1B que aparece en la página contigua:

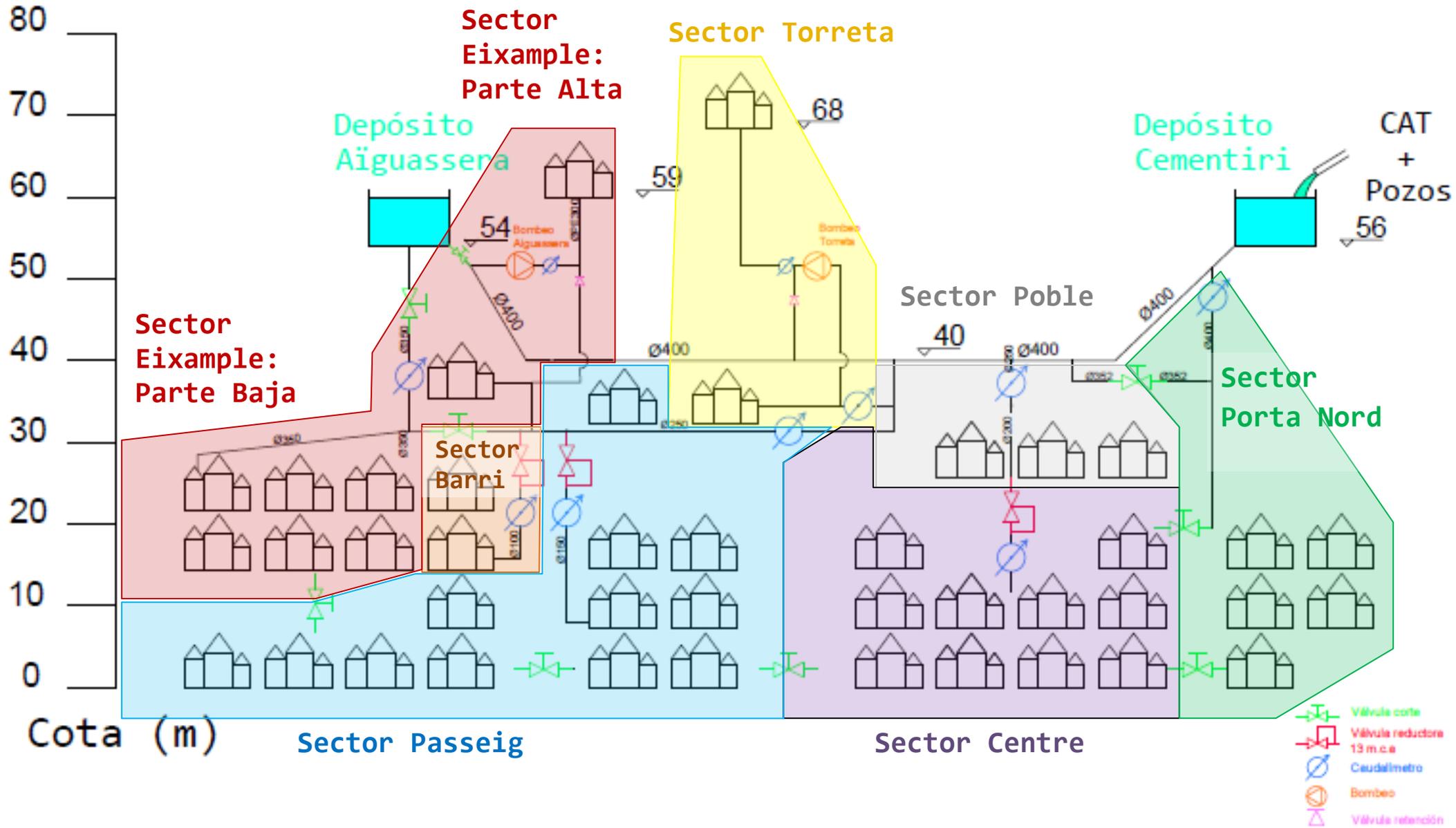


Ilustración 3.1A Esquema de Alta Sant Carles de la Ràpita 2014.

3.1.1 Configuración de la red

Como hemos recalcado, la red de abastecimiento de Sant Carles de la Ràpita ha sido modificada durante el último año de manera notoria.

A continuación mostramos un cuadro-resumen de los cambios efectuados y un esquema de red de cada uno:

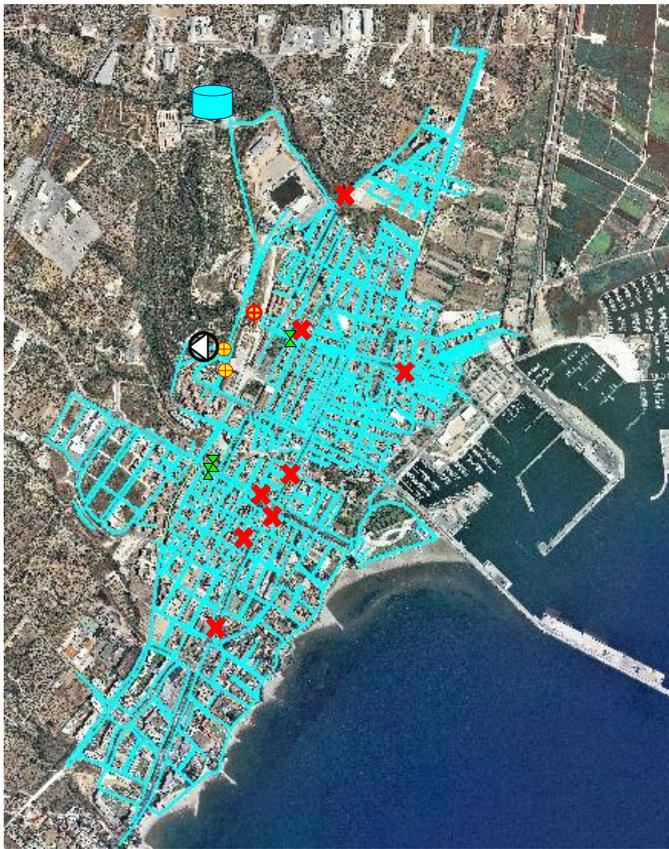
Tabla 3.1.1 Configuración de red 2013-2014

Configuración 2013	Configuración 2014
<p>- Abastecimiento de la red desde un sólo depósito (Depósito de Cementiri)</p>	<p>- Se añade un depósito de compensación a la red (abastecimiento desde Depósito de Cementiri y Depósito de Aiguassera) -Tubería de interconexión de depósitos DN PE400 completada. - Nuevo bombeo junto a depósito Aiguassera -Nueva Tubería DN FD300 de conexión desde el depósito Aiguassera a Zona Eixample (por C/ bandolers)</p>
<p>- Red configurada en tres sectores. Toma de datos de caudal inyectado en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • C/ Dr Torné, Salida a C/ Calaceit i Torreta • C/ Dr Torné, salida a sector Barrio • C/ Columbretes, salida a sector pueblo (parte antigua) 	<p>- Red configurada en siete sectores. Toma de datos de caudal inyectado en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • C/ Dr Torné, Salida a C/ Calaceit i Torreta • C/ Dr Torné, salida a sector Barrio • C/ Columbretes, salida a sector pueblo (parte antigua) • Av/Catalunya con Av/Codonyol, salida Izquierda • Av/Catalunya con Av/Codonyol, salida Derecha • C/ Constancia con 12 D'Octubre, salida parte antigua
<p>- Válvulas de corte cerradas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • C/ Constancia 50 • Plaça El CoC con C/ Sant Francesc • Av. Catalunya 42 • C/ Sant Isidre 107 • C/ Sant Isidre 115 • C/ Sant Isidre con C/ Emilio Parras • C/ Sant Isidre con C/ Rosselló • C/ Dositeo Andrés con C/ Sagrat Cor derecha 	<p>- Válvulas de corte cerradas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • C/ Constancia 50 • Plaça El CoC con C/ Sant Francesc • Av. Catalunya 42 • C/ Sant Isidre 107 • C/ Sant Isidre 115 • C/ Sant Isidre con C/ Emilio Parras • C/ Sant Isidre con C/ Rosselló • C/ Sant Josep 78 • C/Dr Torné 24 • Av Catalunya 47 • C/ dels Bandolers con Av Condonoyol derecha

Seguidamente se expone la red de abastecimiento de la población sobre una ortofoto con las coordenadas en sistema de referencia ETRS 1950, y la situación aproximada de sus elementos:

- ✘ Vávula de corte
- ⊕ Registro de Caudal
- ⌵ Vávula reductora
- 🛢 Depósito
- ⊖ Bombes

2013



2014

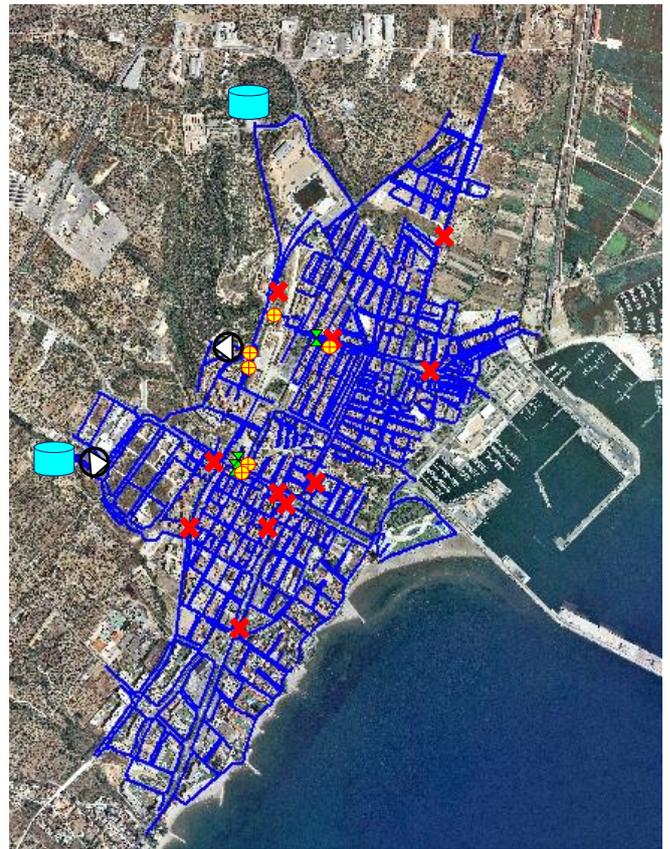


Ilustración 3.1.1 Ubicación de Elementos en la red 2013 y 2014

3.2 Descripción de los elementos

Se procederá a describir a continuación cada uno de los elementos de la red, tanto los anteriormente existentes (en 2013), como los que se encuentran funcionando en la actualidad:

3.2.1 Captaciones

Como se ha comentado, el agua suministrada por la red de abastecimiento de Sant Carles de la Ràpita proviene mayoritariamente del Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT), y puntualmente se aporta agua de los cinco pozos propios del municipio.

CAT

El abastecimiento y suministro de agua al municipio de Sant Carles es ofrecido por la empresa pública Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT), ente formado por la Generalidad de Cataluña, ayuntamientos e industrias de la provincia de Tarragona, y representantes de las dos comunidades de regantes del Delta del Ebre.

El origen del CAT y su necesidad vienen derivados del tradicional déficit de agua en el territorio agravado a finales de los años 70. La escasez de agua en las comarcas de Tarragona era notoria, el incremento turístico y el desarrollo industrial y agrícola habían aumentado el consumo de agua, de manera que los recursos subterráneos eran escasos y se salinizaron los pozos. Estos hechos también provocaron habituales restricciones de agua en todo el territorio. Sólo se disponía de 50 Hm³ / año, cuando eran necesarios 90 Hm³ para cubrir las necesidades hídricas. Ante esta precaria situación, se aprobó la Ley 18/1981, de 1 de julio, de actuaciones en materia de aguas en Tarragona.

El agua que llega a Sant Carles es sometida a un proceso físico-químico, basado en la coagulación, floculación, decantación y filtración del agua en la planta de tratamiento

(ETAP) ubicada en La Ampolla, con

capacidad para potabilizar los 4 m³/s de la concesión, más de 345 millones de litros al día. En el laboratorio correspondiente, se analiza diariamente y en continua el agua servida por el Consorcio.



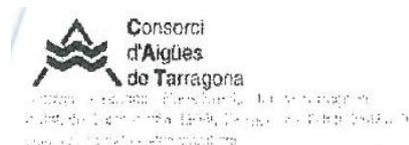
Ilustración 3.2.1 Red CAT en Tarragona. Fuente <http://www.ccaait.com>

Actualmente existe un contrato de concesión en el que se asigna una cantidad de agua mensual al municipio. De pasar este volumen concedido, se aplicaría una penalización económica.



Ilustración 3.2.1A Detalle Suministro CAT en Sant Carles de la Ràpita. Fuente <http://www.ccaait.com>

Hoy en día no existe posibilidad por parte del consorcio de que la cantidad de volumen asignado sea menor. La concesión anual de 2013 fue de 1,485,835 m³ (casi un millón y medio de metros cúbicos al año), aunque de esta concesión se consumieron tan sólo 1,393,655 m³, el resto del consumo se tomó de los pozos.



SANT CARLES DE LA RÀPITA

Informació sobre dotacions i consums d'aigua mensuals any 2013

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Dotació	110.966	99.205	110.476	115.476	117.881	123.401	157.177	179.303	129.293	118.225	111.535	112.897
Sant Carles	112.438	89.284	104.069	102.532	111.564	119.994	148.937	165.692	125.780	108.457	100.932	
Consum total	112.438	89.284	104.069	102.532	111.564	119.994	148.937	165.692	125.780	108.457	100.932	0
* Dif. consum dotació	-1.472	9.921	6.407	12.944	6.317	3.407	8.240	13.611	3.513	9.766	10.603	112.897
* % Diferència consum - dotació	101,33	90,00	94,20	88,79	94,64	97,24	94,76	92,41	97,28	91,74	90,49	

Tabla 3.2 Captura del documento de la concesión del CAT en 2013

Pous Solitos

Las captaciones Solito I, Solito II, Solito III, Solito IV, también llamadas como Pozos de Matarredona, se encuentran situadas en el municipio de Sant Carles de la Ràpita, dentro de la cuenca hidrográfica del Ebro. La conducción de agua hasta depósito de cabecera, se realiza mediante tubería cerrada por gravedad de fundición dúctil y 125 mm de diámetro nominal.

Es un conjunto de cuatro captaciones de agua de aceptable calidad, situados a casi 3.5 km de distancia del depósito de cabecera Cementiri.

La tubería de bajada es única para los cuatro pozos, a la que se conectan con piezas en “T” o en “Y”.

Pous de Cementiri

Otra de las captaciones que hay en el municipio dentro de la cuenca hidrográfica del Ebro, es el Pozo del Cementiri. El uso de esta captación es ordinario y de tipo pozo entubado.

La conducción hasta depósito se realiza mediante tubería cerrada por gravedad de fibrocemento de 250 mm de diámetro nominal.

Son dos pozos perforados con entubación superficial hasta tan solo 2 m, en terreno arcillo-margoso, situado al lado de ámbito del Cementerio,

A una cota aproximada de 62, 5 m.s.n.m. Los dos pozos se comandan desde la misma caseta. Están cerrados por un recinto perimetral

Esquema de las Captaciones

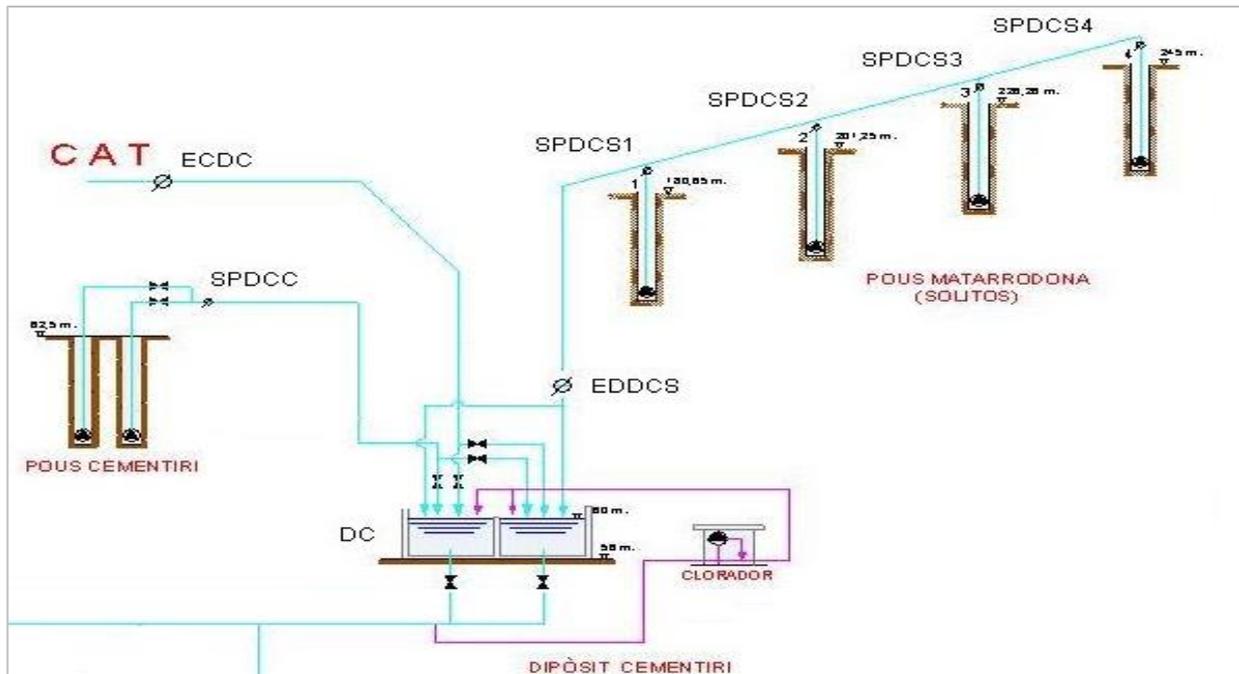


Ilustración 3.2.1B Esquema de las Captaciones. Fuente: Aigües de Catalunya

Posición Captaciones

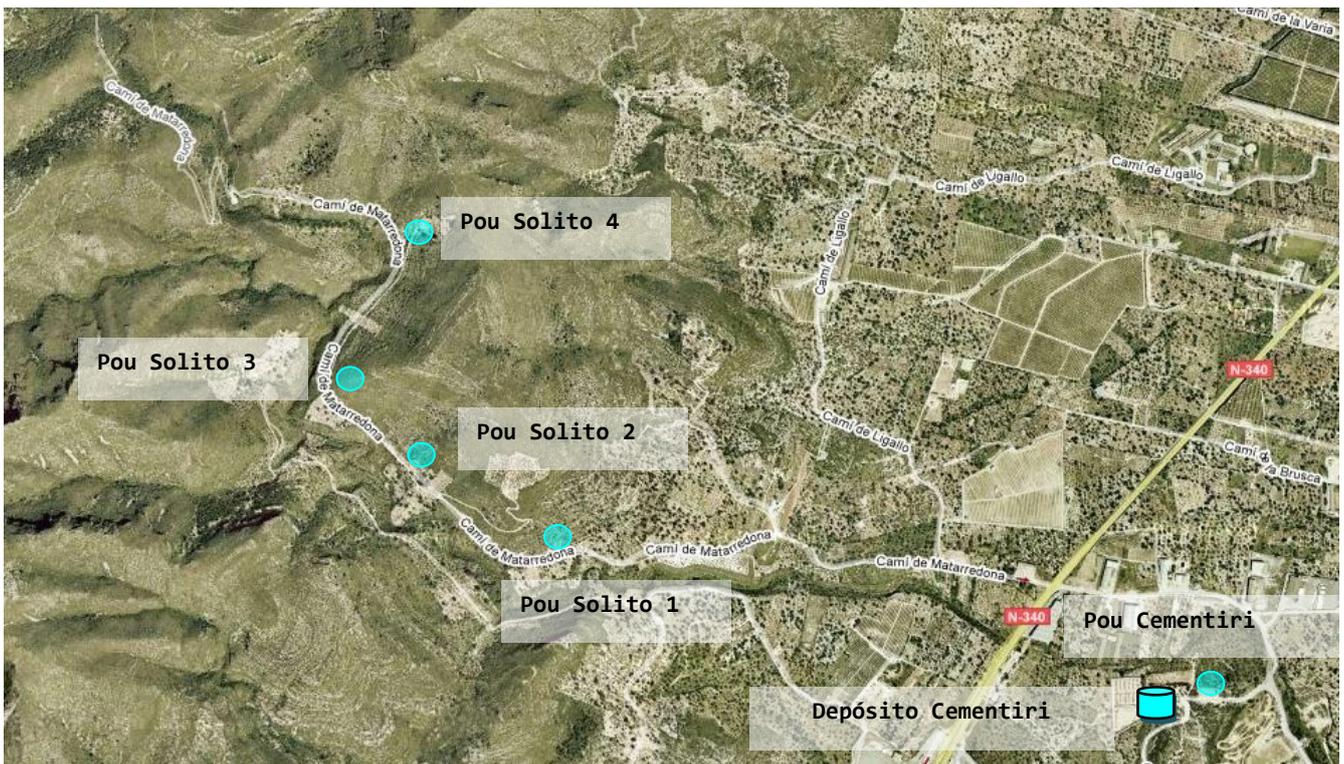


Ilustración 3.2.1C Ubicación de las Captaciones. Fuente: POUUM

3.2.2 Depósitos

Depósito Cementiri

El depósito de cabecera, llamado Depósito Cementiri, se encuentra ubicado junto al cementerio municipal.

Tiene una antigüedad de 15 años y su estructura es de planta rectangular y de alzado semienterrado, cubierto, fabricado en hormigón armado, tal y como se visualiza en la foto, donde también se aprecia que el recinto no está cerrado perimetralmente.

Consta de dos compartimentos, pues está dividido por la mitad en su cara más ancha por una pared, aunque el nivel de agua es el mismo en todo el depósito. Su capacidad total es de 4200 m³.

Su cota es de 56 m.s.n.m en su solera y de 60 m.s.n.m en su lámina de agua, cuenta, por tanto, con una altura de agua de 4.0 m.



Ilustración 3.2.2 Depósito Cementiri visto desde arriba



Ilustración 3.2.2A Entrada del CAT al depósito Cementiri

Depósito Escoles

El Depósito Escoles, actualmente se encuentra fuera de servicio, pero se utilizaba como depósito de regulación. Está situado en la calle Doctor Torné. Se trata de un depósito de estructura de hormigón armado y planta cuadrangular, constituido por un único vaso de 500 m³ de capacidad total.



Ilustración 3.2.2B Depósito Escoles (ya en desuso)

Depósito Aiguassera. Nuevo Depósito.

Este depósito ya se encontraba construido en el año 2011 y fijado al Plan director de la red de abastecimiento de agua potable en el año 2010, sin embargo, no estaba operativo ni se consiguieron los permisos para su uso hasta el 2014.

Este segundo depósito de almacenaje dispone de una capacidad de 4,500 m³. El depósito es de tipología circular, con un diámetro interior de 30 m, y una altura de 6.85 m.

Estructuralmente, está construido con hormigón armado, el grueso de solera de dicho depósito es de 15 cm y de los muros de 20 cm en toda su altura. Su cota es aproximadamente de 54 m.s.n.m.

El depósito tiene dos tuberías, de entrada y salida, por su parte inferior.



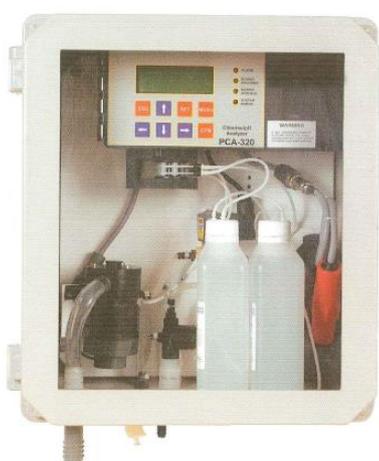
Ilustración 3.2.2C Depósito Aiguassera



Ilustración 3.2.2D Tubería de entrada al depósito Aiguassera

Descripción de los Procesos De Tratamiento en los depósitos

El proceso de tratamiento del agua de la zona de abastecimiento de Sant Carles se realiza en el Depósito Cementiri, y posteriormente se repite el tratamiento en el depósito Aiguassera



La dosificación de desinfectante, que en este caso es el hipoclorito sódico, se realiza mediante un equipo de cloración continuo de 220 V para conseguir que la cloración sea homogénea y evitar que haya picos en la concentración de cloro libre residual en los depósitos, y consecuentemente a la red de distribución.

Ilustración 3.2.2E Dosificador y caseta de cloración en depósito Cementiri

3.2.3 Grupos de Presión

En Sant Carles se localizan dos pequeños grupos de presión (ver Ilustración 3.2.3), ambos formados por 3 bombas con variador que impulsan agua a las partes más altas de la población y que se regulan con la presión de salida. Estas bombas no funcionan simultáneamente en ninguno de los grupos de presión, tan sólo se alterna el funcionamiento para un mejor mantenimiento de las mismas.

El grupo de presión a la entrada del Sector en Torreta (antes Civil) se compone por tres bombas de la marca Grundfos Lenneteecch modelo CR45 A-F-A-E HQQE 3x 400/690 50 HZ.

El grupo de presión en Aiguassera, se encuentra en una caseta junto al depósito del mismo nombre. Toma el agua a impulsar desde la tubería de interconexión entre los depósitos. Se compone por tres bombas de la marca Grundfos Lenneteecch modelo 64-3-1 A-F-A-E HQQE.



Ilustración 3.2.3 Grupo de bombeo junto al Depósito Aiguassera



Ilustración 3.2.3A Caseta del Grupo de Bombeo Torreta

Curvas de las Bombas

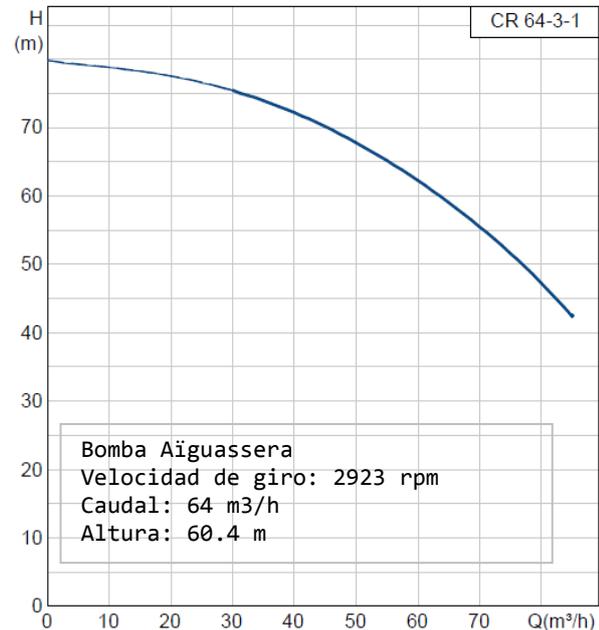
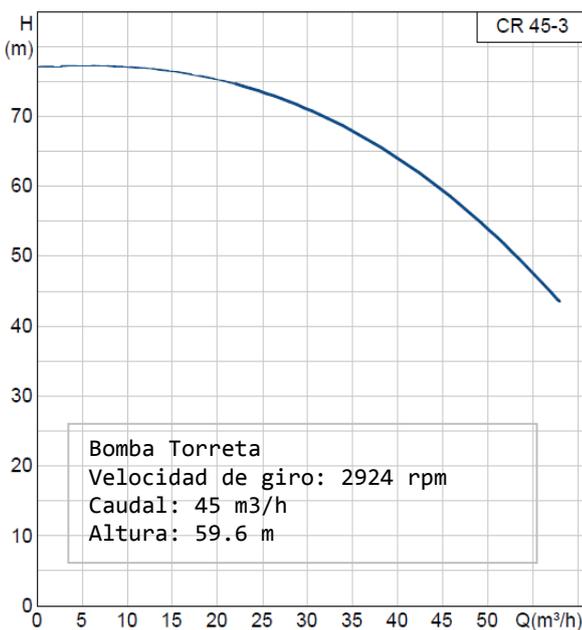


Ilustración 2.2.3B Curvas individuales de las bombas

3.2.4 Válvulas Reductoras de presión

Se dispone de tres válvulas reductoras, cuyas consignas dependen de la presión de salida, estas válvulas se abren o cierran según la demanda de caudal de la población. Están son sus características:

Tabla 3.2.4 Válvulas reductoras existentes

VÁLVULAS REDUCTORAS	Diámetro	Presión de entrada	Presión de salida
V1 VR Av. Catalunya (izquierda)	DN80	Pe-2.4 atm	Ps-1.3 atm
V2 VR Av. Catalunya (derecha)	DN150	Pe-2.4 atm	Ps-1.3 atm
V3 VR C/ Constància	DN150	Pe-3.3 atm	Ps-2.2 atm



La instalación de estas válvulas junto con un datalogger ha facilitado la creación de nuevos sectores. De este modo, la V1 y V3 se ubican justamente a la entrada de dos sectores, (Sector Barri y Sector Centre, respectivamente) mientras que la V2 se sitúa en la una zona intermedia del sector Passeig.

Ilustración 3.2.4 Válvulas reductoras instaladas

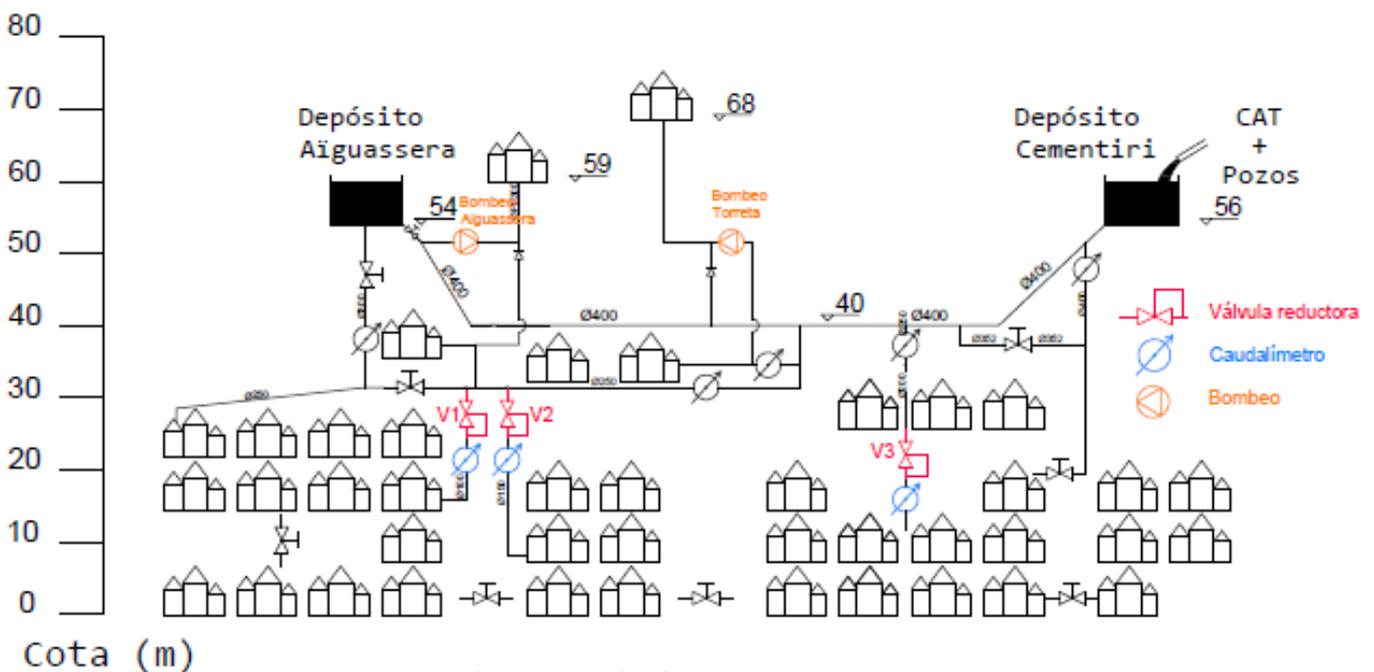


Ilustración 3.2.4A Ubicación de las Válvulas reductoras en el esquema

3.2.5 Red de distribución

Se interconectan los dos depósitos mediante la tubería DN400, y desde esta conducción a los diferentes sectores del municipio, a excepción del Sector Eixample Parte Baja, que toma el agua desde el depósito Aiguassera a través de una tubería de salida DN300.

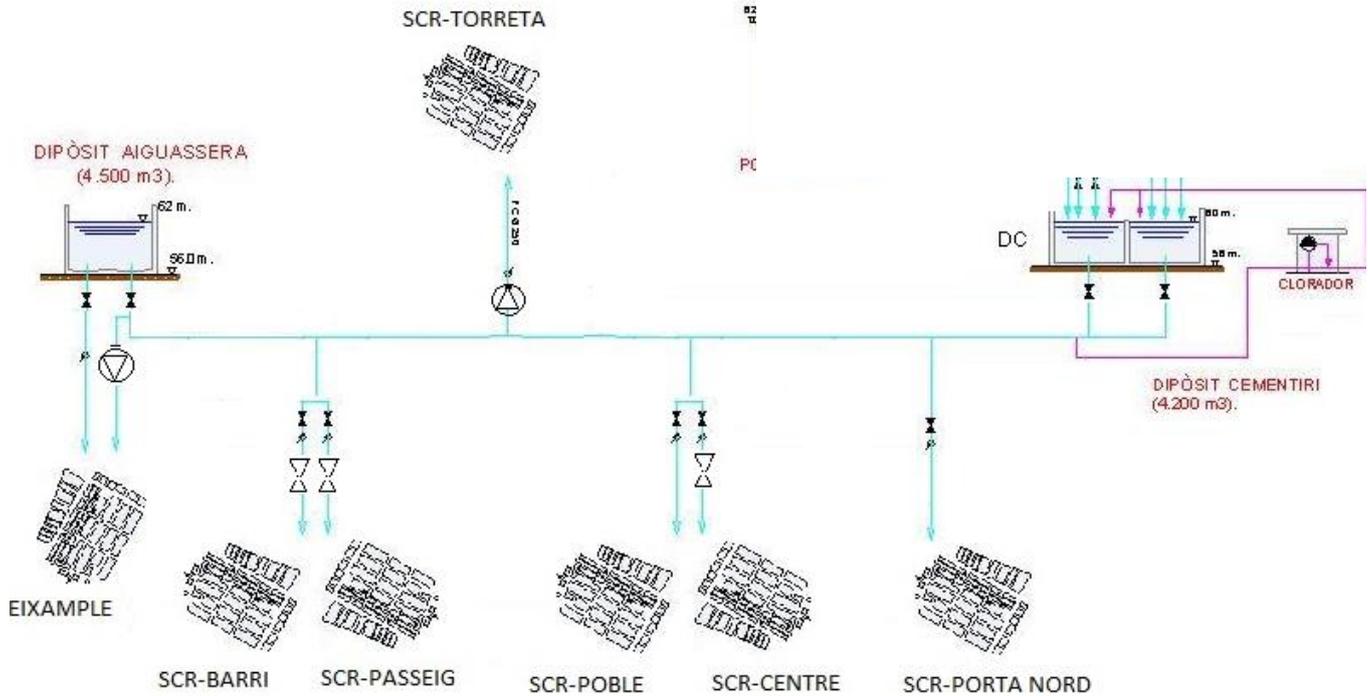


Ilustración 3.2.5 Esquema de red facilitado por Aigües de Catalunya

La red arterial y de distribución de Sant Carles está constituida por tuberías de diferentes tipos de materiales, como pueden ser fibrocemento, fundición dúctil, polietileno o PVC. Actualmente, el material utilizado en la instalación de nuevas tuberías es el polietileno.

