

Anejo nº 2: DISEÑO DE LA RED

ÍNDICE

1. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED.....	1
1.1. TIPOLOGÍA DE LA RED.....	1
1.2. SUMINISTRO EXTERIOR A LA RED	1
1.3. PRESIÓN DE ABASTECIMIENTO	2
1.4. CAUDALES DE INCENDIO	2
1.5. VELOCIDADES.....	3
1.6. DIÁMETROS Y MATERIALES DE LAS CONDUCCIONES.....	3
2. TRAZADO EN PLANTA DE LA RED	3
3. ASIGNACIÓN DE LOS CONSUMOS	4
4. CÁLCULO DE LA RED	5
4.1. TRANSFORMACIÓN EN RED RAMIFICADA	5
4.2. CÁLCULO DE LA RED RAMIFICADA	7
4.2.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	7
4.2.2. RESULTADOS DE LOS TRAMOS: DIÁMETROS Y PÉRDIDAS DE CARGA.....	8
4.2.3. PRESION EN LOS NUDOS.....	13
4.3. MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS COMO RED MALLADA.....	14
4.3.1. SOFTWARE UTILIZADO.....	14
4.3.2. ANÁLISIS EN CONDICIONES NORMALES	14
4.3.3. HIPÓTESIS DE INCENDIO	27
5. ELEMENTOS DE CONTROL Y AUXILIARES DE LA RED	28
5.1. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN TOMA NORTE.....	28
5.2. GRUPO DE PRESIÓN	28
5.3. VÁLVULAS DE CORTE.....	30
5.4. VENTOSAS.....	30
5.5. DESAGÜES	31
5.6. ACOMETIDAS.....	31

1. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED

Basándose en la información disponible, se va a determinar unos criterios generales para efectuar el diseño y dimensionamiento de la red de abastecimiento de agua potable.

En aquellos apartados en los que la información disponible no sea suficiente para elegir una alternativa de diseño, se supondrá una situación hipotética y se verificará posteriormente su validez mediante los resultados del diseño.

1.1. TIPOLOGÍA DE LA RED

La red de abastecimiento será única, utilizándose la misma agua para consumo humano riego e incendios.

La red será mayoritariamente de tipo mallado, permitiéndose solamente pequeñas ramificaciones en acometidas puntuales.

1.2. SUMINISTRO EXTERIOR A LA RED

El sector Gran Godella limita al Norte y al Este con el Término Municipal de Rocafort y al Sur con suelo agrícola. El linde Oeste es con la carretera CV-310, y al Oeste de la carretera se encuentra suelo urbanizable perteneciente a Godella.

El tramo de carretera lindante con el sector se encuentra delimitado por dos glorietas:

- La glorieta Norte, que está situada entre el cementerio municipal de Godella y la Urbanización Santa Bárbara III.
- La glorieta Sur, que linda con la Urbanización Campolivar.

Dado el número de viviendas a abastecer y el tamaño del sector Gran Godella, deberá haber más de una conexión externa de la red de agua del sector con el resto de la red municipal.

Para este caso existen dos puntos externos de suministro de agua al sector.

- **Toma Norte:** Existe una conducción municipal por el camino del cementerio y paralela a la CV-310 hacia Santa Bárbara. La conexión atravesará inferiormente la carretera y la zona verde ZV 01.
- **Toma Sur:** Existe una conducción municipal en la Urbanización Campolivar. La conexión bordeará la glorieta por la parte sur aprovechando los pasos de peatones.

Ambos puntos de suministro disponen de *caudal suficiente* a efectos de cálculo. En cuanto a las presiones disponibles, se explica en el apartado siguiente.

1.3. PRESIÓN DE ABASTECIMIENTO

La presión de la red a nivel de calle estará comprendida entre los siguientes valores:

- Presión mínima: 15 metros columna de agua (mca) por encima de la máxima altura de abastecimiento.
- Presión máxima: 40 mca

Según la normativa de planeamiento, la altura máxima de fachada en el sector son 18 m, en la tipología Edificación Aislada – Bloque Exento.

