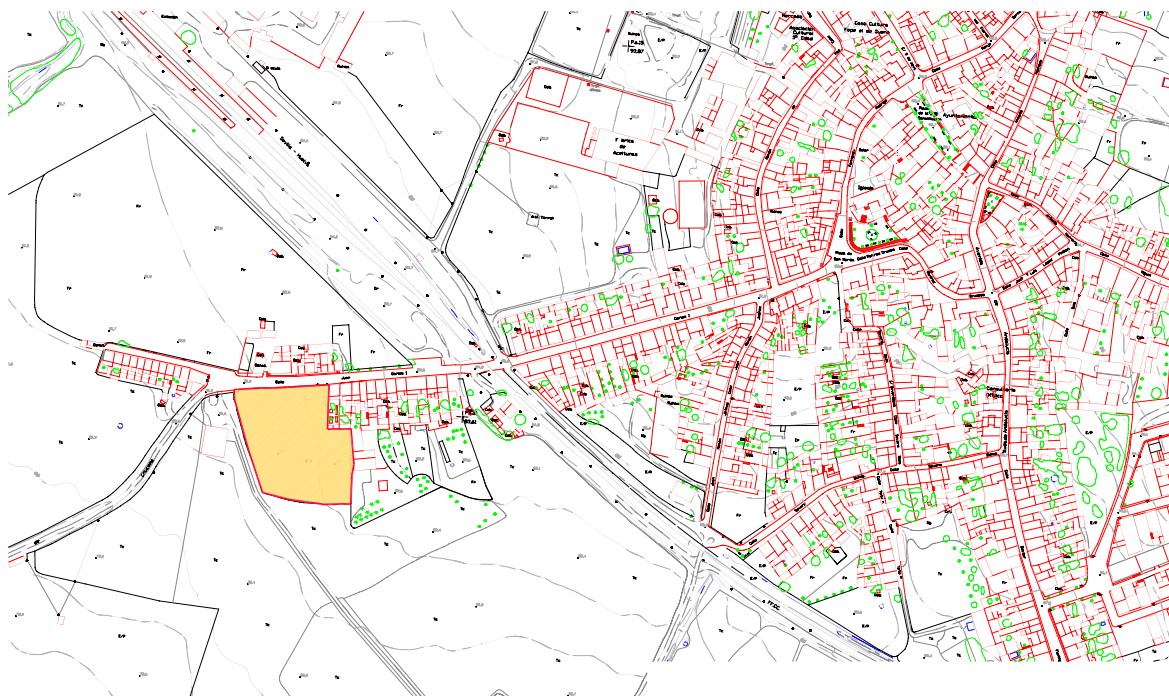


2. MEMORIA DE CÁLCULO

“U.E.8 Carrión de los Céspedes - Sevilla”



ALUMNO

EDUARDO MORENO TERNERO

TUTOR

AMALIA SANTANA HIDALGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

DICIEMBRE 2007

INDICE

1.- RED DE DISTRIBUCIÓN

2.- DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

3.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

- 3.1. Asignación de caudales a cada nudo y descripción de tuberías. Esquema de la red.
- 3.2. Cálculo de la red.

1. RED DE DISTRIBUCION

Se presenta una propuesta de red para abastecer a una zona residencial formada por 23 viviendas y que cumpla los siguientes objetivos:

- a) Servir como garantía al consumo de cada una de las actuaciones previstas en el planeamiento.
- b) Reforzar y aprovechar al máximo las instalaciones y redes actuales.
- c) Mantener el mismo esquema de suministro actual, es decir, depósitos de cabecera a la misma cota del existente y red mallada.

En el apartado 2 se realizan los cálculos por el método de Hardy Cross, concluyendo con la idoneidad de la red propuesta, tanto en caudales como en las presiones disponibles.

Para la dotación diaria de las viviendas y tras realizar la tabla de cálculo de caudales, hemos supuesto una demanda base por vivienda de 1,30 l/s al día, resultado de una media ponderada de los 48 intervalos de 30 minutos en los que hemos dividido el día para realizar la Curva de Modulación, descrita posteriormente en el apartado 3 de dicha memoria.

En el plano están enumerados los nudos de forma que quedan definidos los distintos tramos en la red a cada nudo, según el número de habitantes que abastece (habitantes actuales más los correspondientes a las viviendas previstas y adoptando una ocupación de 4 hab/viv) se le asigna un caudal con los criterios anteriormente expuestos en la hoja de cálculo de caudales.

Se completa la red de distribución existente con las conducciones precisas para garantizar el abastecimiento de la totalidad del suelo de la urbanización.

Se prevé una red mallada que garantice el caudal y la presión necesaria en todo el sector, con un grado de garantía de suministro adecuado.

El suministro de agua lo realiza la Mancomunidad del Aljarafe, a través de su empresa de gestión ALJARAFESA, con recursos del sistema de regulación Zufre-Minilla-Gergal.

Las conducciones con origen en el Depósito principal y en el depósito de compensación, se unen en el nudo 36 para así comenzar la tubería principal que irá hasta el punto de conexión con las tuberías que alimentarán a todas las viviendas de la urbanización, así como el hidrante correspondiente.

Las conducciones citadas que llegan hasta el nudo 36, serán de fundición dúctil y tendrán un diámetro de 250 mm, excepto la tubería 39, que lo tendrá de 200 mm y su función será la de llenar el depósito principal mediante propulsión.

Desde el nudo 36 y hasta el nudo 9, la conducción ya será de Polietileno y con un diámetro de 200 mm, a excepción de las que entran en la urbanización por medio del nudo 5, recorriendo todas las acometidas hasta llegar al nudo 6, las cuales poseen un diámetro de 120 mm, siendo también de material polietileno.

El nudo 1 pertenece al Depósito principal, el cual abastecerá a nuestra red con ayuda del nudo 34, que es un depósito de compensación, el cual aporta caudal a la red en horas de consumo alto mediante la tubería número 3, que es de nueva construcción obligada por ALJARAFESA y que también servirá para el abastecimiento de futuras urbanizaciones.

Nuestro Depósito principal es cuadrangular, con una cota de solera de 138 m, nivel máximo de 6,6 m, nivel mínimo de 0,6 m. Conociendo que su capacidad es de 1500 m^3 y que su área es de 14400 m^2 podemos deducir que su diámetro es de 48 m y una altura total de 8 m y un lado de 15 m.

Los nudos están definidos cada uno de ellos mediante su cota y demanda base, como muestra la tabla correspondiente en el apartado de cálculos hidráulicos.

Como bien se describe en el plano de Abastecimiento, las acometidas serán todas de polietileno así como las válvulas de corte estarán descritas en el plano de detalles según normativa, al igual que el hidrante situado en el nudo 22, el cual posee una demanda base de 15 l/s.

Respecto a las velocidades de las tuberías, hemos tenido que realizar varias estimaciones de caudal en el cálculo de la red, ya que las primeras estimaciones nos daban unas velocidades superiores a 4 m/s, muy superior a la media permitida. Las velocidades medias están recomendadas en función del diámetro por consideraciones económicas y van entre 0,5 m/s para diámetros menores y 1,5 m/s para diámetros mayores.

En nuestro caso, nuestros factores punta suelen ser elevados respecto a la media ya que tenemos pocos usuarios en la red, por lo tanto nuestras velocidades recomendadas estarían como máximo en 2,3 m/s, sólo alcanzando esta cifra en horas punta y para una tubería concreta.

A velocidades mayores se crean problemas de erosión, ruido y golpe de ariete, aparte de que las tuberías quedarían en poco tiempo obsoletas si se incrementara la demanda ligeramente en el futuro.

Respecto al Depósito hemos asignado al nudo 39 una demanda base de 30 l/s, y asignándole la curva de modulación 4 la cual he llenado de unos. Así pues, se fuerza una entrada de caudal constante al depósito de 30 l/s. Vemos que ahora el nivel en el depósito fluctúa ligeramente, que no se vacía, y que prácticamente cicla.

Elementos de la Red de Distribución

Como vemos en el plano de cad, en la tabla de longitudes equivalentes y posteriormente en las mediciones, la red estará formada por una serie de accesorios que intervienen en la unión de conducciones así como en el paso del fluido y la llegada de éste a cada una de las casas.

Válvulas

En los puntos de conexión de la nueva red de la urbanización a las conducciones ya existentes y en unos de los extremos de la red en la urbanización, irán situadas unas válvulas de corte cuya función será la de interrumpir el suministro temporalmente.

Según normativa, todas las válvulas de menos de 200 mm de diámetro, serán válvulas de compuerta, que serán las instaladas finalmente en nuestra red y que obedecerán al modelo descrito en el capítulo de mediciones y presupuesto. Su accionamiento se hará mediante desmultiplicador de un mínimo de 30 vueltas. Se instalarán mediante brida de doble cámara. Serán de DN 120 y su arqueta tendrá las medidas: 90 x 90 x 142 cm.

Hidrante

El hidrante quedará situado en el nudo 22, con una demanda base constante de 15 l/s y será de Tipo 80 mm. Quedará debidamente señalizado conforme a la norma UNE 23.033/81 y en la tapa constará “Boca de Incendios”.

Su elemento más singular será la boca de salida que consistirá en una boca de riego modelo copa con cuerpo fundido, mecanismo de bronce y enchufe de bayoneta. El cierre será por válvula de corte o de asiento elástico. Las dimensiones de la arqueta serán de 90 x 90 x 92 cm.

Zanjas

Para tuberías de 200 mm de diámetro o inferiores la profundidad de la instalación en toda su longitud será de 1 m en las zonas sometidas al tráfico y 0,60 m en el resto y de 1,10m y 0,90m respectivamente para tuberías de diámetros superiores.