3.2.6 Tipología de Red

La tipología de red de Sant Carles se considera de tipo mixto, según la interconexión de sus nudos. Para la aclaración de este concepto adjuntamos unas imágenes extraídas de la página web del ITA (UPV)

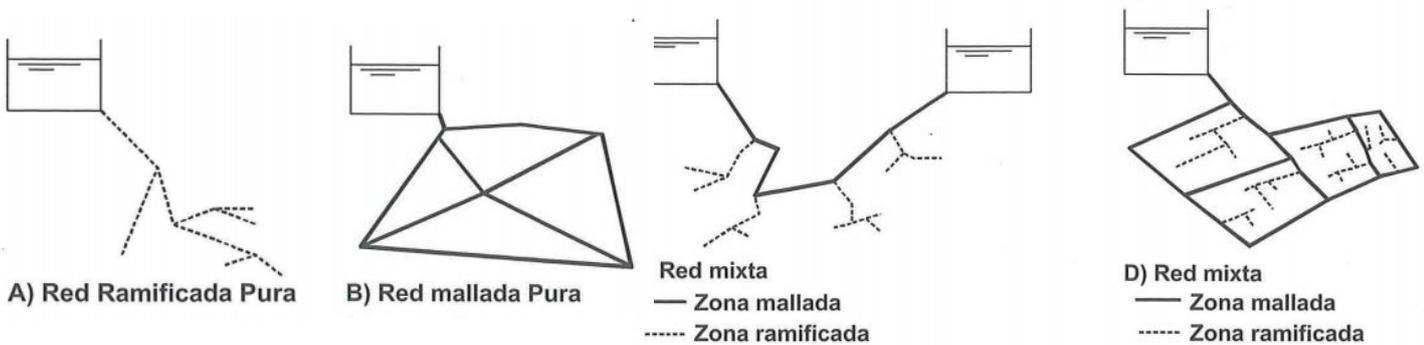


Ilustración 3.2.5 Tipologías de red según la interconexión de sus nudos

Sant Carles, sobre todo después de la incorporación del nuevo depósito Aiguassera, estaría situada en una tipología entre el modelo "C" y "D".

Inventario de Material y metros de tubería

A continuación se muestra la Tabla 3.2.5, que contiene el conjunto de metros de tubería clasificados en primer orden según su material, y dentro de del material según su diámetro.

Tabla 3.2.5 Longitudes de tubería según el material y el diámetro

ØNOMINAL	ØINTERIOR(mm)	LONGITUD(m)
FC50	50	13784.82
FC60	60	11435.73
FC80	80	2205.92
FC100	100	3418.00
FC125	125	1873.06
FC150	150	2141.23
FC200	200	1158.19
FC250	250	279.43
FC400	400	483.25
TOTAL FC		36779.66

ØNOMINAL	ØINTERIOR(mm)	LONGITUD(m)
FD150	150	598.98
FD200	200	1091.05
FD250	250	463.52
FD300	300	1298.82
FD400	400	591.20
TOTAL FD		4043.58

ØNOMINAL	ØINTERIOR(mm)	LONGITUD(m)
PE40	35.2	166.97
PE50	44	200.00
PE60	55.4	3333.66
PE75	66	1278.51
PE90	79.2	5163.95
PE110	96.8	5999.34
PE125	110.2	329.03
PE140	123.4	125.94
PE160	141	3404.17
PE180	158.6	515.34
PE200	176.2	1542.75
PE250	220.4	1722.30
PE315	277.6	801.97
PE400	352.6	1353.65
TOTAL PE		25937.64

PEAD50	40.8	331.61
TOTAL PEAD		331.61

PVC090	81.4	1250.38
PVC0250	226.2	228.52
TOTAL PVC0		1478.91

TOTAL M TUBERÍA		68571.4202
------------------------	--	-------------------

3.2.7 Distribución de los materiales en la red

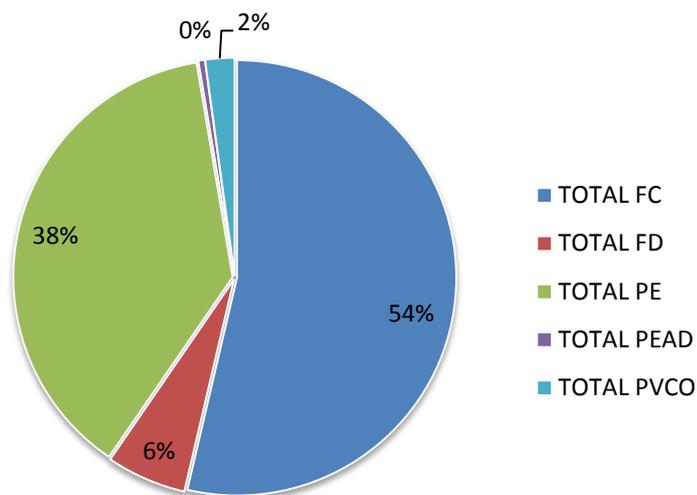


Figura 3.2.5 Porcentaje de materiales



Ilustración 3.2.5A Distribución de materiales

En la Figura 3.2.5 se muestra un gráfico de porcentajes de tipo de materiales y su correspondiente distribución en el esqueleto de la red. (Ilustración 3.2.5A)

En la Ilustración 3.2.5B se muestra, dependiendo del diámetro, lo que se considera la red arterial, para diámetros nominales mayores o iguales a 150mm, las conducciones que distribuyen el agua a los diferentes sectores, en rojo, y en azul la red de distribución (DN < 150)

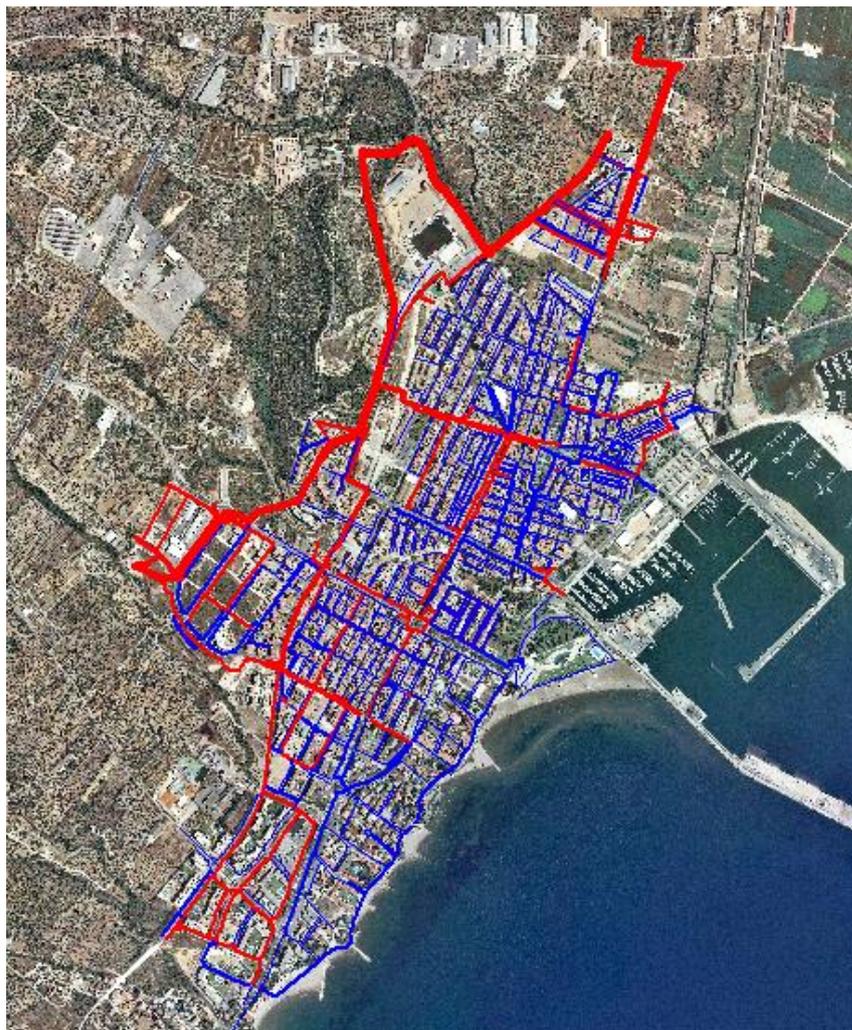


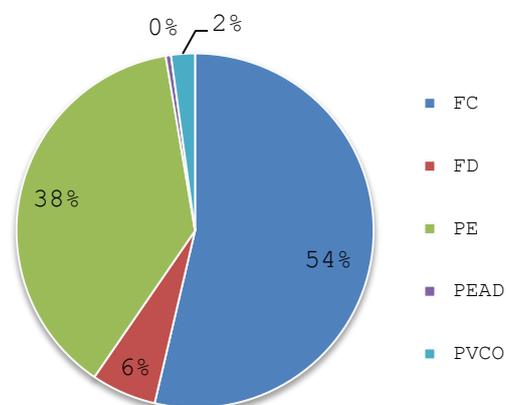
Ilustración 3.2.5B Red Arterial y Red de distribución

3.3 Tabla Resumen De Los Elementos De La Red

CAPTACIONES	Diámetro Entubación	Aportación m3 2013
Pous Solitos	∅ FD125	8,544
Pous Cementiri	∅ FC250	1,610
CAT	∅ FD125	1,393,655

DEPÓSITOS	Cota Solera	Altura	Base	Capacidad m3	Llenado
Cementiri	56 m.s.n.m.	4 m	21*50 m	4,200 m3	Por arriba
Aiguassera	54 m.s.n.m.	6.85 m	∅ 30 m	4,500 m3	Por abajo

RED DE DISTRIBUCIÓN	Km Tubería
FC Fibrocemento	36.78
FD Fundición Dúctil	4.04
PE Polietileno	25.94
PEAD Polietileno Alta Densidad	0.33
PVCO Policloruro de vinilo	1.48
TOTAL KM TUBERÍA	68.57



BOMBEOS	Marca	Modelo	Características
Torreta	Grundfos	CR45 A-F-A-E HQQE 3x	Velocidad de giro: 2924 rpm
	Lenneteecch	400/690 50 HZ	Caudal: 45 m3/h
			Altura: 59.6 m
Aiguassera	Grundfos	64-3-1 A-F-A-E HQQE	Velocidad de giro: 2923 rpm
	Lenneteecch		Caudal: 64 m3/h
			Altura: 60.4 m

VÁLVULAS REDUCTORAS	Diámetro	Presión de entrada	Presión de salida
V1 VR Av. Catalunya (izquierda)	DN80	Pe-2.4 atm	Ps-1.3 atm
V2 VR Av. Catalunya (derecha)	DN150	Pe-2.4 atm	Ps-1.3 atm
V3 VR C/ Constància	DN150	Pe-3.3 atm	Ps-2.2 atm

4. BALANCE HÍDRICO DEL ABASTECIMIENTO

Realizar el balance hídrico del abastecimiento supone un primer paso para efectuar un diagnóstico del mismo. Esto supone conocer las entradas de agua al sistema, así como su destino definitivo, es decir, la clasificación de los consumos de agua según su uso y fin concretos.

Es de gran importancia tener en cuenta que las dotaciones de las poblaciones pueden presentar una gran dispersión pues existe un gran número de variables que afectarían a la red:

- Existencia o no de contadores por abonado
- Diferencias en los tipos de actividades comerciales o industriales
- Condiciones climáticas Atracción turística durante algunos meses concretos
- Utilización de red de agua potable para riego de jardines privados o usos recreativos
- Volúmenes variables de agua no registrada: por fugas, errores de contadores tomas clandestinas etc.
- Niveles de presión en la red: a mayor presión, mayor volumen fugado y mayor consumo registrado.

Los aportes de agua a la red son determinados a partir de los contadores instalados en los puntos de inyección a la red, mientras que los volúmenes consumidos o facturados son hallados a partir de la lectura de los contadores de los abonados.

Para definir el balance es necesaria una contabilidad a referir a un determinado periodo de tiempo, normalmente comprendido entre el año (valor máximo) y el mes (valor mínimo)

En el caso de Sant Carles este periodo del balance será de un año, pues los datos de que se disponen en el periodo de 2013 son:

Para caudales inyectados:

- Lectura diaria de contadores para los sectores Barri, Espanyol y Civil
- Lectura diaria de Contadores para el CAT
- Lectura diaria de Contadores para Pous de Matarredona y Pous Cementiri

Para volumen de agua consumido:

- Datos de facturación por calle trimestrales
- Datos de facturación por abonado anuales

Dado que el periodo que más tiempo abarca es el anual, además de que para los cálculos resulta más sencillo, el periodo para el balance hídrico a estudiar será el comprendido durante el año de 2013.

En este balance entran en escena diversos conceptos de caudal, que varían acorde a las variables especificadas al inicio del apartado. Según Cabrera, E.(2010) las redes de agua potable pueden clasificar el caudal circulante atendiendo a los siguientes niveles:

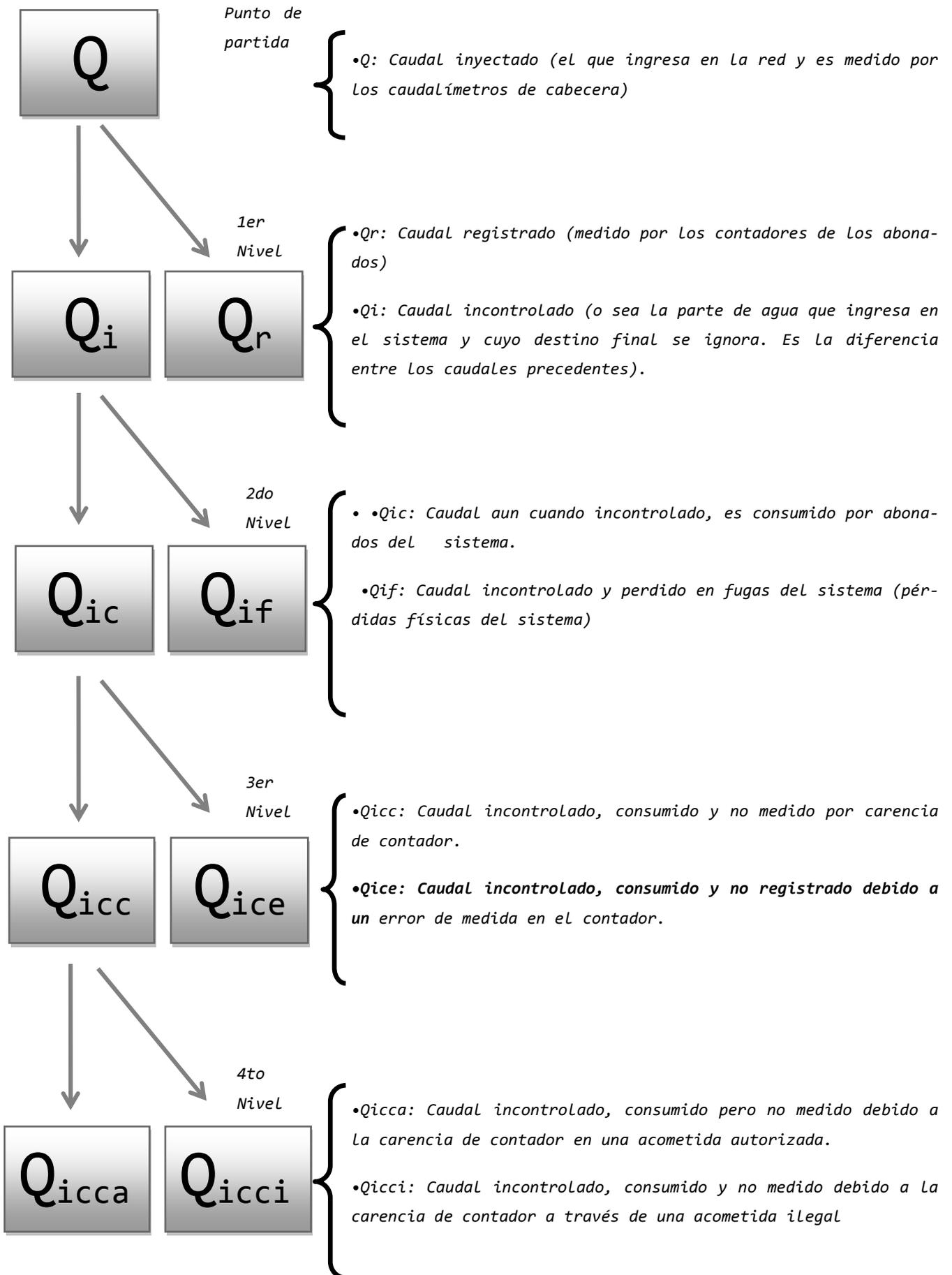


Figura 4. Balance Hídrico

4.1 Volumen de agua inyectado a Red

El volumen de agua inyectada se obtiene a partir de la lectura de los contadores instalados a la entrada de la red, o bien, si la red está sectorizada, como viene a ser nuestro caso, a la entrada de los distintos sectores.

En el municipio de Sant Carles, el principal punto de inyección de agua a la red proviene de la concesión del CAT, cuya conducción de traída dispone a su llegada de un contador. Sin embargo, no tomaremos como referencia para el balance estas lecturas, sino que se utilizará la lectura de contadores instalados a la entrada de los sectores Barri, Espanyol y Civil (Sectores existentes en 2013) por varios motivos:

En ocasiones puntuales también se recibe suministro de agua de los pozos de Matarredona y Cementiri, principalmente en verano.

la empresa gestora lo recomienda, por considerar que el contador del CAT no es totalmente preciso y tiene errores de medición por subcontaje.

Se puede estudiar la demanda de red de un modo más preciso y acotado, por cada sector.

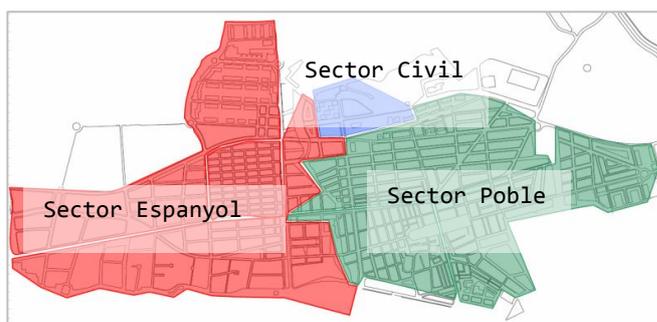


Ilustración 4.1. Sectores existentes en 2013 atendiendo a los registros de caudal inyectado

La empresa gestora del abastecimiento del agua realiza lecturas periódicas de estos contadores. A continuación se presenta un resumen mensual del caudal inyectado a la red de 2013, el cual proporcionará una idea de la modulación anual de la demanda de la población:

Tabla 4.1 Volumen inyectado en 2013

Volumen de agua inyectado por sector en 2013				
	Poble	Espanyol	Civil	
Enero m3	59930	68010	1775	
Febrero m3	53910	40600	1571	
Marzo m3	60570	46950	1757	
Abril m3	60410	47930	1854	
Mayo m3	60680	54350	1922	
Junio m3	60660	64500	2065	
Julio m3	70430	85030	2350	
Agosto m3	77890	96770	2212	
Septiembre m3	62830	68940	1856	
Octubre m3	61135	49330	1997	
Noviembre m3	58525	42610	1802	
Diciembre m3	64090	40640	1745	Total 2013
TOTAL m3/año	751060	705660	22906	1479626
prom m3/día	2057.70	1933.32	62.76	4053.77
prom m3/mes	62588.33	58805.00	1908.83	123302.17

A continuación se adjunta la Tab. 4.1A donde se recoge un resumen de los datos disponibles del volumen registrado de Sant Carles de la Ràpita

Tabla 4.1A Resumen de caudal inyectado

Volumen producido Año 2013 (m3)	1,479,626
Nº Abonados 2013	10,928
Consumo por abonado (l/abonado/día)	370.95
Nº Habitantes 2013	15,245
Consumo por habitante (l/hab/día)	265.91

4.2 Volumen de agua consumido

El volumen de agua consumido (*Volumen registrado*) se obtiene a partir de la información proporcionada por la facturación. No obstante, hay que tener presente que el volumen de agua facturada puede diferir del volumen de agua consumida debido a factores como:

- Abonados públicos o privados que carecen de contador, como por ejemplo bocas de riego de jardines públicos, limpieza de calles, descargas en red de alcantarillado etc., en general el denominado consumo público.
- Posibles tomas ilegales.
- Ausencia de contadores en puntos de consumo.
- Contadores parados, averiados o mal instalados. Errores de medición. Subcontajes o sobrecontajes.

En nuestro caso, el facturado se facilitó mediante tablas por consumo de calle en 2013 y periodicidad trimestral, lo que nos dará una idea de las zonas de mayor consumo o demanda de agua. También se dispone de una tabla de facturación por abonado de periodicidad anual del año 2013.

A continuación se adjunta una tabla resumen con los datos disponibles del volumen registrado de facturación.

Tabla 4.2 Volumen de agua registrado 2013

Facturación Anual Año 2013 (m3)	925,446.00
Nº Abonados 2013	10,928
Consumo por abonado (l/abonado/día)	232.02
Nº Habitantes 2013	15245
Consumo por habitante (l/hab/día)	166.31

4.3 Rendimiento Hídrico.

Otro de los datos importantes que se aprecian es el valor global del rendimiento hídrico. El rendimiento de una red se define como la relación entre el volumen de agua registrado y el volumen total inyectado en un mismo período de referencia. Como hemos definido, la diferencia entre ambos valores se puede deber a diferentes factores, sin embargo son en general las pérdidas de agua por la existencia de fugas en la red los volúmenes más importantes que marcan esta diferencia.

El rendimiento global del sistema, η_g , como relación entre el caudal registrado por los contadores y elcaudal total que ingresa en el sistema o caudal inyectado. Se tiene:

$$\eta_g = Q_r / Q$$

Hablamos de rendimiento del sistema porque combina los dos caudales más representativos que intervienen en el balance. De una parte el caudal total inyectado Q, y de otra el caudal del que se tiene plena constancia que llega a su destino final, el grifo del abonado, Q_r .

El resultado de este rendimiento puede clasificarse según una horquilla de valores que indicarían cuan efectiva es la gestión de la red

Tabla 4.3. Calificación de la gestión de un abastecimiento en función de η_g (Auditoría de redes de distribución de agua (Cabrera et al., 1999))

Rango	Calificación
$\eta_g \geq 0,9$	Excelente
$0,8 \leq \eta_g < 0,9$	Bueno
$0,7 \leq \eta_g < 0,8$	Regular
$0,6 \leq \eta_g < 0,7$	Malo
$0,5 \leq \eta_g < 0,6$	Inaceptable
$0,5 < \eta_g$	Tercermundista

Los resultados expresados en la Tab.4.3 se consideran orientativos para el caso de España, pues al no existir un organismo regulador a nivel nacional no se recogen datos públicos fiables. Ello no impide que puedan ser tomados como referencia para establecer una estimación de la capacidad de gestión del abastecimiento. Por lo general un rendimiento de un valor superior al 75 % se considerar aceptable.

Del análisis a las tablas adjuntas 4.1 y 4.2. se puede realizar una estimación el rendimiento global de la red de Sant Carles de la Ràpita.

Tabla 4.3A Estimación del Rendimiento global de Sant Carles de la Ràpita

Facturación Anual Año 2013 (m3)	939,508.00
Nº Abonados 2013	10,928.00
Consumo (l/abonado/día)	232.02
Nº Habitantes 2013	15245
Consumo (l/hab/día)	166.31
Volumen producido Año 2013 (m3)	1,479,626.00
Nº Abonados 2013	10,928.00
Consumo (l/abonado/día)	370.95
Nº Habitantes 2013	15,245
Consumo (l/hab/día)	265.91
Rendimiento %	63.50

Según se indica la Tabla 4.3A estimamos un rendimiento del 63,5%. Dicho rendimiento puede ser mejorable aplicando las medidas correctoras adecuadas. En el apartado 6 del “Análisis De La Situación Actual” se determinarán las causas que motivan la obtención de este rango.

4.4 Modulación diaria y estacional

Anteriormente se han obtenido los consumos anuales y mensuales de caudales de inyección y de facturación, si bien para la planificación y diseño del abastecimiento es necesario tener en cuenta las necesidades máximas de suministro, por lo que será necesario considerar la modulación que sufre el consumo de agua potable a lo largo de un día, hora a hora. Adicionalmente y a fin de situarse del lado de la seguridad de cara al suministro ofrecido por el abastecimiento se establecen estos parámetros considerando el día de mayor consumo del año, resultando así un coeficiente punta.

Estos coeficientes se obtienen a partir de los caudales medios, que se definen como el cociente entre el volumen de agua inyectado o consumido en un periodo y el tiempo considerado (generalmente se expresa en m3/año, m3/día, m3/s o LPS).

Según V.S. Fuertes et al. (2002), en su libro “Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua” Dado que el consumo de agua es variable a lo largo del día, existe el concepto de “curva de modulación horaria”, que representa el caudal inyectado a lo largo del día. En el eje de ordenadas se representa el cociente entre el caudal medio de cada hora del día $Q(t)$ y el caudal medio diario Q_{md} , lo que se denomina coeficiente de modulación, $c(t)$:

$$c(t) = \frac{Q(t)}{Q_m}$$

Por otro lado, el caudal medio diario, Q_{md} , es variable a lo largo del año, y en el caso de redes que abastecen zonas turísticas, como es nuestro caso, estas variaciones son mucho más acusadas, dándose los valores máximos del consumo en los meses de mayor afluencia. Dado que la red debe calcularse para asegurar el suministro bajo cualquier estado de carga, es necesario acudir al día de mayor consumo de todo el año. El caudal medio del día de mayor consumo Q_{mdmc} se obtiene como producto del caudal medio anual Q_m por un coeficiente K_{dmc} (coeficiente de día de mayor consumo):

$$K_{dmc} = \frac{Q_{dmc}}{Q_m}$$

En el caso de Sant Carles se procederá al cálculo de los coeficientes mediante un *Coefficiente de estacionalidad*: Tomaremos los datos del mes de mayor consumo y calculamos su promedio. El cociente o relación entre el promedio del mes de mayor consumo y el promedio anual nos da el Coeficiente de estacionalidad *Kest*. Posteriormente, multiplicamos a este *Kest* el *Coefficiente día de mayor consumo dentro de este mes*: Es el cociente o relación entre el día de mayor consumo del mes estudiado y el consumo diario promedio de dicho mes.

Finalmente, el coeficiente punta se estima como el producto del coeficiente del día de mayor consumo y el coeficiente punta horario: $K_p = K_{dmc} \cdot K_{hp}$

Dónde:

- *K_p*: Coeficiente punta
- *K_{dmc}*: Coeficiente de estacionalidad x Coeficiente día de mayor consumo (dentro del mes de mayor consumo)
- *K_{hp}*: Coeficiente punta horario

Dentro del modelo, el coeficiente punta horario es determinado a partir de la curva de modulación horaria del abastecimiento. El coeficiente de estacionalidad se determina a partir de la evolución mensual de la producción a lo largo del año, mientras que el coeficiente del día de mayor consumo se determina con la evolución de la producción diaria a lo largo del mes de máximo consumo.

4.3.1 Curva de modulación horaria del Consumo

Puesto que no se dispone de una lectura continua de los caudales de consumo de la red de Sant Carles de la Ràpita se ha empleado una curva de modulación horaria tipo para un municipio con unas características similares a las de Sant Carles en cuanto al tipo de abonados. Como se verá más adelante en la confección del modelo también se detallarán otras curvas para otros tipos de consumidores, sin embargo, esta será la que se utilizará en la mayor parte de los nudos.

De este modo los valores de caudal de Sant Carles y los consiguientes factores horarios a aplicar a los consumos son los mostrados a continuación:

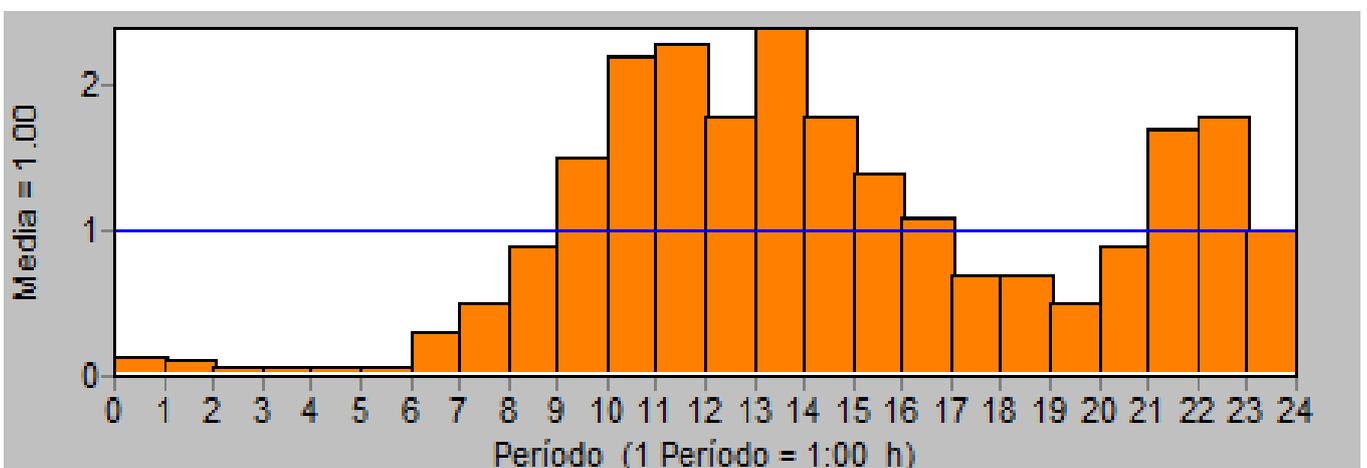


Figura 4.3.1 Curva de modulación de la demanda. Consumo Doméstico

Como se puede apreciar en la figura 4.3.1, las horas nocturnas son de muy bajo consumo comparativamente a las horas punta.

4.3.2 Estacionalidad del consumo

Tal se observa en la tabla 4.1 del volumen inyectado, los caudales inyectados a red varían notablemente según la época del año. A partir de los datos de la precitada tabla podemos extraer los coeficientes para cada mes a partir de un valor promedio:

Tabla 4.3.2 Coeficientes estacionales

	M3 inyectados a red	Coficiente
Enero	129,715	1.05
Febrero	96,081	0.78
Marzo	109,277	0.89
Abril	110,194	0.89
Mayo	116,952	0.95
Junio	127,225	1.03
Julio	157,810	1.28
Agosto	176,872	1.40
Septiembre	133,626	1.08
Octubre	112,462	0.91
Noviembre	102,937	0.83
Diciembre	106,475	0.86

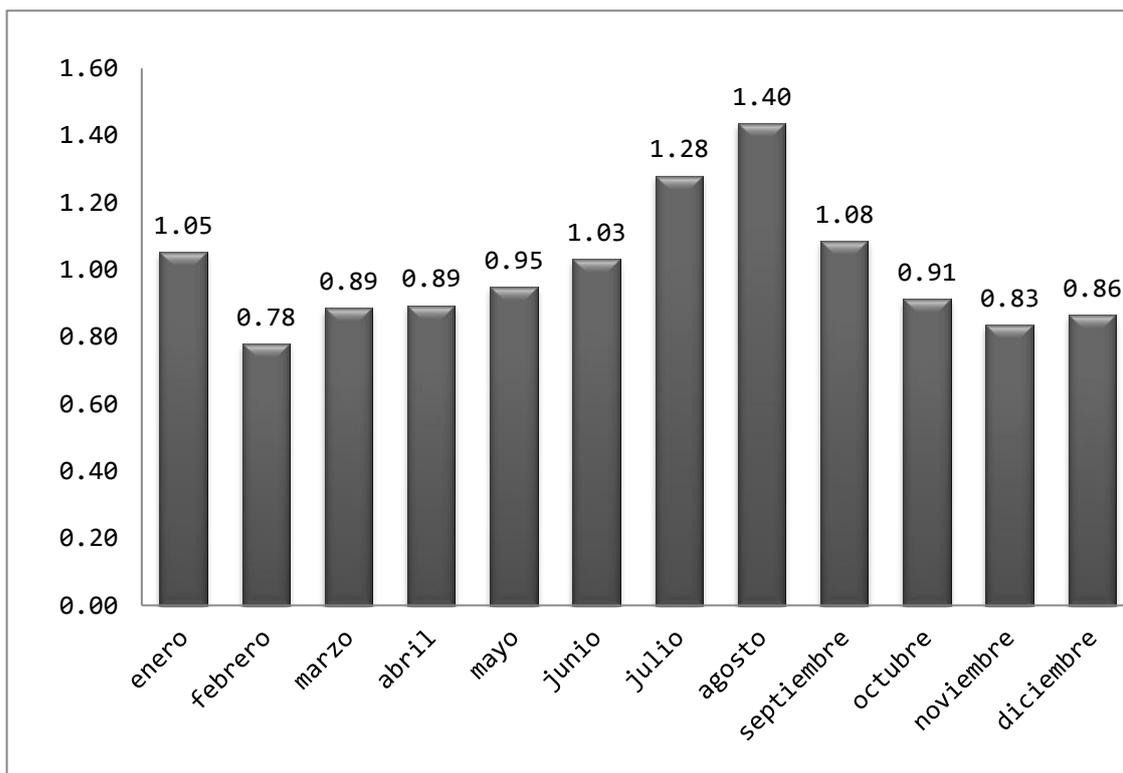


Figura 4.3.2 Coeficientes representados por meses

Se aprecia visiblemente como los mayores coeficientes pertenecen a los meses de verano, debido a ser Sant Carles un destino turístico, destacando Agosto, donde se inyecta un 40% más que la media del año, cuando el pueblo más incrementa su actividad. El caudal inyectado mínimo acaece en Febrero, por debajo del 80% con respecto a la media anual.

4.3.3 Determinación de caudales punta

Para definir estos caudales crearemos un escenario específico en el que se den las más desfavorables en cuanto a consumo o demanda de agua potable. Para ello tomaremos el mes de mayor consumo y hallaremos el coeficiente de máximo consumo diario por sector.

Este escenario será nombrado como “Día de máximo consumo” siguiendo la siguiente fórmula:

$$K_{dmc} = \text{Coef. Estacionalidad} \times \text{Coef. Día mayor consumo}$$

Tal como hemos explicado anteriormente

$$K_p = K_{dmc} \cdot K_{hp}$$

Sin embargo, no será necesario a calcular K_{hp} (Coeficiente horario punta), pues vendrá implícito en la curva de modulación de la demanda insertada.

Resumiendo, nuestro coeficiente punta será:

$$K_p = K_{dmc}$$

Que por cada sector resultarán:

$$K_{dmc_{Poble}} = 1.65$$

$$K_{dmc_{Espanyol}} = 1.81$$

$$K_{dmc_{Civil}} = 1.4$$

El resultado de estos valores y el procedimiento para llegar a los mismos se desarrolla en el apartado 5.2 “ Situación día de máximo consumo 2013” dentro del Anejo “Confección del modelo matemático”

4.4 Previsión del incremento de abonados

Tal y como se deduce del gráfico en Antecedentes del apartado “Medio Socioeconómico. Evolución de la población” las últimas previsiones indican un estancamiento en el crecimiento de la población en Sant Carles. Por otro lado, debido a que la red está sobredimensionada en la actualidad en las zonas de nueva construcción, para las que no existe una previsión de desarrollo urbanístico, no se considera necesario realizar el estudio sobre un hipotético incremento de abonados.

5. RESUMEN DE LA CONFECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Se presenta a continuación un resumen del proceso seguido en la confección y validación del modelo matemático creado para Sant Carles de la Ràpita. Se cuenta con una descripción más detallada de todo el proceso en el anexo “Confección del modelo Matemático” .

5.1 Datos iniciales. Planos

A la hora de modelar la red, si bien disponemos de un plano facilitado por el POUM y otro por el Gis proporcionado por Aguas de Valencia, consideramos que la información más veraz y actualizada corresponde a los planos hechos a mano aportados por los operarios que diariamente desarrollan su trabajo en la red de Sant Carles de la Ràpita.