Además, se tendrá en cuenta que existe una diferencia de cota topográfica de 15 m entre el punto más alto y el punto más bajo del sector, por lo que si en la modelización matemática se detectan puntos con presión fuera del rango, deberán incorporarse elementos de regulación.

En cuanto a la presión en el suministro externo, se toman las siguientes consideraciones:

- **Toma Norte:** La cota topográfica del punto de conexión es 52,0 m sobre el nivel del mar. La conducción abastece a la urbanización Santa Bárbara III, cuya cota más elevada es de 88,5 msnm. Tratándose de viviendas unifamiliares, con una altura máxima de 10 m, la presión de la toma norte en el punto de conexión será de:

$$P_{Norte} = (88,5 - 52,0) + 10 + 15 = 61,5 \text{ mca}$$

- **Toma Sur:** La cota topográfica del punto de conexión es 47,5 m sobre el nivel del mar. Se trata de un extremo de la red de abastecimiento, con lo que la presión en la red será la mínima necesaria para el adecuado suministro a las viviendas de la urbanización (unifamiliares con altura máxima 10 m).

$$P_{Sur} = 10 + 15 = 25 \text{ mca}$$

1.4. CAUDALES DE INCENDIO

La legislación (CTE DB-SI 2010) establece que se debe implantar hidrantes exteriores de incendio en sectores residenciales, que deben cumplir las siguientes especificaciones (NBE-CPI 96):

“Se debe prever el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min (16,66 l/s) y una presión mínima de 10 mca.”

La hipótesis de incendio se tendrá en cuenta durante la modelización de la red para asegurar su cumplimiento.

1.5. VELOCIDADES

El rango de velocidades de circulación del agua en la red se mantendrá entre los valores estipulados por la norma UNE EN 805:200, con un intervalo entre 0,5 m/s y 2 m/s.

Para un ajuste fino de los diámetros de los distintos ramales de la red se usará la Fórmula de Mougny, que da el valor de la velocidad máxima recomendada para cada diámetro con el fin de conseguir un diseño óptimo.

$$v = 1,5 \cdot \sqrt{D + 0,05}$$

Siendo:

- v: velocidad en m/s
- D: diámetro interior en m

1.6. DIÁMETROS Y MATERIALES DE LAS CONDUCCIONES

Para la selección de los diámetros y materiales de las conducciones se tendrá en cuenta el “Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua” del M.O.P.U (1974).

De entre los diferentes materiales para las conducciones previstos en el mencionado Pliego se selecciona el **Polietileno de Alta Densidad (PEAD)**, por ser el material más comúnmente utilizado en la actualidad para redes de abastecimiento.

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PEAD se indican en la norma UNE-EN 12201-2:2012.

Además hay que tener en cuenta la disposición de la Norma NTE-IFA sobre los diámetros mínimos, según la cual, en aquellos ramales con boca de riego el diámetro mínimo será de 80 mm y con bocas de incendio con salidas de 100 y 70 mm (las que cumplen la NBE-CPI 96) el diámetro mínimo será de 150 mm.

2. TRAZADO EN PLANTA DE LA RED

Para el trazado en planta de la red de agua se seguirán los criterios definidos en las “Normas para Redes de Abastecimiento”, versión 2012 del Canal de Isabel II.

“En las redes de distribución el trazado deberá seguir el viario, recomendándose que las conducciones discurran bajo las aceras para así disminuir las cargas actuantes y facilitar las tareas de reparación.”

En caso de no poder discurrir la conducción bajo la acera y tener que hacerlo bajo la calzada, deberá evitarse, en cualquier caso, la franja de 1,5 m de ancho a partir del bordillo de cada acera, donde se prevea la posibilidad de aparcamiento de vehículos.”