La tubería a instalar descansará sobre un lecho de arena cuyo espesor se determinará mediante la siguiente fórmula: $e = (10 + D(\text{ mm })/10) \text{ cm}$. Se recubrirá la tubería hasta un mínimo de 20 cm con arena.

El relleno de la zanja se realizará evitando penetración de piedras, cascotes de ladrillos o cualquier otro objeto que al apoyar sobre la tubería pudiese ocasionar rotura. Se compactará a fin de evitar cualquier asiento posterior que pudiese dañar la tubería.

Ventosas

Son dispositivos que permiten la entrada y salida de aire en las redes de abastecimiento para amortiguar el efecto de un eventual golpe de ariete. Deben ser instaladas en los puntos mas altos del cambio de rasante en las conducciones.

Instalaremos una en cada punto de conexión de la red de la urbanización con la red general de abastecimiento, por precaución antes presiones negativas y acumulación de aire mientras se realiza el llenado de la red. También y por facilitar labores de mantenimiento, se sitúan junto a las válvulas de corte.

Arquetas

Además de las ya descritas en las válvulas, se colocarán arquetas en cada una de las acometidas, siendo estas perfectamente detalladas en el capítulo de mediciones.

Longitudes equivalentes en tuberías

TUBERÍAS	ACCESORIOS	L. EQUIVALENTE (m)
1	Codo a 90° + Ensanchamiento brusco	1,4
2	Codo a 90° + Ensanchamiento brusco ¼	4,5
3	Contracción brusca ¼ + entrada normal	4,9
4	Entrada normal + codo en curva	6,4
5	Codo curva	1,2
6	Codo a 90° + Acometida	2,1
7	2 x Acometida	0,8
8	2 x Acometida	0,8
9	Válvula corte + Acometida	1,4
10	2 x válvula corte	1
11	Válvula corte + Acometida	1,4
12	2 x Acometida	0,8
13	2 x Acometida	0,8
14	Válvula corte + codo	1,6
15	Codo 45° + codo curva	3,1
16	Codo a 90° + Acometida	2,1
17	2 x Acometida	1,4
18	Codo 90° + Acometida	3,5
19	Codo 90° + Acometida	3,5
20	2 x Acometida	1,4
21	2 x Acometida	1,4
22	2 x Acometida	1,4
23	2 x Acometida	1,4
24	2 x Acometida	1,4
25	Hidrante	
26	Codo 90° + Acometida	4,5
27	2 codos 90°	5,6
28	Codo 90° + Acometida	3,5
29	2 x Acometida	1,4
30	3,55	120
31	2 x Acometida	1,4
32	2 x Acometida	1,4
33	2 x Acometida	1,4
34	2 x Acometida	1,4
35	2 x Acometida	1,4
36	Codo 45° + Acometida	2
37	Codo 45° + Acometida	2
38	Válvula corte + codo	1,6

2. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

Justificamos primeramente los cálculos que posteriormente nos saldrán en EPANET y para ello hemos utilizado diversas tablas y hojas de cálculo que nos han ido dando los caudales que luego hemos introducido en el programa para el cálculo de la instalación.

Hemos hecho una tabla que justifica el gasto diario de agua de una vivienda dividido en intervalos de 30 minutos para realizar las estimaciones lo mas cercano posible a la realidad y con mayor exactitud. Como podemos ver en las tablas mostradas, hemos supuesto que la urbanización contendrá 23 viviendas unifamiliares con los mismos aparatos sanitarios, que son los nueve enumerados en dicho documento.

De cada uno hemos puesto el caudal de agua fría mas el caudal de agua caliente que nos dice el Código Técnico, el tiempo que dura echando agua mientras lo tenemos encendido y el número de veces que estará en funcionamiento entre todas las viviendas durante el intervalo de tiempo indicado. Todos estos supuestos de tiempos de encendido lo hemos realizado con una lógica siempre basada en el ahorro en el ahorro de agua y las condiciones de sequía que sufre la región donde está encuadrada el proyecto.

Al término de todo ello, tendremos el caudal medio de una vivienda para cada intervalo que hemos analizado, dato que servirá posteriormente para introducirlo en EPANET y que será imprescindible para el cálculo de nuestra red.

Para realizar esta hoja de cálculo hemos consultado previamente el Código Técnico de la Edificación en su apartado de DB-HS Salubridad para sacar la tabla de caudales instantáneos para cada tipo de aparato:

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm³/s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm³/s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

TABLA DE CAUDALES

Estudio de Red de Abastecimiento de Agua en Urbanización
Carrión de los Céspedes UE – 8 (Sevilla)

PERIODOS	RINF				I LAVAR				INODORO CON CIST				
	uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)	uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)	uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)	
0h - 0:30h		1	0,165	10	1,65	7	0,165	20	23,1	11	0,1	5	5,5
0:30h - 1h		1	0,165	10	1,65	5	0,165	20	16,5	7	0,1	5	3,5
1h - 1:30h		0	0,165	10	0	2	0,165	20	6,6	4	0,1	5	2
1:30h - 2h		0	0,165	10	0	2	0,165	20	6,6	2	0,1	5	1
2h - 2:30h		0	0,165	10	0	0	0,165	20	0	2	0,1	5	1
2:30h - 3h		0	0,165	10	0	0	0,165	20	0	1	0,1	5	0,5
3h - 3:30h		0	0,165	10	0	0	0,165	20	0	1	0,1	5	0,5
3:30h - 4h		0	0,165	10	0	0	0,165	20	0	1	0,1	5	0,5
4h - 4:30h		0	0,165	10	0	1	0,165	20	3,3	2	0,1	5	1
4:30h - 5h		0	0,165	10	0	1	0,165	20	3,3	2	0,1	5	1
5h - 5:30h		0	0,165	10	0	3	0,165	20	9,9	4	0,1	5	2
5:30h - 6h		0	0,165	10	0	4	0,165	20	13,2	6	0,1	5	3
6h - 6:30h		0	0,165	10	0	7	0,165	20	23,1	7	0,1	5	3,5
6:30h - 7h		1	0,165	10	1,65	9	0,165	20	29,7	11	0,1	5	5,5
7h - 7:30h		3	0,165	10	4,95	10	0,165	20	33	14	0,1	5	7
7:30h - 8h		6	0,165	10	9,9	10	0,165	20	33	11	0,1	5	5,5
8h - 8:30h		7	0,165	10	11,55	7	0,165	20	23,1	10	0,1	5	5
8:30h - 9h		6	0,165	10	9,9	8	0,165	20	26,4	9	0,1	5	4,5
9h - 9:30h		5	0,165	10	8,25	8	0,165	20	26,4	8	0,1	5	4
9:30h - 10h		2	0,165	10	3,3	7	0,165	20	23,1	7	0,1	5	3,5
10h - 10:30h		2	0,165	10	3,3	6	0,165	20	19,8	5	0,1	5	2,5
10:30h - 11h		3	0,165	10	4,95	5	0,165	20	16,5	3	0,1	5	1,5
11h - 11:30h		2	0,165	10	3,3	2	0,165	20	6,6	4	0,1	5	2
11:30h - 12h		3	0,165	10	4,95	3	0,165	20	9,9	3	0,1	5	1,5
12h - 12:30h		2	0,165	10	3,3	4	0,165	20	13,2	4	0,1	5	2
12:30h - 13h		3	0,165	10	4,95	6	0,165	20	19,8	6	0,1	5	3
13h - 13:30h		3	0,165	10	4,95	9	0,165	20	29,7	7	0,1	5	3,5
13:30h - 14h		4	0,165	10	6,6	10	0,165	20	33	8	0,1	5	4
14h - 14:30h		5	0,165	10	8,25	10	0,165	20	33	13	0,1	5	6,5
14:30h - 15h		3	0,165	10	4,95	9	0,165	20	29,7	15	0,1	5	7,5
15h - 15:30h		3	0,165	10	4,95	10	0,165	20	33	13	0,1	5	6,5
15:30h - 16h		2	0,165	10	3,3	9	0,165	20	29,7	12	0,1	5	6
16h - 16:30h		0	0,165	10	0	7	0,165	20	23,1	8	0,1	5	4
16:30h - 17h		0	0,165	10	0	6	0,165	20	19,8	9	0,1	5	4,5
17h - 17:30h		2	0,165	10	3,3	5	0,165	20	16,5	6	0,1	5	3
17:30h - 18h		3	0,165	10	4,95	5	0,165	20	16,5	5	0,1	5	2,5
18h - 18:30h		4	0,165	10	6,6	7	0,165	20	23,1	4	0,1	5	2
18:30h - 19h		3	0,165	10	4,95	8	0,165	20	26,4	5	0,1	5	2,5
19h - 19:30h		2	0,165	10	3,3	9	0,165	20	29,7	6	0,1	5	3
19:30h - 20h		4	0,165	10	6,6	10	0,165	20	33	7	0,1	5	3,5
20h - 20:30h		3	0,165	10	4,95	10	0,165	20	33	9	0,1	5	4,5
20:30h - 21h		3	0,165	10	4,95	9	0,165	20	29,7	12	0,1	5	6
21h - 21:30h		4	0,165	10	6,6	9	0,165	20	29,7	14	0,1	5	7
21:30h - 22h		5	0,165	10	8,25	8	0,165	20	26,4	16	0,1	5	8
22h - 22:30h		4	0,165	10	6,6	8	0,165	20	26,4	12	0,1	5	6
22:30h - 23h		3	0,165	10	4,95	7	0,165	20	23,1	11	0,1	5	5,5
23h - 23:30h		0	0,165	10	0	7	0,165	20	23,1	10	0,1	5	5
23:30h - 24h		0	0,165	10	0	5	0,165	20	16,5	8	0,1	5	4
P	107				294				355				
1/P	0,00934579				0,00340136				0,002816901				
PROB. 2	0,01869159				0,00680272				0,005633803				