Podemos ver el resultado final de la clasificación en la ilustración 5.1, donde cada color corresponde a tuberías con diámetro y material distinto

Una vez cumplimentada la clasificación de las conducciones de la red, pasaremos a la importación de las mismas a un SIG(sistema de información Geográfica) donde podremos comprobar la conectividad del nuevo modelo.

En el SIG (Arc View) podremos comprobar la conectividad de nuestra red, para esto se requiere de un cuidadoso trabajo de observación y conocimiento de su forma de trabajo.

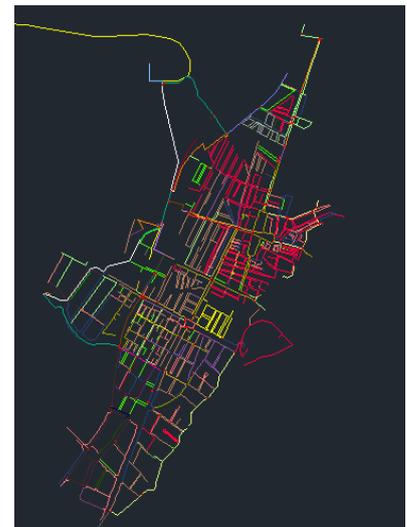


Ilustración 5.1 Red de AutoCAD recién importada a ArcView

5.2 Asignación de cotas a los nudos

Al desarrollar el proceso de asignación de cotas a los nudos se encontraron diversas dificultades: por un lado, el mapa de curvas de nivel facilitado estaba georreferenciado de manera distinta a las coordenadas utilizadas UTM 50 (las que se utilizan en Aguas de Valencia). Por otra parte, el mapa no abarcaba la superficie completa de la zona urbanizada de Sant Carles de la Ràpita, lo que obligó a completarlo manualmente.

Salvando las dificultades mencionadas, finalmente se creó la superficie de interpolación tal y como muestra la ilustración 5.2:

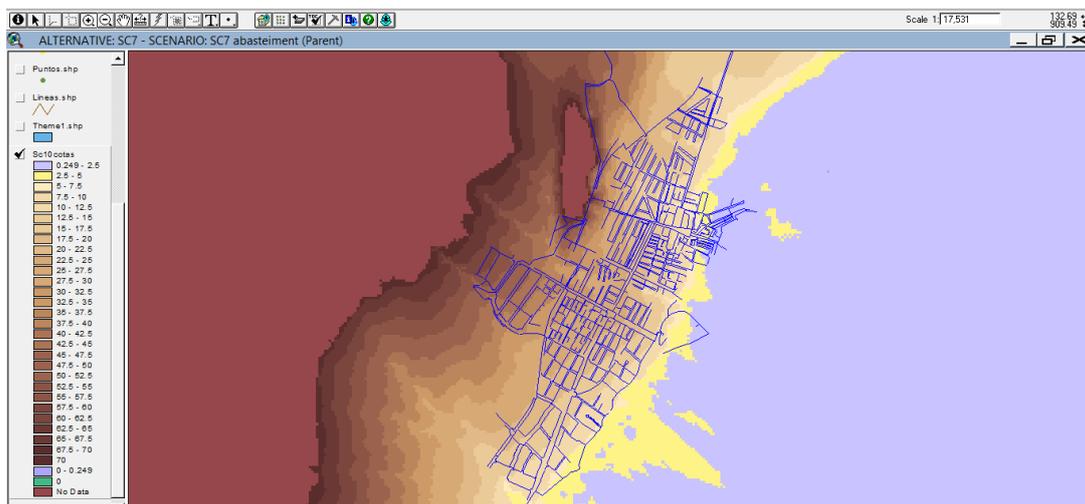


Ilustración 5.2 Superficie de interpolación creada

5.3 Asignación de consumos en los nudos

Para realizar esta asignación existen diversas herramientas y procedimientos. En este caso se optó por realizarlo de manera automática, partiendo de ficheros o tablas externas de consumos registrados.

5.3.1 Datos disponibles

Consumos registrados: La información referida a los consumos se obtendrá a través de la facturación realizada por calles y presentada en una tabla Excel. La lectura de los consumos se practica de forma trimestral, expresada en metros cúbicos, y abarca el periodo de un año. El resultado de la suma de estos consumos será el utilizado para asignar la demanda por metro cúbico al año a cada calle.

A partir de aquí se puede crear un “callejero”, esto es, un gráfico de líneas superpuestas sobre nuestra red en el que cada línea creada tiene asignado su consumo correspondiente.

5.3.2 Mejoras implementadas en el modelo

Antes de proceder de este modo es interesante, si se dispone de datos, ver la facturación por usuario, pues podemos encontrar grandes consumidores que modifiquen de modo importante esta asignación por calles. En nuestro caso el ejemplo más claro sería el consumo del puerto de Sant Carles de la Ràpita, los colegios, jardines, hoteles, centros de la tercera edad y deportivos, y contadores de urbanizaciones o edificios de importancia. Estas demandas serán asignadas manualmente directamente desde ePanet, por lo cual Arc View no debe asignarlas.

Así nos quedará la selección a la que le asignaremos la demanda y los nuevos consumos desde el SIG. Estos son:

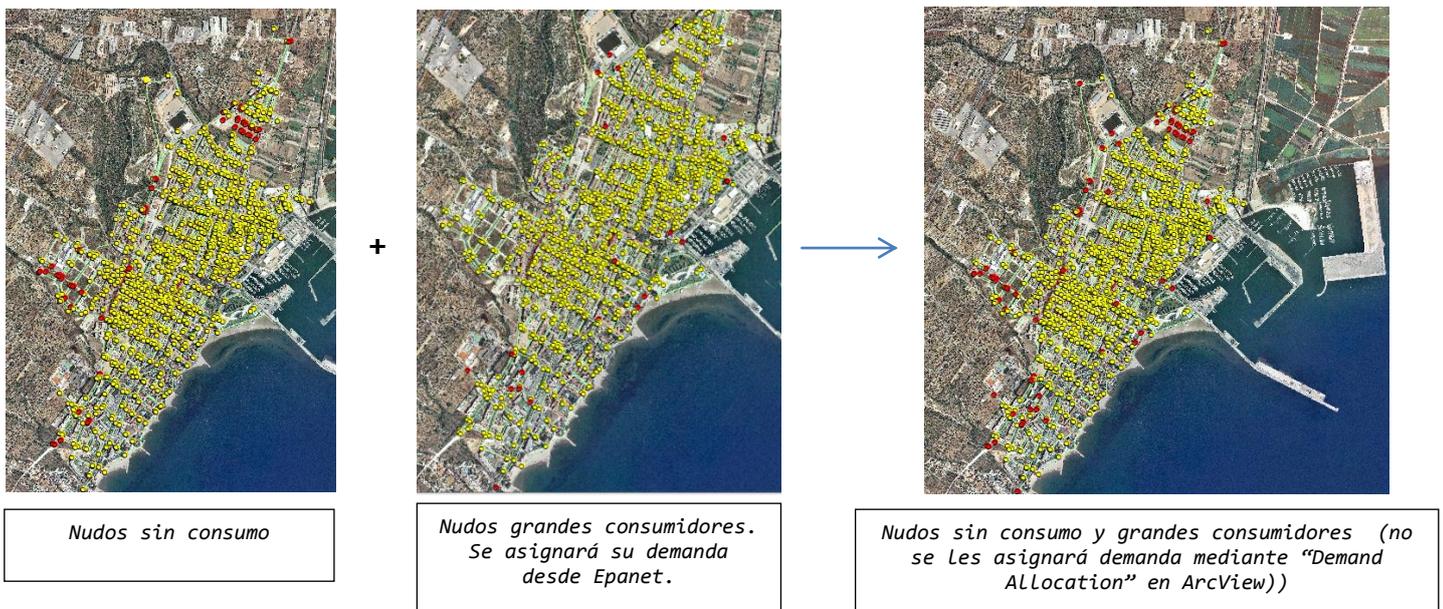


Ilustración 5.4.3 Vista del conjunto de nodos seleccionados

Una vez comprobado que el consumo está bien distribuido, exportaremos estos datos a Epanet lo que nos permitirá asignar el caudal en LPS a cada nodo de los grandes consumidores

5.3.3 Exportación

Una vez incorporados la totalidad de los datos adquiridos, deberemos obtener un modelo capaz de realizar una simulación válida, teniendo en cuenta que:

- 1- No hay una configuración de la red definida (valvulas de corte o tuberías cerradas-abiertas. Dirección de circulación del agua)
- 2- Estamos trabajando en régimen permanente (no hay un intervalo de cálculo hidráulico, ni hemos añadido curvas de modulación de la demanda según la hora del día)
- 3- Tan sólo tenemos en cuenta el caudal facturado. No hemos añadido el caudal real que circula por la red(caudal inyectado a red. Fugas.)

Desarrollaremos punto por punto cada uno de los apartados para obtener el modelo deseado.

5.4 Creación del modelo a partir de datos de 2013

Tal como se ha descrito anteriormente, concretamente en el apartado 3.1.1 “Configuración de la red” el abastecimiento experimentó cambios de importancia durante el último año. A consecuencia de estos cambios cabe deducir que la red debe trabajar de un modo distinto en 2013 con respecto a 2014. Existiendo tales diferencias, decididamente habrían de crearse dos modelos distintos, cada uno operando en cada escenario.

Al utilizar los datos de facturación e inyección de caudal correspondientes al año 2013, consideramos más lógico optar por calibrar la red con la configuración de 2013, trabajar sobre ese modelo y posteriormente extrapolar la red a configuración de 2014

5.4.1 Régimen Permanente y Régimen en Periodo Extendido

Lo normal a partir de ahora, sería construir una curva de modulación de la demanda diaria a partir de datos de *dataLogger* correspondientes a todos los días del año, por intervalos horarios, si dispusiésemos de ellos y personalizados para cada sector. Sin embargo, tan sólo hemos logrado de disponer de algunos datos analógicos (en la imagen se pueden ver algunos de ellos) de caudal inyectado que nos dan una idea del tipo de demanda existente:

Tabla 5.4.1 Datos puntuales de los registros de caudal de los Dataloggers facilitados



No se han facilitado datos en periodo extendido ni tablas de datos. Tan solo capturas de pantalla de momentos puntuales recogidos por los datalogger.

Como hemos comentado anteriormente, estos gráficos al no proceder de la facturación, no pueden considerarse datos de la demanda. Son datos de caudal inyectado a red y llevan incluidos en el gráfico el volumen del caudal de fugas. No obstante por comparación de curvas, podemos establecer una idea del tipo de demanda pues se aprecia que la gráfica es similar a una curva de modulación de la demanda doméstica. Así podemos aplicar este tipo de curva a la totalidad de los nudos de la red con una demanda base. Excluiremos lógicamente a los grandes consumidores para los que se elaborará su propia curva de modulación de la demanda.

5.4.2 Caudal no Facturado. Fugas

Para la mejor comprensión de este concepto se adjunta un esquema desarrollado por el ITA (Instituto Tecnológico del Agua) de la Universitat Politècnica de Valencia, en el que se comparan los registros inyectados a red con los registros de los contadores domiciliarios:

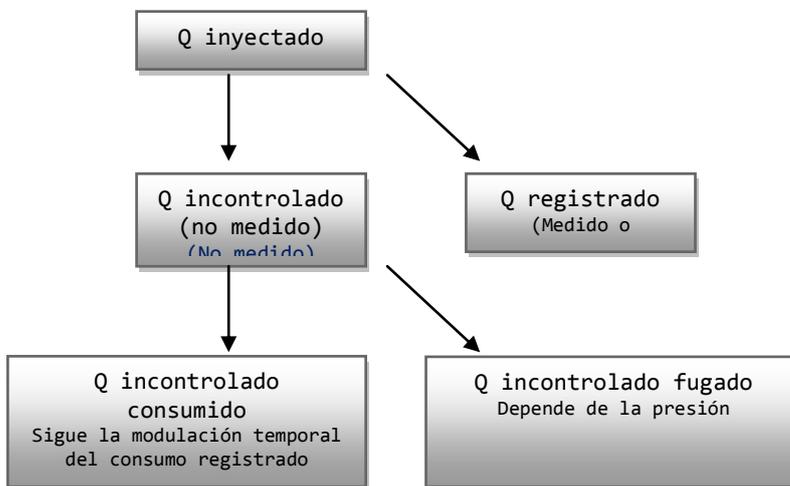


Figura 5.6.1 Esquema ITA caudales dependientes de presión

Cálculo caudal fugado con ITA Fugas

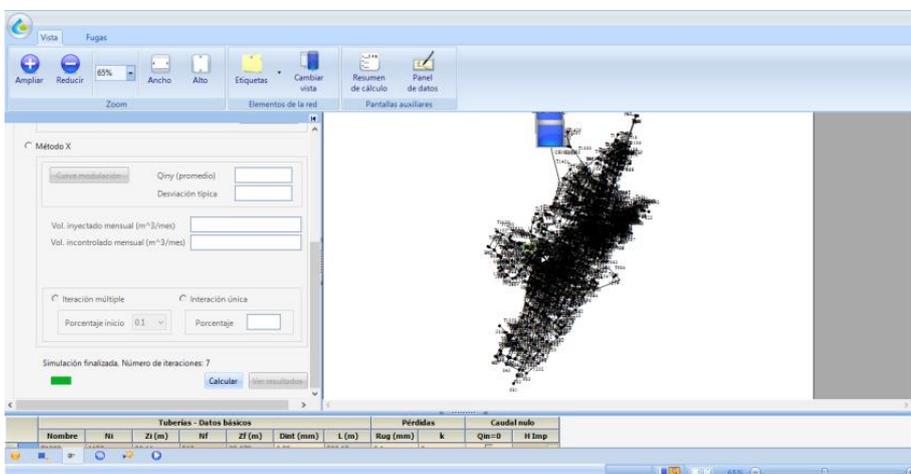


Ilustración 5.4.2.A Imagen del modelo cargado en ITAFugas Se generará una carpeta con el archivo de Epanet con los emisores cargados.

ITAFugas es un software desarrollado por el Instituto Tecnológico del Agua de la UPV. El programa funciona cargando un fichero de Epanet y asignándole un caudal de inyección y un porcentaje de este incontrolado. La propia aplicación a partir de datos insertados creará un nuevo fichero con los nudos y sus correspondientes emisores (descargados a la atmósfera dependiendo de la presión).

5.5 Calibración del modelo. Comparativas con Datos Reales de 2013

5.5.1 Modelo Día Promedio 2013

A continuación presentamos un esquema de la situación de los puntos de registro de caudal (simbolizados como un punto de mira morado) que contabilizan el caudal de los sectores Poble, Espanyol y Civil, y una tabla-resumen de caudales inyectados que pasan por los contadores situados en la Configuración de 2013:

 Registros de caudal



Ilustración 5.7.1 Ubicación de registros de caudal en 2013

Tabla 5.7.1 Caudales inyectados por sectores en 2013

	Poble	Espanyol	Civil	
Enero m3	59930	68010	1775	
Febrero m3	53910	40600	1571	
Marzo m3	60570	46950	1757	
Abril m3	60410	47930	1854	
Mayo m3	60680	54350	1922	
Junio m3	60660	64500	2065	
Julio m3	70430	85030	2350	
Agosto m3	77890	96770	2212	
Septiembre m3	62830	68940	1856	
Octubre m3	61135	49330	1997	
Noviembre m3	58525	42610	1802	
Diciembre m3	64090	40640	1745	
TOTAL m3/año	751060	705660	22906	1479626
prom m3/día	2057.70	1933.32	62.76	4053.77
prom m3/mes	62588.33	58805.00	1908.83	123302.17

Caudales

Si seleccionamos en Epanet - Tiempo -Estadísticas -Medias, podemos obtener los valores medios de todos los parámetros que nos ofrece eEpanet. Para facilitar la lectura de estos valores usaremos el editor de Rótulos en las líneas donde se encuentran los caudalímetros, tal y como se muestra en la imagen:

Comparando los resultados medios del modelo con los resultados medios en esos mismos puntos en los contadores reales, podemos observar que no existen grandes diferencias y que los caudales circulan de manera muy semejante (ver Tabla 5.5.1).

Nota: A partir de este punto los gráficos respresentados referentes al día de mayor consumo se colorearán en naranja, y los referentes al día promedio se colorearán en azul.

Tabla 5.5.1 Comparativa resultados daloggers con Epanet. Caudales inyectados por sectores en 2013

	Poble	Espanyol	Civil
promedio LPS 2013	23.82	22.38	0.73
corrección -5% ITAFugas	23.38	21.97	0.72
Resultado Epanet medio LPS 2013	24.1	21.27	0.7

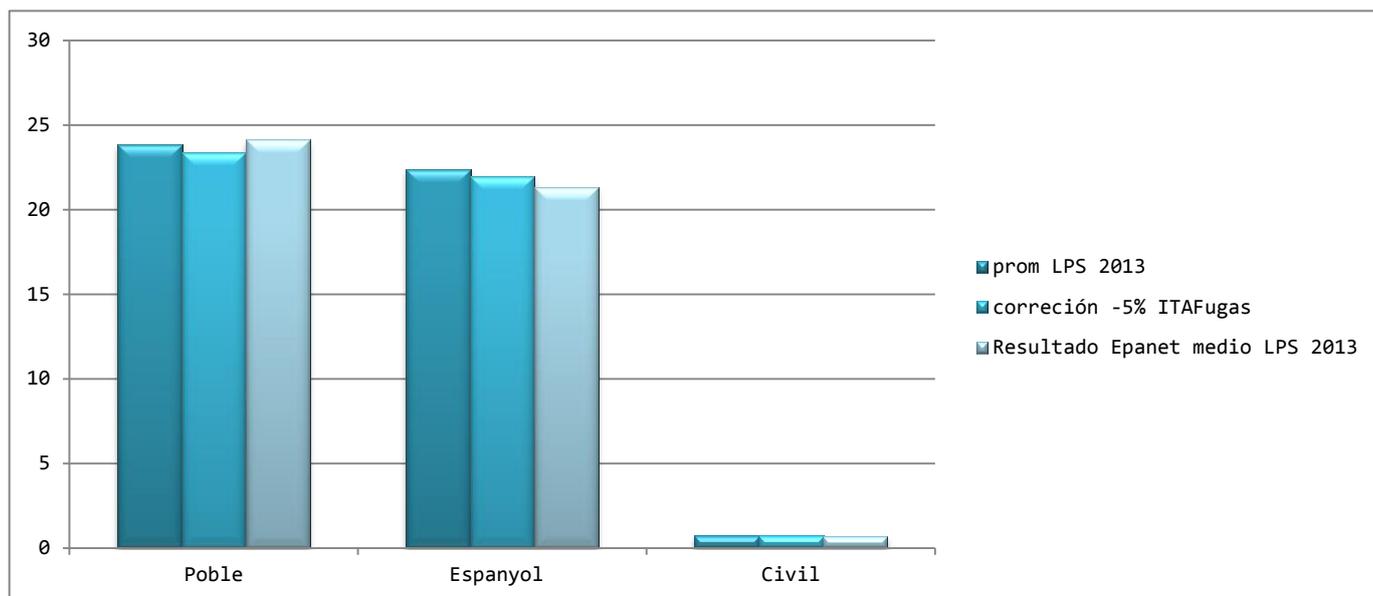


Figura 5.5.1. Comparativa Caudales inyectados por sectores en 2013 entre Dataloggers y Epanet

Presiones

Igualmente realizaremos comparaciones respecto de la presión de entrada y salida de las válvulas reductoras aunque también se hicieron comparativas por tomas de presión puntuales en días concretos:

VR C/ Constància,	DN80	Pe-3,3 atm	Ps-2,2 atm
VR Av Catalunya (derecha)	DN150	Pe-2,4 atm	Ps-1,3 atm
VR Av Catalunya (izquierda)	DN150	Pe-2,4 atm	Ps-1,3 atm

Comparando los resultados medios del modelo con los resultados medios en esos mismos puntos en los contadores reales, podemos observar que no existen grandes diferencias y que los caudales circulan de manera muy semejante. Así pues una vez hemos confirmado que el modelo funciona, corresponde demostrar que de igual forma es aplicable las situaciones más desfavorables de 2013.

5.5.2 Situación Día de Máximo Consumo 2013

Para modelar la situación más desfavorable vamos a elegir el día de mayor consumo aplicando la siguiente fórmula: $K_p = K_{dmc} \times K_{hp}$, siendo:

- $K_p = \text{Coef. Punta}$
- $K_{dmc} = \text{Coef. Estacionalidad} \times \text{Coef. Día mayor consumo}$
- $K_{hp} = \text{Coef horario punta. Este se calculará pues viene implícito en las curvas de modulación horaria.}$

Los valores obtenidos correspondientes a los coeficientes K_{dmc} serán:

$$K_{dmc_{Poble}} = 1.65$$

$$K_{dmc_{Espanyol}} = 1.81$$

$$K_{dmc_{Civil}} = 1.40$$

Una vez completado el procedimiento tendremos el modelo trabajando en el escenario de día de mayor consumo en 2013.

En la tabla 5.5.2 se observa, que el caudal correspondiente a los datos reales es ligeramente mayor. Esto es debido a que el coeficiente está aplicado sobre el Caudal inyectado y no respecto al facturado, por lo que el incremento de demanda no afecta a los emisores o fugas.

Tabla 5.5.2 Comparativa Caudales inyectados por sectores en periodo punta entre datos agosto 2013 y Epanet

2013 PUNTA	Poble	Espanyol	Civil
promedio DMC LPS AGOSTO 2013	39.3	40.5	1.02
Corrección Qi -5% ITAFugas	38.57	39.75	1.00
resultado Epanet punta LPS 2013(resultados medios)	33.35	32.42	0.92

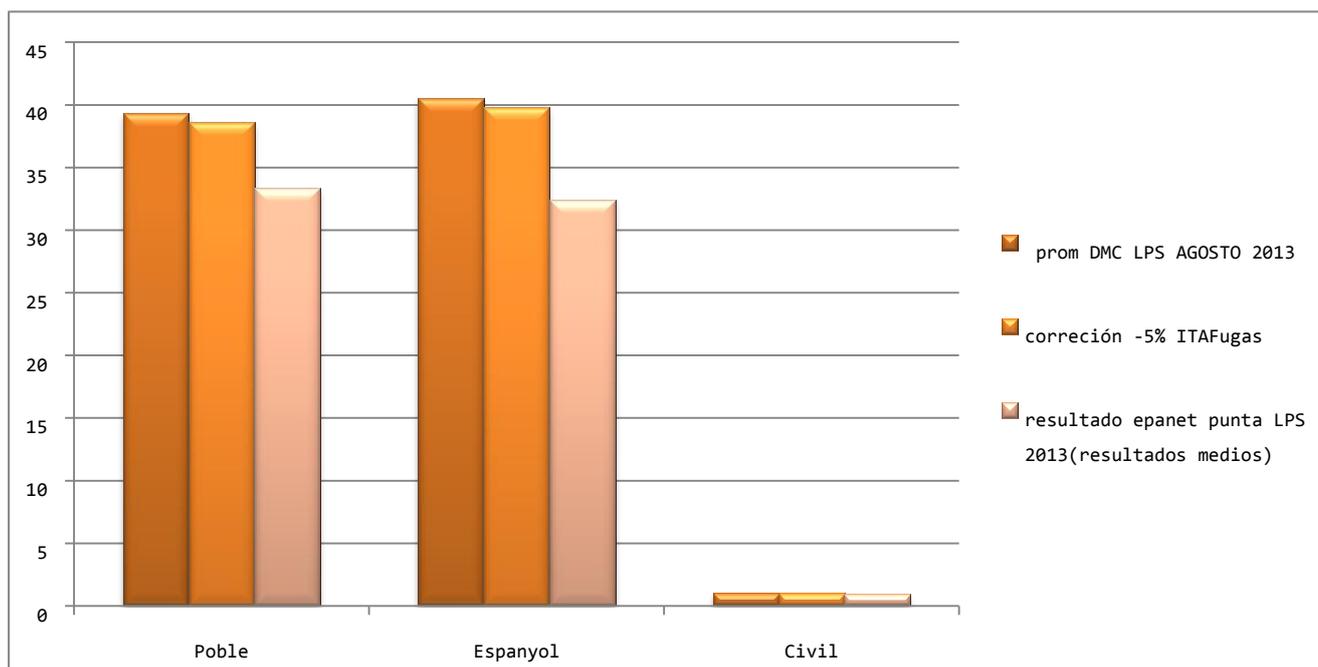


Figura 5.5.2 Comparativa Caudales inyectados por sectores en periodo punta entre datos agosto 2013 y Epanet

5.6 Configuración del modelo matemático en 2014

5.6.1 Día promedio 2014

Para establecer la situación actual de la red tendremos que ejercer los cambios señalados sobre el modelo creado para 2013 (cuadro del apartado 3 “Configuración de la Red”), modificar y agregar los elementos pertinentes.

En la ilustración 5.6 se puede observar dónde se encuentran los nuevos puntos de registro:

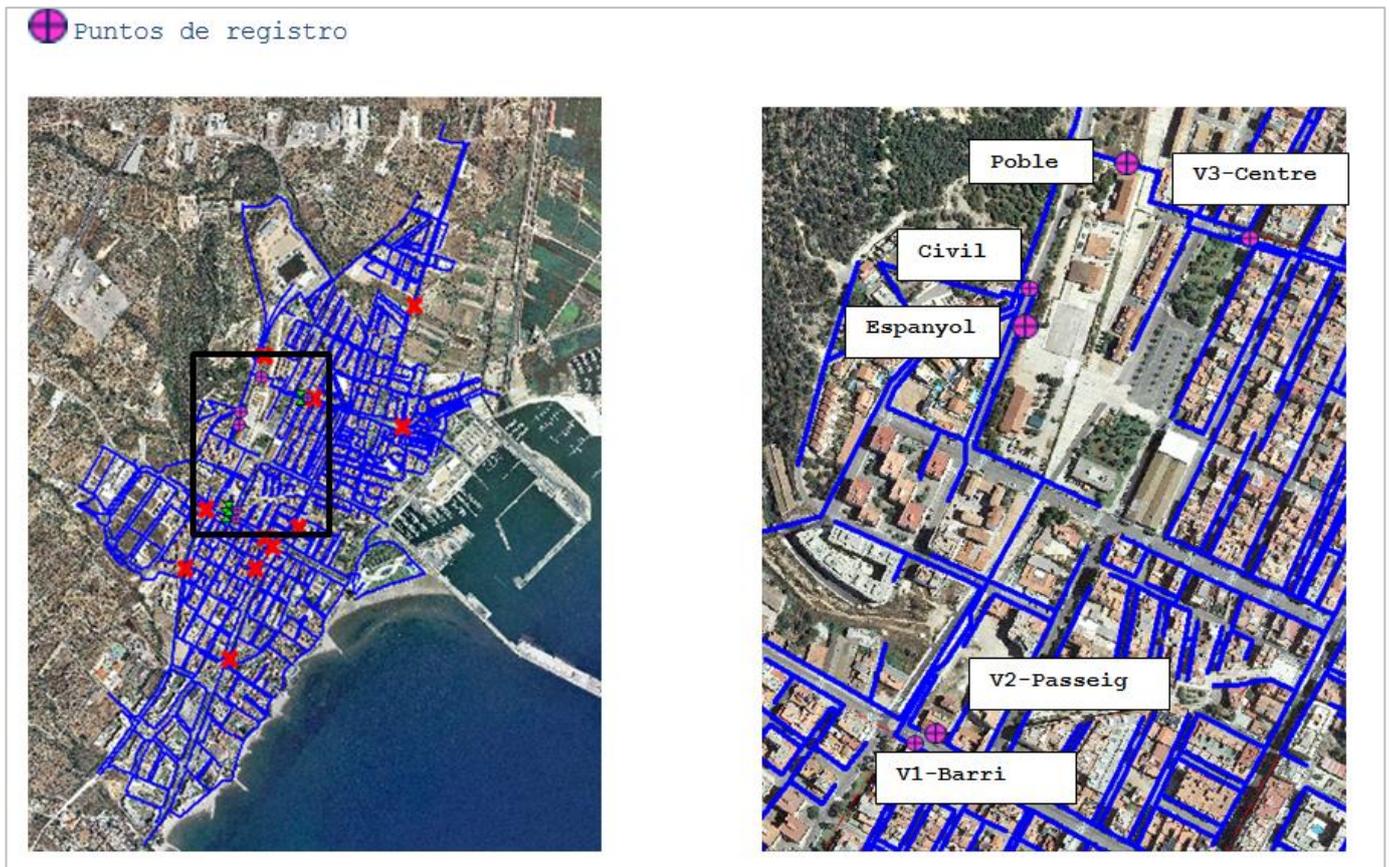


Ilustración 5.6.1 Nuevos puntos de registro en 2014

Una vez efectuados estos cambios, para un régimen en periodo extendido (no es un escenario punta, sino de un día promedio del año 2014) la red quedará configurada del siguiente modo:

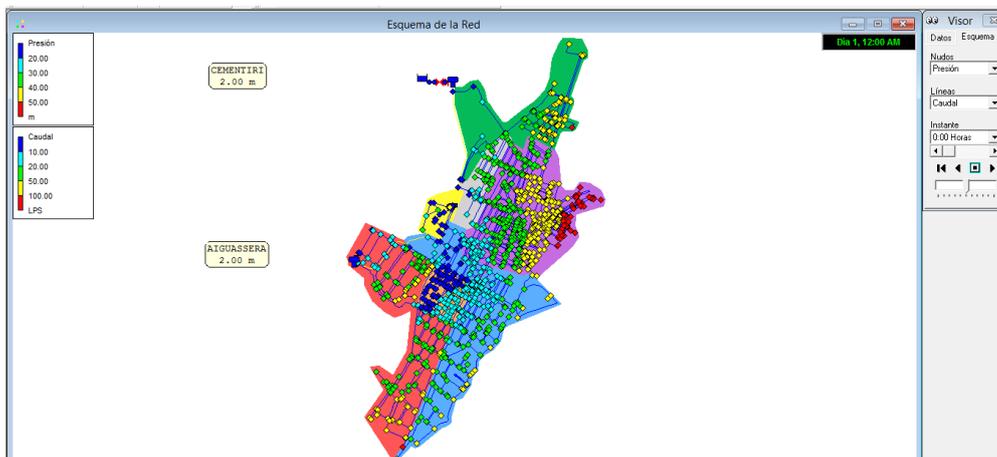


Ilustración 5.6.1A Nuevo escenario 2014

Como se puede deducir de la ilustración 5.6.1A se han delimitado los nuevos sectores creados en 2014 y se han considerado los nuevos elementos incorporados.

Estos nuevos sectores, son, en realidad *subsectores* de los anteriores ya que los datos extraídos para cada uno de ellos proceden de la diferencias de datos de caudal.

Así, podemos esquematizar:

Sector Poble

- Subsector V3-Centre
- Subsector porta Nord (sin registro de caudal)

Sector Espanyol

- Subsector V1-Barri
- Subsector V2-Passeig
- Subsector Eixample (sin registro de caudal)

Sector Civil: Sin Subsectores

Resumen de valores promedio De Dataloggers en 2014

A partir de los gráficos expuestos, podemos crear la siguiente tabla, donde hemos pasado datos que estaban a m3/h a LPS. Compararemos los datos en Epanet:

Tabla 5.6.1 Datos disponibles de caudal inyectado facilitados en 2014

Datos de registro febrero 2014

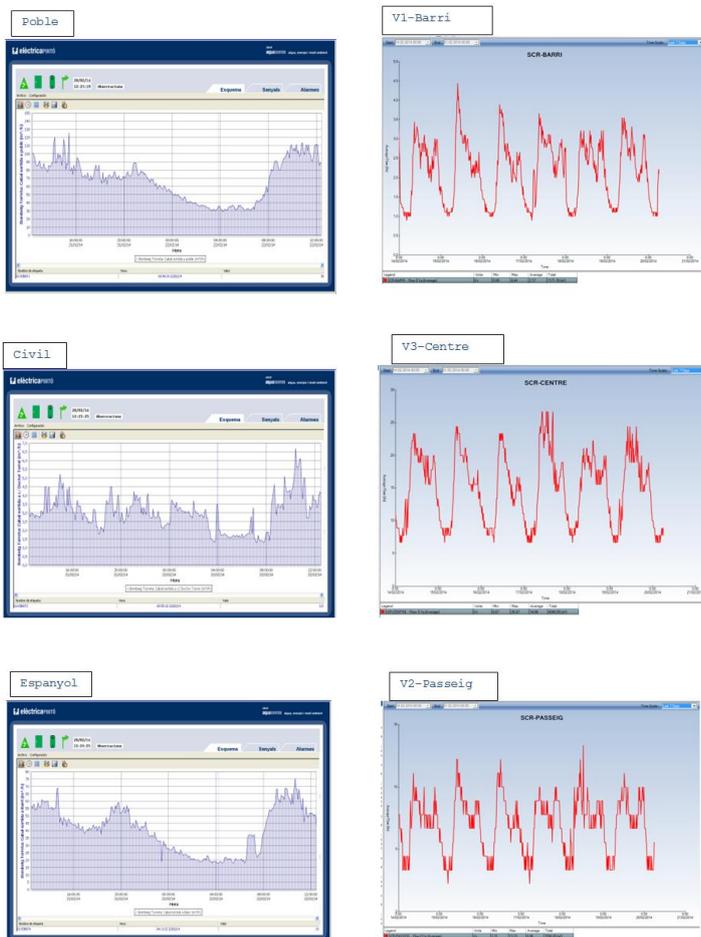


Tabla.5.6.1A Comparativa Datalogger 2014

Datos Datalogger Febrero LPS	Qmin	Qmedio	Qmax
Poble	8.33	18.06	27.78
Espanyol	5.56	10.28	16.67
Civil	0.36	0.69	1.25
V1-Barri	0.89	2.17	4.44
V2-Passeig	2.22	6.69	13.33
V3-Centre	6.67	14.86	26.67

Debido que disponemos de los datos de Caudal Inyectado de Febrero en 2014, aplicaremos coeficiente general para toda la red a cada sector. Y de este modo compararemos, sector por sector, cada uno de los datos consultados:

Debemos indicar que los valores medios serán los más representativos, puesto que en

Epanet la simulación de las curvas de modulación o demanda son calculadas cada hora. Los

dataloggers, tienen un registro de caudal de intervalo menor, por tanto los valores máximo y mínimos pueden oscilar de manera más o menos acusada. A los caudales de los Dataloggers se les ha aplicado la reducción del 5% por errores de medición insertado en ITAFugas.

A los datos de Epanet les será aplicado un coeficiente de estacionalidad. Dicho coeficiente será el cociente obtenido entre el caudal inyectado promedio diario de febrero y el caudal inyectado promedio anual, resultando de ello un valor aproximado al 0,78.

Tabla5.10.2B comparativa resultados obtenidos en Epanet minorados con resultados datalogger.