En los viales de más de 15 m de ancho se instalarán dos tuberías, una a cada lado del mismo, salvo que en alguno de los dos lados del vial se prevean menos de dos acometidas por manzana. En los viales más estrechos se instalará una tubería en el lado que se prevea la existencia de mayor número de acometidas. En ambos casos deberán colocarse a una distancia superior a 2,5 m desde el frente de parcela y evitando coincidir con el eje del bordillo.”

Con estos criterios se ha realizado un trazado en planta de la red que servirá para iniciar la modelización matemática.

El trazado está grafiado en el plano número 6. Los aspectos más significativos de este diseño son:

- El ancho máximo de viales del plan parcial es de 12 m, por lo que siguiendo los criterios anteriores solamente se ha dispuesto tubería en un lado de la calle, siempre en aquel que más acometidas presente.
- El mallado de la red afecta a manzanas enteras o grupos de manzanas, quedando como ramales aislados las acometidas a:
 - Edificaciones aisladas
 - Zonas verdes
 - Parcelas dotacionales

En este paso del diseño es cuando se debe definir la ubicación de los hidrantes de incendio, ya que dicha ubicación puede condicionar el diámetro mínimo de la conducción de la que se van a alimentar.

Para ello se seguirán las indicaciones del documento CTE DB-SI 2010 en su sección SI 4 “*Instalaciones de Protección contra Incendios*”

ZONA	SUPERFICIE (m ²)	HIDRANTES SEGÚN CTE DB-SI
RESIDENCIAL	115.106	12
DOT 01 oficinas	6.136	1
DOT 02 comercial	4.400	1
DOT 03 colegio 500 plazas	6.465	1

Tabla 1: Cómputo de los hidrantes de incendio a instalar

La distribución espacial de los hidrantes ha de cumplir que cualquier punto de la fachada de las edificaciones esté a menos de 100 m de un hidrante. En el plano número 6 queda reflejada dicha distribución.

3. ASIGNACIÓN DE LOS CONSUMOS

Una vez definido el trazado en planta de la red, se procede a identificar y numerar los nudos y a asignar los consumos correspondientes a cada tramo de la red.

El criterio para la asignación de los consumos a cada tramo ha sido el siguiente:

- El número de viviendas cuya acometida enlaza directamente al tramo.
- El número de viviendas equivalentes de la parcela dotacional alimentada por el tramo.

- El consumo para riego de la zona verde alimentada directamente por el tramo.

En el plano ANJ-2 que acompaña a este anexo se grafía la identificación de los nudos y la asignación de consumos a los tramos de la red.

Como se puede observar en dicho plano, existen algunos pequeños tramos de enlace entre mallas que no tienen consumo específico asignado, pero esto no afecta en absoluto al cálculo de la red.

4. CÁLCULO DE LA RED

Para efectuar el cálculo de la red se utilizará el llamado “**Método de la Ramificación**”.

En este método se efectúa un diseño de la red como si fuera una red ramificada, para lo que se realizan unos “cortes” en puntos determinados del mallado para transformarla en ramificada.

Los cortes de la red exigen incluir en el modelo matemático de la red dos nudos, uno a cada lado del corte, asignando como caudales en estos dos nudos el de servicio del tramo correspondiente.

Para realizar los cortes en la red mallada conviene seguir los siguientes criterios:

- Que los dos posibles trayectos del agua a través de la red, desde el nudo de inyección al nudo de corte tengan la misma longitud.
- Realizarlos en líneas secundarias de la red.

Una vez diseñada la red ramificada, se vuelven a cerrar los “cortes” realizados anteriormente y se calcula la red mallada mediante el “**Método del diámetro mínimo**”

El análisis de la red en situación de incendios se efectúa con la red mallada.

4.1. TRANSFORMACIÓN EN RED RAMIFICADA

En el caso de la urbanización Gran Godella, la transformación en red ramificada requiere, además, de un paso previo adicional, ya que se cuenta con dos puntos exteriores de suministro, la Toma Norte y la Toma Sur.

Dicho paso previo consiste en dividir la red entera en dos sub-redes (Norte y Sur), cada una con un solo suministro externo.