Estudio de Red de Abastecimiento de Agua en Urbanización
Carrión de los Céspedes UE – 8 (Sevilla)

FREGADERO				LAVADORA				LAVABAS				GRIFOGARAJE			
uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)	uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)	uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)	uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)
7	0,3	420	882	2	0,35	600	420	8	0,25	600	1200	0	0,2	120	0
1	0,3	420	126	0	0,35	600	0	7	0,25	600	1050	0	0,2	120	0
0	0,3	420	0	0	0,35	600	0	6	0,25	600	900	0	0,2	120	0
0	0,3	420	0	0	0,35	600	0	4	0,25	600	600	0	0,2	120	0
0	0,3	420	0	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
0	0,3	420	0	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
1	0,3	420	126	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
1	0,3	420	126	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
0	0,3	420	0	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
0	0,3	420	0	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
2	0,3	420	252	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
3	0,3	420	378	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
5	0,3	420	630	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	0	0,2	120	0
5	0,3	420	630	0	0,35	600	0	0	0,25	600	0	1	0,2	120	24
7	0,3	420	882	1	0,35	600	210	1	0,25	600	150	1	0,2	120	24
7	0,3	420	882	2	0,35	600	420	2	0,25	600	300	2	0,2	120	48
8	0,3	420	1008	3	0,35	600	630	3	0,25	600	450	1	0,2	120	24
7	0,3	420	882	4	0,35	600	840	2	0,25	600	300	2	0,2	120	48
6	0,3	420	756	4	0,35	600	840	1	0,25	600	150	3	0,2	120	72
5	0,3	420	630	5	0,35	600	1050	4	0,25	600	600	2	0,2	120	48
5	0,3	420	630	6	0,35	600	1260	5	0,25	600	750	3	0,2	120	72
4	0,3	420	504	5	0,35	600	1050	4	0,25	600	600	5	0,2	120	120
1	0,3	420	126	4	0,35	600	840	0	0,25	600	0	1	0,2	120	24
2	0,3	420	252	4	0,35	600	840	1	0,25	600	150	2	0,2	120	48
3	0,3	420	378	5	0,35	600	1050	1	0,25	600	150	4	0,2	120	96
6	0,3	420	756	3	0,35	600	630	1	0,25	600	150	3	0,2	120	72
8	0,3	420	1008	2	0,35	600	420	3	0,25	600	450	5	0,2	120	120
9	0,3	420	1134	4	0,35	600	840	4	0,25	600	600	4	0,2	120	96
9	0,3	420	1134	4	0,35	600	840	5	0,25	600	750	2	0,2	120	48
10	0,3	420	1260	5	0,35	600	1050	5	0,25	600	750	1	0,2	120	24
8	0,3	420	1008	6	0,35	600	1260	6	0,25	600	900	0	0,2	120	0
9	0,3	420	1134	5	0,35	600	1050	6	0,25	600	900	0	0,2	120	0
8	0,3	420	1008	5	0,35	600	1050	7	0,25	600	1050	0	0,2	120	0
7	0,3	420	882	3	0,35	600	630	7	0,25	600	1050	1	0,2	120	24
5	0,3	420	630	2	0,35	600	420	6	0,25	600	900	1	0,2	120	24
4	0,3	420	504	3	0,35	600	630	5	0,25	600	750	2	0,2	120	48
3	0,3	420	378	2	0,35	600	420	6	0,25	600	900	2	0,2	120	48
3	0,3	420	378	4	0,35	600	840	5	0,25	600	750	5	0,2	120	120
3	0,3	420	378	4	0,35	600	840	2	0,25	600	300	4	0,2	120	96
2	0,3	420	252	6	0,35	600	1260	0	0,25	600	0	5	0,2	120	120
5	0,3	420	630	7	0,35	600	1470	0	0,25	600	0	5	0,2	120	120
8	0,3	420	1008	8	0,35	600	1680	1	0,25	600	150	4	0,2	120	96
8	0,3	420	1008	8	0,35	600	1680	5	0,25	600	750	5	0,2	120	120
9	0,3	420	1134	9	0,35	600	1890	6	0,25	600	900	3	0,2	120	72
7	0,3	420	882	8	0,35	600	1680	6	0,25	600	900	3	0,2	120	72
6	0,3	420	756	7	0,35	600	1470	6	0,25	600	900	0	0,2	120	0
6	0,3	420	756	5	0,35	600	1050	6	0,25	600	900	0	0,2	120	0
5	0,3	420	630	3	0,35	600	630	4	0,25	600	600	0	0,2	120	0
228				158				151				82			
0,004385965				0,00632911				0,006622517				0,012195122			
0,00877193				0,01265823				0,013245033				0,024390244			

Estudio de Red de Abastecimiento de Agua en Urbanización
Carrión de los Céspedes UE – 8 (Sevilla)

BANFRA				DUCHA				Q medio (l/s)	Q medio/hora	
uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)	uso	q (l/s)	tiempo (s)	total (l)			
1	0,5	360	180	1	0,3	360	108	1,566805556	1,116083333	1,20523504
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,665361111		0,51181624
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,504777778	0,421166667	0,3882906
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,337555556		0,25965812
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,000555556	0,000416667	0,00042735
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,000277778		0,00021368
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,070277778	0,070277778	0,05405983
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,070277778		0,05405983
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,002388889	0,002388889	0,00183761
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,002388889		0,00183761
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,146611111	0,262805556	0,11277778
1	0,5	360	180	1	0,3	360	108	0,379		0,29153846
4	0,5	360	720	0	0,3	360	0	0,764777778	0,804291667	0,5882906
4	0,5	360	720	1	0,3	360	108	0,843805556		0,6490812
6	0,5	360	1080	4	0,3	360	432	1,568305556	1,685930556	1,20638889
5	0,5	360	900	6	0,3	360	648	1,803555556		1,38735043
4	0,5	360	720	4	0,3	360	432	1,835361111	1,794013889	1,41181624
4	0,5	360	720	3	0,3	360	324	1,752666667		1,34820513
3	0,5	360	540	1	0,3	360	108	1,391472222	1,480708333	1,07036325
2	0,5	360	360	1	0,3	360	108	1,569944444		1,20764957
2	0,5	360	360	0	0,3	360	0	1,720888889	1,498486111	1,32376068
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	1,276083333		0,98160256
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,556611111	0,641180556	0,42816239
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	0,72575		0,55826923
1	0,5	360	180	0	0,3	360	0	1,040277778	1,124513889	0,80021368
3	0,5	360	540	0	0,3	360	0	1,20875		0,92980769
4	0,5	360	720	1	0,3	360	108	1,591194444	1,859375	1,22399573
5	0,5	360	900	2	0,3	360	216	2,127555556		1,6365812
4	0,5	360	720	3	0,3	360	324	2,146527778	2,071638889	1,65117521
2	0,5	360	360	1	0,3	360	108	1,99675		1,53596154
1	0,5	360	180	1	0,3	360	108	1,944694444	1,899847222	1,4959188
0	0,5	360	0	2	0,3	360	216	1,855		1,42692308
1	0,5	360	180	1	0,3	360	108	1,901722222	1,775944444	1,46286325
2	0,5	360	360	0	0,3	360	0	1,650166667		1,26935897
1	0,5	360	180	0	0,3	360	0	1,209333333	1,147986111	0,93025641
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	1,086638889		0,83587607
1	0,5	360	180	0	0,3	360	0	1,087611111	1,373208333	0,83662393
3	0,5	360	540	3	0,3	360	324	1,658805556		1,27600427
4	0,5	360	720	4	0,3	360	432	1,556666667	1,593638889	1,1974359
4	0,5	360	720	5	0,3	360	540	1,630611111		1,25431624
4	0,5	360	720	5	0,3	360	540	1,956916667	2,26475	1,50532051
5	0,5	360	900	7	0,3	360	756	2,572583333		1,97891026
5	0,5	360	900	7	0,3	360	756	2,920722222	2,912208333	2,2467094
3	0,5	360	540	6	0,3	360	648	2,903694444		2,23361111
3	0,5	360	540	5	0,3	360	540	2,585	2,360152778	1,98846154
2	0,5	360	360	3	0,3	360	324	2,135305556		1,64254274
1	0,5	360	180	1	0,3	360	108	1,678944444	1,361833333	1,29149573
0	0,5	360	0	0	0,3	360	0	1,044722222		0,80363248
95				79				1,313451968	1,313451968	
0,01052632				0,01265823						
0,02105263				0,02531646						

3. CALCULOS HIDRÁULICOS

Los cálculos hidráulicos realizados para la red de abastecimiento se hacen mediante el programa EPANET al que se le introducen los datos de nudos, tramos y cotas, obteniéndose los resultados adjuntos, que son los definitivos, tras haber partido de unos diámetros que se han ido modificando a la vista de los resultados de las velocidades que se producían y, consecuentemente, las longitudes equivalentes de los accesorios.

Para poder calcular pérdidas de carga de las tuberías debemos hallar el número de Reynolds, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$Re = \frac{V D}{\nu}$$

Siendo:

V = velocidad (m/seg.)

D = Diámetro interior (m.)

ν = viscosidad cinemática (m²/seg)

En esta ecuación adoptaremos $\nu = 1,15 \cdot 10^{-6}$, ya que dicho valor se corresponde con una temperatura media de 15° C.