Comparativa Datos Febrero LPS	Qmin	Qmedio	Qmax
Poble	8.06	17.47	29.56
Epanet minorado 78%	6.94	16.69	31.13
Espanyol	5.38	9.94	17.47
Epanet minorado 78%	3.67	10.56	20.44
Civil	0.35	0.67	1.21
Epanet minorado 78%	0.16	0.57	1.18
V1-Barri	0.86	2.10	4.30
Epanet minorado 78%	0.59	1.83	3.67
V2-Passeig	2.15	6.47	12.90
Epanet minorado 78%	2.91	8.25	15.85
V3-Centre	6.45	14.38	25.80
Epanet minorado 78%	6.26	14.54	26.83

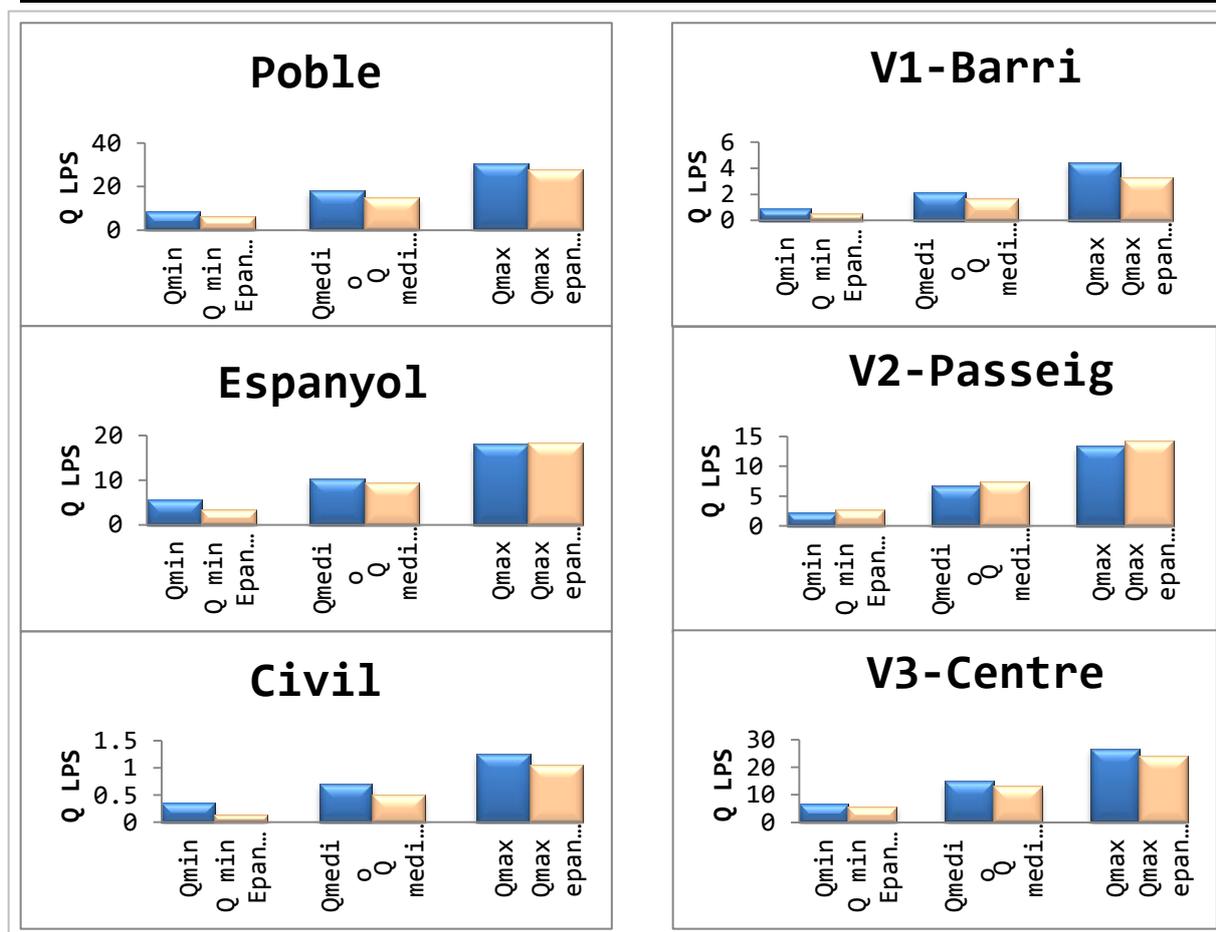


Figura 5.6.1 Gráficos comparativos de caudal en los puntos de registro 2014

Una vez realizada la comparación de los gráficos obtenidos podemos determinar que los caudales se ajustan al modelo y concluir que dicho modelo puede ser aceptado como válido.

5.6.2 Situación Día de Máximo Consumo 2014

En este caso para determinar el funcionamiento de la red, se deberán tomar como referencia los datos utilizados en 2013, debido a que no se ha entrado en el periodo de máximo consumo con la nueva configuración. Por tanto procederemos a aplicar los coeficientes de estacional y día de máximo consumo del mismo modo y con la misma distribución que se ha considerado en el apartado “5.9.2 Situación Día de Máximo Consumo 2013”.

Tablas Comparativas

La tabla comparativa que se relaciona a continuación se obtiene al incorporar los datos medios de caudal de las imágenes del datalogger:

Tabla 5.9 Datos extraídos de Dataloggers y ajustes propuestos

Coef Pto Registro	1.81	1.81	1.61
Periodo Punta Esperado 2014 LPS	4.17	15.99	29.94
Resultado Epanet Punta LPS 2014(Resultados Medios)	3.62	16.3	25.84

Según el gráfico comparativo, cabe esperar que el modelo funcione correctamente para el periodo punta, o Día de Máximo Consumo de 2014, con respecto a los caudales medios, pues el caudal punta medio diario para 2014 es muy semejante al simulado en el modelo de Epanet.

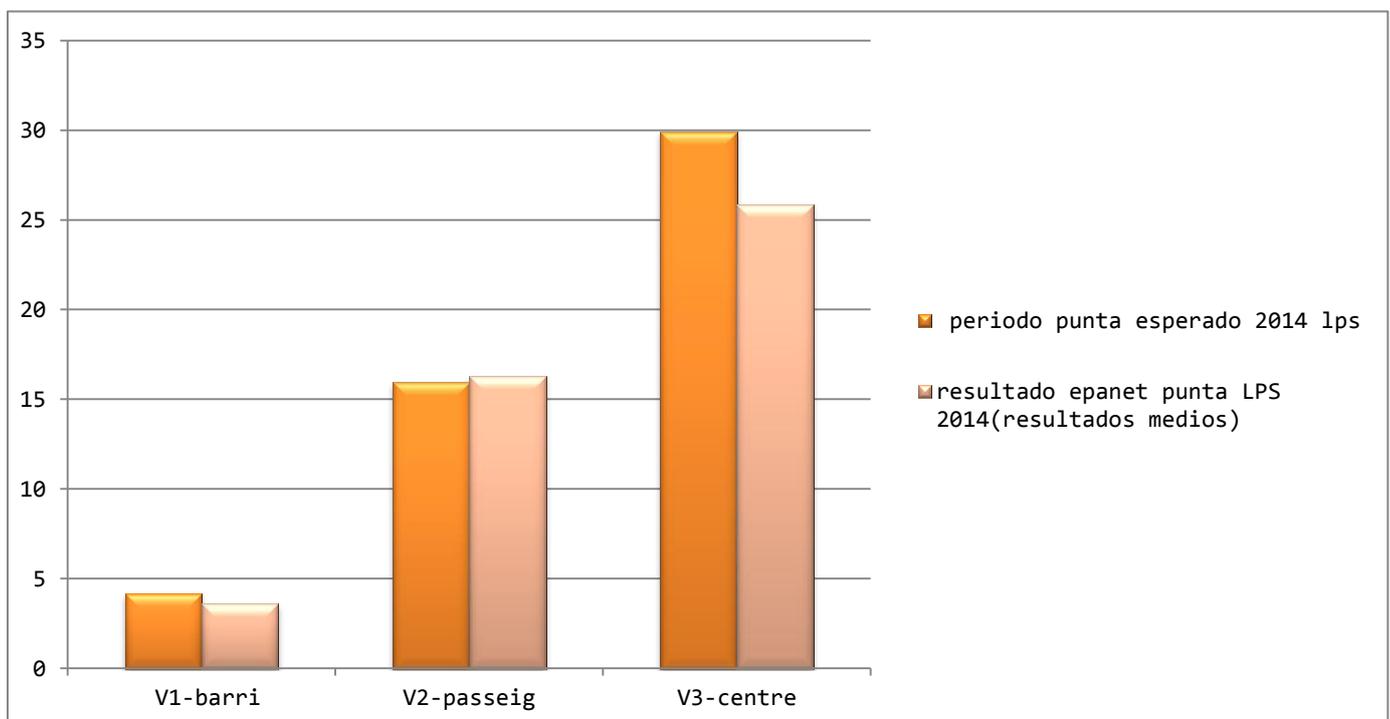


Figura 5.9 Gráfico comparativo de datos entre los Dataloggers y Epanet

5.7 Justificación de los cambios de configuración de la red: ahorro de agua.

5.7.1 Comparativa: Caudales 2013 y 2014 Periodo Extendido

Se muestran unas gráficas del caudal inyectado a red durante un periodo de 24 h para cada uno de los escenarios descritos con anterioridad. Es tener en cuenta que las leyes de control para el llenado del depósito CEMENTIRI son iguales para el periodo Promedio en 2013 que en 2014, pero distintas para el escenario Máximo Consumo:

Tabla 5.7. Comparativas del caudal consumido en 2013 y 2014

Situación Día promedio	
2013 Día Promedio 24 h	2014 Día Promedio 24h
M3 consumidos: 4147.308	M3 consumidos: 4298.94
2013 Semanal	2014 Semanal
M3 consumidos: 28537.92	M3 consumidos: 29350.368
Situación Día de Máximo Consumo	
2013 Máximo Consumo 24h	2014 Maximo Consumo 24 h
M3 consumidos: 5983.344	M3 consumidos: 5442.408
2013 semana Máximo consumo semana	2014 semana máximo consumo semana
M3 consumidos: 41342.976	M3 consumidos: 41246.568

Al realizar la comparación entre los caudales medios de cada modelo, se hace patente que las modificaciones implantadas por la empresa gestora han dado como resultado una disminución en el consumo muy notable en el periodo de gran consumo (96 m³ por semana), sin embargo a nivel promedio, dado que la presión suministrada es mayor, genera un consumo ligeramente por encima al de la configuración anterior.

Habrían de estudiarse nuevos datos de consumo de facturación y caudal inyectado para asegurar la mejora del rendimiento global en la red.

5.7.2 Gráficos Comparativos De Caudalímetros Civil, Espanyol, Poble 2013-2014

Los datos de los gráficos de la figura 5.7.2 han sido tomados exclusivamente de los registros de caudalímetros para los sectores Civil, Espanyol y Poble.

De la observación de las comparativas de los meses de enero, febrero y marzo, se comprueba que existe una tendencia a la baja del consumo en 2014. Especialmente destacaremos el cambio de caudal a la baja en el sector "Espanyol".

Sin embargo, al observar los datos de inyección desde la comparativa del CAT el decremento en el consumo no es tan acusado. Ello es debido a la puesta en marcha del nuevo depósito, pues no todo el caudal que suministraba en 2013 a ese sector sigue el mismo recorrido en 2014.

En la situación actual, el agua se almacena en el depósito Aiguassera y distribuye caudal por una tubería FD300.

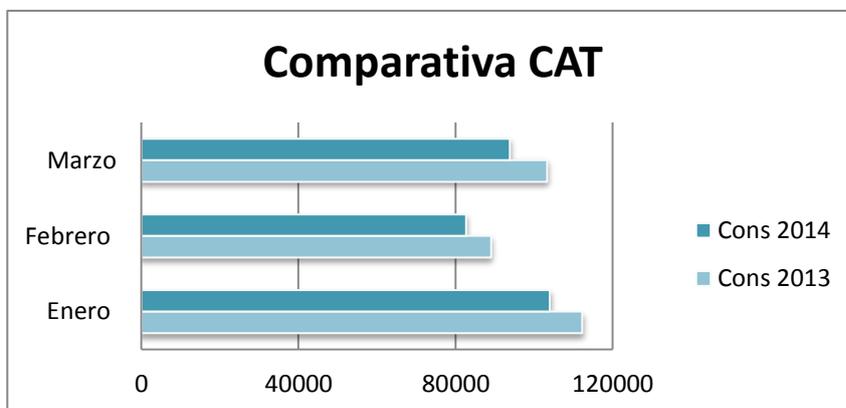
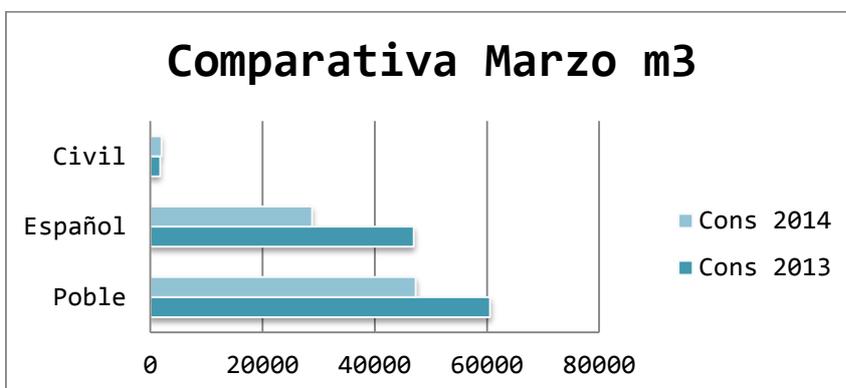
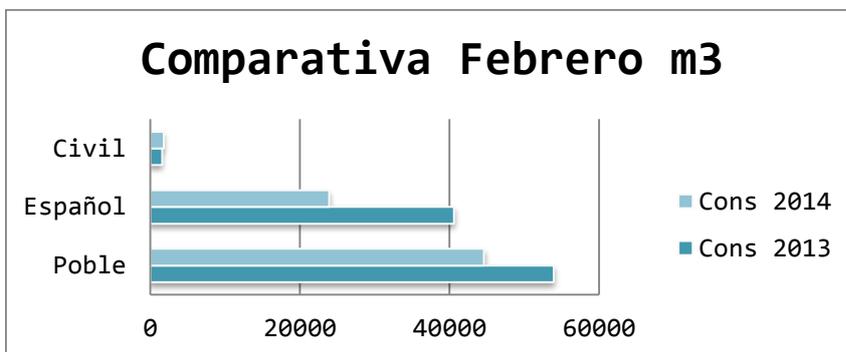
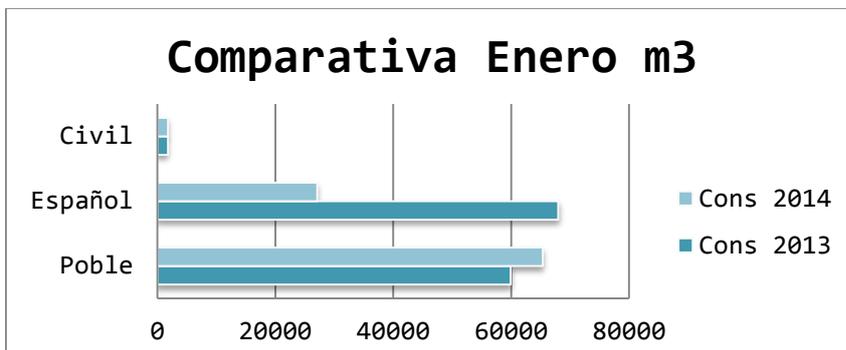


Figura 5.7.2. Gráficos comparativos de caudal 2013-2014

6. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

Una vez comprobada la fiabilidad de los modelos, se procederá al análisis del trabajo de la red actualmente en actividad, aplicando diferentes parámetros en Día Promedio y Día de Máximo Consumo, ambos correspondientes al año 2014, que consideramos fundamentales para el funcionamiento de la red en dos escenarios de características distintas.

Las calibraciones se han efectuado en función de los datos que presentaba la red en el año 2013, dado que los datos disponibles estaban referenciados a ese periodo. Hay que tener en cuenta que las calibraciones se han efectuado con las características que presentaba la red en 2013, que era cuando se disponía de datos.

No vamos a estudiar el abastecimiento en 2013 en este apartado, sino que nos centraremos en la situación de 2014 del abastecimiento y en la situación de previsión de futuro más desfavorable (Día de Máximo Consumo).

En el Apartado 11 del Anejo “confección del modelo matemático” justificamos las mejoras de la red de 2013 y 2014 donde se comparan los modelos de ambos años en las situaciones promedio y de máximo consumo respectivamente.

Por ello estudiaremos la red en condiciones normales y máximas de suministro desde el punto de vista hidráulico:

-Según su topografía, el análisis de pérdida de carga unitaria, de velocidades, presiones, caudales, topología y el correcto funcionamiento de las válvulas.

Para determinados parámetros, hacer mención de que compararemos valores máximos y mínimos según exista la situación más extrema, por ejemplo, en el caso más claro, presiones:

- Para estudiar presiones máximas, emplearemos el modelo del “Día Promedio 2014”, no el de “Día de Máximo Consumo 2014”, pues en este último las presiones siempre serán más bajas que en el primero por haber mayor consumo.
- Para estudiar presiones mínimas emplearemos el modelo del “Día máximo Consumo 2014, no el de “Día Promedio 2014”, pues en este último las presiones siempre serán más altas que en el primero por haber menor consumo.

De la misma manera se procedería con el resto de características.

Además de esto se estudiará la red en condiciones de emergencia y la respuesta de la misma ante estas situaciones imprevistas, bien en situación de rotura de una conducción arterial, bien en condiciones de incendio a través de la capacidad de suministrar caudal de los hidrantes existentes.

6.1 Evolución del caudal producido o inyectado a red.

La evolución del caudal de agua producido en la totalidad de la red de distribución se determinará por el tipo de consumo aunque también puede verse influenciado por la regulación de depósitos (por ejemplo el llenado nocturno) u otras causas como por ejemplo la existencia de fugas.

6.1.1 Evolución del Caudal en el Día Promedio

Pasamos a describir la evolución del caudal para el “Día Promedio 2014”, tomada para un periodo de una semana (168 Horas), donde los niveles de ambos depósitos son sensiblemente más bajos que en “Día de Máximo Consumo año 2014”

En el gráfico mostrado en la Fig. 6.1.1, “Día Promedio año 2014”, el nivel medido en el depósito “CEMENTIRI” varía entre 1 y 3 metros mientras que el de Aiguassera varía entre 1,6 y 2,3 metros. Los valores aplicados a los niveles son los que corresponden al abastecimiento en meses de poca incidencia turística o temporada baja, que no exigen un almacenaje mayor de agua.



Figura 6.1.1 Evolución del caudal a lo largo de una semana para el Día Promedio

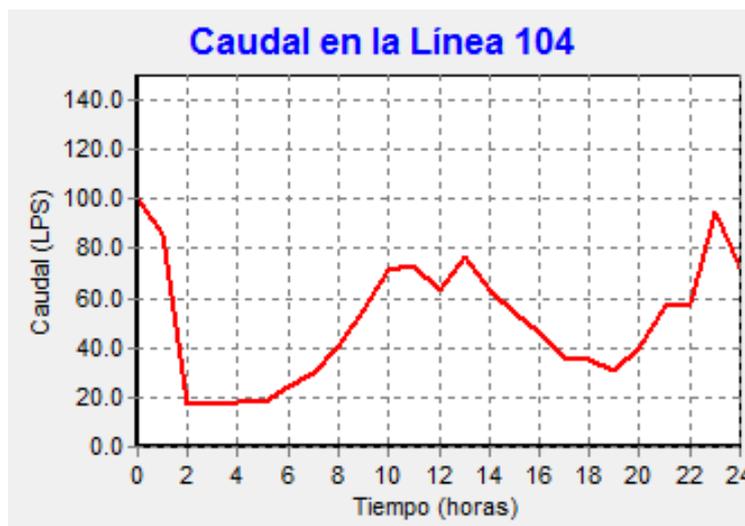


Figura 6.1.1A Evolución del caudal 24h en Día Promedio

Según se aprecia en la Fig. 6.1.1, el máximo valor se da cerca de las 23 h (momento en el que el depósito de compensación está lleno). El caudal máximo diario es aproximadamente de 100 LPS mientras que el mínimo baja a 17 LPS. Del mismo modo, el pico más alto coincide con las horas de consumo punta.

6.1.2 Evolución del Caudal en el Día de Máximo Consumo

En el caso de Caudal en el Día de Máximo Consumo lógicamente el volumen de entrada mostrará valores mayores y los depósitos deberán aumentar la cantidad de agua almacenada con el objeto de atender la demanda dada.

Respecto a los niveles establecidos para los diferentes depósitos se estima un nivel de entre 2 y 4 metros para el depósito de Cabecera CEMENTIRI. Para el depósito Aiguassera se considera más apropiado fijar el nivel en función de las necesidades que se presenten.



Figura 6.1.2 Evolución del caudal para una semana en Día de Máximo Consumo

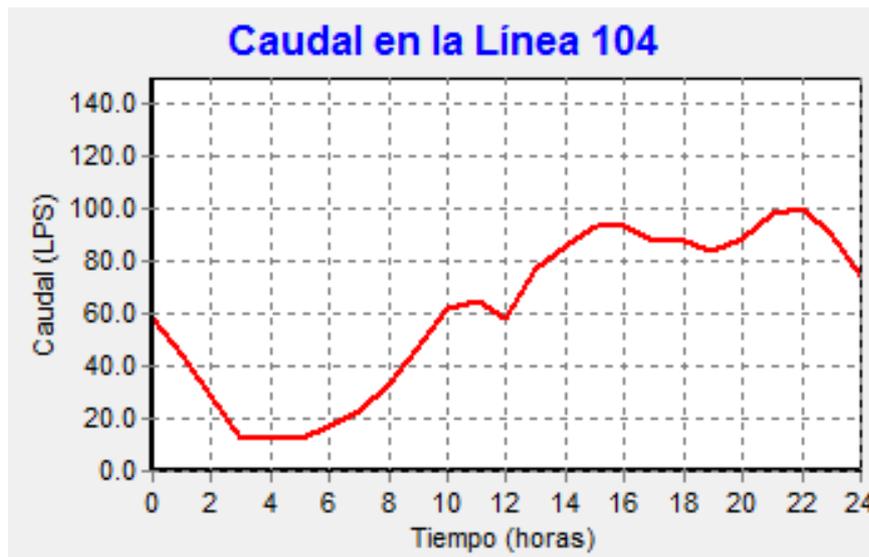


Figura 6.1.3A Evolución del caudal 24h en Día de Máximo Consumo

Según la Fig. 6.1.3A el pico máximo de caudal se presenta alrededor de las 22h con 100,45 LPS. El mínimo diario se produce alrededor de las 3h y ronda los 12 LPS. Se aprecia en la evolución de presiones de los depósitos, especialmente en el depósito de compensación, como el suministro de los mismos se produce en las horas de mínimo consumo para de esta forma posibilitar el abastecimiento en los momentos de máxima demanda.

6.1.3 Caudales medios inyectados y registrados

Una vez conocida la modulación del caudal inyectado de red , resulta interesante conocer cuales son los caudales medios inyectados y facturados:

- Para el caudal inyectado, según se indica en la tabla. 6.1.3, se tomarán los datos de lectura de contadores dados en M3/año y registraremos su equivalencia en LPS.

• Tabla 6.1.3 Caudales medios inyectados por sector

	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Anual
TOTAL m3/ año	185998	208590	318370	226550	939508
Promedio LPS	23.92	26.82	40.94	29.13	29.79

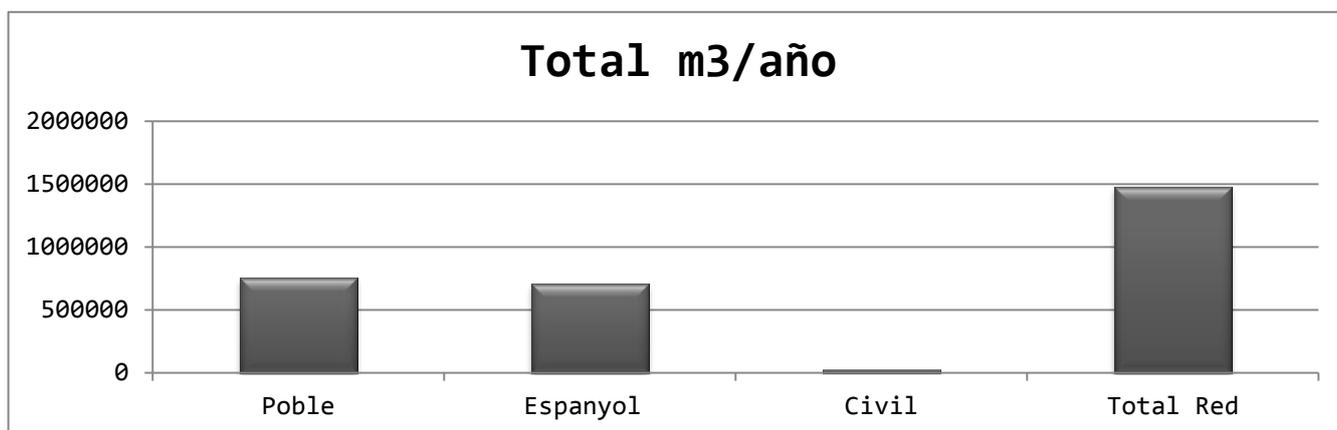


Figura 6.1.3 Volumen total registrado por sector 2013

Para el caudal facturado, según se indica en la tabla 6.1.3A, mediante el sumatorio de los datos trimestrales obtendremos el consumo total en M3/ año y registraremos su equivalencia en LPS (Se puede observar la elevada estacionalidad en la demanda).

Tabla 6.13A Caudales medios de facturación por trimestres

	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	AÑO
TOTAL m3/ año	185998	208590	318370	226550	939508
Promedio LPS	23.92	26.82	40.94	29.13	29.79

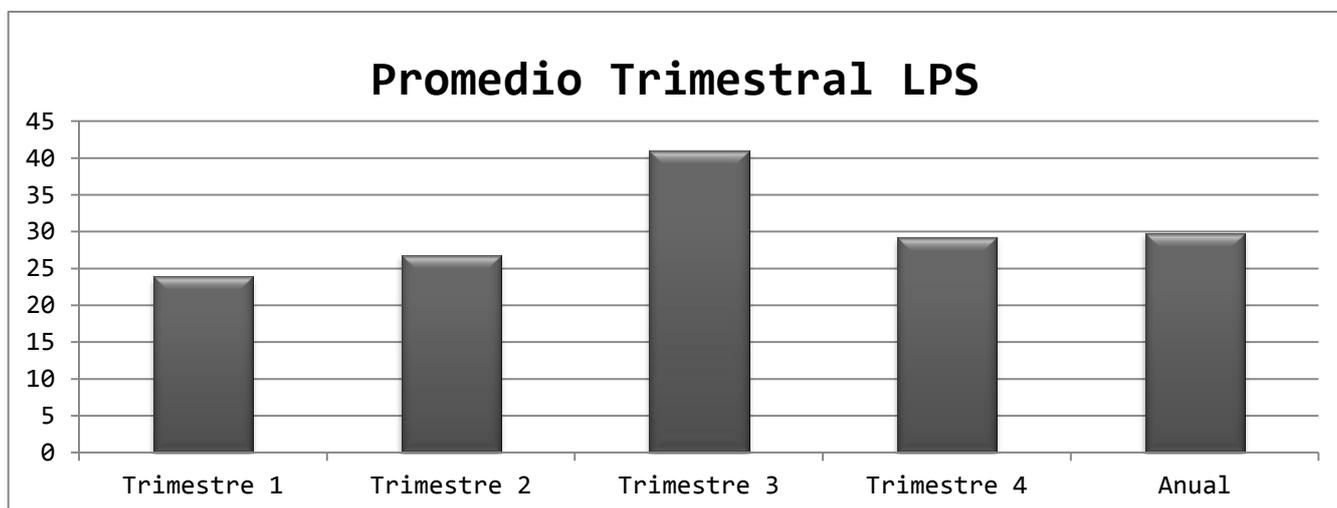


Figura 6.1.3A Caudal medio promedio por trimestre

6.2 Anàlisis de la red en condiciones normales.

6.2.1 Topografía

La topografía del terreno según se recoge en la ilustración 6.2.1, muestra desde la parte más baja al punto más alto de la red una diferencia de cotas de hasta 60 metros.

Las zonas con cotas más bajas, por tanto con mayor presión, se encuentran en el casco urbano de Sant Carles, donde se ubica el puerto marítimo. Dicha zona corresponde a los asentamientos iniciales de la población (Ilustración 6.2.1B), siendo la red de abastecimiento de este sector la más antigua del municipio.

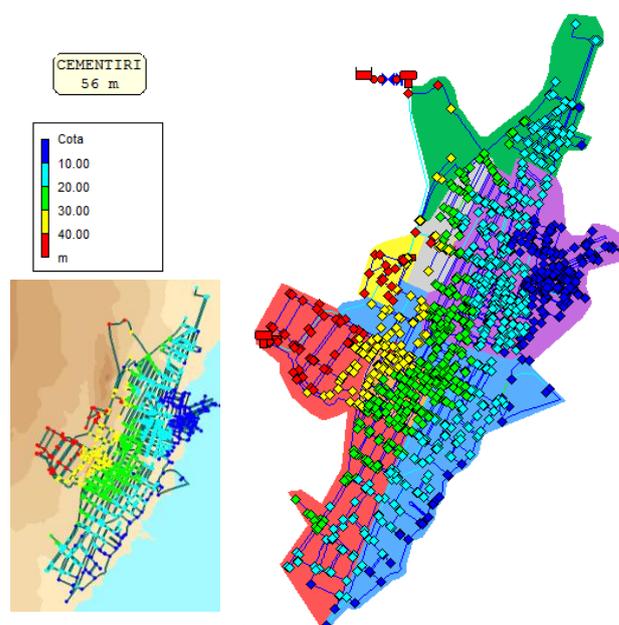


Ilustración 6.2.1 Diferencia de cotas

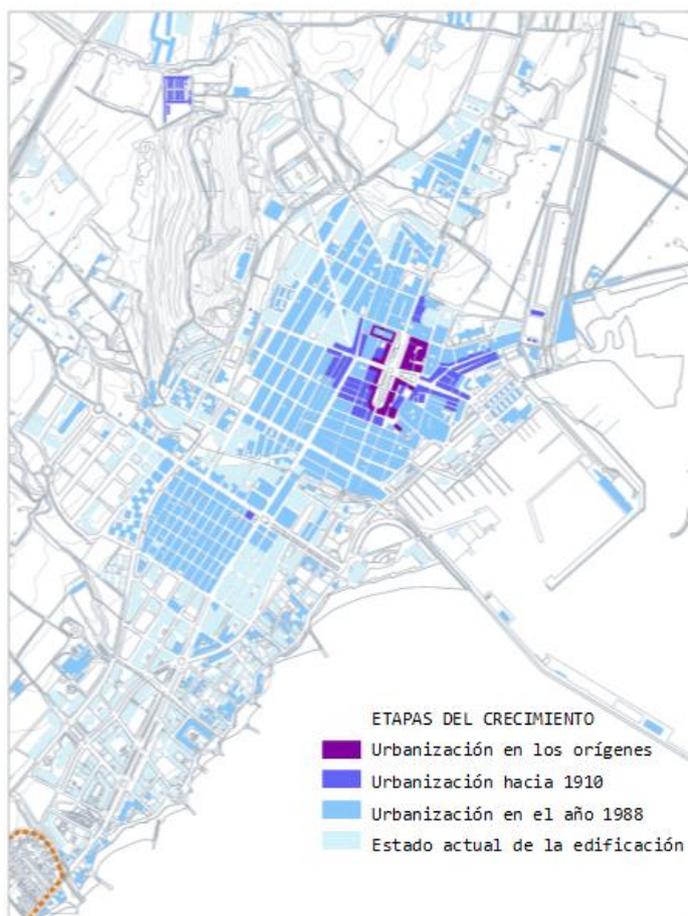


Ilustración 6.2.1B Etapas del crecimiento en Sant Carles de la Ràpita



Ilustración 6.2.1C Distribución de materiales en la red

De la observación de la ilustración 6.2.1C, se comprueba que el material predominante en la red de la zona del casco antiguo es el fibrocemento, material ya en desuso al estar prohibida su manipulación en España desde 2002. Este hecho pone de manifiesto que no se han efectuado renovaciones y confirma la antigüedad de las tuberías.

6.2.2 Pérdida de Carga Unitaria

Las pérdidas de carga se definen como desaprovechamiento de energía hidráulica debidas a la viscosidad del agua y al rozamiento de ésta contra las paredes internas de las tuberías. Dichas pérdidas tienen como consecuencia:

- una caída de presión global, en una red por gravedad
- un gasto adicional de energía para el bombeo en una tubería de impulsión.

Las pérdidas de carga se calcularán a través de la fórmula de Darcy según se expresa a continuación:

$$j = \frac{\lambda}{D} \times \frac{v^2}{2g} = \frac{8 \lambda Q^2}{\pi^2 g D^5}$$

Dónde:

j: pérdida de carga (en m por m de tubería)

λ : coeficiente de fricción, adimensional (fórmula de Colebrook-White)

D: diámetro interno del caño (m)

V: velocidad del fluido (m/s)

Q: caudal (m³/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

La pérdida de carga unitaria se expresa generalmente en pérdidas de mca por km (mca/km) y según la UNE-EN 805 no es recomendable sobrepasar los siguientes valores de acuerdo al diámetro de la tubería:

Tabla 6.2.2 J Máxima recomendada según la UNE-EN 805

Tabla ¡Error! Utilice la ficha Inicio para aplicar 0 al texto que desea que aparezca aquí..2 6.2.6 J Máxima recomendada según la UNE-EN 805

Diámetro (mm)	60	80	100	150	200	300	400	600
Jmax (mca/km)	6.8	4.8	4.1	3.3	2.85	2.4	2.1	1.84

Cuando las pérdidas son altas, pueden surgir problemas en las conducciones, no sólo la pérdida de carga y energía, sino también como son ruidos y vibraciones y problemas que podrían causar desperfectos en caso de ocurrir un fenómeno transitorio.

Si se observa la figura 6.2.2, para la situación más pesimista (estadísticas máximas) vemos como la distribución de las pérdidas en el 98 % de la totalidad no sobrepasa los 5 m/km. Sin embargo, cuando se pasa a estudiar el escenario con detenimiento, podemos encontrar algunos aspectos mejorables.

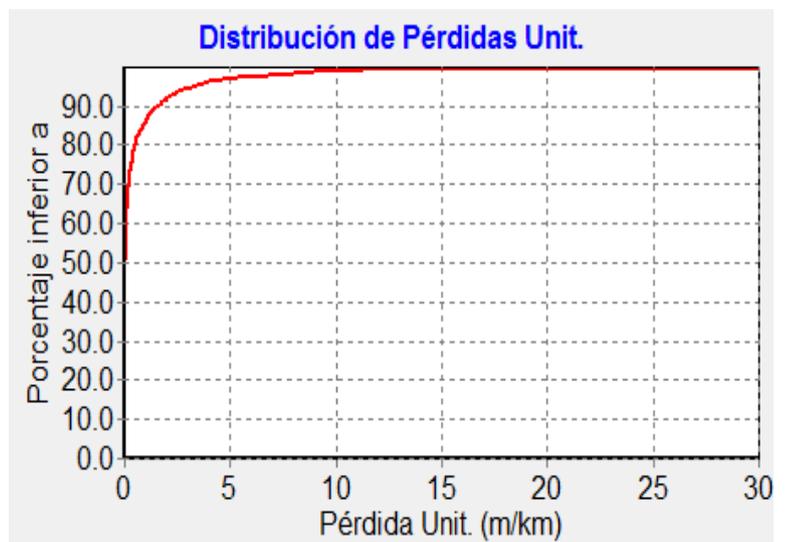
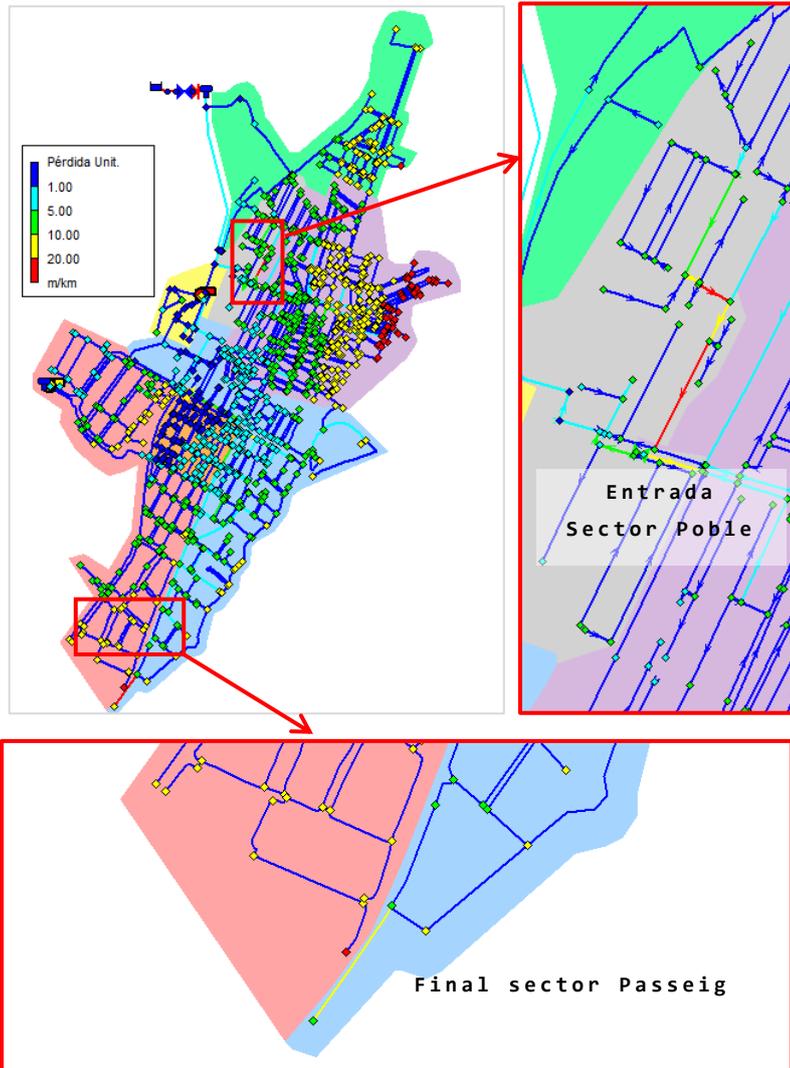


Figura 6.2.2 Distribución pérdidas de carga. Estadísticas máximas. Día Promedio

Día Promedio:

Salvo algunos tramos localizados, como la entrada al sector Poble, no existen grandes pérdidas unitarias, tal y como está configurada la red en la actualidad.