Para esto se realizan también unos “cortes” de forma similar a los del método de ramificación, procurando que ambas sub-redes den servicio a un número de viviendas lo más igualado posible.

Las siguientes ilustraciones muestran el esquema de las sub-redes Norte y Sur, con los nudos y viviendas asignadas a cada tramo.

Red de abastecimiento

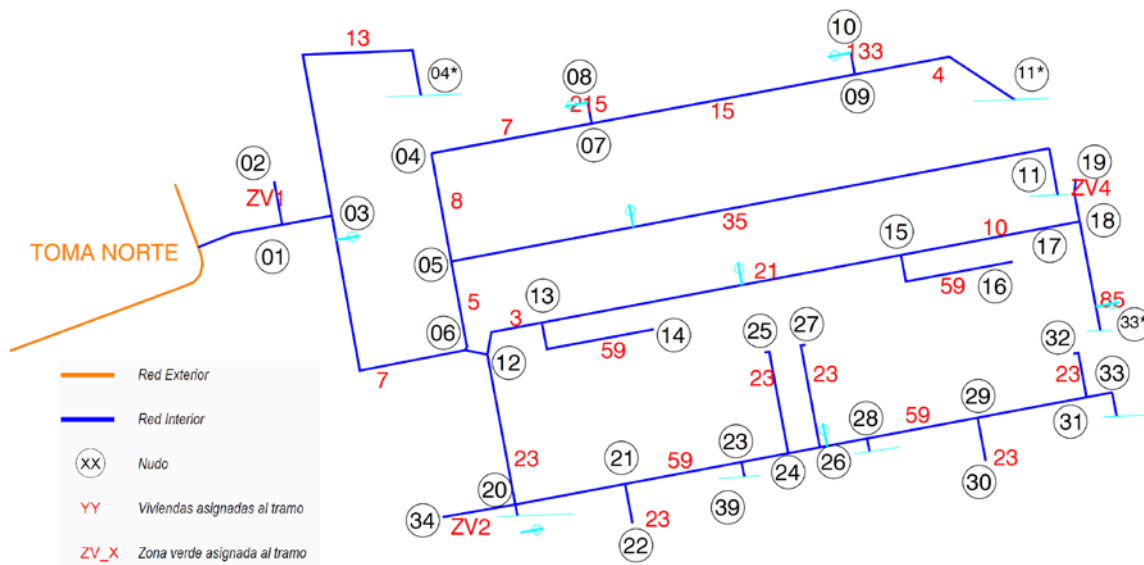


Imagen 1: Esquema de la sub-red Norte.