Si se da la circunstancia de que $Re < 2.320$, esto significa que nos encontramos en régimen laminar, en cuyo caso se ha de aplicar la fórmula de Darcy:

$$H = \lambda \frac{V^2}{2 g D}$$

H = pérdida de carga unitaria (m.c.a./m)
 λ = coeficiente de pérdida de carga adimensional
 g = aceleración de la gravedad (m/s²)

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Por el contrario, si lo que ocurre es que $Re > 2.320$, nos encontramos en régimen turbulento. En este caso se debe aplicar la fórmula de Prandtl-Colebrook:

$$\frac{1}{V \lambda} = -2 \log \left(\frac{K}{3,71 D} + \frac{2,51 \nu}{V D \lambda} \right)$$

$$V = -2 V^2 g D / \log \left(\frac{K}{3,71 D} + \frac{2,51 \nu}{D V^2 g D Y} \right)$$

donde:

H = pérdida de carga unitaria (m.c.a./m)

λ = coeficiente de pérdida de carga adimensional.

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

K = coeficiente de rugosidad equivalente en m. definible por el usuario por medio de la tabla de mantenimiento de materiales.

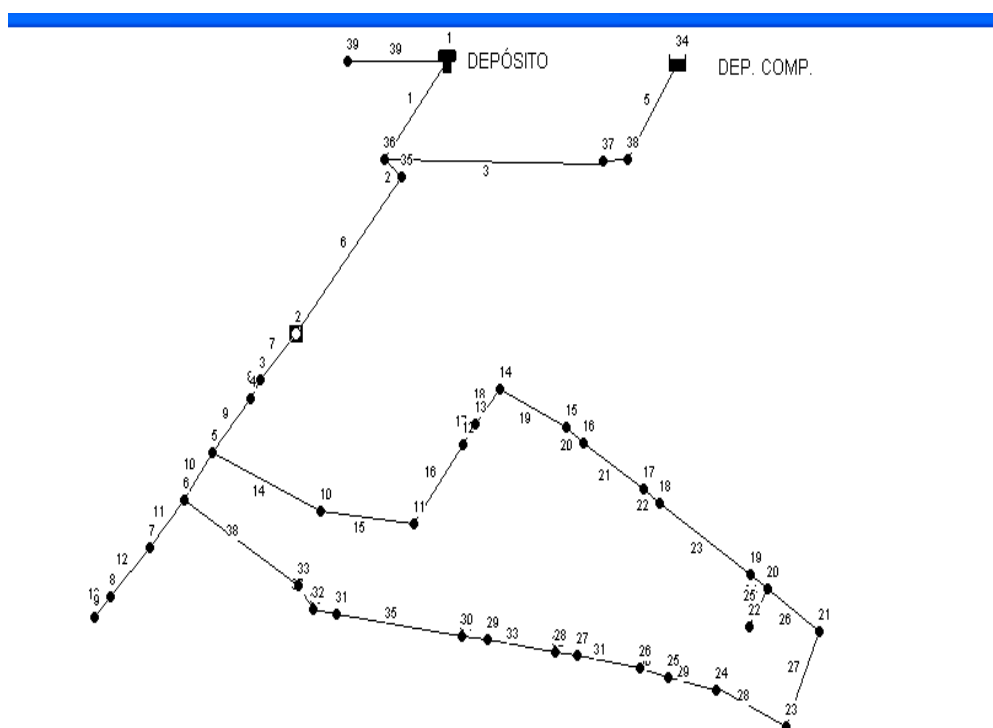
El cálculo de las mallas definidas se realiza por el método de Hardy-Cross, de acuerdo a las dos leyes enunciadas.

Los coeficientes de rugosidad absoluta (k) adoptados finalmente en cada una de las tuberías, han sido los aconsejados por Aljarafesa y Grupo de Aguas de Valencia, los cuales son los siguientes:

- Tubería de fundición dúctil: 0,25
- Tubería de Polietileno: 0,0015

3.1 ASIGNACIÓN DE CAUDALES A CADA NUDO Y DESCRIPCIÓN DE TUBERÍAS. ESQUEMA DE LA RED.

En el cuadro de la página siguiente se definen los caudales asignados a cada nudo en función de la zona que nos marca el Plan General de Ordenación Urbana, por nº de viviendas. Conociendo sus consumos y población, asignamos los caudales correspondientes que se demandan en cada Plan Parcial.



Estudio de Red de Abastecimiento de Agua en Urbanización
Carrión de los Céspedes UE – 8 (Sevilla)

NUDOS	COTA (m)	DEMANDA BASE (l/s)
Depósito 1	138	
2	92	1,53
3	92	1,53
4	92	1,53
5	92	0
6	91,5	0
7	91,5	1,53
8	91,5	1,53
9	91,5	1,53
10	92	0
11	92	0
12	92	1,53
13	92	1,53
14	92	0
15	92	1,53
16	92	1,53
17	92	1,53
18	92	1,53
19	92	1,53
20	92	1,53
21	92	0
22	92	15
23	91,5	0
24	91,5	1,53
25	91,5	1,53
26	91,5	1,53
27	91,5	1,53
28	91,5	1,53
29	91,5	1,53
30	91,5	1,53
31	91,5	1,53
32	91,5	0
33	91,5	1,53
Embalse 34	136	
35	93,5	0
36	93,6	0
37	93	0
38	95	0
39	138	-1
		TOTAL: 50,16 l/s

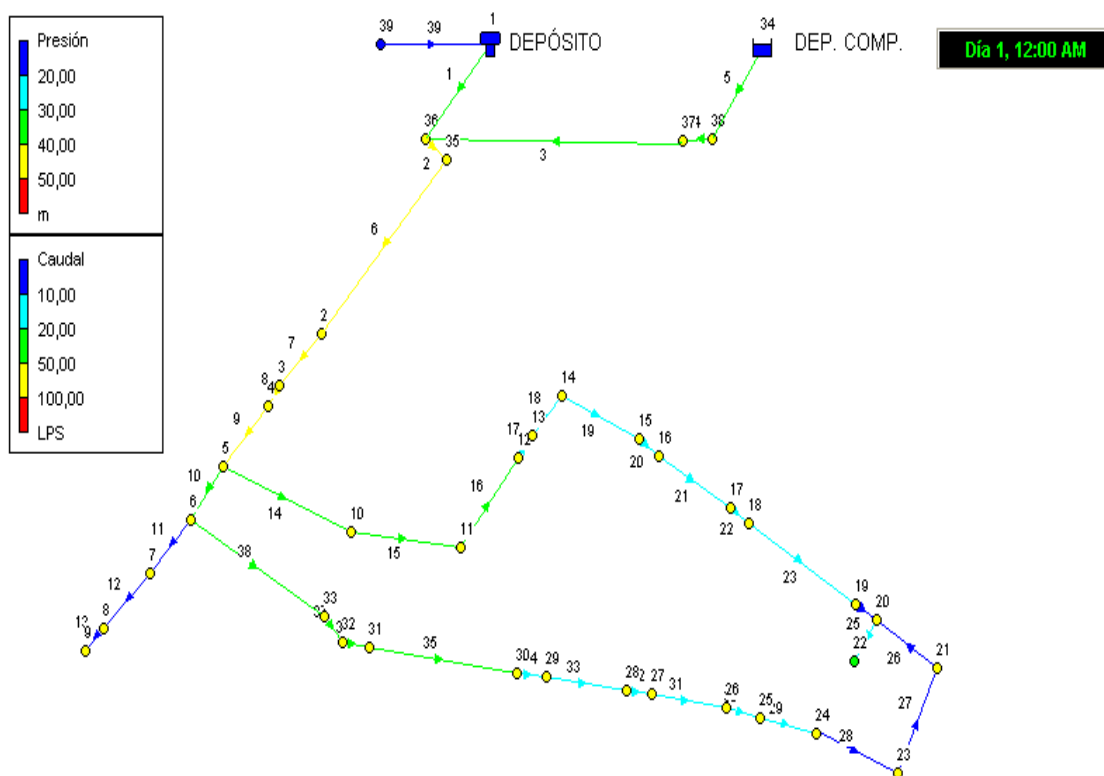
Estudio de Red de Abastecimiento de Agua en Urbanización
Carrión de los Céspedes UE – 8 (Sevilla)

TUBERÍAS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (mm)
1	2000	250
2	10,5	200
3	255	250
4	21,4	250
5	103,5	250
6	102,1	200
7	12,8	200
8	2,8	200
9	7,5	200
10	7,6	200
11	6,5	200
12	9,8	200
13	3,1	200
14	17	120
15	14,3	120
16	11,4	120
17	4,8	120
18	9	120
19	10,3	120
20	3,8	120
21	16,1	120
22	3,8	120
23	16,1	120
24	3,8	120
25	1,10	120
26	6,8	120
27	14,2	120
28	12,8	120
29	8,2	120
30	3,55	120
31	14	120
32	3,55	120
33	13,25	120
34	3,55	120
35	13,4	120
36	2,8	120
37	2,8	120
38	17,6	120
39	100	200

3.2 CÁLCULO DE LA RED

A continuación se adjuntan los cálculos de las mallas definidas mediante el programa EPANET.

Los resultados de los nudos y de las gráficas los daremos en base a las dos horas punta del día en cuestión de demanda, las 15:00 y las 21:00 horas y así podremos concluir que la red cumplirá con sus expectativas y especificaciones para las cuales ha sido diseñada.



DISTRIBUCIÓN NORMAL

Adjuntamos a continuación los resultados del cálculo de la red para una de las horas determinadas de las 24 reflejadas en la Curva de Modulación 1 del documento de EPANET di dicha red.

La hora elegida es una de las dos horas del día con distribución punta y en la que se requiere más distribución de caudal: las 15:00 horas.

Como podemos observar, esta franja horaria es una de las mas demandas del día en cuestión de caudal y por lo tanto las presiones resultadas en las tuberías que van a la urbanización serán altas para así poder abastecer sin problemas a los puntos mas alejados del depósito y por tanto los mas dificultosos para su abastecimiento, como son los nudos 19, 20, 7, 8 y 9, pudiendo ser finalmente, como vemos en el dibujo, resueltos y abastecidos sin problema alguno.