La entrada del sector Poble (en gris) indica importantes pérdidas que llegan a alcanzar más de 20m/km. Toda el agua que se suministra al sector (caudal medio de 1.45 LPS) pasa por una tubería de Fibrocemento DN60 de la cual se desconoce el estado. La J media de esta tubería se sitúa en los 7.56 mca/km.

Esta pérdida de carga es constante durante todo el año, y por ello sería conveniente un estudio de la entrada al sector pues si bien no es una de las arterias principales de la red, una gran cantidad de abonados depende de su suministro.

La parte final de la tubería correspondiente al sector Passeig, indica una pérdida unitaria media de 12.59 mca/km. Es una tubería de PE40 que suministra caudal ($Q_m=0.45$ LPS) a 3 urbanizaciones.

Ilustración 6.2.2 Pérdidas de carga Día Promedio

Del análisis realizado se estima que las dos conducciones señaladas estarían infradimensionadas para el cometido que tienen en la actualidad.

Día Máximo Consumo

El incremento en la demanda producido en la época estival, agrava la situación de las conducciones señaladas, aumentando los valores de pérdida de carga mayor a 15 m/km a la entrada de Sector Poble y a 37 m/Km en el final del sector Passeig.

Igualmente con el incremento de la demanda surgen nuevos puntos críticos, situados principalmente en el sector correspondiente al casco urbano y en la tubería situada en la parte posterior de la válvula V2, a mitad del sector Passeig en Av. Catalunya y tras la V3, en calle Constància a la entrada del Sector Centre. Estas conducciones consideradas como arterias para determinados sectores están diseñadas para cumplir con un caudal medio mucho menor que el demandado por los usuarios para los meses de verano.

Si observamos los valores medios en el escenario de Día de Máximo Consumo (Ilustración 6.2.2A) podemos ver como se distribuyen las pérdidas:

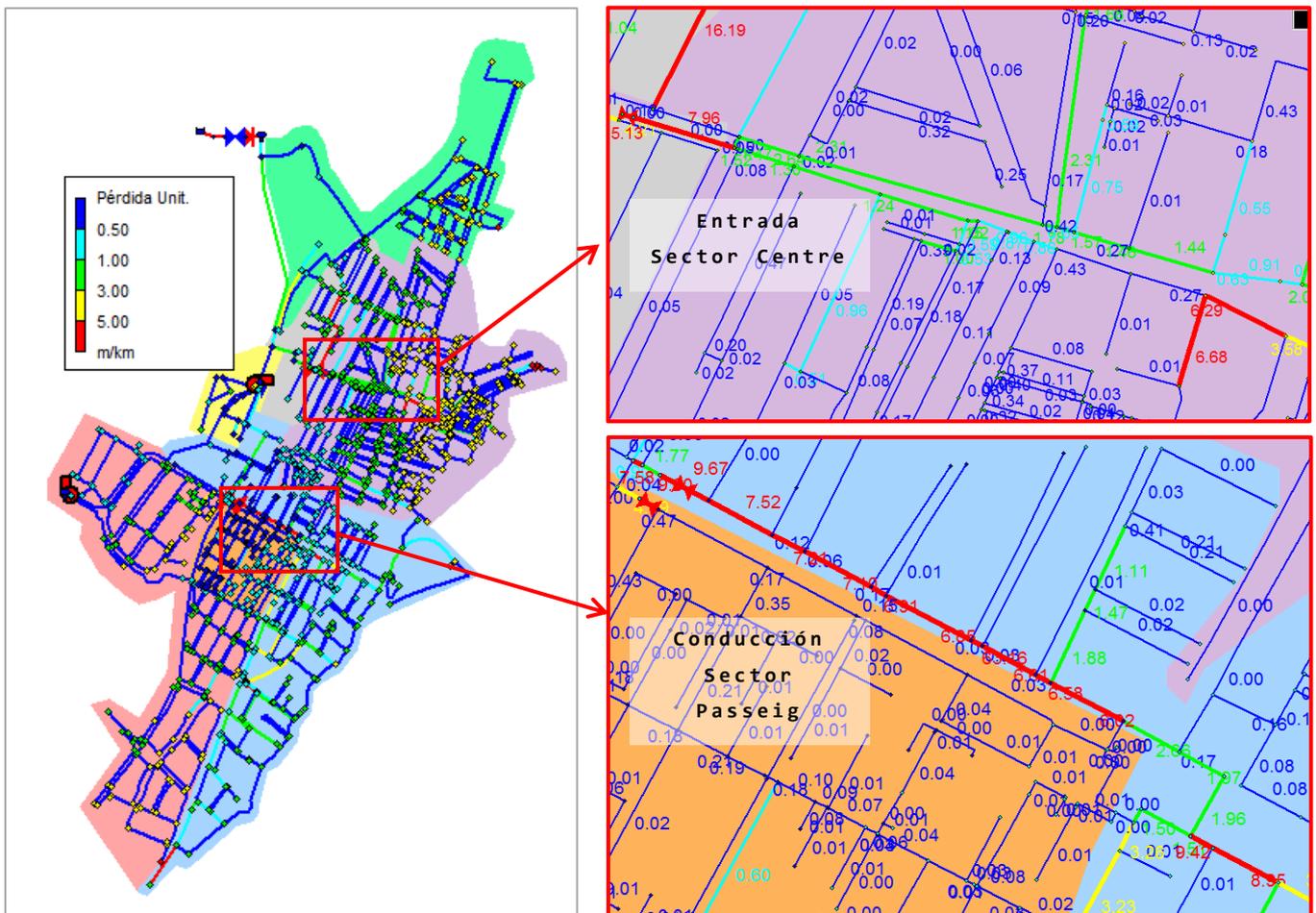


Ilustración 6.2.2A Valores medios de J para el Día de Máximo Consumo

La conducción a la entrada del sector Centre es PE200, aunque realmente su diámetro interior es de 176 mm, y su pérdida unitaria media es de casi 8 m/km, cuando la Tabla 6.2.3 recomienda para un DN200 una J_{max} de 2.85 m/km.

Para la conducción del sector passeig, de FC150, la tabla recomendaría un J mas de 3.3 m/km, cuando se llegan a alcanzar prácticamente los 9.67 m/km

Si se tiene en cuenta que estos valores mostrados son medios, se puede deducir que en los picos de caudal máximo la situación se agravará de manera importante.

6.2.3 Velocidades

La velocidad de circulación del agua en una tubería depende del caudal que circule y del diámetro de la misma,

Para un caudal determinado, un diámetro amplio de tubería implica velocidades bajas con pérdidas mínimas de agua. Por ello se requiere un criterio que fije un valor máximo y mínimo funcional en las velocidades de agua por las tuberías.

Respecto a la velocidad máxima permitida, si hacemos uso de la fórmula de Mougne (para presiones normales en redes de distribución) podemos establecer la siguiente tabla para velocidades máximas:

Tabla 6.2.3 Velocidad Máxima recomendada según la Fórmula de Mougne

Diámetro (mm)	60	80	100	150	200	300	400	600
V max (m/s)	0.5	0.54	0.58	0.67	0.75	0.89	1	1.2

Siendo la Fórmula de Mougne:

$$v = 1.5\sqrt{D + 0.05},$$

Donde v se expresa en m/s y D en metros.

Esta fórmula suele infradimensionar los diámetros grandes y sobredimensiona los pequeños, por lo que por norma general, se establece como criterio el de la AEAS (Asociación Española de Abastecimientos y Saneamientos), que propone como valores adecuados a la velocidad los comprendidos entre 0,6 y 2,25 m/s, siendo el valor mínimo para el caudal de diseño de 0,3 m/S.

El establecimiento de dichos criterios es de debido a los problemas que ocasionan tanto las bajas como las altas velocidades:

Velocidades bajas:

- Infrutilización de las tuberías
- La baja velocidad favorece la deposición de materias en suspensión, lo que puede producir obstrucciones en las conducciones e incrustaciones de carbonatos en las paredes reduciendo la sección útil de paso.
- Los materiales depositados pueden ser arrastrados hasta el consumidor cuando se produce una inversión del sentido del flujo.
- Las bajas velocidades van acompañadas de elevados tiempos de permanencia dentro de las tuberías lo que implica posible riesgos para los usuarios.

Velocidades excesivas:

- Producen elevadas pérdidas por fricción
- Ruidos molestos
- Vibraciones
- Tiene el grave inconveniente de que si se producen transitorios en la red las sobrepresiones que se generan pueden ser importantes y provocar roturas en las conducciones.

Se procede a estudiar los escenarios Día Promedio y Día de Máximo Consumo:

Para el Día Promedio: velocidades mínimas

El análisis de las velocidades en el Día Promedio establece como norma general que estas son notablemente bajas. Referido el análisis a unos rangos horarios según se indica en la Fig. 6.2.3, podemos comprobar que las tuberías con menores problemas de velocidad son las de la red arterial, sin embargo la red distribución general contiene zonas donde el agua prácticamente permanece estancada, con el riesgo de detrimento de la calidad del agua.

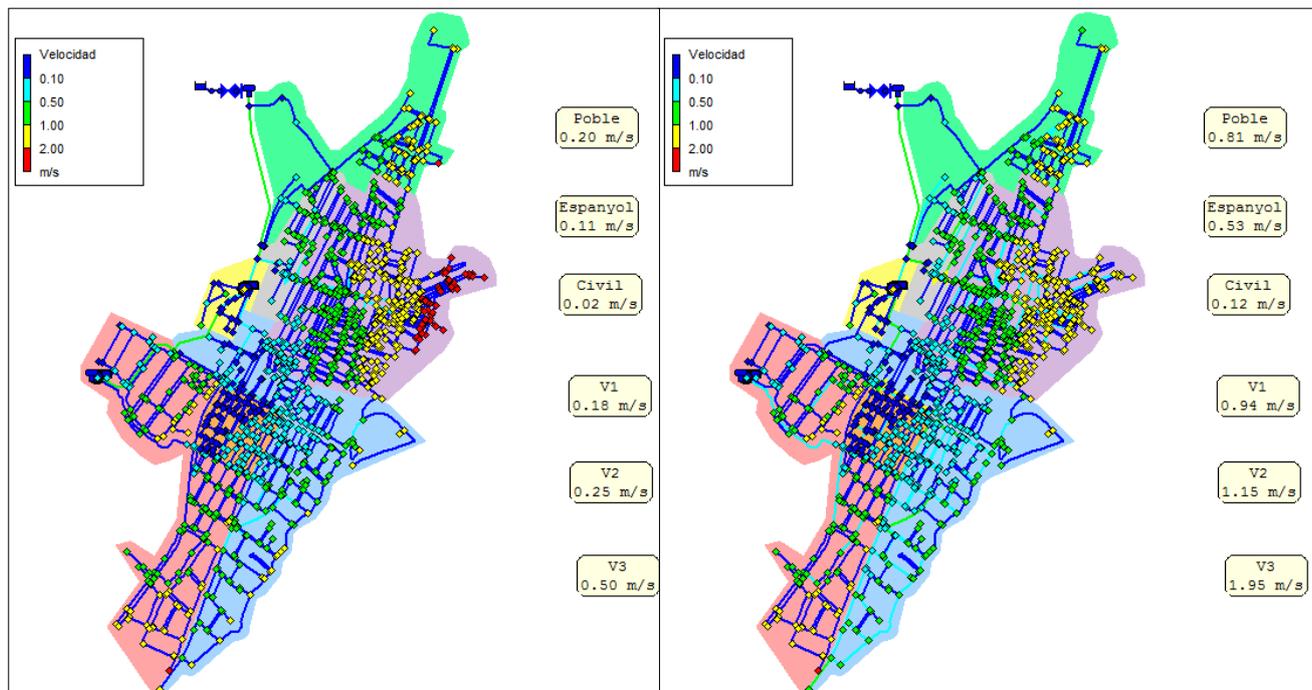


Ilustración 6.2.6.2.3.1 Velocidades en la red para un Día Promedio a las 0:00 y 13:00 h. A la derecha de cada imagen se muestra la velocidad del agua en la línea en la ubicación de los caudalímetros.

A continuación se muestra la curva de distribución de velocidades para la hora de consumo punta:

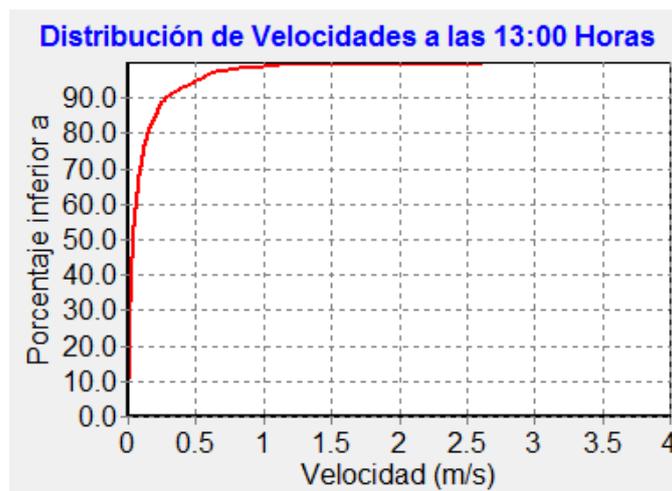


Figura 6.2.3 Distribución de velocidades a las 13.00

Como vemos en la imagen las velocidades circulantes son muy bajas, y más de el 90% de las tuberías estaría bajo la recomendación de los 0,3 m/s en hora punta.

Las causas, por otra parte, pueden ser numerosas zonas terminales debidas la ramificación arbórea de la red.

Para el Día de Máximo Consumo: velocidades máximas

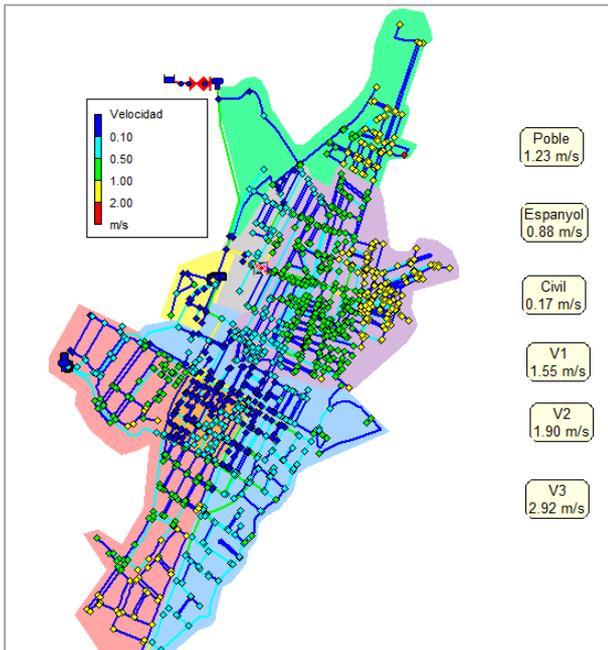


Ilustración 6.2.3A Velocidades en hora punta para el Día de Máximo Consumo

la situación de las velocidades mejora sensiblemente en el supuesto de las velocidades máximas. Como se aprecia en la ilustración, en los consumos en hora punta no existen problemas de elevadas velocidades que puedan causar erosiones en las tuberías.

Unicamente se aprecia una velocidad de 2,12 m/s, tras la conducción en la válvula V3 en C/ Constància y de 1.90 tras la válvula V2 en Av. Catalunya. Como se indicó en el apartado 6.2.2 dichas zonas se pueden calificar de críticas por sus elevadas pérdidas de carga.

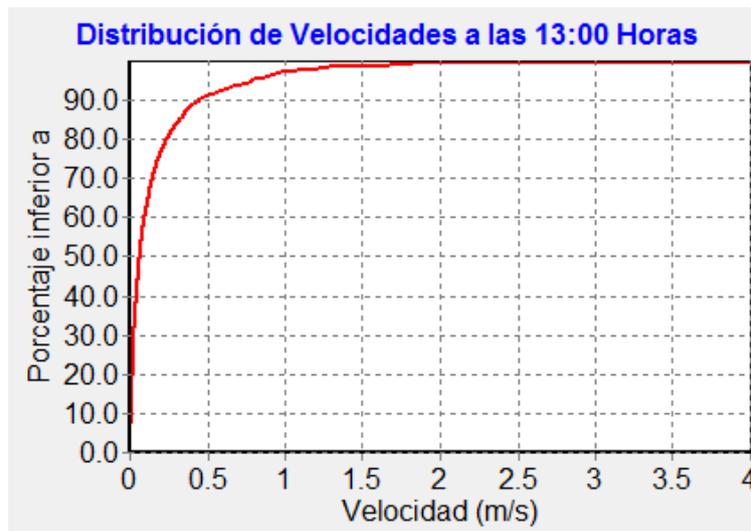


Figura 6.2.3 Gráfico de distribución de velocidades a las 13:00. Máximo consumo.

Como vemos, la distribución sigue dominada en más de un 90% por velocidades en las tuberías menores a 0,5m/s

Igualmente, cabe observar que, aunque las velocidades aumentan de forma notable sólo un grupo reducido de tuberías supera el mínimo de 0,3 m/s, por lo tanto se originarán problemas por deposiciones en el resto de la red de distribución.

6.2.4 Presiones

La presión de servicio disponible en cada punto de la red es función la altura piezométrica que se disponga en los puntos de cabecera o alimentación de la red. A esta hay que deducirle la altura geométrica en el punto considerado y las pérdidas de carga.

La presión mínima de servicio que de be asegurar una red de distribución en las acometidas, será la necesaria para abastecer directamente a las viviendas a una determinada altura, que suele fijarse normalmente en el cuarto piso.

La presión mínima requerida normalmente en la acometida, a nivel del terreno, es de unos 30 mca. En poblaciones con edificación de 1 o 2 plantas este valor se sitúa alrededor de los 20-25 mca. Proporcionar presiones mayores para atender edificios de más altura produce un encarecimiento del conjunto de las instalaciones de la red, ruidos molestos en las instalaciones interiores y un incremento de pérdidas por fugas en el sistema.

El techo de presión máxima en arterias de distribución se fija entre los 50-60 mca, a partir del cual los riesgos de averías incrementan considerablemente así como el timbraje de la red se encarece.

Por otra parte, una presión elevada origina que el caudal fugado aumente proporcionalmente al valor de la misma; el caudal punta y el volumen consumido aumentan, además de que se pueden producir mal funcionalidad en instalaciones interiores (ruidos y vibraciones) (Fuente: Curso de Hidráulica Básica para Operadores. Redhisp)

Presiones Mínimas.

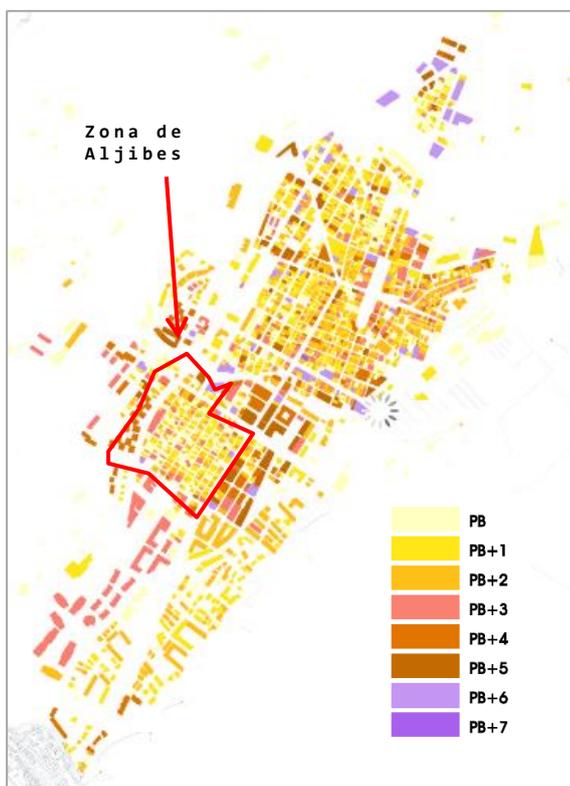


Ilustración 6.2.4 Gráfico de alturas de la edificación de Sant Carles de la Ràpita. Fuente: POUM. Zona de aljibes delimitada en rojo.

Aunque la presión mínima recomendable sea de 20 mca no existe ninguna legislación nacional vigente que establezca unos valores obligatorios, ni no que es el propio municipio el que considera cual es la presión adecuada a suministrar. En el caso de Sant Carles de la Ràpita esta presión mínima de servicio se establece en los 15 mca, y ello es debido a que en la mayor parte del municipio no se superan las dos alturas en las edificaciones y porque existen zonas con numerosos aljibes.

Por este motivo las consignas de las válvulas están en algunos sectores incluso por debajo del mínimo establecido, con un valor de 13 mca.

La elección de esta baja presión de consigna es debida al historial de averías en conducciones en estas zonas tras las válvulas reductoras V1 y V2 en Av. Catalunya.

Esta presión de suministro no supone problemas, pues los edificios en estos sectores disponen de aljibes que almacenan el agua.

En los edificios de dos plantas el aljibe está situado en la parte superior, mientras que para las construcciones de más alturas, se dispone de un aljibe interior en la parte baja del edificio.

Las causas del uso del aljibes los describen Andreu Navarro, M.; Arregui de la Cruz, F.; García-Serra García, J. en “Simposio I: Usos urbano-industriales y funciones de salud de las aguas”

“La necesidad de que los usuarios de disponer de un almacenamiento propio viene dada por la incapacidad de la red pública de distribución de agua para mantener unas determinadas condiciones de servicio, ya sea en cuanto a continuidad (o suficiencia) del suministro o en cuanto al nivel de presión en la misma.

Una primera causa sería cuando, bien por el mal estado general de las instalaciones o por un déficit permanente o estacional de recursos hídricos, no está garantizado el suministro continuo de todo el volumen demandado, produciéndose incluso interrupciones en el servicio. En este caso el usuario, de cara a paliar esta inseguridad en el suministro se ve obligado a disponer de un aljibe propio donde acumular agua cuando esta está disponible, con el fin de utilizarla durante los periodos de interrupción del servicio o en los que la red resulta insuficiente para suministrar todo el caudal demandado. Otra circunstancia que fomenta la instalación de aljibes domiciliarios es la insuficiencia de la red para mantener un nivel de presión aceptable. Esto sucede en sistemas con baja capacidad de transporte, provocada por un diámetro efectivo de las tuberías insuficiente. En tal caso, y especialmente en condiciones punta de consumo, las pérdidas de carga en el sistema de distribución pueden ser tales que la presión en las acometidas no garantice el funcionamiento de los aparatos instalados.”

Los aljibes, a aunque continúan siendo usados abundantemente en España, debido a suponer un almacenaje de agua en periodos de sequía, presentan ciertos problemas importantes, como citan Enrique Cabrera Marcet y Vicent Espert Alemany en su artículo “El Problema De Las Pérdidas De Agua En Redes Urbanas” que destacan, por orden de importancia, los siguientes inconvenientes: “

Su insalubridad. El agua a presión de la tubería se almacena en un depósito que, al estar a presión atmosférica, no reúne garantías sanitarias. Filtraciones procedentes de desagües, pueden contaminar el agua del aljibe. Un agua que, como muchos líquidos y sólidos destinados al consumo humano, tiene periodo de caducidad. De ahí el interés por determinar su “tiempo de residencia en la red”, tiempo transcurrido desde la potabilización hasta que llega al grifo. Cuanto menor, mayor garantía de potabilidad. Sin embargo, tan pronto ingresa el agua en un aljibe, se pierde el control sanitario. Pese a todo son los propios Ayuntamientos quienes los promueven, en vez de asumir la responsabilidad de ampliar sus redes. No extraña que el mercado del agua embotellada (Wolff, 2004) crezca de manera espectacular tanto en países desarrollados como en los que no lo son.

Su insolidaridad. La falta de planificación e inversión del Ayuntamiento es trasladada al promotor de la obra que tiene que asumir el costo adicional de construir el aljibe, coste que trasladará al comprador de la vivienda (bombeos propios en los edificios).

Su ineficiencia. El agua pierde la presión de la red y, por ello, la energía que requiere para alcanzar el grifo del abonado es superior. Por supuesto es el abonado quien asume ese coste adicional.”

Además de los citados aspectos, a la hora de realizar la gestión de la red, los aljibes también suponen un problema de importancia, pues, como se cita en dicho artículo, “... (Los aljibes) laminando la demanda, ocultan deficiencias al tiempo que permiten a los ciudadanos enfrentarse, con menos inconvenientes, a los tercermundistas “cortes de agua” (Lund y Reed, 1995). Estos depósitos no garantizan la calidad del agua que, ingresando en ellos, pierde su precinto de garantía. Tolerados y, en ocasiones, hasta promovidos, están prohibidos en los países desarrollados. Y si a las referidas

insuficiencias se añaden las deficiencias propias de tuberías viejas no atendidas con un “control activo de fugas”, los rendimientos serán necesariamente muy bajos. Tanto que, en media, se estiman (no hay datos precisos al respecto) en un 60 %.”

Las razones anteriormente expuestas coinciden plenamente con el caso de Sant Carles, cuyo rendimiento de red se estima en un 63.5 %.

Dejando a un lado este inciso acerca de los aljibes, se procede a continuación a realizar el estudio de presiones en los nodos de la red:

Para el estudio de presiones mínimas, tomaremos la situación más desfavorable, en el Día de Máximo Consumo 2014 y Estadísticas Mínimas

Como vemos las menores presiones se producen a la entrada de los sectores Barri y Passeig, debido a la existencia de las válvulas reguladoras, que mantienen una presión aguas abajo de 13 mca

Como vemos en la parte alta del sector Eixample, cerca del bombeo, a una velocidad de giro de la bomba al 50 %, las presiones no bajan de los 19 mca, aunque en esta zona los edificios disponen de sus propios bombeos para suministrar presión. Por lo que en principio no se encuentran problemas de bajas presiones.

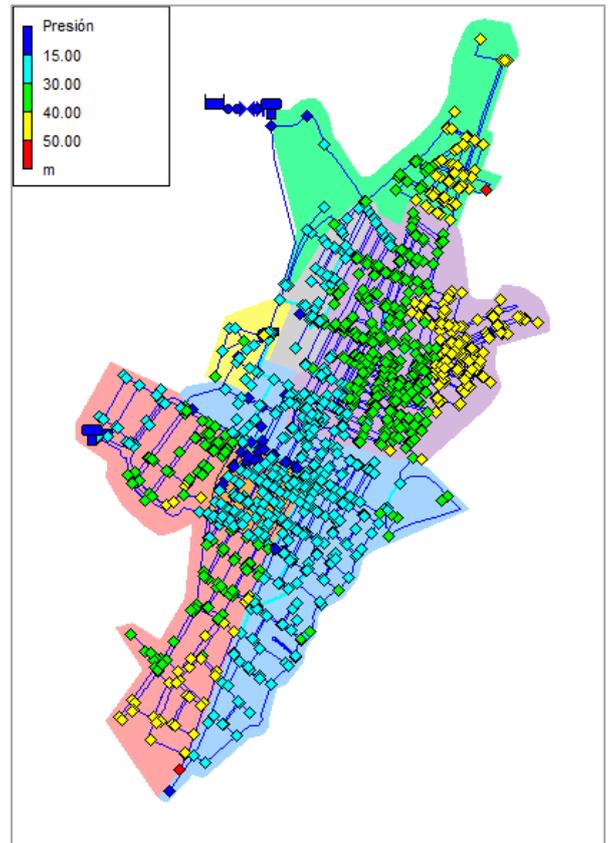


Ilustración 6.2.4A presiones en estadísticas mínimas. Máximo consumo 2014



Ilustración 6.2.4B Presiones Día máximo consumo con V1 y V2 taradas a 20 mca

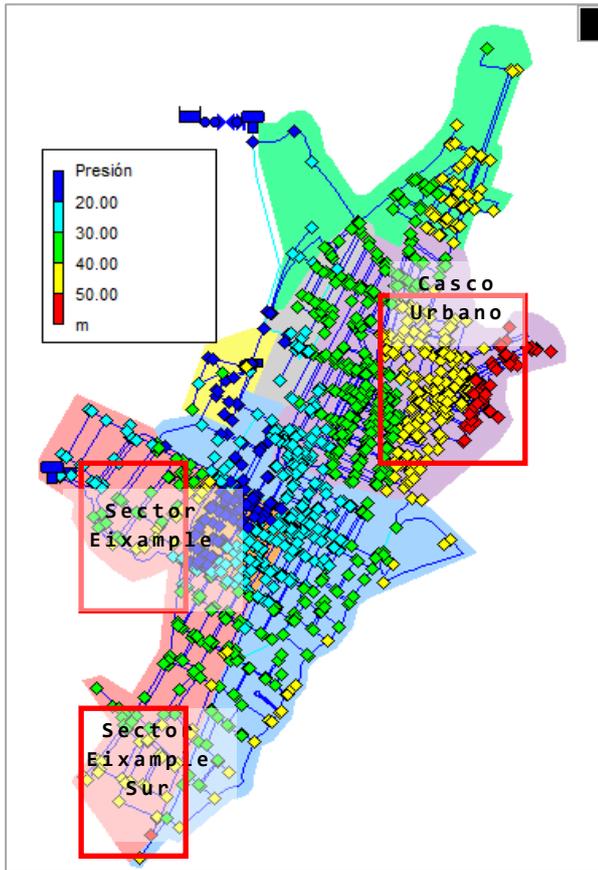
En la ilustración 6.3.4B se indica cómo quedaría la situación en caso de aumentar las consignas de las válvulas V1 y V2 a 20 mca, a las 2:00 y 13:00:

En general se produce un aumento excesivo de la presión en la red, durante las horas nocturnas.

Presiones máximas.

La situación más desfavorable se produce en el Día Promedio en horas de bajo consumo

Estas se producirían a las 50 horas del inicio de la simulación, a las 02:00 de la madrugada en un Día Promedio.



Como se indica en la figura, es en el sector Poble en el casco urbano, donde se llegan a alcanzar presiones de más de 50 mca cada día durante las horas nocturnas.

Se llegan a alcanzar presiones de más de 50 mca cada día durante las horas nocturnas. En la parte mitad baja del sector, las presiones son de mínimo 40 mca. Es en esta zona donde se concentran la mayoría de los problemas (bajas velocidades, tuberías antiguas de pequeño diámetro de fibrocemento, ramificaciones) lo que suponemos está derivando en una pérdida de agua por fugas.

Existe otra zona de presiones altas situada en la parte alta del Sector Eixample, en su zona de cota más baja, donde el suministro de presión que dan las bombas puede generar sobrepresiones si la bomba trabaja por encima de una velocidad de giro del 50 %. El mismo problema se reproduce en la zona situada más al sur de ese mismo sector.

6.2.5 Topología

Como se ha descrito en el apartado 3.2.5, la tipología de red que presenta Sant Carles es de tipo mixto. Asimismo la estructura de su red podría considerarse de tipo arbóreo.

Cabría destacar que, en algunos puntos de la red, principalmente en el casco urbano (la zona más castigada por las diferencias de presión) la red podría quedar prácticamente mallada instalando pocos metros de tubería, con las ventajas que aquello supone:

- Mayor seguridad en el suministro en caso de que se tenga que cerrar algún tramo de tubería-
- Menor pérdida de carga y por lo tanto alturas y presiones suministradas más equilibradas.
- Se evitan estancamientos de agua que podrían derivar problemas sanitarios si el agua permanece demasiado tiempo estancada en la tubería



Ilustración 6.2.5 Ejemplo de una parte del casco urbano de Sant Carles de la Ràpita con algunas zonas ramificadas fácilmente mallables.

6.2.6 Estudio de las válvulas reductoras

Las válvulas reductoras-reguladoras fijan la presión agua abajo al valor deseado por el usuario. Una vez fijada esta presión de salida, se mantiene constante independientemente de las variaciones de caudal y de la presión agua arriba. Asimismo, cuando el consumo es nulo, la válvula se cierra para mantener esa presión de salida regulada.

Es importante el buen dimensionamiento de las válvulas, pues en caso de hacerlas trabajar con escasa abertura y caudales importantes, provocan una enorme disipación de energía dada la gran resistencia que ofrecen al paso del fluido. Además la velocidad en el interior de la válvula aumenta como consecuencia de la reducción de paso del fluido, lo que puede conllevar una caída disminución de la presión, que, si llega a la presión de vapor puede alcanzar el fenómeno de cavitación, provocando:

- Ruido y vibraciones
- Pulsos de presión importantes en el sistema hidráulico
- Erosión y grandes desperfectos de los materiales
- Pérdida de eficacia del transporte del fluido (se pierden las condiciones de diseño)

Para dimensionar la válvula correctamente son necesarios los siguientes datos:

- La presión aguas arriba de la válvula
- La presión de tarado necesaria aguas debajo de la válvula
- Caudal máximo y mínimo esperado (determinará el grado de apertura máximo y mínimo)

Los fabricantes de válvulas dotan a sus productos de características específicas que impiden que su dimensionamiento sea por norma genérico.

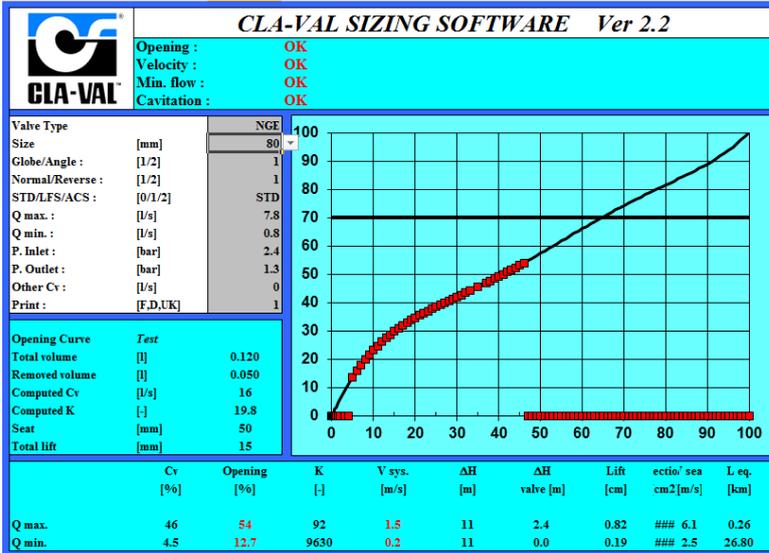
En el caso de Sant Carles de la Ràpita, las válvulas pertenecen a la Marca Cla-val como se ha detallado en el apartado de descripción de la red.