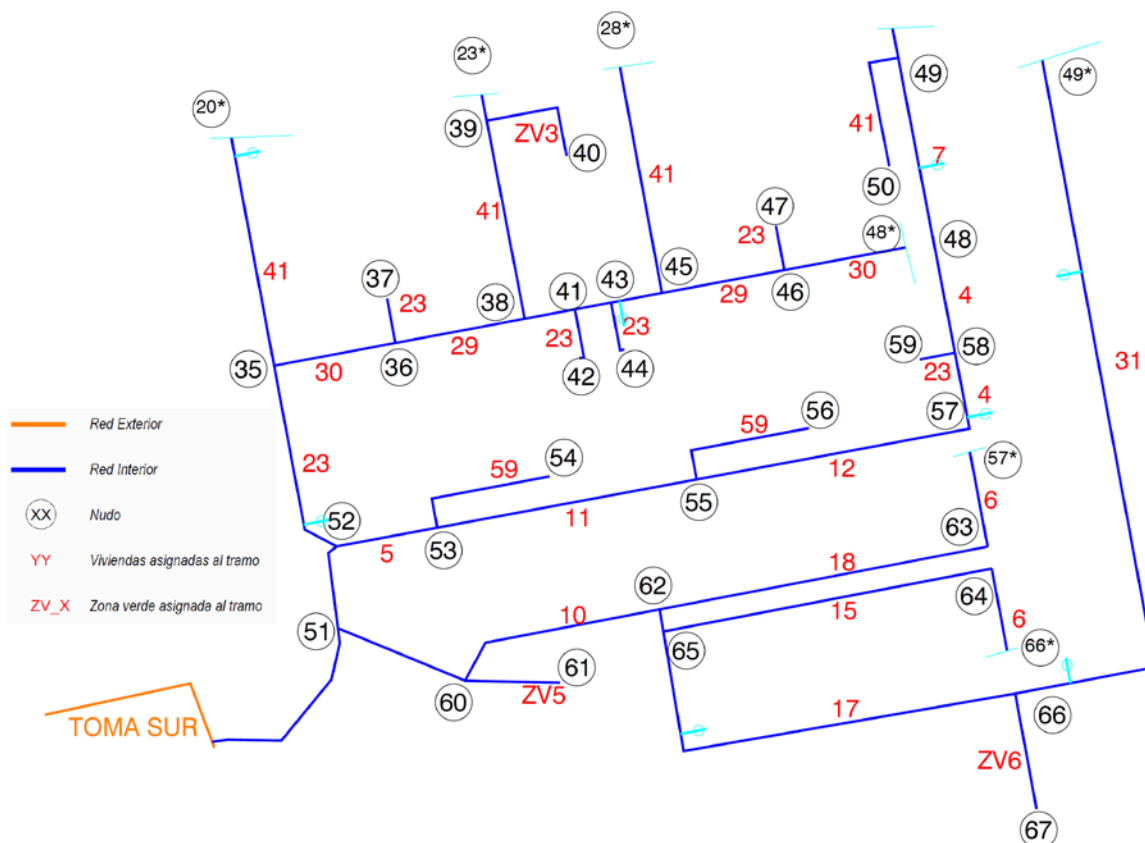


Imagen 2: Esquema de la sub-red Sur.

4.2. CÁLCULO DE LA RED RAMIFICADA

4.2.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El método de trabajo para el cálculo de la red ramificada consiste en ir determinando el diámetro mínimo para cada tramo de la red con las siguientes consignas:

- Se empieza por los tramos situados aguas debajo de cada línea y se va hacia aguas arriba.
- Cada tramo alimenta sus propias viviendas más todas las situadas aguas abajo.
- El K_p de cálculo depende del número de viviendas a alimentar en cada tramo (No se cumple la ecuación de continuidad de caudales).
- El diámetro escogido para cada tramo será el mayor que cumpla los criterios de velocidad (Mougny) y diámetros mínimos (NTE-IFA e hidrantes).
- La presión en cada nudo de la línea será la del inicio de la red menos la suma de las pérdidas de carga en los tramos desde el inicio hasta dicho nudo más la diferencia de cota topográfica entre el inicio y el nudo.

Los caudales destinados a riego no se añadirán a los tramos aguas arriba y solamente se usarán a efectos de cálculo en sus tramos específicos, ya que el riego de las zonas verdes se efectuará en horario nocturno, cuando la demanda doméstica y dotacional es mínima.

4.2.1.1 DETERMINACIÓN DE K_p

Para la obtención del valor del coeficiente de punta K_p para un número variable de viviendas se utilizará la fórmula propuesta por (ARIZMENDI BARNES 1991).

$$K_p = \frac{68}{\sqrt{N}} + 0,39$$

Siendo N el número de viviendas a abastecer.

4.2.1.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

Para el predimensionamiento de la red ramificada solamente se van a calcular las pérdidas de carga continuas, dejando las localizadas para los ajustes finales en la red mallada.