Situación similar ocurrirá con los caudales, resolviéndose con idéntica solución y no resultando ningún problema para que llegue caudal suficiente a los nudos mas desfavorecidos por situación en la red.

Todo lo anterior se ha conseguido realizando múltiples estimaciones durante el cálculo, adecuando así las dimensiones de las tuberías a las aconsejadas por los técnicos de ALJARAFESA, así como a los técnicos pertenecientes al GRUPO REDHISP y al GRUPO DE AGUAS DE VALENCIA, los cuales nos han aconsejado en la elección de los diámetros de las conducciones y en el cálculo de los coeficientes de seguridad.

DATOS NUDOS. DISTRIBUCIÓN NORMAL

CÁLCULO DE RED MALLADA DE TUBERÍAS. DATOS DE NUDOS A LAS 15:00 HORAS.			
		Distribución Punta	
Nudo	Cota (m)	Alt. Piezométrica (m.c.a)	Presión disponible (m.c.a.)
1	138	138,60	0,6
2	92	133,95	41,95
3	92	133,79	41,79
4	92	133,76	41,76
5	92	133,68	42,68
6	91,5	133,65	42,15
7	91,5	133,65	42,15
8	91,5	133,65	42,15
9	91,5	133,65	42,15
10	92	133,27	41,27
11	92	132,92	40,92
12	92	132,64	40,64
13	92	132,54	40,54
14	92	132,38	40,38
15	92	132,21	40,21
16	92	132,15	40,15
17	92	131,98	39,98
18	92	131,94	39,94
19	92	131,84	39,84
20	92	131,83	39,83
21	92	131,86	39,86
22	92	131,81	39,81
23	91,5	131,92	40,42
24	91,5	131,98	40,48
25	91,5	132,03	40,53
26	91,5	132,06	40,56
27	91,5	132,22	40,72
28	91,5	132,27	40,77
29	91,5	132,50	41,00
30	91,5	132,57	41,07
31	91,5	132,91	41,41
32	91,5	132,99	41,49
33	91,5	133,07	41,57
34	136	136	0
35	93,5	135,25	41,75
36	93,6	135,38	41,78
37	93	135,80	42,80
38	95	135,83	40,83
39	138	138,6	0,6

DATOS DE TRAMOS. DISTRIBUCIÓN NORMAL

CÁLCULO DE RED MALLADA DE TUBERÍAS. DATOS DE TRAMOS A LAS 15:00 HORAS.						
					DISTRIBUCIÓN PUNTA	
Nudo inicial	Nudo final	Longitud (m)	Diámetro (mm)	K	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s)
1	36	2000	250	0,25	29,68	0,6
36	35	10,5	200	0,0015	59,55	1,9
36	37	255	250	0,25	-29,87	0,6
37	38	21,4	250	0,25	-29,87	0,6
34	38	103,5	250	0,25	29,87	0,61
35	2	102,1	200	0,0015	59,55	1,9
2	3	12,8	200	0,0015	57,6	1,83
3	4	2,8	200	0,0015	55,68	1,77
4	5	7,5	200	0,0015	53,74	1,7
5	6	7,6	200	0,0015	31,79	1,01
6	7	6,5	200	0,0015	5,81	0,18
7	8	9,8	200	0,0015	3,87	0,12
8	9	3,1	200	0,0015	1,94	0,06
5	10	17	120	0,0015	21,95	1,94
10	11	14,3	120	0,0015	21,95	1,94
11	12	11,4	120	0,0015	21,95	1,94
12	13	4,8	120	0,0015	20,02	1,77
13	14	9	120	0,0015	18,08	1,60
14	15	10,3	120	0,0015	18,08	1,60
15	16	3,8	120	0,0015	16,14	1,43
16	17	16,1	120	0,0015	14,21	1,26
17	18	3,8	120	0,0015	12,27	1,08
18	19	16,1	120	0,0015	10,33	0,91
19	20	3,8	120	0,0015	8,39	0,74
20	22	1,1	120	0,0015	15	1,33
20	21	6,8	120	0,0015	-8,54	0,76
21	23	14,2	120	0,0015	-8,54	0,76
23	24	12,8	120	0,0015	-8,54	0,76
24	25	8,2	120	0,0015	-10,48	0,93
25	26	3,55	120	0,0015	-12,42	1,10
26	27	14	120	0,0015	-14,35	1,27
27	28	3,55	120	0,0015	-16,29	1,44
28	29	13,25	120	0,0015	-18,23	1,61
29	30	3,55	120	0,0015	-20,16	1,78
30	31	13,23	120	0,0015	-22,10	1,95
31	32	2,8	120	0,0015	-24,04	2,13
32	33	2,8	120	0,0015	-24,04	2,13
33	6	17,6	120	0,0015	-25,98	2,3
39	1	100	200	0,25	1,49	0,05

MATERIALES Y CONDICIONES DE TRABAJO. DISTRIBUCIÓN NORMAL

CÁLCULO DE RED MALLADA DE TUBERÍAS. MATERIALES Y CONDICIONES DE TRABAJO			
			DISTRIBUCIÓN
MATERIAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD (m/s)
FUNDICIÓN DÚCTIL	2000	250	0,6
	255	250	0,6
	21,4	250	0,6
	103,5	250	0,6
	100	200	0,05

CÁLCULO DE RED MALLADA DE TUBERÍAS. MATERIALES Y CONDICIONES DE TRABAJO			
			DISTRIBUCIÓN
MATERIAL	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)	VELOCIDAD (m/s)
POLIETILENO	10,5	200	1,9
	102,1	200	1,9
	12,8	200	1,83
	2,8	200	1,77
	7,5	200	1,7
	7,6	200	1,01
	6,5	200	0,18
	9,8	200	0,12
	3,1	200	0,06
	17	120	1,94
	14,3	120	1,94
	11,4	120	1,94
	4,8	120	1,77
	9	120	1,60
	10,3	120	1,60
	3,8	120	1,43
	16,1	120	1,26
	3,8	120	1,08
	16,1	120	0,91
	3,8	120	0,74
	1,1	120	1,33
	6,8	120	0,76
	14,2	120	0,76
	12,8	120	0,76
	8,2	120	0,93
	3,55	120	1,10
	14	120	1,27
	3,55	120	1,44
POLIETILENO	13,25	120	1,61
	3,55	120	1,78
	13,23	120	1,95
	2,8	120	2,13
	2,8	120	2,13
	17,6	120	2,3

ANÁLISIS EN PERIODO EXTENDIDO. CURVAS DE MODULACIÓN

Para convertir nuestro modelo en un caso mas realista y llevar a cabo una simulación en periodo extendido vamos a crear diversas Curvas de Modulación para hacer que las demandas en los nudos varíen de forma periódica a lo largo del día.

En nuestro caso hemos aplicado tres curvas de modulación, según la demanda prevista en los nudos de la red:

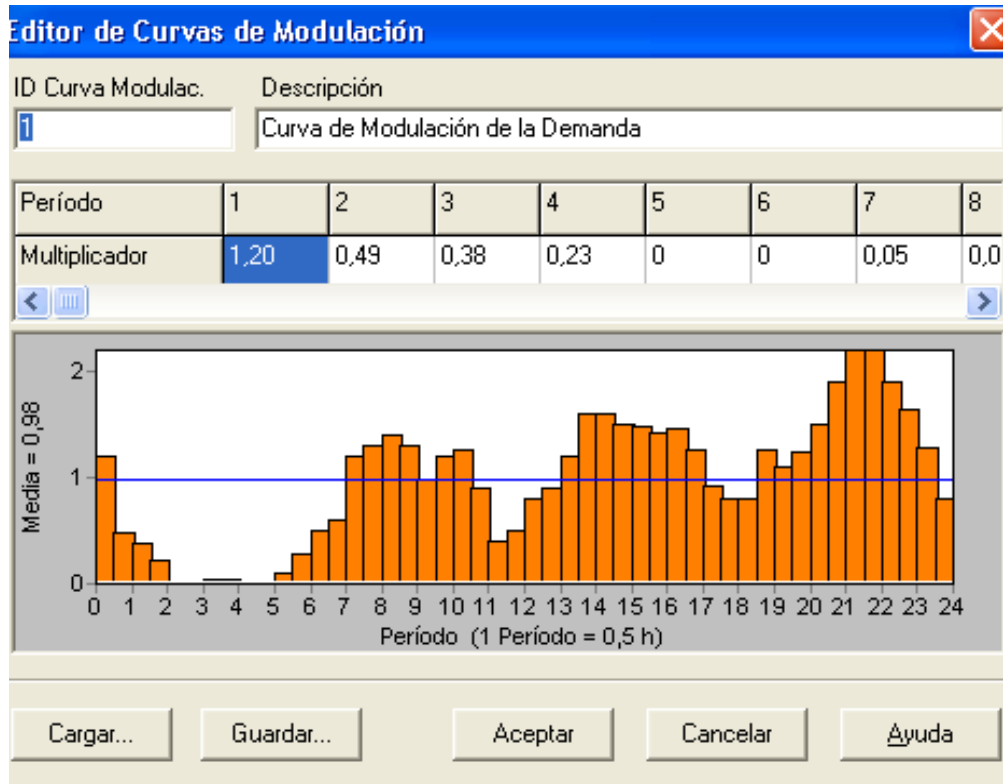
- Curva 1: Curva de Modulación de la demanda.
- Curva 3: Curva de demanda para hidrante.
- Curva 4: Curvas para nudos con demanda 0.

CURVA 1

La curva de modulación 1 realiza la Curva de Demanda para todos los nudos cuya demanda base sea 1,3 l/s y la cual tiene una duración de 24 horas dividida en 48 intervalos de 30 minutos cada uno.