Esta empresa dispone de un software de dimensionado, que, insertando los datos arriba expuestos, nos indica si la válvula trabaja correctamente.

Dado que las válvulas fueron instaladas en el año 2013, es probable que las condiciones de caudal y presión hayan cambiado y por tanto consideramos conveniente determinar de nuevo el dimensionamiento de las mismas..

Para ello hemos tomado el software de la empresa, llamado "CLA-VAL SIZING SOFTWARE Ver 2.2", y se han realizado las comprobaciones pertinentes para cada una de las válvulas reductoras V1, V2, y V3, obteniendo los siguientes resultados:

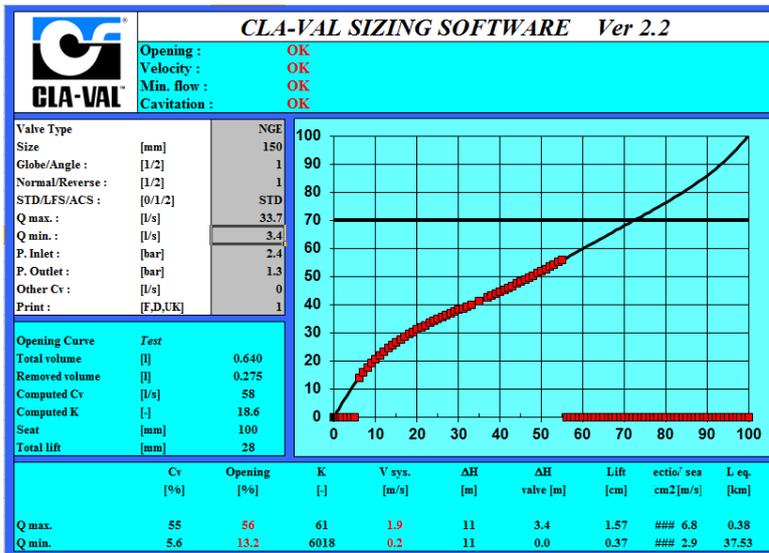
Para V1



La válvula funciona correctamente. Si el lugar de un DN80 se introdujese un DN65 también tendría un funcionamiento correcto, aunque a vistas de previsión, o posible ampliación de sector, un ligero sobredimensionamiento puede ser conveniente.

Ilustración 6.2.6.1.2.6 Características de la V1 en en el software CLA-VAL SIZING SOFTWARE Ver 2.2

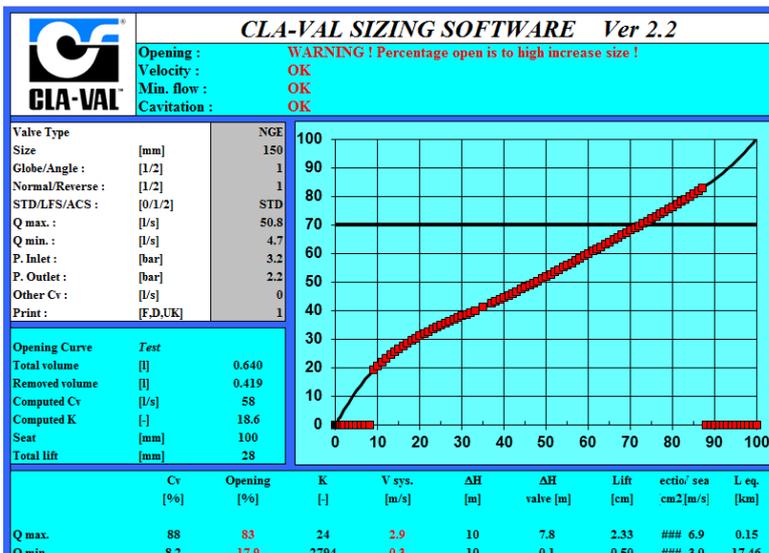
Para V2



El dimensionamiento de la válvula es adecuado.

Ilustración 6.2.6A Características de la V2 en en el software CLA-VAL SIZING SOFTWARE Ver 2.2

Para V3



Aparecen mensajes de advertencia: la válvula trabaja a caudal máximo abierta en exceso (para el caso específico de esta marca), por encima del 70%

Si se tomase el diámetro inmediatamente superior, el problema se soluciona, aunque debería valorarse la inversión.

Ilustración 6.2.6B Características de la V3 en en el software CLA-VAL SIZING SOFTWARE Ver 2.2

6.2.7 Caudales

Caudales Mínimos

Los caudales mínimos se producirán en la madrugada del Día Promedio, en atención a las demandas. Observar como la red de interconexión de depósitos sí porta un caudal considerable, debido a que en este periodo del día se produce el llenado del depósito de compensación, tal como habíamos adelantado en el apartado “6.1 evolución del caudal inyectado a red”. En la ilustración 6.2.7 podemos contemplar lo que se denominarían los “caudales mínimos nocturnos”.

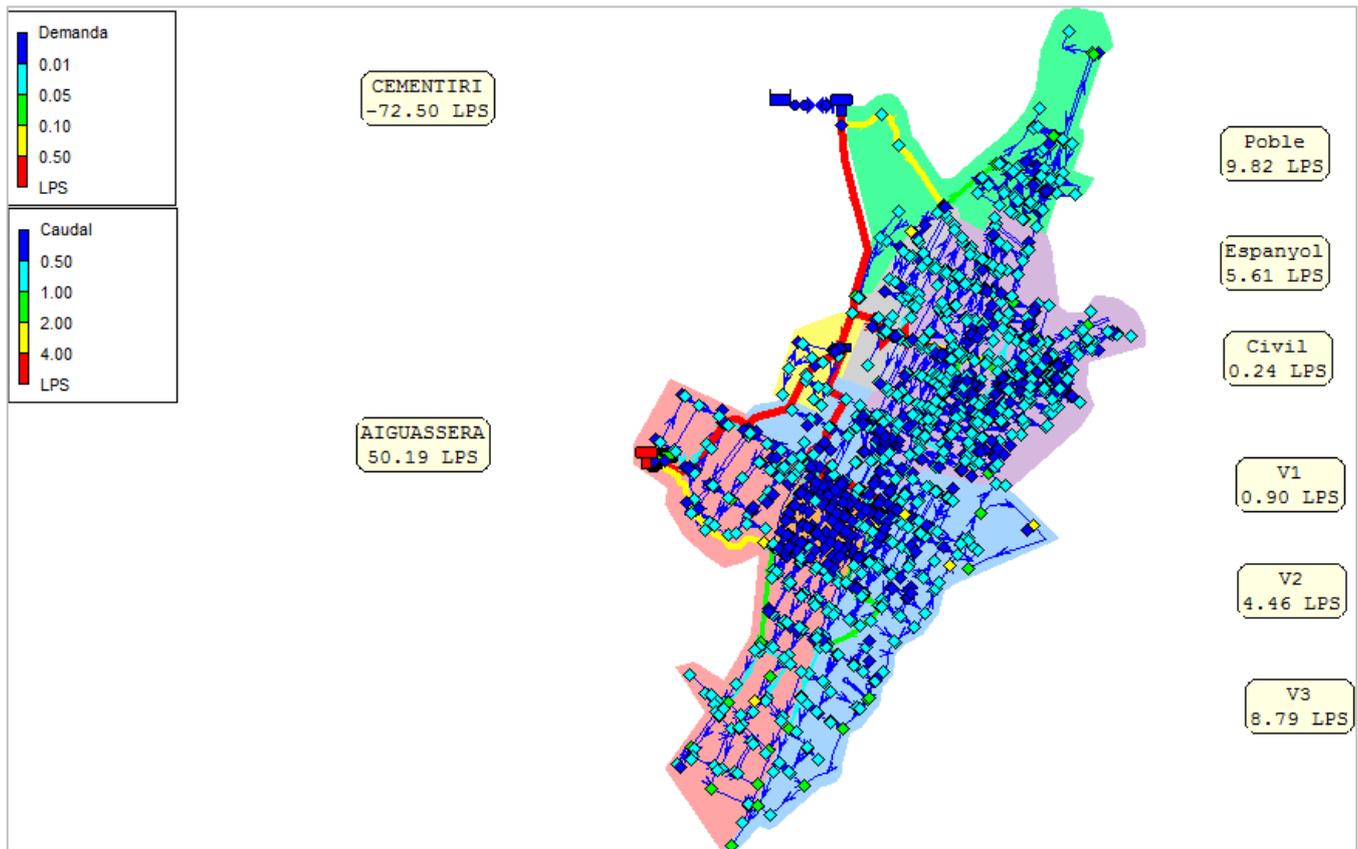


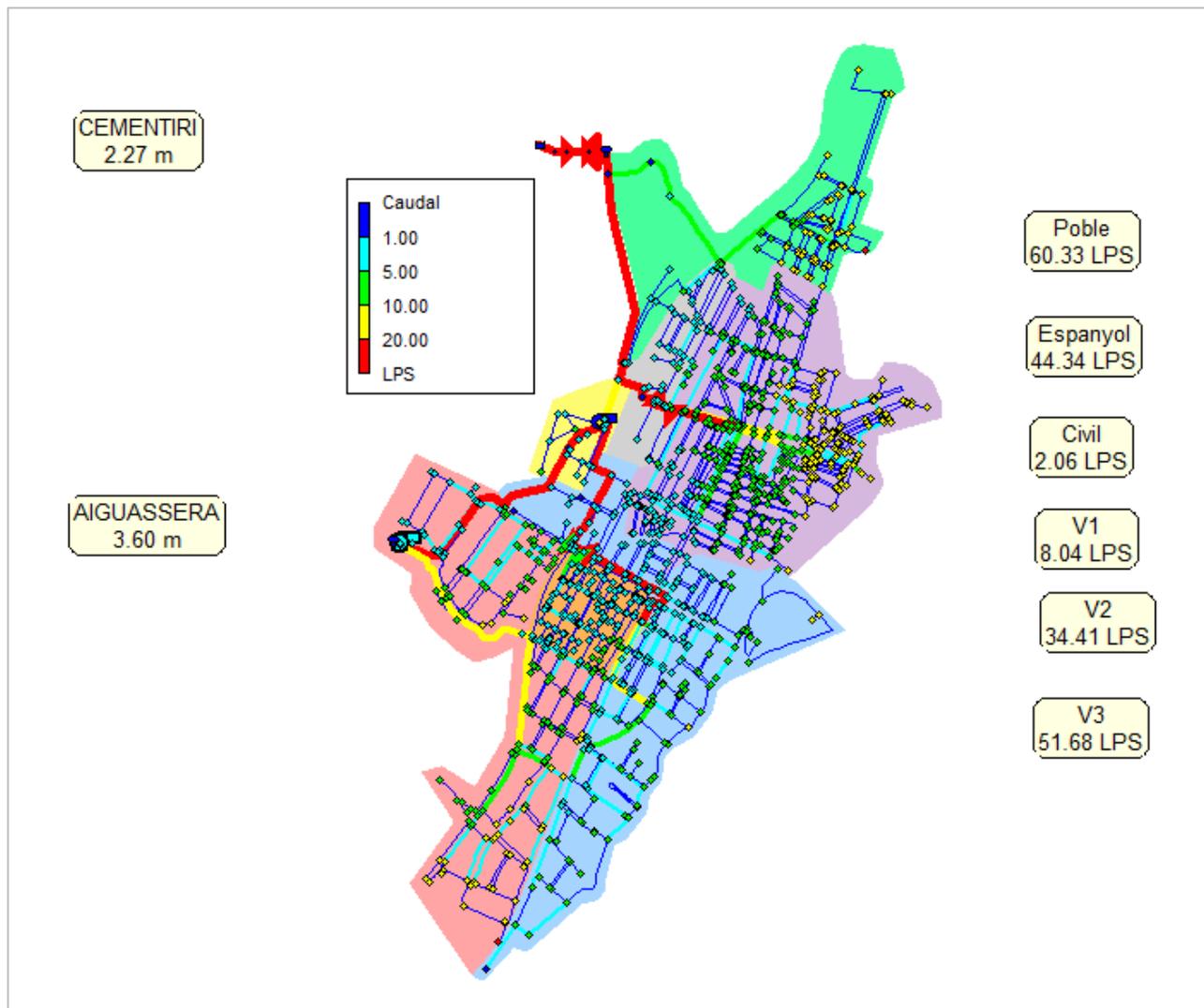
Ilustración 6.2.7 Caudales mínimos en Día Promedio

La ilustración 6.2.5 pone de manifiesto que las demandas a esta hora son muy bajas. En ningún punto se supera, los 0,5 LPS y la mayoría de los nodos de la red consumen una demanda por debajo de los 0,05 LPS.

Caudales Máximos

Los caudales máximos surgiran a las 13 h del Día de Máximo Consumo. De forma general los caudales están bien distribuidos en el sistema. Los mayores caudales circulan por las grandes arterias de las conducciones de la red. Es necesario indicar que las tuberías con problemas de pérdidas de carga señaladas en la Ilustración 6.2.2A tendrían un caudal circulante excesivo para su diámetro.

En las etiquetas se puede observar el gran caudal que circula por los caudalímetros estudiados y zonas con demandas muy altas, especialmente las situadas en la costa.



Ilustración 6.2.5 Caudales circulantes en hora punta el Día de Máximo Consumo

6.3 Anàlisis De La Red De Agua Potable en Condiciones De Emergencia

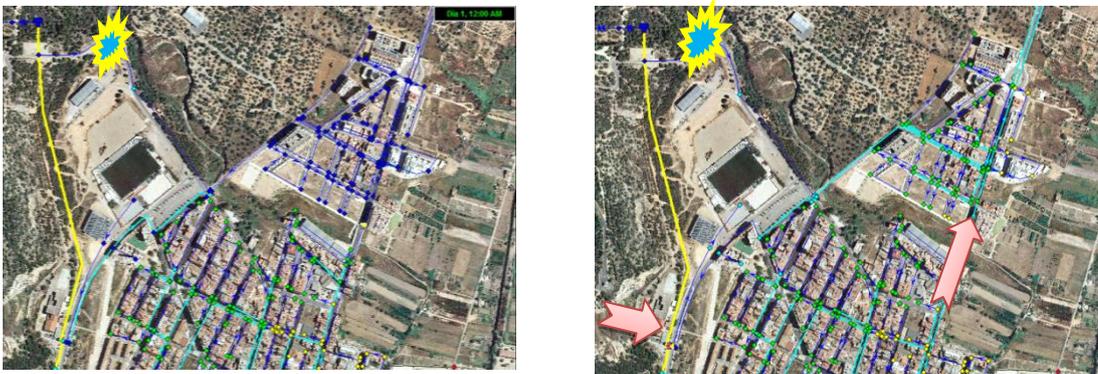
Se analiza a continuación el comportamiento de la red en situaciones de emergencia, como pueden ser situaciones en las que se produzca la rotura de una conducción de la red arterial o la entrada en funcionamiento de los hidrantes por la existencia de un incendio.

6.3.1 Comportamiento de la red en condiciones de rotura

En este apartado vamos a analizar cómo se comportaría la red en el caso de que alguna de sus tuberías arteriales tuviese que ser temporalmente cerrada por rotura de la misma.

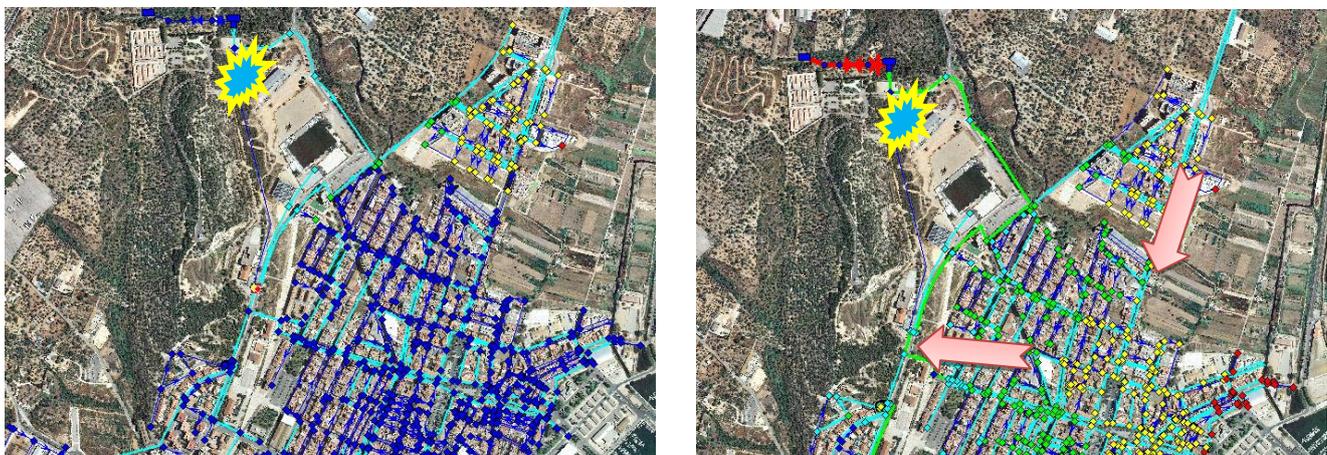
Para ver si se cumplen las presiones mínimas a garantizar, utilizaremos el modelo del Día de Máximo Consumo

Rotura tubería Matarredona: Caerían las presiones en el Sector Porta Nord de modo inmediato



Solución: Abrir tubería en C/ Sant Josep (antigua Configuración)
Abrir tubería en Dr. Torné

Rotura tubería de cabecera: Problemas en el suministro en varios puntos. Toda la red caería en presiones negativas a las 19 horas de la rotura, a excepción de la parte norte del pueblo.



Solución: Se podrían abrir las dos tuberías antes nombradas. Pero el sistema no trabajaría con las presiones mínimas de suministro en algunos puntos, y aparecerían presiones negativas a las 39 horas desde la rotura

Rotura tubería C/Constància

Tanto si se produce por la parte derecha o la izquierda, el agua terminaría dando la vuelta rodeando la Plaça de Coc. El sistema seguiría funcionando adecuadamente gracias a este mallado.



Rotura Tubería Interconexión: El sistema funcionaria correctamente hasta 4 días después, después el sector Eixample terminaría sin presión.



Solución: Abrir la tubería que separa los sectores Barri y Eixample, tal i como estaba configurado en 2013 antes de la puesta en funcionamiento del depósito

Carrer dels Bandolers: Tomaríamos idéntica solución en el caso de que la tubería en rotura fuese la que desciende del depósito, el sector Eixample entraría en presiones negativas a las 8 horas de no ser así.



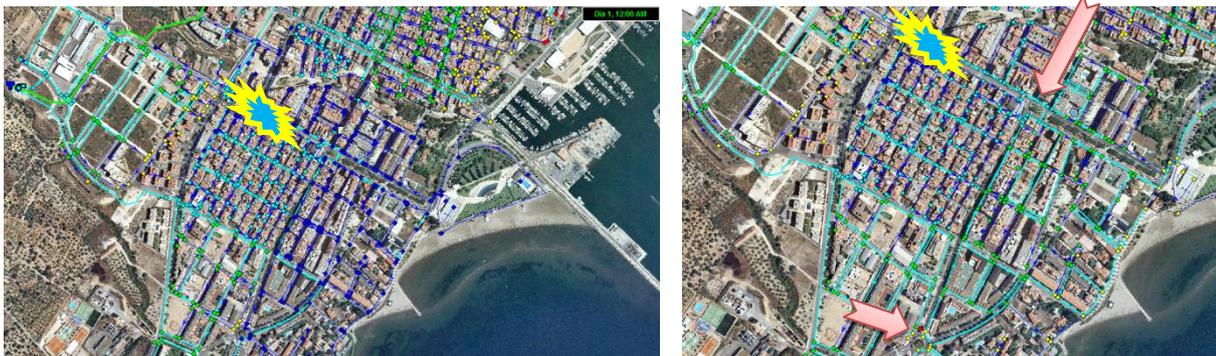
Rotura tubería Av Codonyol:



Seguiría llegando suministro de agua a la parte sur del sector Eixample, pero a las 8 horas del Día de Máximo Consumo se encontrarían presiones negativas, no habiendo solución posible ni rutas alternativas para el agua.

Rotura tubería Av Catalunya.

Todo el sector Passeig tendría caídas de presión prácticamente de inmediato:



Solución: deberían abrirse las válvulas de cierre indicadas, en calle Sant Isidre 105 y Calle Sant Isidre con Calle Rosselló, de manera simultánea. Si se abriese tan sólo una cualquiera de ellas, el sistema continuaría sin funcionar.

En general, en caso de rotura arterial de la red, el sistema tendría unas pocas horas para reaccionar, a excepción de la rotura de la conducción del camino de Matarredona, Av. Catalunya y Av Codonyol, donde los cortes de agua serían inmediatos.

Se recomendaría tener un plan de emergencia preparado para el conocimiento de la situación de las válvulas de corte a manipular en caso de que el incidente de rotura acaeciese.

6.3.2 Comportamiento de la Red ante condiciones de incendio

En materia de extinción de incendios la normativa española ha sufrido una variación considerable. La NBE-CPI/82 (Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección Contra Incendios) ha sido de obligado cumplimiento hasta que fue derogada por la NBE-CPI/91 y posteriormente en el año 1996 por la NBE-CPI/96, que si bien no se encuentra en vigor tras la aprobación del CTE (Código Técnico de la Edificación) se consideran como válidas las recomendaciones en cuanto a diseño de redes de hidrantes públicas.

La citada norma, en cuanto a redes de hidrantes exteriores, se recogen las siguientes directrices: En cuanto a ubicación de hidrantes se fija la distancia mínima que debe existir entre los hidrantes colocados en la red de la siguiente forma: *“Los hidrantes deben estar situados en lugares fácilmente accesibles, fuera del espacio destinado a la circulación y estacionamiento de vehículos, debidamente señalizados conforme a La Norma UNE 23 033 y distribuidos de tal manera que la distancia entre ellos medida por espacios públicos no sea mayor que 200 metros”*

Además, la norma establece que deben contar con la instalación de, al menos, un hidrante los siguientes edificios o establecimientos:

- Con carácter general toda edificación cuya altura de evacuación descendente o ascendente sea mayor que 28 m o que 6 m., respectivamente
- Los cines, teatros auditorios, discotecas con superficie construida entre 500 y 10.000 m²
- Los recintos deportivos con superficie construida comprendida entre 5.000 y 10.000 m²
- Los de uso comercial o de garaje o aparcamiento con superficie construida comprendida entre 1.000 y 10.000 m²
- Los de uso Hospitalario o residencial con superficie construida entre 2.000 y 10.000 m²
- Los de uso administrativo, docente o vivienda con superficie construida comprendida entre 5.000 y 10.000 m²
- Cualquier edificio o establecimiento de densidad elevada conforme al apartado 6.1 de esta norma básica no mencionado anteriormente, con superficie construida comprendida entre 2.000 y 10.000 m²

Además *“los anteriores edificios o establecimientos deben contar con un hidrante adicional por cada 10.000 m² adicionales de superficie construida o fracción.”*

Asimismo, se indica que los hidrantes colocados para proteger a los edificios mencionados anteriormente deberán estar situados a no más de 100 m. de distancia de un acceso al edificio.

En cuanto a características hidráulicas de la red de abastecimiento, la norma fija la suficiencia hidráulica de la red para satisfacer la demanda de caudales de incendio de la siguiente forma:

“La red hidráulica que abastece a los hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min, y una presión mínima de 10 mca. En núcleos urbanos consolidados en los que no se pudiera garantizar el caudal de abastecimiento de agua, puede aceptarse que éste sea de 500 l/min., pero la presión se mantendrá en 10 mca.”

Dada la importancia del caudal, la red suministradora debe contar con unos diámetros mínimos para no provocar excesivas pérdidas de carga, lo cual puede obligar a un redimensionamiento de la red en determinados puntos. En cuanto a características de hidrantes, la norma no fija características de los hidrantes a colocar, sino que remite directamente al Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

En el citado Reglamento se indica que los hidrantes exteriores podrán ser de dos tipos:

- Columna de Hidrante al Exterior (CHE), los cuales se ajustarán a lo establecido en las normas UNE 23.405 (Hidrante de Columna Seca) y UNE 23.406 (Lucha contra Incendios. Hidrante de Columna Húmeda). Cuando se prevean riesgos de heladas, las columnas hidrantes serán del tipo de columna seca.
- Hidrantes de Arqueta, los cuales se ajustarán a lo establecido en la Norma UNE 23.407 (Lucha Contra Incendios. Hidrantes bajo Nivel de Tierra), salvo que existan especificaciones particulares de los servicios de extinción de incendios de los Municipios en donde se instalen.

Sin embargo, ni la NBE-CPI/96, ni el Reglamento de Instalaciones de Protección, indican el diámetro del hidrante a colocar en la red. En este caso, nos podemos remitir a la NBE-CPI/82, en la que se indicaba que los hidrantes de incendio serán como mínimo de tipo 80 mm en núcleos de población con menos de 5.000 habitantes y con menos del 10 % de edificios de tres plantas y del tipo 100 mm como mínimo en el resto de los casos.

Red de Hidrantes 2014

Pasaremos a estudiar en primer lugar cómo está constituida la red de Hidrantes de que dispone Sant Carles de la Ràpita:

Como podemos ver, la red dispone en total de 43 hidrantes. Para comprobar si se cumple la normativa vamos a superponer una rejilla de 200x 200 sobre la red de hidrantes para comprobar si se cumplen las condiciones de distancia mínimas, para comprobar el cumplimiento de las condiciones de incendio de la NBE CPI 96

..”La distancia entre ellos medida por espacios públicos no sea mayor que 200 metros”

Además de dibujar un área de un radio de 100 m para cada hidrante existente, y así poder ver más fácilmente las zonas donde se carece de los mismos:

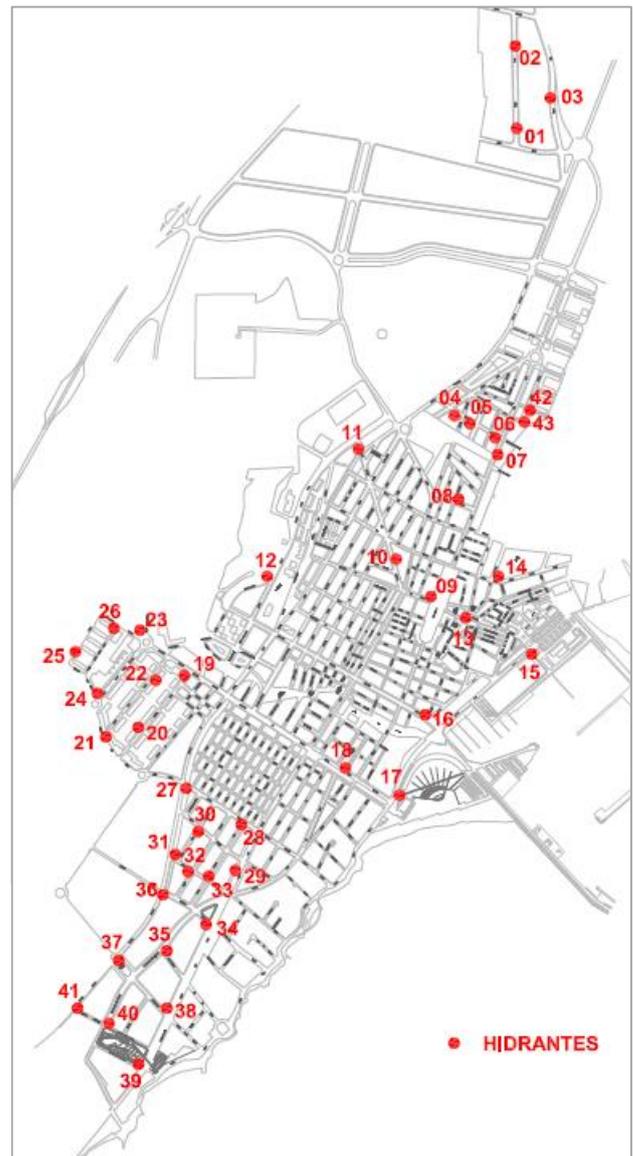


Ilustración 6.3.2 Plano de situación de Hidrantes

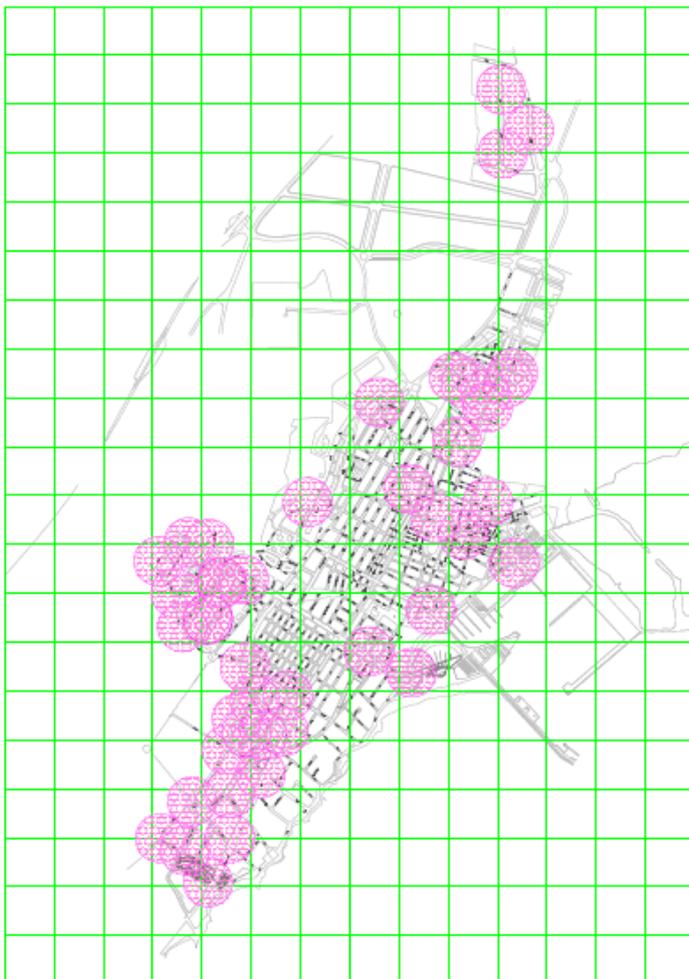


Ilustración 6.3.2A Área cubierta correctamente por los hidrantes.

Como se puede observar a simple vista en la Ilustración 6.3.2 y 6.3.2A, Sant Carles no tiene en su zona urbana los hidrantes correctamente distribuidos. En las zonas céntricas, de cierta densidad, carece por completo de hidrantes.

Será necesario hacer un estudio para añadir los hidrantes que faltan en una de las propuestas de mejora de la red, y estudiar también cómo trabajarían en situación de emergencia.

Aunque la red no dispone de suficientes hidrantes, se empleará el modelo matemático elaborado, simulando un incendio en la zona más desfavorable de la red, con los hidrantes existentes en la actualidad, para la hora punta del Día de Máximo Consumo, considerando que tal y como especifica la norma, dos hidrantes consecutivos deberán de ser capaces de proporcionar un caudal de 16,6 l/s cada uno de ellos (o la mitad en caso de no cumplirse esta condición), no bajando nunca la presión de los 10 mca.

Aunque las peores condiciones de presión, en hora punta, se dan aguas debajo de las válvulas taradas en 13 mca, en Av. Catalunya (1). Estas válvulas no se abren automáticamente y para cambiar su tarado se requiere un conocimiento previo del funcionamiento. No podemos efectuar aquí la simulación, pues no disponemos de hidrantes en esta zona:

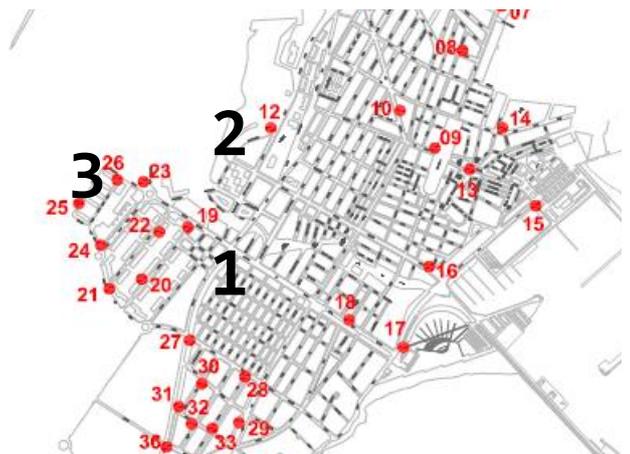
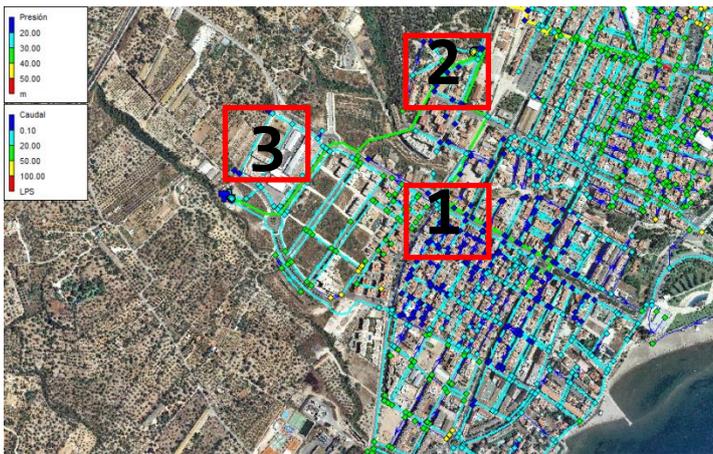


Ilustración 6.3.2B Ubicación de las áreas con más baja presión

Las siguiente zona (2), junto al bombeo torreta, tampoco dispone de dos hidrantes consecutivos.

La siguiente zona con presiones más desfavorables la encontramos en la parte más alta del sector Eixample, cerca del bombeo "Aiguassera", cuyos hidrantes de estudio, (los que menos presión alcanzan) son los número 25 y 26.