La ecuación que se utilizará es la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$j = \lambda \cdot \frac{v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

Siendo:

- j: pérdida de carga unitaria (mca/m)
- λ : coeficiente de fricción (adimensional)
- v: velocidad del fluido (m/s)

- D: diámetro de la conducción (m)
- g: aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)

El coeficiente de fricción se obtiene de la ecuación de Colebrook-White

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

Siendo:

- λ : coeficiente de fricción (adimensional)
- K: rugosidad del material (m)
- D: diámetro de la conducción (m)
- R_e : número de Reynolds

En el caso de tuberías de polietileno se toma $K = 0,0015 \text{ mm}$ ($1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$)

El número de Reynolds se calcula con la siguiente expresión:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Siendo:

- D: diámetro de la conducción (m)
- v: velocidad del fluido (m/s)
- ν : viscosidad cinemática del agua (0,0000011 m²/s)

La ecuación de Colebrook-White se resuelve mediante iteración para cada tramo en particular.

4.2.2. RESULTADOS DE LOS TRAMOS: DIÁMETROS Y PÉRDIDAS DE CARGA

A continuación se muestra el resultado de los cálculos de los distintos tramos de la red.

Red de abastecimiento

NUDOS	LONGITUD (m)	VIVIENDAS TRAMO	VIVIENDAS ACUMULADAS	ZONA VERDE	K _p (Arizmendi)	Caudal tramo m ³ /s	Caudal tramo l/s	D _{min} (NTE)	D _{calc} (Mougne)	D _{min} (Hidrantes)	D _{diseño}	v (m/s)	Coef. Fric.	Pérdidas de tramo (mca)
SUBRED NORTE														
TN-01	42,15	0	935		3,20	0,0327250	32,725	250	250	150	250	0,6667	0,0166	0,0633
01-02	21,15	0	0	ZV1		0,0019727	1,973	80	70		80	0,3925	0,0238	0,0495
01-03	24,32	0	935		3,20	0,0327250	32,725	250	250	150	250	0,6667	0,0166	0,0365
03-04*	182,08	13	13		19,42	0,0027607	2,761	60	100	150	150	0,1562	0,0255	0,0386
03-06	127,42	7	922		3,20	0,0322700	32,270	250	250	150	250	0,6574	0,0166	0,1867
06-05	43,59	5	422		3,73	0,0172135	17,213	175	200	150	200	0,5479	0,0180	0,0603
05-04	52,87	8	382		3,90	0,0162942	16,294	175	175	150	175	0,6774	0,0178	0,1257
04-07	78,56	7	374		3,94	0,0161057	16,106	175	175	150	175	0,6696	0,0178	0,1829
07-08	10,40	215	215		5,07	0,0119189	11,919	125	175		175	0,4955	0,0190	0,0141
07-09	128,91	15	152		5,95	0,0098988	9,899	100	150	150	150	0,5602	0,0191	0,2627
09-10	10,60	133	133		6,34	0,0092204	9,220	100	150		150	0,5218	0,0194	0,0190
09-11*	115,16	4	4		34,69	0,0015177	1,518	60	70	150	150	0,0859	0,0297	0,0086
05-11	293,15	35	35		11,99	0,0045882	4,588	60	125	150	150	0,2596	0,0226	0,1521
11-17	37,24	0	0			0,0000000	0,000	60	60	150	150	0,0000	0,0800	0,0000
06-12	10,87	0	493		3,48	0,0187626	18,763	175	200	150	200	0,5972	0,0177	0,0175
12-13	35,70	3	237		4,85	0,0125619	12,562	125	175	150	175	0,5223	0,0188	0,0532
13-14	65,21	59	59		9,32	0,0060149	6,015	70	125		125	0,4901	0,0204	0,1307
13-15	176,00	21	175		5,58	0,0106722	10,672	125	150	150	150	0,6039	0,0188	0,4103
15-16	65,21	59	59		9,32	0,0060149	6,015	70	125		125	0,4901	0,0204	0,1307
15-17	79,69	10	95		7,43	0,0077184	7,718	80	150	150	150	0,4368	0,0201	0,1042
17-18	7,92	0	85		7,83	0,0072801	7,280	80	125	150	150	0,4120	0,0204	0,0093
18-19	20,77	0	0	ZV4		0,0000839	0,084	80	60		80	0,0167	0,0585	0,0002
18-33*	83,56	85	85		7,83	0,0072801	7,280	80	125	150	150	0,4120	0,0204	0,0984
12-20	73,42	23	256		4,68	0,0130970	13,097	150	175	150	175	0,5445	0,0186	0,1180