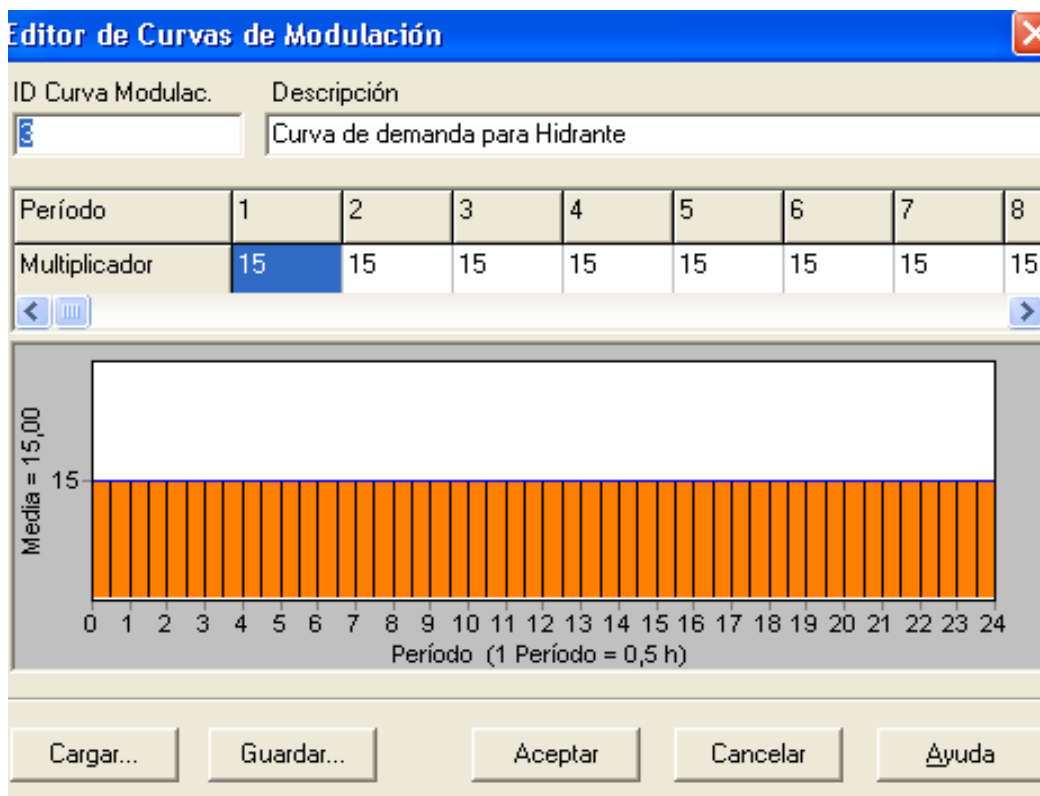
Opciones de Tiempo	
Propiedad	Hr:Min
Duración Total	24
Intervalo Cálculo Hidráulico	1:00
Intervalo Cálculo Calidad	0:05
Intervalo Curvas Modulación	0,5
Hora Inicio Curvas Modulación	0:00
Intervalo Resultados	1:00
Hora Inicio Resultados	0:00
Hora Real Inicio Simulación	12 am
Estadísticas	Ninguna

Los multiplicadores se calculan dividiendo el caudal medio de cada intervalo entre la demanda base de cada nudo, previamente señalado y detallado en la hoja de cálculo adjunta anteriormente.



CURVA 3

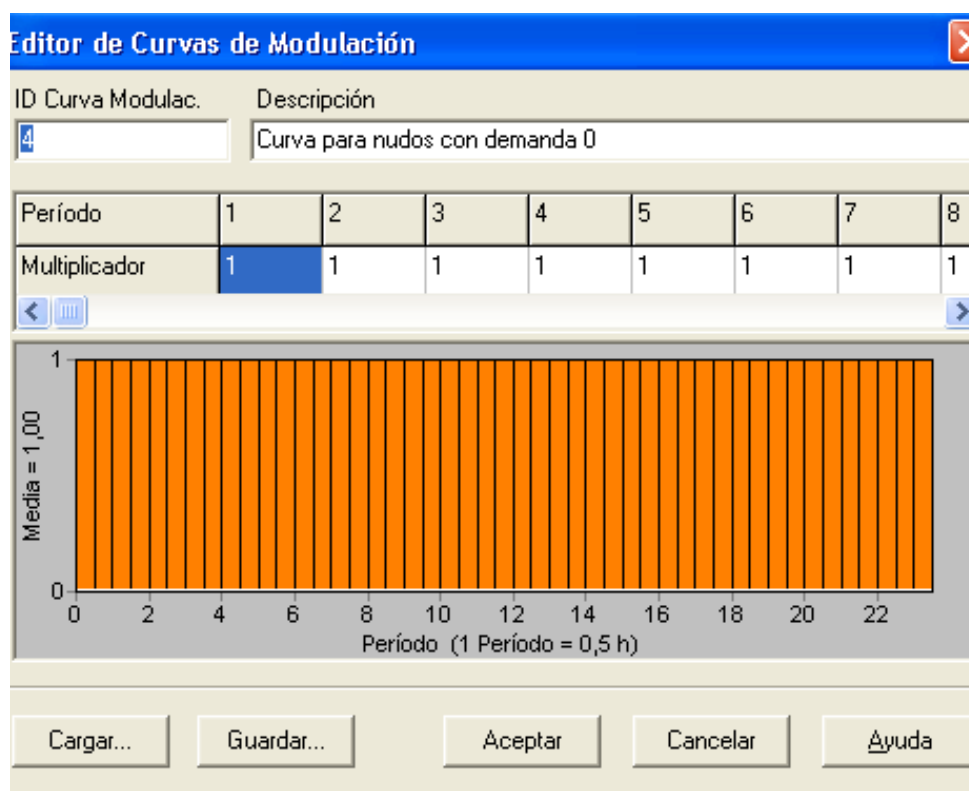
La curva de modulación 3 realiza la Curva de Demanda específica para el Nudo 22, el cual será un Hidrante con demanda base 1 especificada en epanet para que así sus multiplicadores conviertan su caudal medio en 15 l/s.



CURVA 4

La curva de modulación 4 realiza la Curva de Demanda específica para aquellos nudos cuya demanda base sea 0 y corresponderá con todos aquellos nudos que no pertenezcan a las curvas antes citadas.

Hemos puesto todos los multiplicadores iguales a uno para que salga una curva constante respecto a caudal demandado.

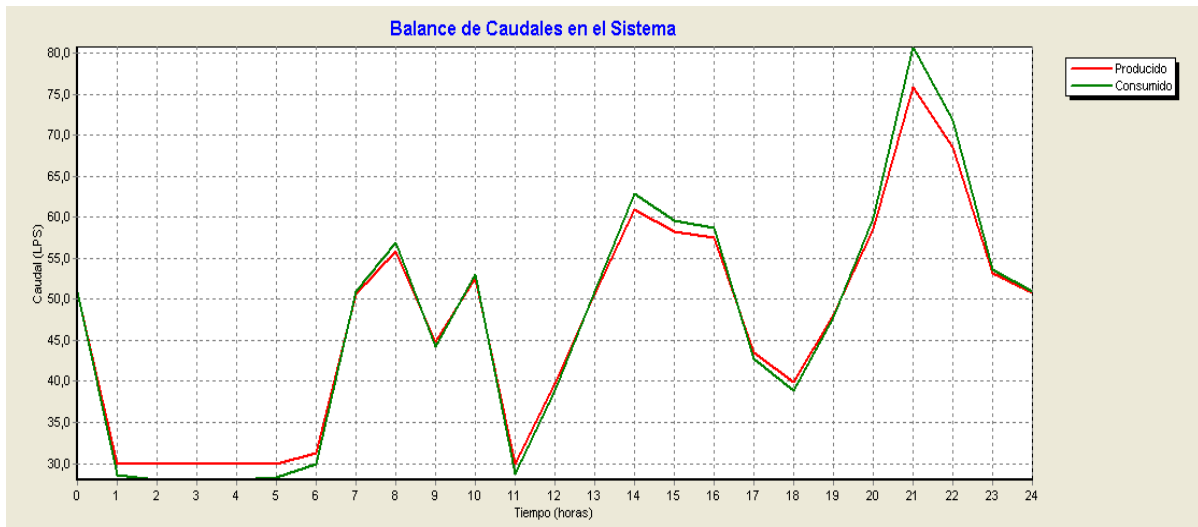


PRESENTACIÓN DE RESULTADOS MEDIANTE GRÁFICAS

Los resultados del análisis, así como ciertos parámetros de diseño, pueden visualizarse utilizando diferentes tipos de gráficas.