Tal y como está el modelo planteado, pero con la bomba trabajando al 100 % de su capacidad, la situación se presentaría del siguiente modo:

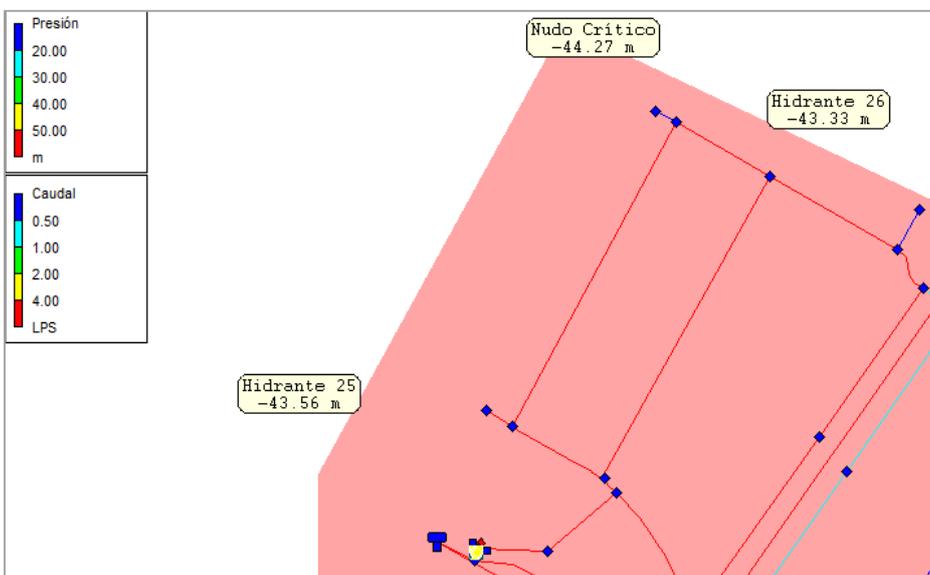


Ilustración 6.3.2C Situación de incendio 16.6 LPS dos hidrantes consecutivos

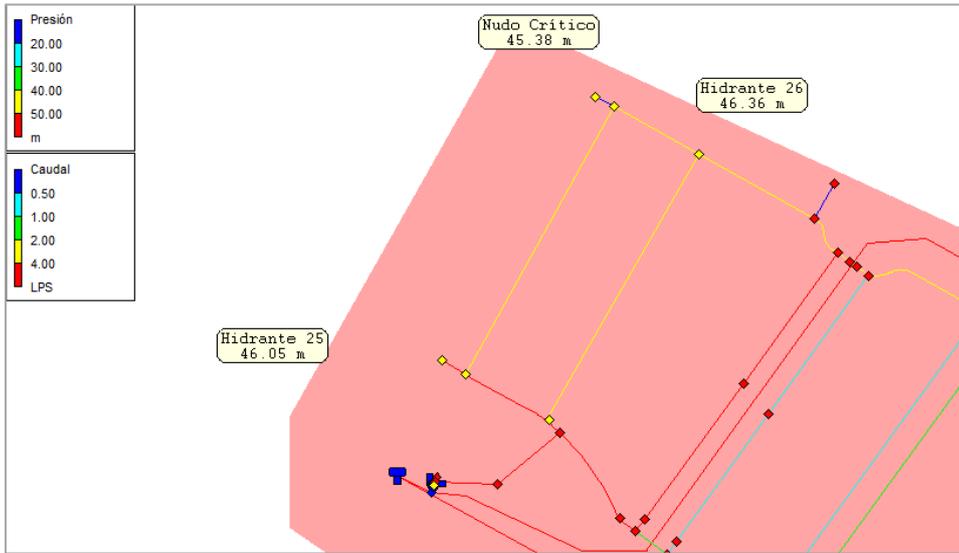
Por lo que no se cumplirían las condiciones, apareciendo presiones negativas que el modelo, por las ecuaciones que utiliza, muestra como aparece en la ilustración 6.3.2C. La presión no podría ser menor a -10.33 mca (presión absoluta).

Pasemos a comprobar cómo funcionarían estos hidrantes con la mitad del caudal demandado tal y como indica la normativa CPI-96:

"...En núcleos urbanos consolidados en los que no se pudiera garantizar el caudal de abastecimiento

de agua, puede aceptarse que éste sea de 500 L/min., pero La presión se mantendrá en 10 mca.”

La situación mejora notablemente, cumpliéndose la garantía de suministro:



Podría estudiarse el poner en marcha todo el grupo de presión, ya que son 3 bombas en paralelo trabajando alternativamente.

Ilustración 6.3.2D Situación de incendio 8.3 LPS dos hidrantes consecutivos

Si en una ocasión de emergencia trabajasen simultáneamente dos bombas, el resultado sería el siguiente: Para 16,6 los en cada hidrante y cumpliendo así con la normativa más restrictiva:

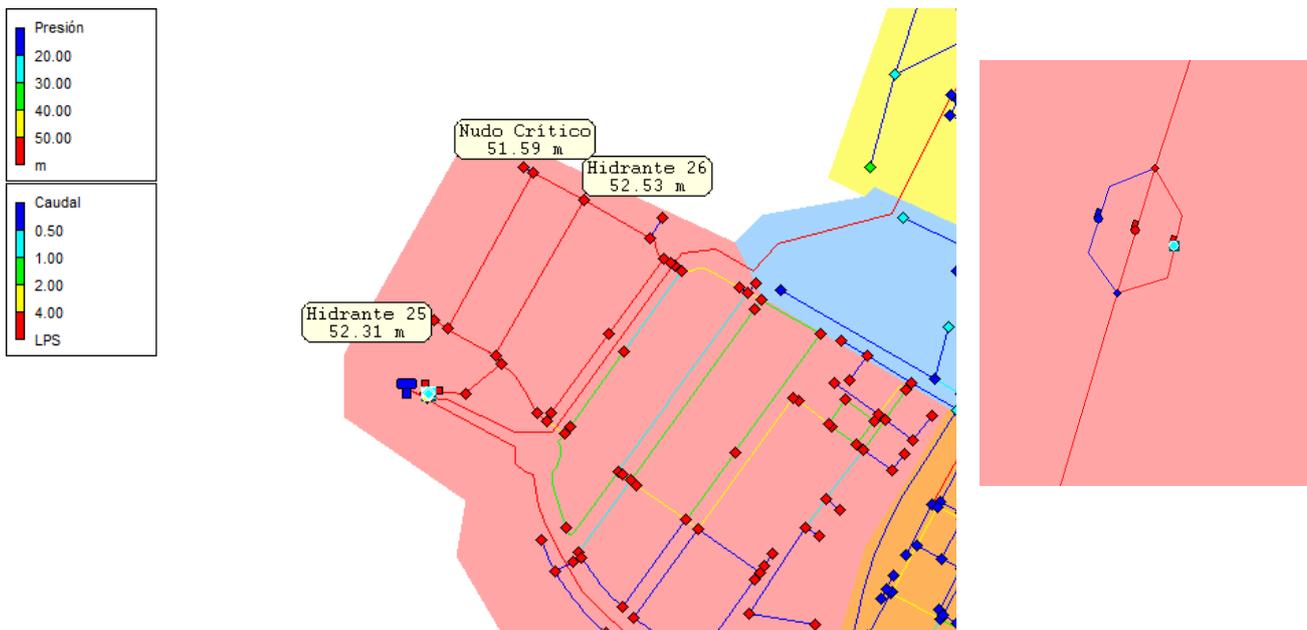


Ilustración 6.3.2E Situación de incendio 16.6 LPS dos hidrantes consecutivos. Dos bombas trabajando.

Por lo que alcanzaríamos los 10 mca establecidos como mínimo de sobra y apareciendo presiones elevadas, Llegando a generarse sobrepresiones. Aunque habría que tener en cuenta que el variador de la bomba nos suministraría unas presiones más moderadas. La segunda bomba no trabajaría simultáneamente de manera automática, se debería poner en marcha específicamente para la situación de emergencia: las bombas trabajan individualmente y se alternan en su funcionamiento para un mejor mantenimiento de las mismas.

Hacer hincapié en que los bombeos trabajan con variador de velocidad automático, según el caudal demandado, por lo que es posible regular esta sobrepresión.

7. PROPUESTA DE ACTUACIONES

7.1 Nuevas sectorizaciones.

7.1.1 Sectorización parte alta. Situación más desfavorable, verano 2014.

Dado que el bombeo Aiguassera suministra a toda la parte alta, deberá estar trabajando contantemente para suministrar caudal en todos los puntos. Sin embargo, la parte baja de este sector no tendría que tener necesariamente bombeo, máxime si la presión a garantizar en los puntos es de 15 mca en Sant Carles de la Ràpita.

Si procedemos abriendo la tubería ubicada Av Catalunya 47 (nº249 en el archivo de Epanet) y cerrando la tubería situada en C/ Santa Bàrbara 6 (nº 1362 en el archivo de Epanet) , que conecta el sector con la parte antigua, veremos como en todos los puntos se alcanzan las presiones mínimas garantizadas.

El sector Eixample se considera como uno solo, aunque en realidad consiste en dos sectores bien diferenciados y que miden el agua por sectores distintos. Esto se ha establecido hace poco tiempo, y de hecho, aún en la actualidad, no podríamos distinguirlos como dos sectores separados, pues los caudalímetros instalados no realizan las mediciones correctamente: el fin de la sectorización es controlar con más detalle el agua circulante en un sector concreto, y, como este caso la precisión no es buena, se contiúa midiendo agua restando el agua como subsector. Este punto lo estudiaremos más adelante en otra propuesta e actuación.

Llamaremos a la parta alta del sector Eixample sector Aiguassera, por recibir agua del bombeo y estar próximo al depósito se Aiguassera.

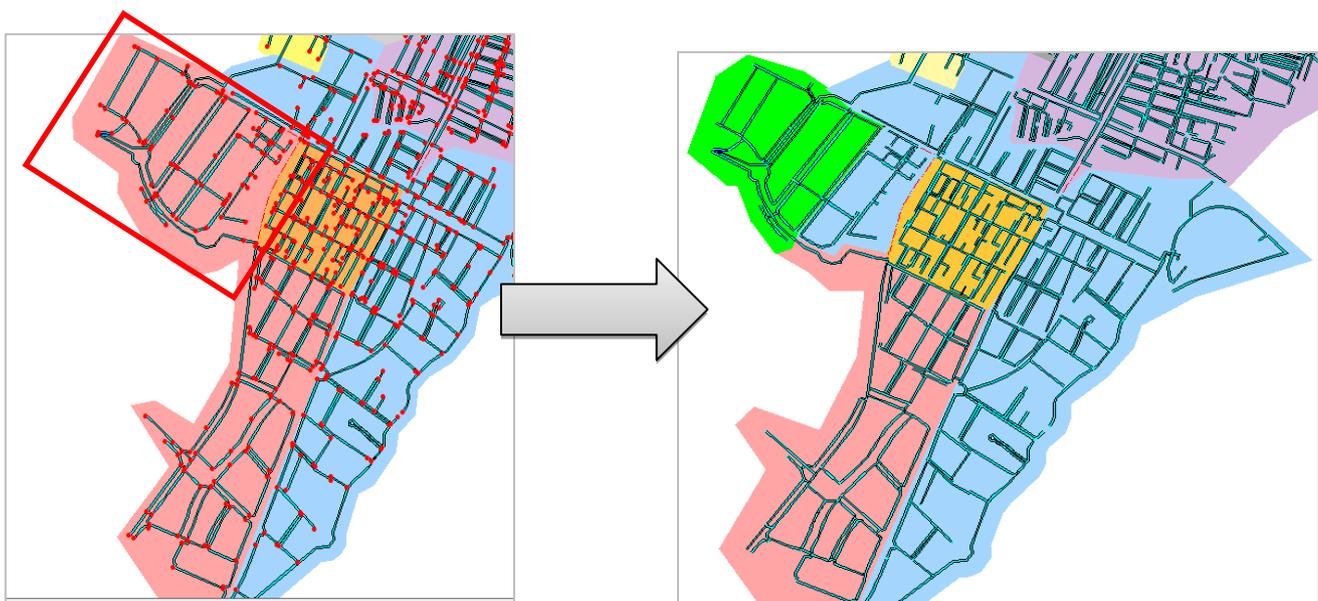


Ilustración 7.7.1.1.1 Nueva sectorización: Sector Aiguassera

Lo que se propone es, al tiempo que dividir este sector, o hacer que una parte de él forme parte del sector "Passeig", aislando las tuberías antiguas o parte viaje de las últimas tuberías instaladas.

De este modo también podemos ahorrar energía por parte de la bomba, que no suministre agua a todo el sector de la parte alta: Cerramos tubería que conecta con la parte nueva (hecha de materiales Polietileno) B1 y abrimos la de abajo tal y como estaba en 2013. Las presiones que llegan son suficientes (15 mca).

De este modo, este futuro sector quedaría dividido como se indica en la ilustración 7.1.1A. A este nuevo sector (en verde) se le llamará Sector Aiguassera.

Y si tenemos en cuenta que el sector Passeig tiene su propio contador , tras la Válvula de regulación V2 en Av. Catalunya, podríamos bien crear otro sector sin que afecte para nada a otro corte o cierre de tubería, si no tan sólo atendiendo a la ubicación de los contadores:

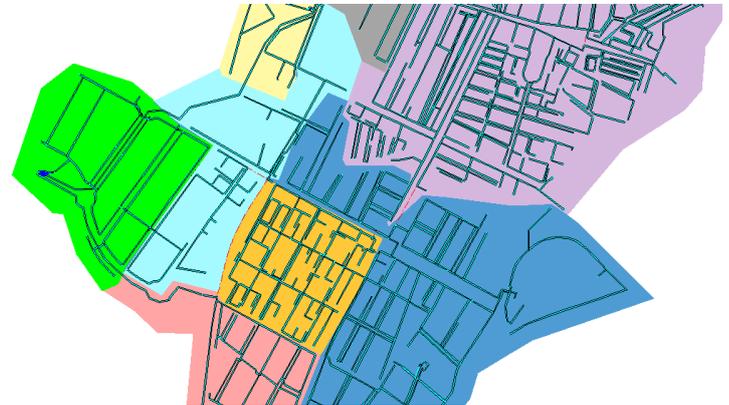


Ilustración 7.1.1A Nueva división sector Passeig. Sector Vinaròs.

Si atendemos a las estadísticas mínimas de presión, podemos ver como en la nueva zona captada por el nuevo sector, al que se le denominará Sector Vinaròs, no se rebaja en ningún punto los 15 mca que por obligatoriedad tiene que suministrar el municipio. Tan sólo encontramos problemas en un nudo crítico, donde existían problemas antes de esta sectorización, sin embargo, estos edificios disponen de aljibes para su regulación así que la baja presión no les afectaría.

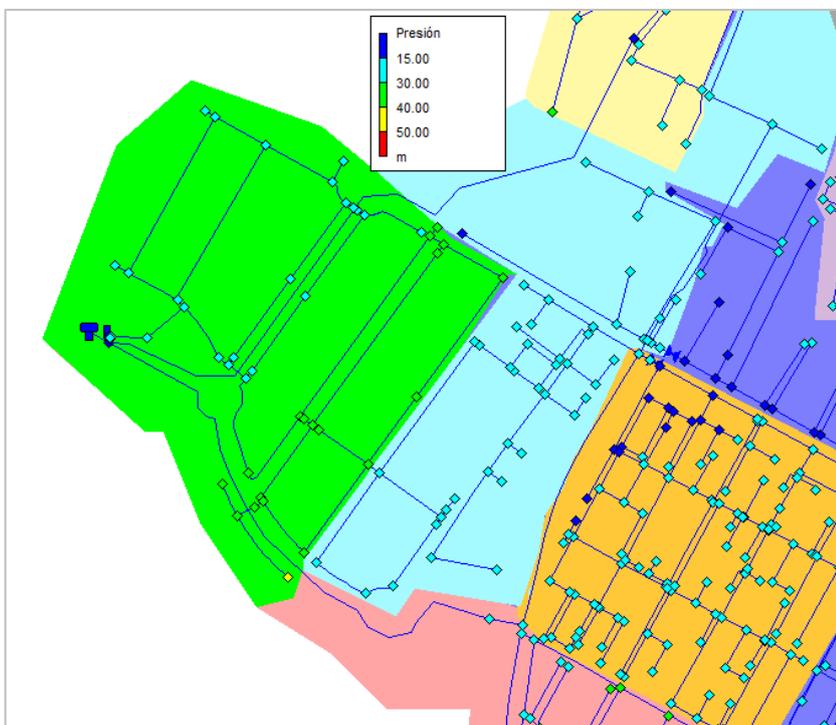


Ilustración 7.1.1B Condiciones en estadísticas mínimas después de las modificaciones para el día de máximo consumo.

Proponemos esta sectorización por varios motivos:

-Se reduce el caudal impulsado por la bomba y su velocidad de giro en consecuencia, lo que se traduciría generalmente en ahorro energético (se aplican controles en Epanet para modelarlo)

-No llegan presiones tan altas (por encima de 40mca en el modelo) a la zona inferior del subsector, en las que puntualmente se han llegado a registrar más de 50 mca en tomas e presión *in situ*.

-Ya existen válvulas de corte instaladas en las conducciones de este sector por lo que no se aplicaría ese coste adicional.

7.1.2 Sectorización Centre. Nueva Válvula reductora.

El sector Centre, como hemos comentado en otras ocasiones, tiene en su cota más baja una presiones demasiado altas. Esta zona pertenece al casco urbano, y representa el inicio del asentamiento en Sant Carles, por lo que sus tuberías son presumiblemente las más antiguas (sus diámetros están infradimensionados, el material es fibrocemento, y apenas existe mallado).

Si observamos la situación del día promedio y procedemos a hacer un seguimiento de las presiones en la zona problemática, veremos como estas presiones son prácticamente permanentes: no es una situación puntual (picos de presión) o aislada.

La propuesta que hacemos es evitar estas altas presiones colocando una nueva válvula reductora en una zona estratégicamente situada, con contador, creando de esta un sector nuevo, que ayude a controlar el volumen de agua entrante.

Epanet. Método de la procedencia del nudo:

Epanet dispone de una herramienta de calidad que nos muestra el porcentaje de agua procedente de un nudo concreto en %. Vemos como colocando la nueva Válvula reductora, eligiendo el nodo aguas debajo de la nueva válvula, y utilizando el método de la procedencia del nudo, cerrando las tuberías correctas, formamos un nuevo sector en el que podremos moderar las presiones.

Finalmente podemos mostrar el nuevo sector, al cual llamaremos Sector Port (por estar próximo al Puerto).

Para la situación más desfavorable (día de mayor consumo y seleccionando las estadística mínimas) y vemos que con la válvula reductora con consigna 21 mca, garantizamos en todos los puntos del nuevo sector una presión de al menos 15 mca. Si tal presión nos pareciese insuficiente, tan sólo tendríamos que modificar esta consigna.

En un principio, propondremos una válvula DN 125 de las mismas características que las que existen actualmete en la red en DN 150 de la marca Cla-Val. En el siguiente apartado estudiaremos qué resultados obtenemos en el modelo.

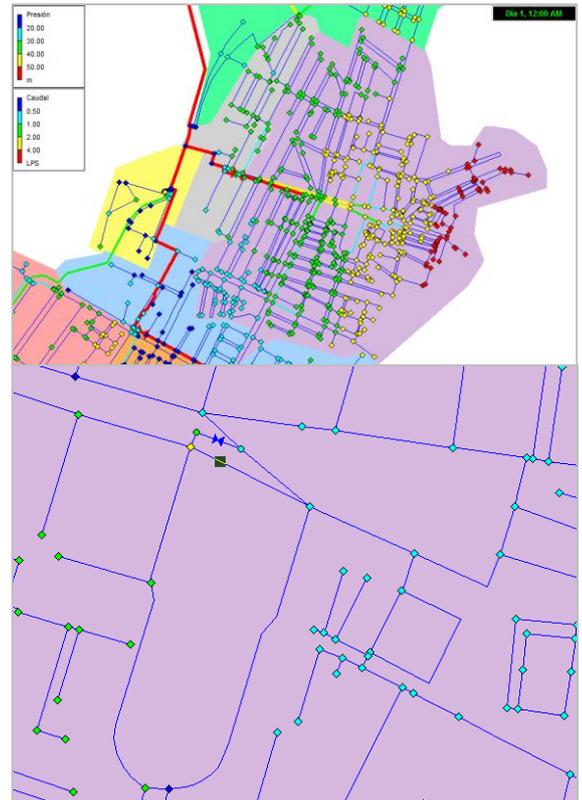


Ilustración 7.1.2.1 Ubicación de la nueva válvula



Ilustración 7.1.2A Sectorización. Método procedencia del nudo

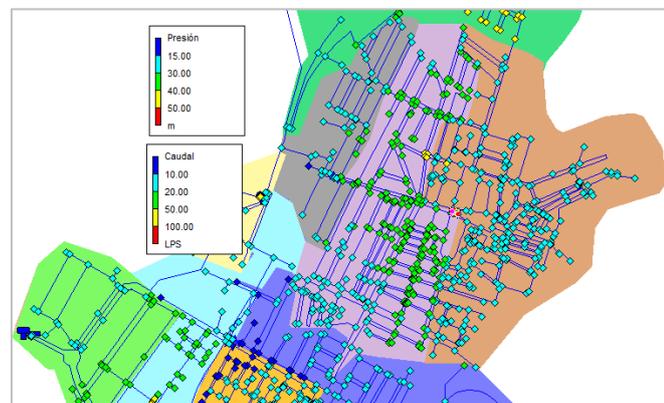


Ilustración 7.1.2B Nuevo Sector creado

7.2 Consignas en Válvulas reductoras.

7.2.1 Modulador hidráulico progresivo a 2 rangos de presión.

Las válvulas moduladoras DN 150 de las que dispone Sant Carles tiene la característica de poder trabajar con dos rangos de presión, aunque actualmente están taradas a un valor constante permanentemente.

Adjuntamos un esquema del modo de trabajo de las válvulas, y el principio de funcionamiento, perteneciente al dossier comercial facilitado:

“El eje de modulación on/off X78-4 (6) reacciona en función del caudal, cargando o descargando la cámara de maniobra del piloto de modulación CPM (5) y así seleccionar la baja presión PL o la alta presión PH. Cuando el caudal aumenta, el aumento de presión comenzará cuando se alcanza el caudal de conmutación QT. Cuando el caudal disminuye, el cambio de presión del alta presión PH a baja presión de PL comenzará en QT' (siempre más bajo que el caudal QT). Ver la sección 1.6 para más detalles sobre QT'.”

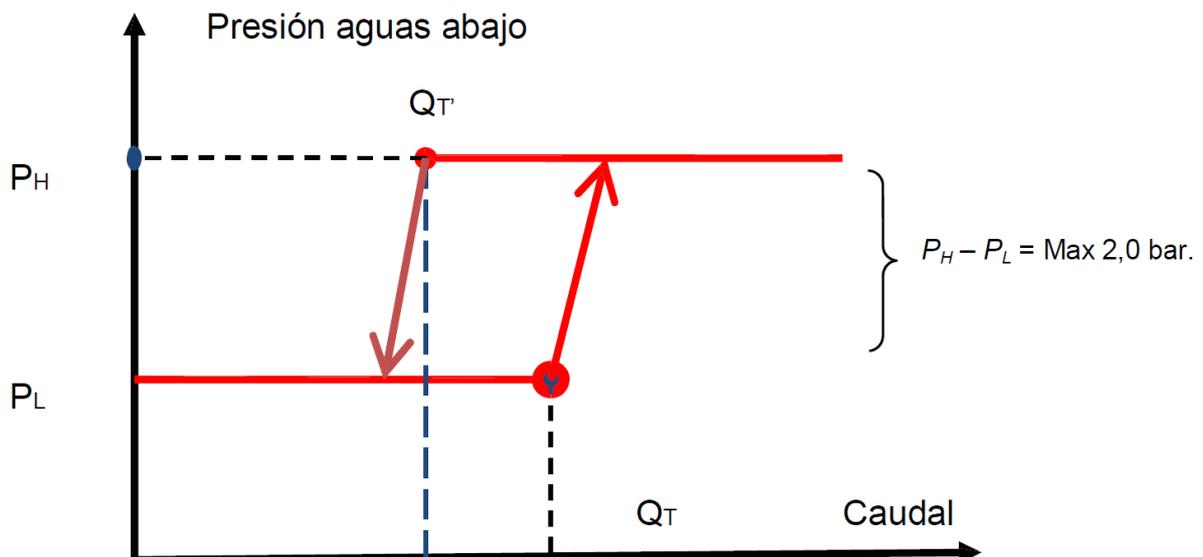


Ilustración 7.2.1. Forma de trabajo de la válvula en dos rangos de presión

Dada la gran horquilla de diferencia de presión de tarado (2 bares, aproximadamente 20.4 mca) Este tipo de regulación podría resultar altamente ventajosa, pues podemos reducir la presión en las horas nocturnas, cuyo caudal se reduce notablemente, y ahorrar de este modo volumen de agua perdido en fugas.

Vamos a estudiar que valores pueden resultar más adecuados para nuestra red concreta mediante un estudio de los caudales circulantes por estas válvulas, incluyendo la Nueva Válvula para el nuevo sector Port.

Dado que conocemos las condiciones de tarado para mantener las presiones mínimas para cada válvula (V2: 13 mca, V3: 22 mca y Nueva V: 21 mca) para la situación más desfavorable, procederemos a estudiar el modelo para el día promedio y ver cuánto podemos reducir el caudal nocturno.

Estudio de caudales en V2 V3 y V Nueva en 24h:

V2

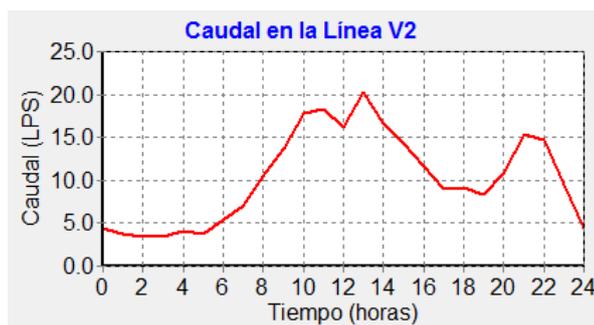


Figura 7.2.1A Evolución del caudal en V2 24h

Se tomará como segundo rango de presión 10 mca.

Como vemos el Q medio se sitúa en 12 LPS, y el máximo en casi 21 LPS. Por debajo de 6 LPS claramente el consumo es valle, por lo que podemos crear otro rango de presión a partir de este caudal. Este caudal tiene un rango horario que va desde las 11.300 pm a las 6 am.

V3

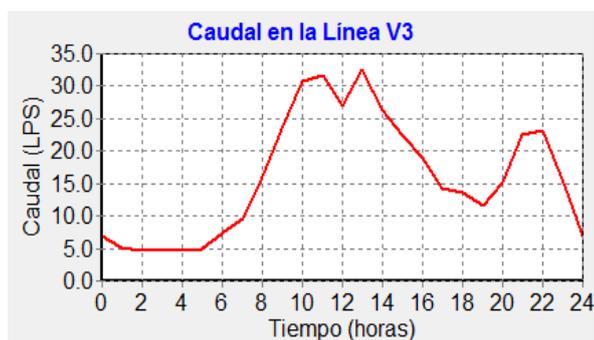


Figura 7.2.1B Evolución del caudal en V3 24h

En este caso tomaremos las mismas referencias, aunque las curvas son muy parecidas, no son exactamente iguales.

Elegiremos un caudal de 10 LPS para el segundo rango de presión (13 mca).

Nueva V

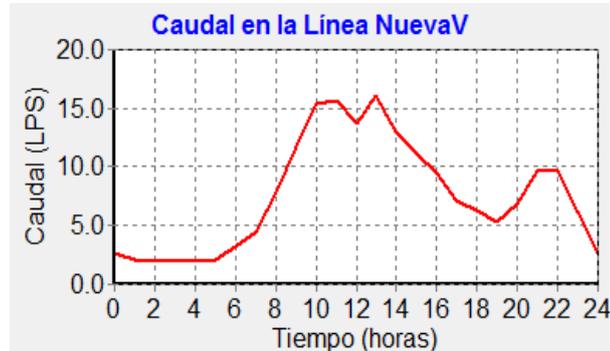


Figura 7.2.1C Evolución del caudal en nueva V 24h

Para el nuevo sector creado (Ilustración 7.1.2B) tomaremos como valor 4 LPS para cambiar el rango de presión (16 mca).

Controles para la comprobación del funcionamiento en el modelo

Para ver como funcionarían estos rangos en el modelo, usaremos unos **controles programados** a introducir en el modelo. Su sintaxis será del siguiente tipo para cada una de las válvulas:

Para V2:

```
IF VALVE V2 FLOW BELOW 6
THEN VALVE V2 SETTING IS 10
ELSE VALVE V2 SETTING IS 13
```

Para V3

```
IF VALVE V3 FLOW BELOW 10
THEN VALVE V2 SETTING IS 13
ELSE VALVE V3 SETTING IS 22
```

para Nueva V

```
IF VALVE NuevaV FLOW BELOW 4
THEN VALVE NuevaV SETTING IS 16
ELSE VALVE NuevaV SETTING IS 21
```

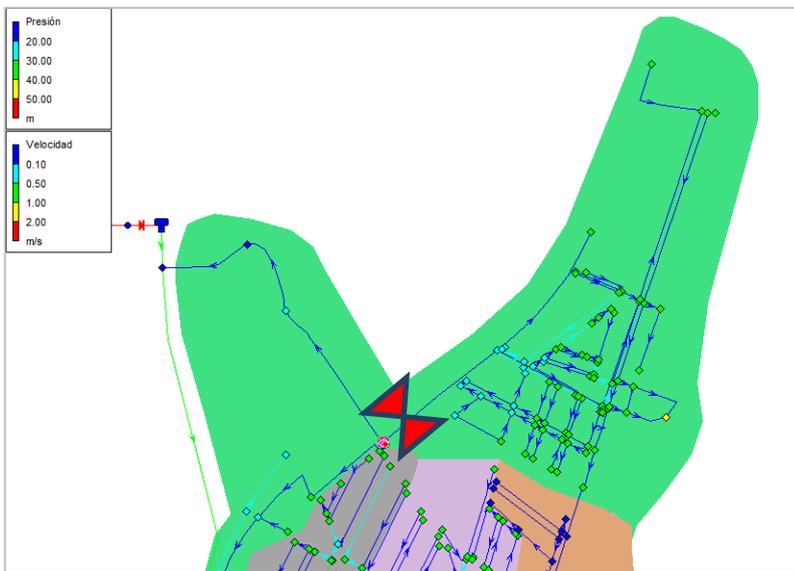
Para llevar a cabo estos controles en la red física, tan sólo habría que seguir los pasos que se describen en el catálogo del fabricante.

7.2.2 Otras válvulas reductoras. Previsión de fugas en zonas de reciente construcción.

En estas nuevas zonas (Se trata del sector Porta Nord con algunos edificios nuevos construidos y especialmente el sector Eixample (Ilustración 6.2.1B)) las tuberías son en su mayoría de Polietileno, y muchas de las conducciones se han implantado hace menos de diez años. Si quisiéramos prevenir un deterioro prematuro de la red por excesiva presión, sería conveniente estudiar una gestión de la presión.

Se trataría de proceder del mismo modo que en el apartado anterior, colocando dos válvulas reductoras más en los sectores Porta Nord y lo que queda del sector Eixample.

Estas nuevas válvulas podrían tener menor diámetro y no tendrían necesidad de un cambio de consigna, resultando por tanto más económicas.



Ubicación Válvula en Porta Nord.

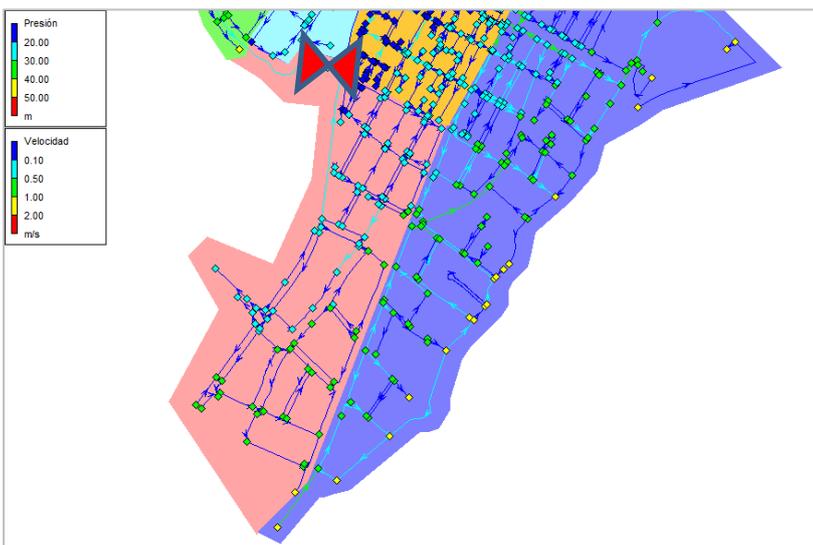
Características:

Válvula situada al inicio del sector Porta Nord.

Diámetro: DN 100

Consigna: 21

Figura 7.2.2 Válvula ubicada a la entrada del sector Porta Nord (conducción FC 400)



Ubicación Válvula en Sector Eixample.

Características:

Válvula situada a la entrada del sector Eixample.

Diámetro: DN 100

Consigna: 17

Figura 7.2.2A Válvula ubicada a la entrada del sector Porta Nord (conducción PE 250)

7.2.3 Dimensionado de las válvulas propuestas

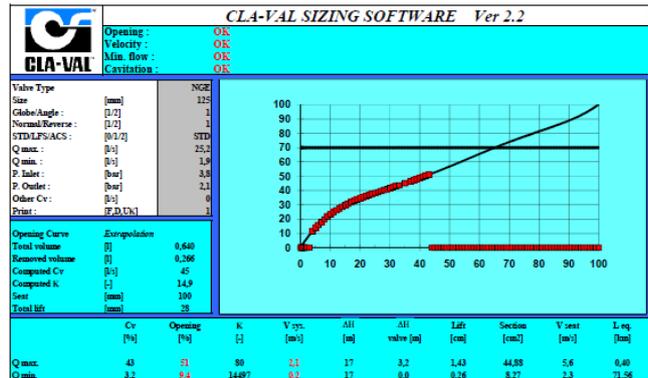
Tras estudiar los caudales mínimos y máximos esperados, y establecer unas presiones mínimas y máximas de entrada, podemos elegir el tipo de válvula más adecuada a implantar.

Aprovechando el conocimiento del modo de trabajo de las válvulas ya funcionando en Sant Carles, de la marca Cla-val, se ha decidido consultar a este fabricante acerca del presupuesto y tipo de válvula más recomendable.