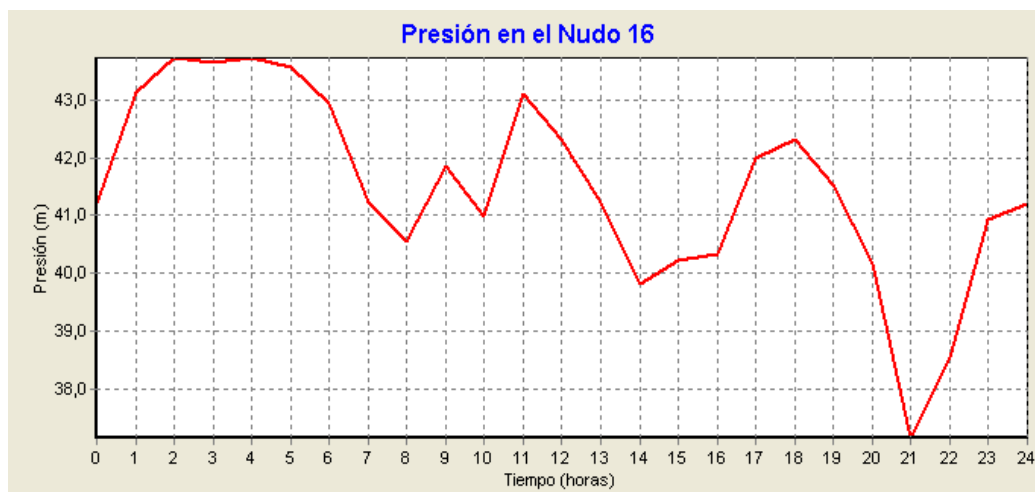
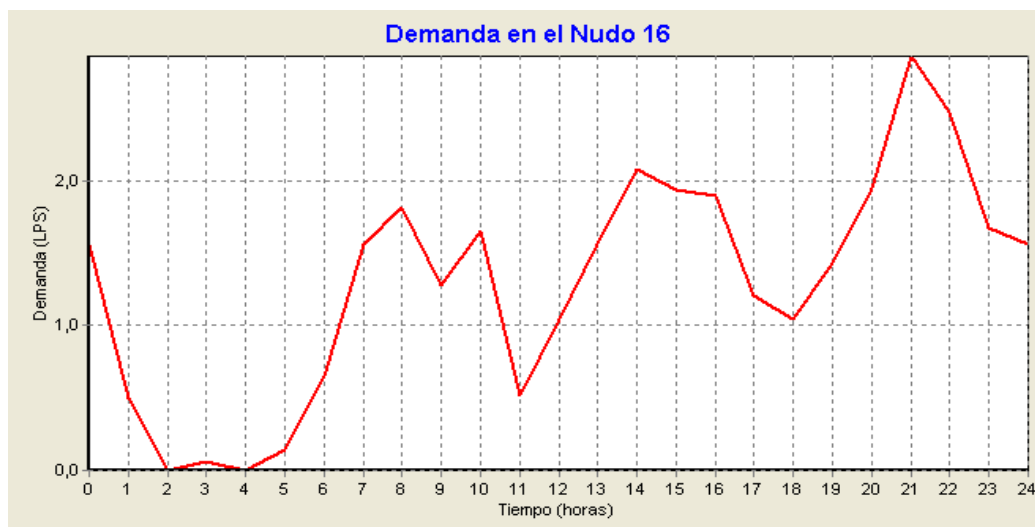
Balance de Caudales

Como podemos ver en la gráfica, a lo largo de un ciclo el volumen total de agua suministrada debería ser igual a la demandada y como vemos, cuadran aproximadamente los dos caudales. En otro caso, pueden haber diferencias horarias en más o en menos, debido al llenado o vaciado de los depósitos, pero las áreas representan volúmenes, y el balance en los depósitos de un ciclo dice que el área comprendida entre ambas curvas, considerándola positiva cuando la producción excede a la demanda y negativa en caso contrario, debe ser cero. Los modelos en periodo extendido deben desarrollarse a lo largo de un ciclo, de modo que el nivel final en los depósitos coincida con el inicial. A veces es algo mayor el producido, mientras se llena el depósito y viceversa cuando se vacía.



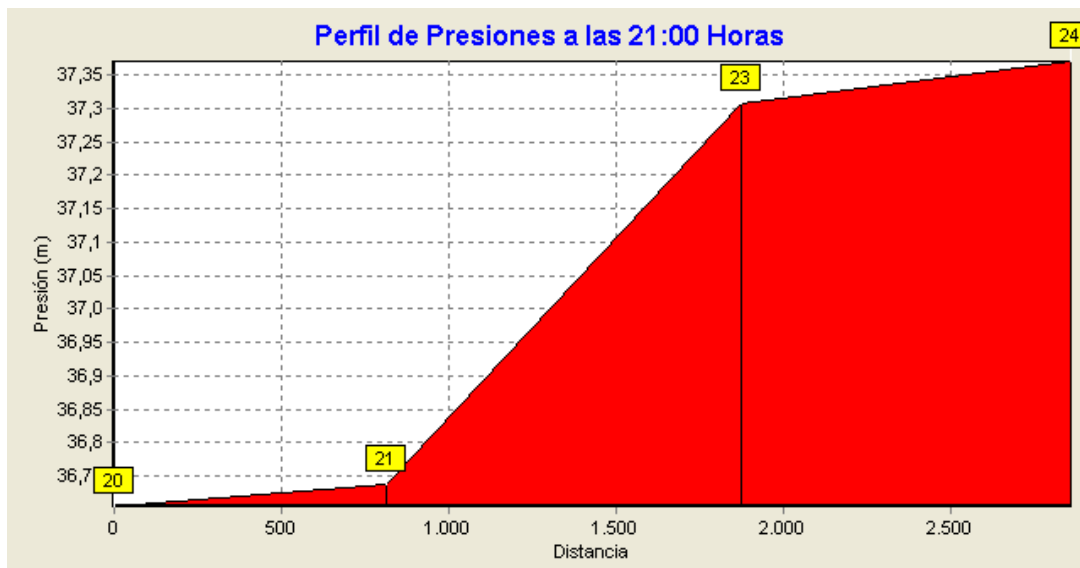
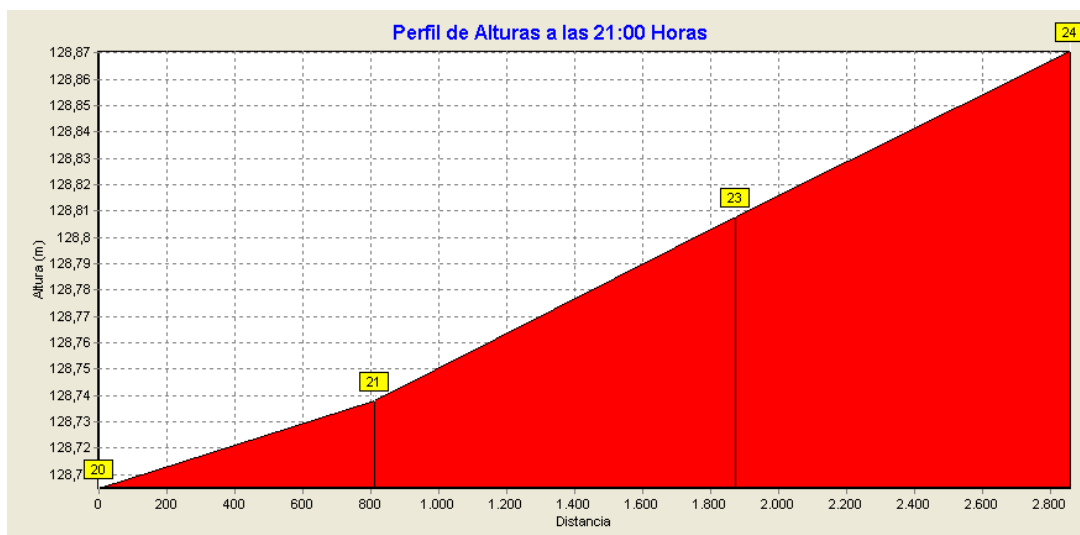
Curva de Evolución

Dicha curva representa la evolución de una magnitud con el tiempo. Será aplicable a Nudos o líneas específicos, para todo el periodo de simulación. Como ejemplo elegiremos el nudo 16, el cual será un nudo perteneciente a una acometida y con una demanda base de 1,3 l/s, perteneciendo a la curva de modulación número 1. Se puede ver la comparación entre la evolución de la presión en el nudo y el caudal demandado, aumentando la primera en proporción de cómo disminuye la segunda, como puede verse en las gráficas.



Perfil Longitudinal

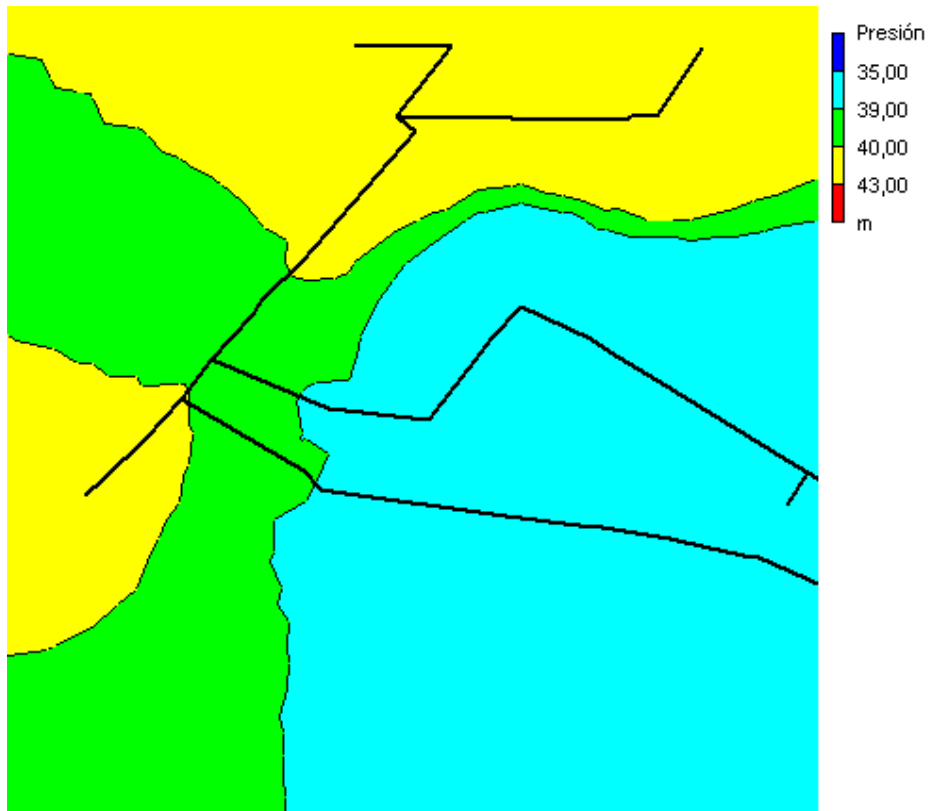
Representa la variación de una magnitud con la distancia y será aplicable a una lista de nudos para un instante dado. En nuestro caso hemos elegido una muestra de cuatro nudos que forman el tramo más desfavorable (20, 21, 23 y 24) y lo representaremos en la hora con mas demanda del día, a las 21:00 horas y en función de sus alturas piezométricas y sus presiones. Vemos como las magnitudes disminuyen en el sentido de avance del flujo.



Mapa de Isolíneas

Muestra las regiones del espacio en las cuales el valor de la magnitud queda dentro de ciertos intervalos y será aplicable a todos los nudos, para un instante dado.

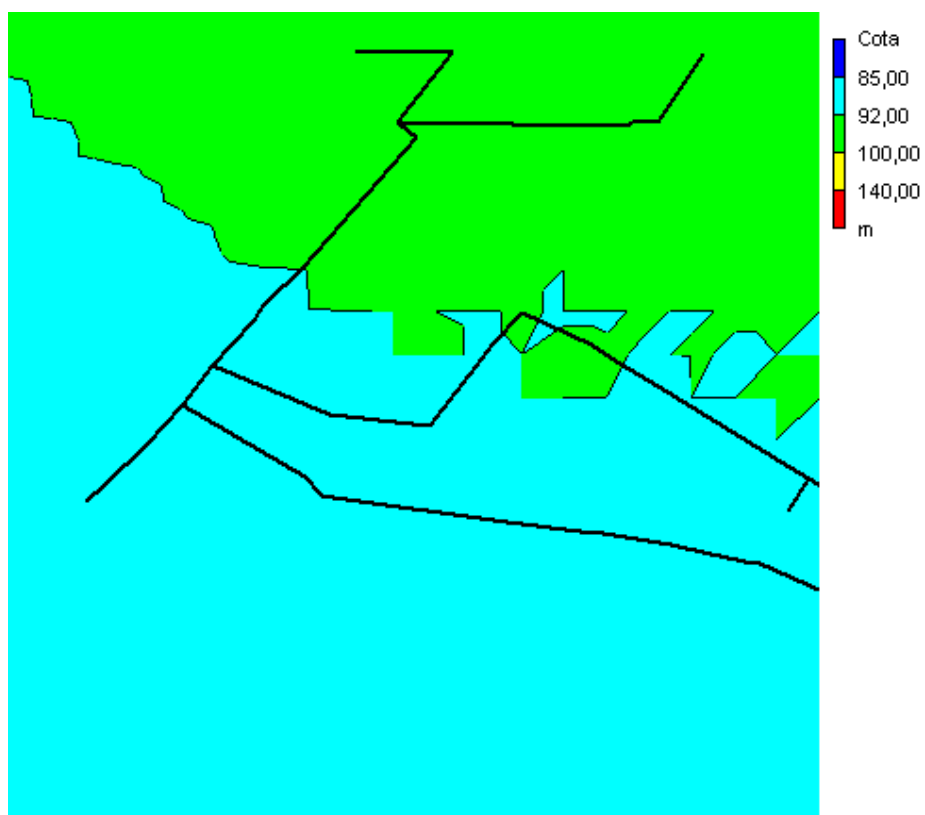
El primer mapa representará las presiones de todos los nudos para el instante dado, las 21:00 horas.



El segundo mapa representa las alturas piezométricas también a las 21:00 horas, las cuales disminuyen en el sentido de avance del flujo, ya que en teoría este debe avanzar según la dirección perpendicular a las líneas piezométricas.



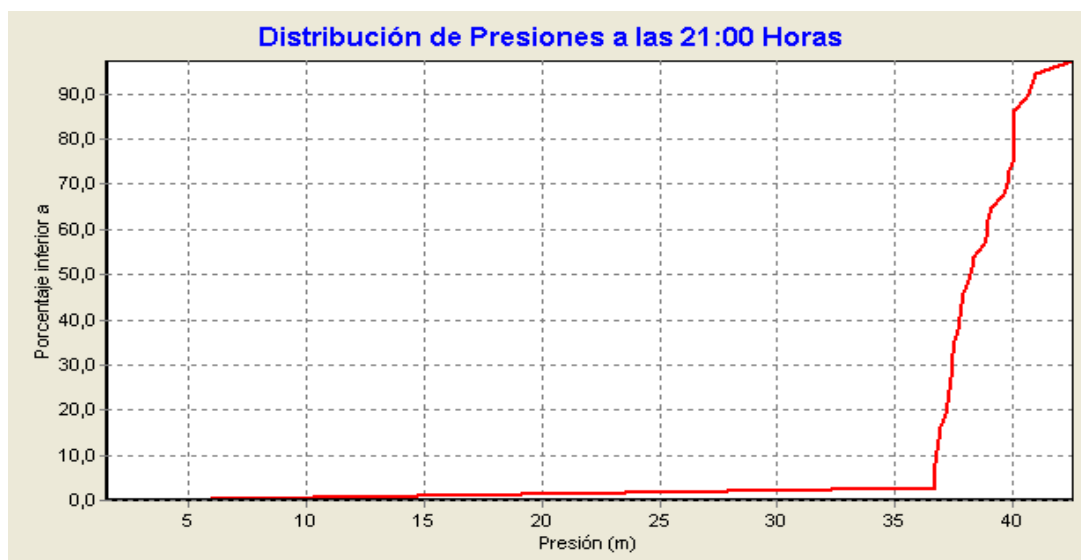
Y por último reseñar también el mapa de isolíneas referidos a las cotas para que sea más llevadero el análisis de los resultados haciéndose una idea de cómo es el terreno donde está ubicada la red.



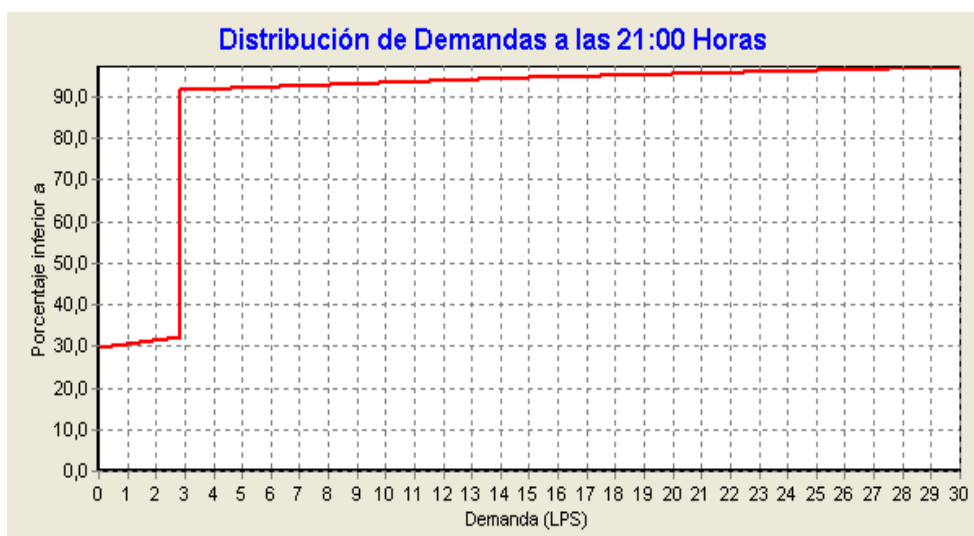
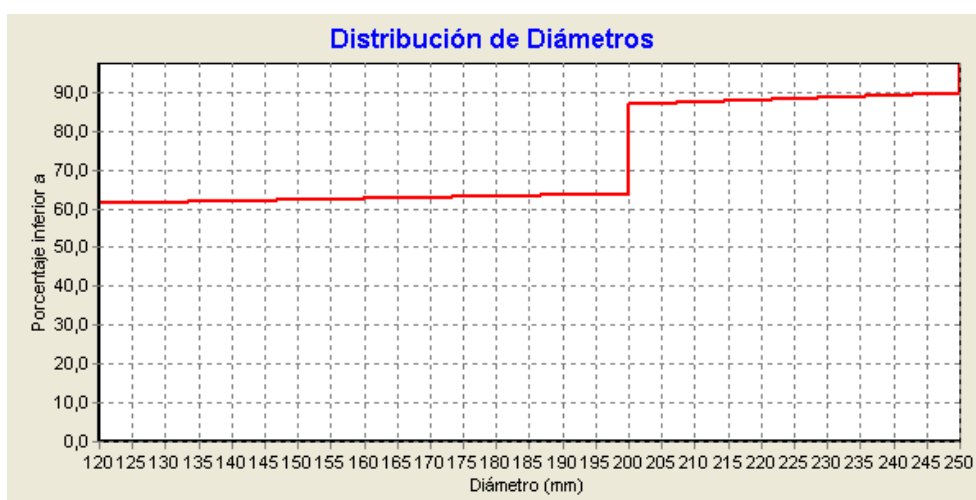
Curva de Distribución

Representa la fracción de elementos de la red cuya magnitud asociada es igual o inferior a un valor, frente a dicho valor. Es aplicable a todos los nudos o líneas, para un instante dado.

Sobre la curva de distribución de presiones, la presencia de una línea casi vertical indica que casi todos los nudos tienen la misma presión. Aquí se ve muy bien en qué rango varían éstas y qué porcentaje de nudos se ve afectado.



Complementamos esta gráfica con otra para los diámetros, la cual nos sale escalonada, pero ello permite hacernos una idea rápida del rango en que varían los diámetros, y en qué proporción. Lo mismo pasa con la gráfica de demandas.



También es interesante mostrar la distribución de velocidades de circulación en horas punta y valles. La primera nos puede indicar el grado de sobre o infradimensionamiento de la red, mientras que la segunda sobre los posibles depósitos y empeoramientos de la calidad del agua debido a las bajas velocidades de circulación.