De esta manera, resumiendo los datos anteriormente explicados los datos de dimensionamiento para cada válvula serían:

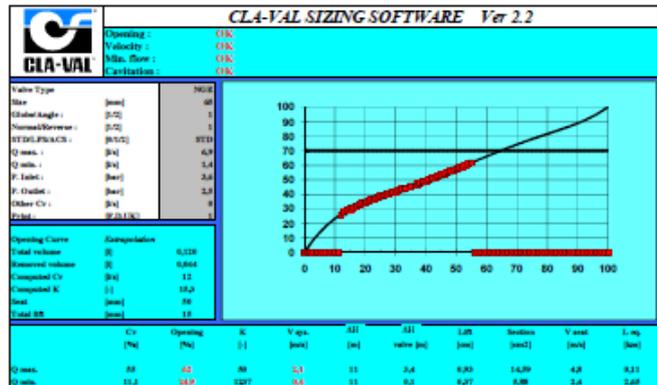
Para determinar el DN correcto de la válvula moduladora (nueva V) de presión de la Serie 98-04:

- Qmax: 25,23 l/s
- Pe. 3,8 bar
- Ps1: 2,1 bar
- DN.125
- La abertura OK= 51%
- Velocidad= 2.1m/s



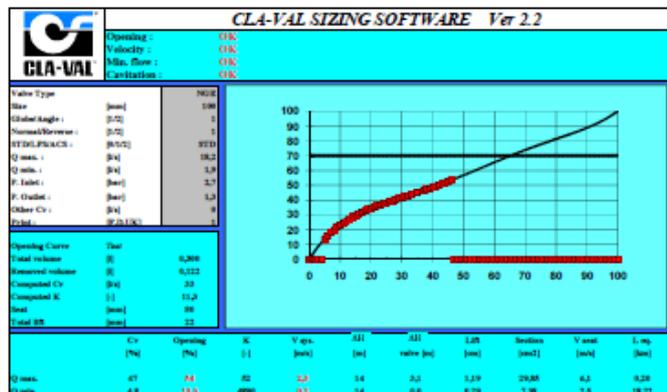
Válvula reductora a la entrada de sector Porta Nord:

- Qmax: 6,94 l/s
- Qmin: 1,4 l/s
- Pe: 3.6 bar
- Ps: 2,0 bar
- DN.65 OK
- La abertura OK= 62%
- Velocidad OK = 2,1 m/s
- Caudal máximo permanente: 8,1 l/s al 70% de abertura V= 3,0 m/s



Válvula reductora a la entrada del sector Eixample (parte baja):

- Qmax: 18,22 l/s
- Qmin: 1,88 l/s
- Pe: 2,7 bar
- Ps: 1,3 bar
- DN.100 OK
- La abertura OK= 54%
- Velocidad OK = 2,3 m/s
- Caudal máximo permanente: 25,4 l/s al 70% V= 3,2 m/s



7.3 Estudio Caudalímetros.

Según la configuración de sectorización de 2014, deberíamos disponer de datos de ciertos contadores situados tal y como se muestra en el siguiente esquema de alta:

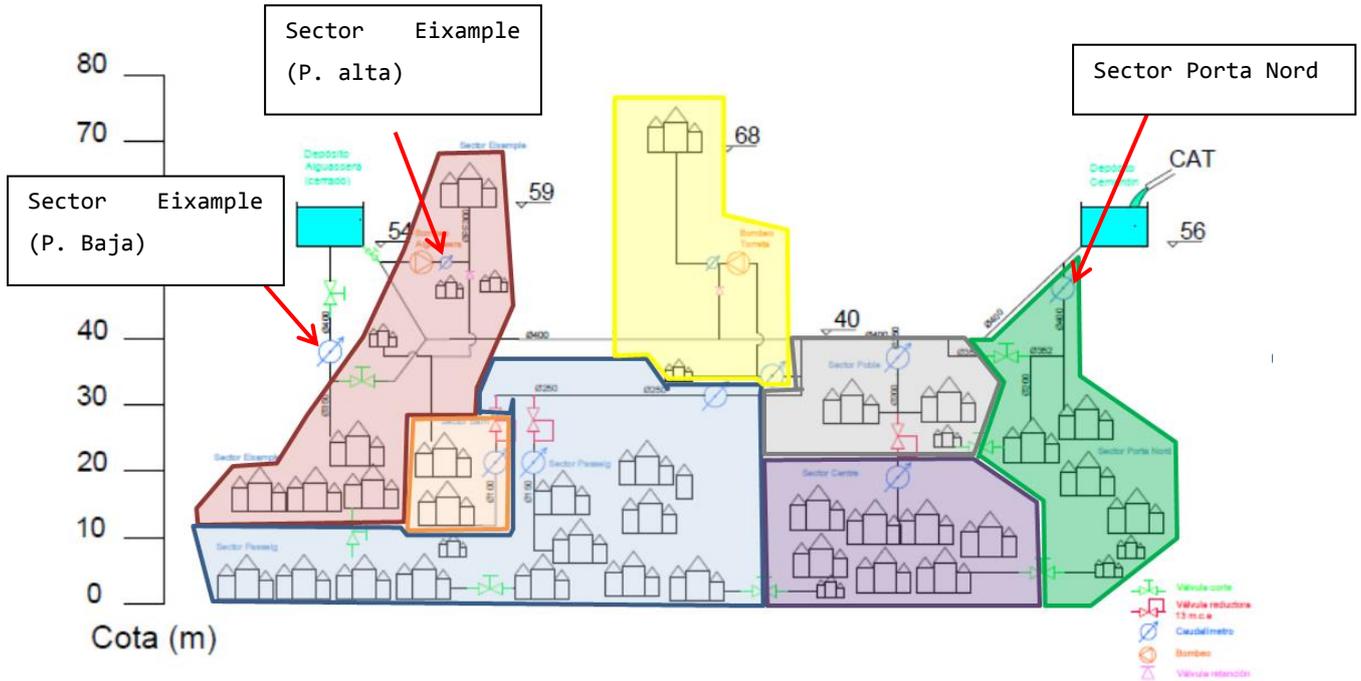


Figura 7.3 Sectorización 2014. Caudalímetros a modificar señalizados.

Sin embargo, para los sectores Eixample y Porta Nord, no se han obtenido datos propios todavía, a pesar de que disponen de caudalímetros.

El problema reside en que estos caudalímetros o contadores tienen un tamaño excesivamente grande o bien su caudal de arranque es bajo, por lo que no proporcionan datos fiables acerca del caudal que circula por ellos.

Para comprender este concepto, adjuntamos un esquema facilitado por F. Arregui, del ITA, UPV:

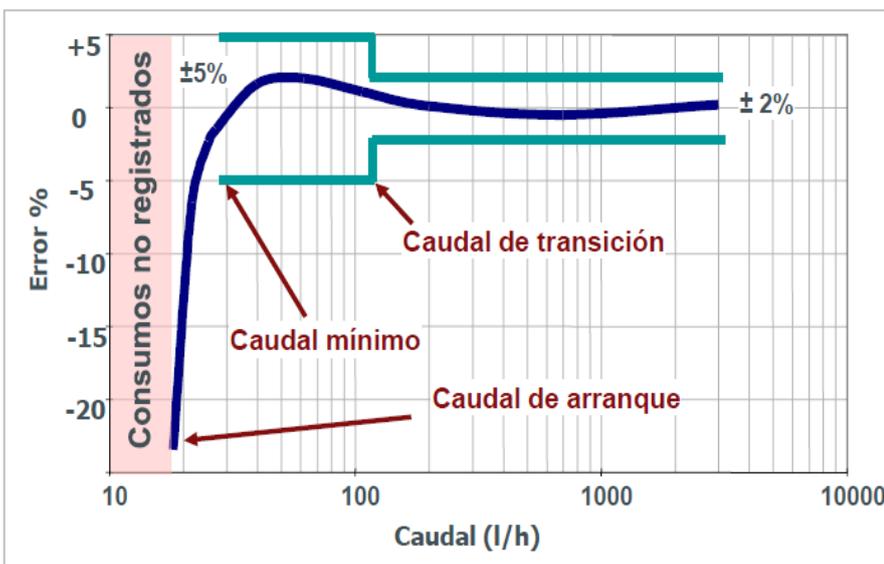


Figura 7.3A Curva de error de Caudales de un caudalímetro

Como deducimos de la imagen, si el caudal de arranque necesario para los contadores existentes fuese muy alto (en nuestro caso, el caudal medio anual de entrada a Porta Nord es de 3,4 LPS y el de sector Eixample 5,57 LPS), por ejemplo, de 7 LPS, no obtendríamos datos de caudal circulante fiables y no conoceríamos la existencia de fugas, averías, u errores de medición en los contadores domésticos.

7.3.1 Contadores existentes y a modificar

Actualmente Sant Carles dispone de estos contadores en su red:

- **Cabecera Poble**
DN250 - Sensus model WP dynamic

- **Cabecera Espanyol**
DN250 - Sensus model WP dynamic

- **Cabecera Civil**
DN80 - Sensus model WP dynamic

- **Subsector V3-Centre**
DN150 - Sensus model WP dynamic

- **Subsector V1-Barri**
DN80 - Sensus model WP dynamic

- **Subsector V2-Passeig**
DN150 - Sensus model WP dynamic

- **Sector Porta Nord**
Contador actual DN400 (desconocido)

- **Sector Eixample (parte alta)**
Contador actual DN200

- **Sector Eixample (parte baja)**
Contador actual DN300

Como se ha expuesto, aquellos que dan problemas se proyectan sustituir de la siguiente forma:

- **Sector Porta Nord**
Contador actual DN400 (desconocido) - Antes de Junio se cambiará por un contador DN200 - Sensus model WP dynamic : este contador tiene características muy similares a los de sectores de la misma población con buenos resultados.

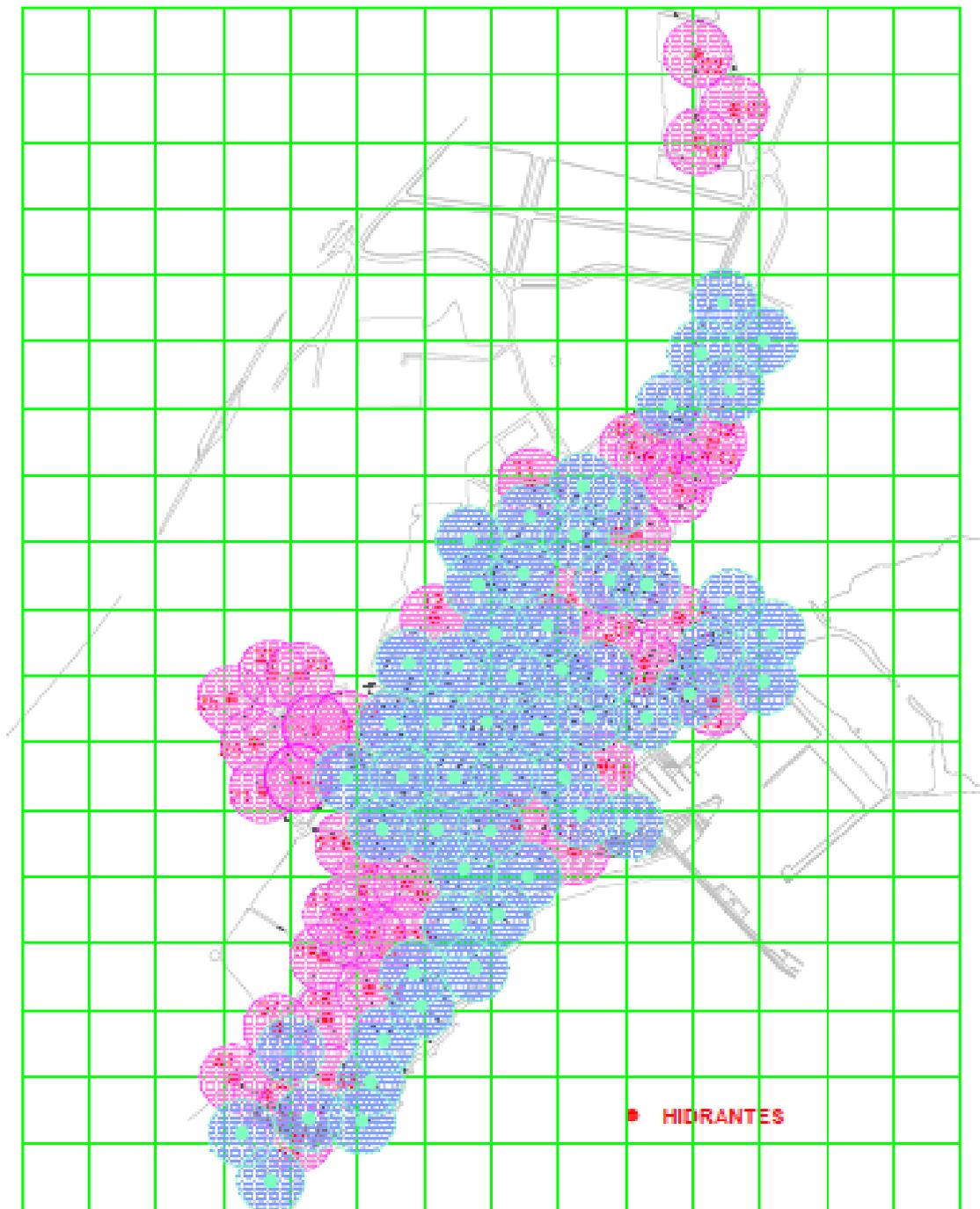
- **Sector Eixample (parte alta)**
Contador actual DN200 - Se cambiará por un contador DN150 - Krohne electromagnetic model aquaflux K. Los contadores electromagnéticos presentan muchas ventajas con respecto a los contadores clásicos, pues no necesitan un caudal de arranque para moverlos, sino que miden a través de ondas que se propagan en el la velocidad de la misma y por tanto el caudal que circula por la tubería.

- **Sector Eixample (parte baja)**
Contador actual DN300 - Antes de Junio se cambiará por un contador DN250 - Krohne electromagnetic aquaflux f.

7.4 Red de hidrantes

En el apartado de “Análisis de la red Actual, observamos como la red de hidrantes de Sant Carles tenía grandes carencias y no cumplía por gran holgura la normativa según su exigencia *“Los hidrantes deben estar situados en lugares fácilmente accesibles, fuera del espacio destinado a la circulación y estacionamiento de vehículos, debidamente señalizados conforme a La Norma UNE 23 033 y distribuidos de tal manera que la distancia entre ellos medida por espacios públicos no sea mayor que 200 metros”*

A continuación proponemos una distribución de hidrantes según la normativa CPI 96:



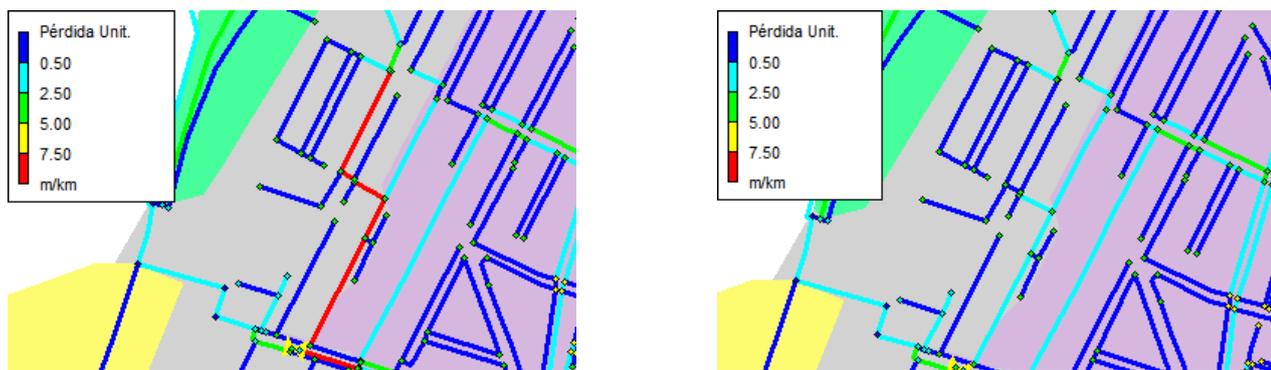
De esta manera la red quedaría totalmente cubierta por los hidrantes (habría que añadir un mínimo de 53) cumpliendo con la normativa.

7.5 Renovación de conducciones con elevada pérdida de carga

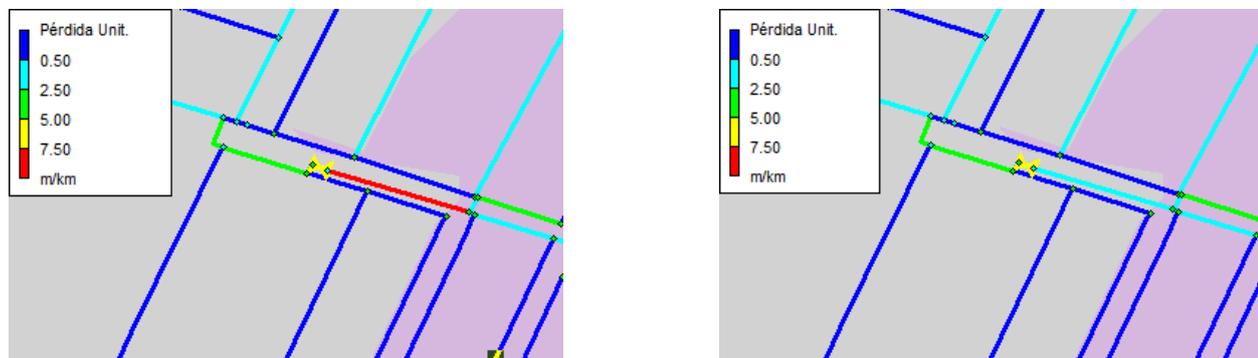
Como se ha explicado en el apartado 6.2.2, existen algunas conducciones cuya pérdida de carga resulta excesiva, probablemente por una incapacidad de la conducción de trasegar el caudal demandado.

A continuación, utilizando el modelo del Día de Máximo Consumo 2014, (escenario de más problemas en este aspecto) estudiaremos, mediante valores medios, las zonas más problemáticas y las propuestas de renovación.

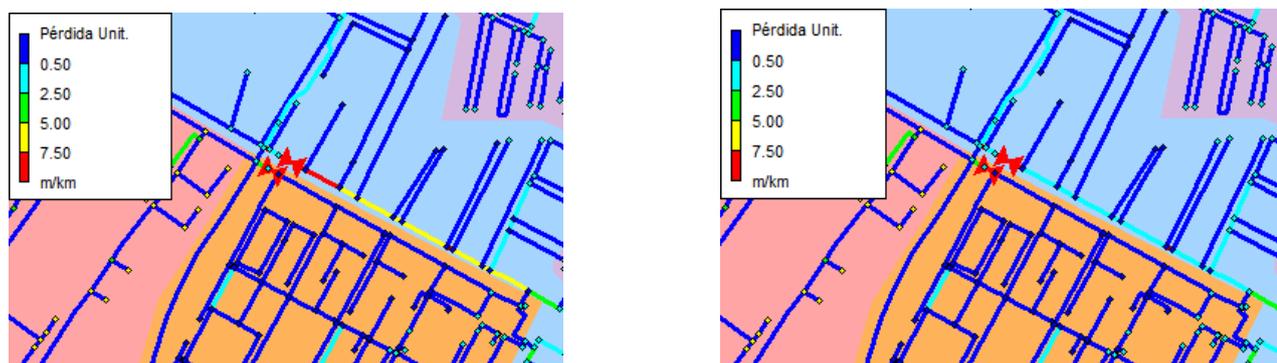
- Entrada sector Poble: Tubería de FC60 y FC50
Sustitución por Tubería PE110 (313 m)



- Entrada sector Centre: Tubería diámetro PE200
Sustitución por tubería PE315 (69.5 m)



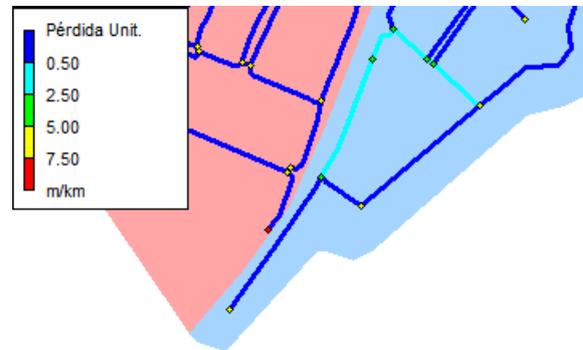
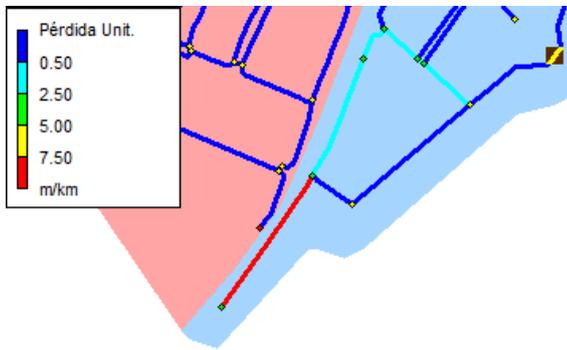
- Conducción sector Passeig: Tubería FC150
Sustitución por tubería PE280 (149 m)



-Conducció Passeig -medio: Tubería FC60
Sustitució per tubería PE140 (50 m)



-Conducció Passeig-final: Tubería PE40
Sustitució per tubería PE 110 (105 m)



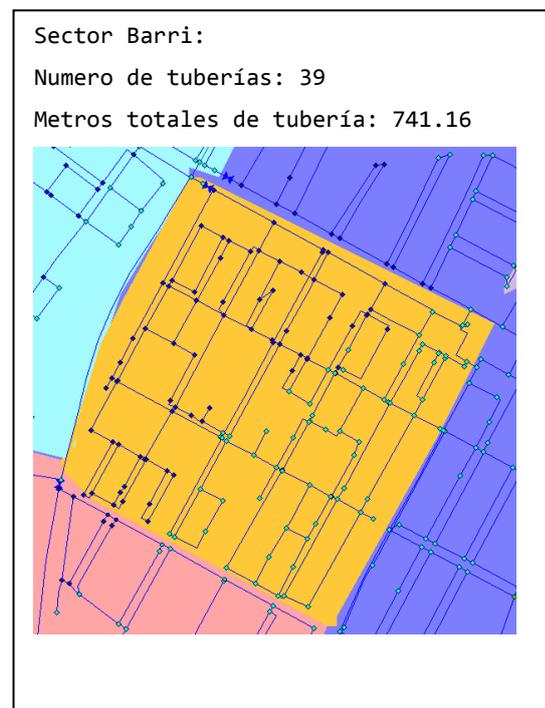
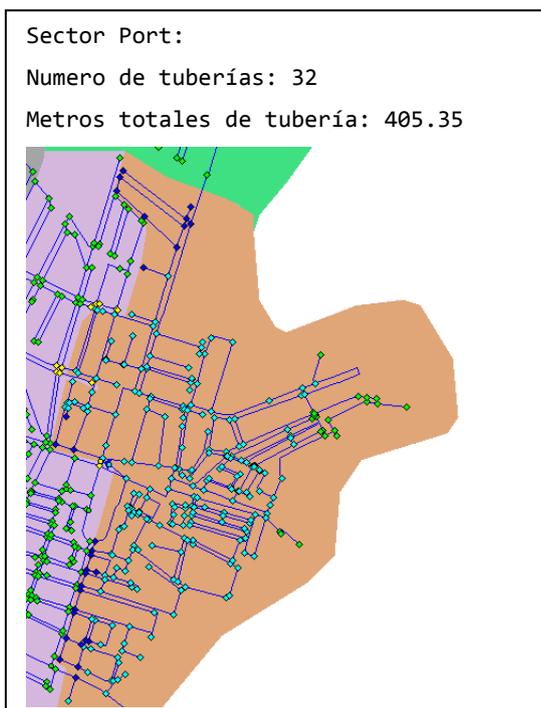
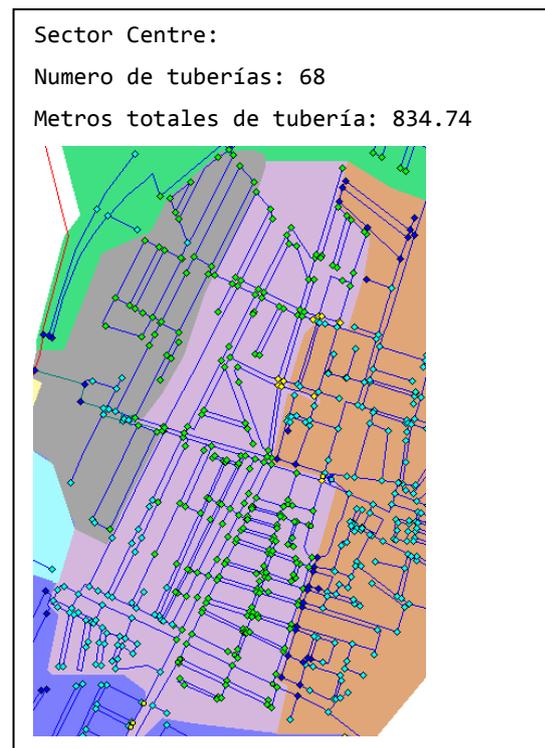
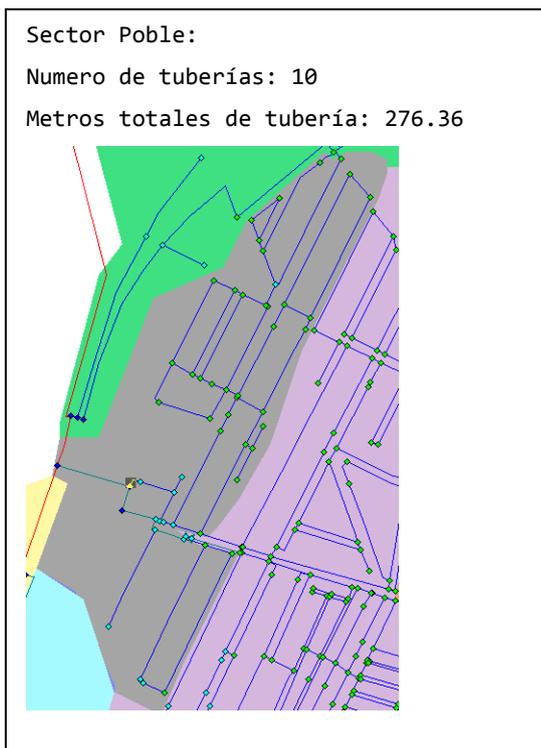
Estas medidas, además de mejorar el funcionamiento de la red actual, dejarían mayor holgura a en el momento de tomar decisiones acerca de sectorizaciones o en previsión de un aumento de la demanda.

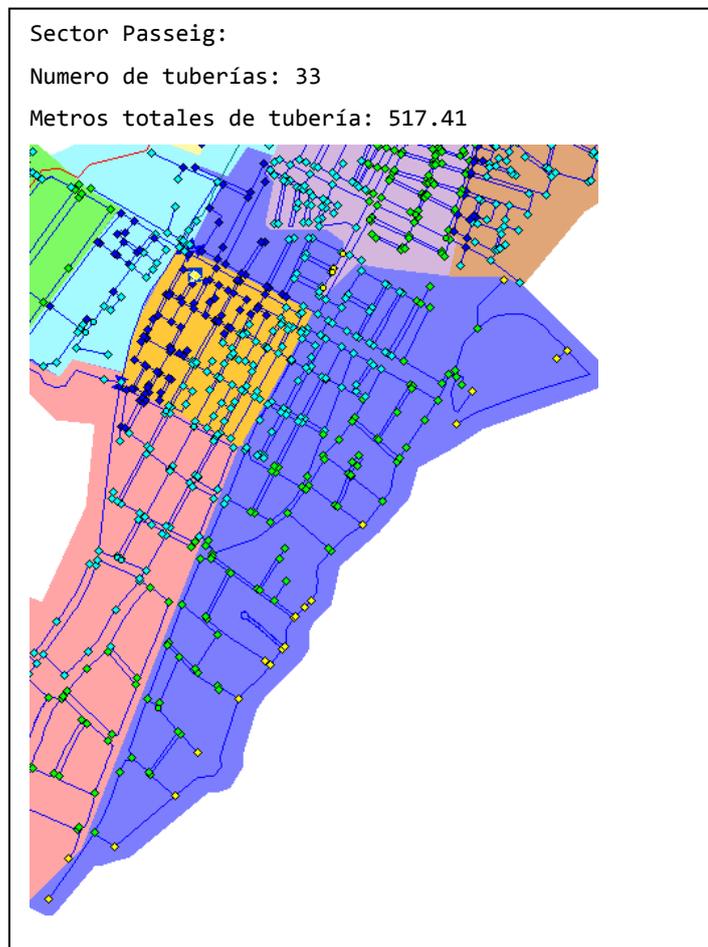
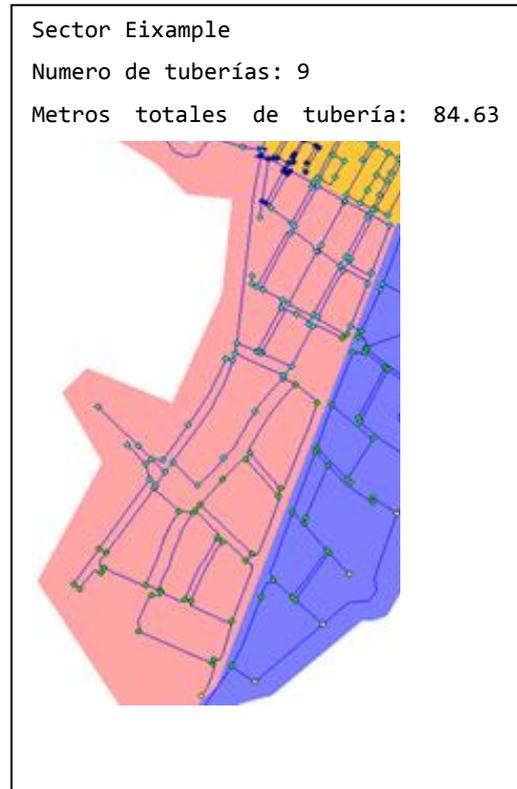
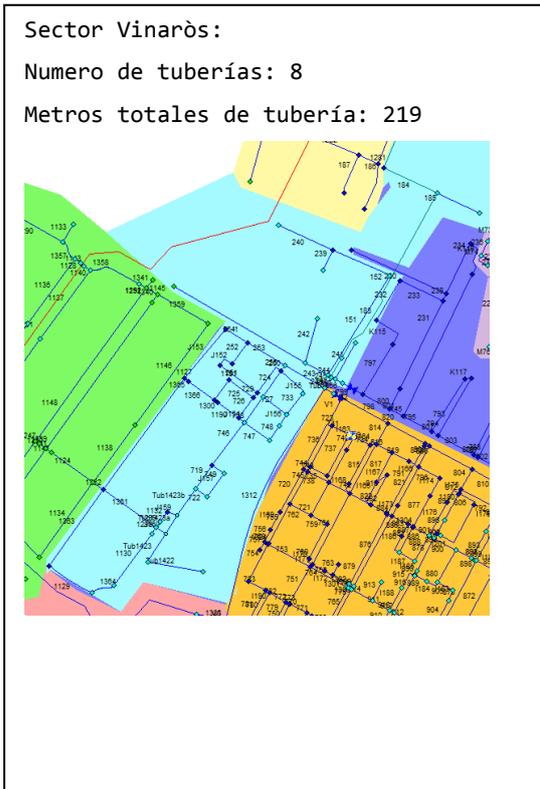
7.6 Mallado de red

A continuació propondrem, per cada sector tant abans existent com de los nous proposts, un mallado de la red. Con el mallado, ademés de mejorar la garantia de suministro, evitarem las deposiciones en las tuberías y la permanencia del agua y por tanto el deterioro de la calidad.

Sobretudo se ha pretendido acabar con los puntos terminales en la red y que exista el menor número posible de estos. Para el mallado se ha utilizado tubería PE110, tomando esta decisión en base a que empresa gestora utiliza por defecto esta conducción en cada sustición.

Adjuntamos por sector, el número de tuberías insertar y los metros en global.





8. AHORRO DE AGUA OBTENIDO APLICANDO LAS MEDIDAS PROPUESTAS

Tabla 8 Ahorro de Agua estudiado en el modelo por cada propuesta

Situación Día promedio. Consumo semanal	
1. 2014 Volumen inyectado semanal	2. 2014 Volumen inyectado semanal Sect. Bombeo Aiguassera
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 28,538</i> η_g 63.14 % </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 27,436</i> η_g 65.67 % </div>
3. 2014 Volumen inyectado semanal rangos presión en V2 y V3	4. 2014 Volumen inyectado semanal Sect. Bombeo Aiguassera y rangos presión en V2 y V3
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 27,450</i> η_g 65.64 % </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 27,040</i> η_g 66.63 % </div>
5. 2014 Volumen inyectado semanal. Sector Nueva V	6. 2014 Volumen inyectado semanal todas las válvulas propuestas y rangos presión en V2, V3 y Nueva V
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 27,432</i> η_g 65.68 % </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 26,584</i> η_g 67.78 % </div>
7. 2014 Volumen inyectado semanal. Sector Nueva V y 2 rangos presión en V2, v3 y Nueva V	8. 2014 Volumen inyectado semanal todas las Válvulas, valv. Con rangos y bombeo
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 27,239</i> η_g 66.15 % </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <i>M3 consumidos: 26,494</i> η_g 68.01 % </div>

Tabla 8A Rendimiento de la red 2013

Facturación Anual Año 2013 (m3)	939,508
Volumen producido Año 2013 (m3)	1,479,626
Rendimiento %	63.50

Tabla 8B Rendimiento de la red 2014 según el modelo

Facturación Anual Año 2013 (m3)	939,508
Volumen producido Año 2014 (m3)	1,488,048
Rendimiento %	63.13

Tabla 8C Rendimiento de la red tras las propuestas de gestión según el modelo.

Facturación Anual Año 2013 (m3)	939,508
Volumen producido propuestas (m3)	1,381,489
Rendimiento %	68.01

Para realizar la tabla 8, hemos calculado el ahorro de agua de modo individual por cada propuesta e igualmente de manera combinada. Para los cuadros 2, 3 y 4 de la tabla nos hemos valido de aquellas medidas que se podrían implantar con relativa rapidez y bajo coste, como es la modificación de consignas en válvulas existentes, o sectorización de red con válvulas de corte ya instaladas.

9. RESUMEN DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS.

A continuación se muestra la valoración económica de las propuestas detalladas en el apartado 7 que necesitarían un desembolso económico, con el IVA incluido. Para un mayor detalle de los presupuestos, consúltese el Anejo "Presupuestos".

1. SECTORIZACIÓN Y VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN 48,165.45 €
2. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN SECTOR PORTA NORD 13,769.86 €
3. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN SECTOR EIXAMPLE 14,925.65 €
4. RENOVACIÓN DE RED 142,374.87 €
5. MALLADO DE RED 517,236.35 €
6. INSTALACIÓN DE HIDRANTES 92,162.98 €

En esta lista no aparece la estimación económica de la propuesta de los registradores nuevos de caudal a instalar, que constaría de un contador volumétrico tipo Woltmann DN200 y dos Caudalímetros electromagnéticos DN150 y DN 200. Se trata de una sustitución de instrumentación, por lo que no serían necesarios grandes costes adicionales al precio de los mismos contadores, de cuyo precio no se ha conseguido información específica.

10. CONCLUSIONES

Este plan director se ha llevado a cabo para estudiar las posibles mejoras del abastecimiento de Sant Carles de la Ràpita a través del conocimiento de la red. Tras la realización del documento y conocer las ventajas y puntos más vulnerables de la red se pueden llegar a una serie de conclusiones:

Por un lado, a pesar de que la red sea de una antigüedad considerable en varios tramos, de tipología ramificada y con un rendimiento hídrico mejorable, existe interés por la mejora del servicio a los usuarios. Por ello se han incorporado elementos que inducen a mejoras en el suministro como la construcción del nuevo depósito Aiguassera, instalación de válvulas reductoras y creación de nuevos sectores.

Igualmente, el personal de la compañía gestora presente en Sant Carles de la Ràpita tiene un profundo conocimiento de los elementos y características que componen la red, lo que ha sido determinante para llevar a cabo correctamente la confección del modelo matemático.

Por otro lado, se destacaría la particularidad de la captación principal, el CAT (Consortio de Aguas de Tarragona), que tal y como se ha descrito concede un volumen limitado de agua específico para cada mes. A día de hoy no es posible que esta concesión sea menor por parte del Consorcio.

A pesar de que prácticamente se consume la totalidad del volumen concedido, también se podría incurrir en un malgasto del agua, ya que, de algún modo, se trata de una tarifa plana. Consumir más de esta cantidad conllevaría una penalización económica, mientras que consumir menor cantidad no se premia con bonificaciones.

Por ello, no es posible estimar un ahorro económico del agua inyectada por m³ como ocurre en otros abastecimientos, en los cada m³ que se inyecta a red tiene un coste asociado.

Es por ello que lo que se ha pretendido con estas propuestas no es sólo el ahorro de agua como bienpreciado por sí mismo, mediante el control de fugas (los nudos del modelo matemático son emisores a la atmósfera dependientes de la presión), sino que conjuntamente se favorezca la conservación de la red existente, principalmente mediante la gestión de presiones, lo que a largo plazo se traduciría en un ahorro económico.

Las actuaciones más inmediatas para llevar a cabo esta gestión no tienen por qué implicar grandes costes, de hecho aquellas medidas más efectivas y rápidas no supondrían coste alguno pues no se necesitaría incorporar nuevos elementos, sino que tan sólo habría que modificar algunas características los elementos ya existentes de la red, como es el cambio de consigna de válvulas o el cierre/apertura de válvulas de corte.

A largo plazo sí sería recomendable llevar a cabo una renovación de red en las zonas descritas en el modelo y realizar, en la medida de lo posible, mallado de red en zonas localizadas, principalmente aquellas ubicadas en el casco urbano, tratando de eliminar tuberías terminales donde tienden a existir deposiciones.

Llevando a cabo parte de las propuestas se continuará ofreciendo una buena calidad de servicio a los usuarios, además de llevar a cabo una mejor conservación y un conocimiento más profundo de los caudales circulantes por sectores de la red.