Red de abastecimiento

NUDOS	LONGITUD (m)	VIVIENDAS TRAMO	VIVIENDAS ACUMULADAS	ZONA VERDE	K _p (Arizmendi)	Caudal tramo m ³ /s	Caudal tramo l/s	D _{min} (NTE)	D _{calc} (Mougny)	D _{min} (Hidrantes)	D _{diseño}	v (m/s)	Coef. Fricc.	Pérdidas de tramo (mca)
20-34	35,47	0	0	ZV2		0,0048039	4,804	80	125		125	0,3915	0,0215	0,0477
20-21	53,80	0	233		4,88	0,0124469	12,447	125	175	150	175	0,5175	0,0188	0,0789
21-22	19,22	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0471
21-23	57,05	59	210		5,12	0,0117688	11,769	125	150	150	150	0,6660	0,0184	0,1585
23-39	18,79	0	0			0,0000000	0,000	60	60	150	150	0,0000	0,0800	0,0000
23-24	22,89	0	151		5,97	0,0098641	9,864	100	150	150	150	0,5582	0,0191	0,0464
24-25	51,96	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,1274
24-26	15,51	0	128		6,45	0,0090348	9,035	100	150	150	150	0,5113	0,0195	0,0268
26-27	52,12	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,1278
26-28	23,17	0	105		7,08	0,0081363	8,136	100	150	150	150	0,4604	0,0199	0,0333
28-29	54,12	59	105		7,08	0,0081363	8,136	100	150	150	150	0,4604	0,0199	0,0777
29-30	21,16	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0519
29-31	53,41	0	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100	150	150	0,2092	0,0238	0,0189
31-32	24,14	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0592
31-33	12,54	0	0			0,0000000	0,000	60	60	150	150	0,0000	0,0800	0,0000
SUBRED SUR														
TS-51	87,65	0	684		3,20	0,0239400	23,940	200	250	150	250	0,4877	0,0176	0,0751
51-60	60,07	0	103		7,15	0,0080542	8,054	100	150	150	150	0,4558	0,0200	0,0847
60-61	41,49	0		ZV5		0,0006472	0,647	80	60		80	0,1288	0,0315	0,0138
60-62	96,25	10	103		7,15	0,0080542	8,054	100	150	150	150	0,4558	0,0200	0,1357
62-63	145,79	18	24		14,39	0,0037781	3,778	60	100	150	150	0,2138	0,0237	0,0537
63-57*	52,12	6	6		28,40	0,0018635	1,863	60	70	150	150	0,1055	0,0281	0,0055
62-65	9,77	0	69		8,65	0,0065269	6,527	70	125	150	150	0,3693	0,0209	0,0095
65-64	145,96	15	21		15,36	0,0035279	3,528	60	100	150	150	0,1996	0,0241	0,0476
64-63	9,77	0	0			0,0000000	0,000	60	60	150	150	0,0000	0,0800	0,0000

Red de abastecimiento

NUDOS	LONGITUD (m)	VIVIENDAS TRAMO	VIVIENDAS ACUMULADAS	ZONA VERDE	K _p (Arizmendi)	Caudal tramo m ³ /s	Caudal tramo l/s	D _{min} (NTE)	D _{calc} (Mougny)	D _{min} (Hidrantes)	D _{diseño}	v (m/s)	Coef. Fricc.	Pérdidas de tramo (mca)
64-66*	55,55	6	6		28,40	0,0018635	1,863	60	70	150	150	0,1055	0,0281	0,0059
65-66	199,91	17	48		10,29	0,0054031	5,403	80	125	150	150	0,3058	0,0218	0,1386
66-67	51,32	0		ZV6		0,0036378	3,638	80	100		100	0,4632	0,0218	0,1223
66-49*	406,02	31	31		12,71	0,0043098	4,310	60	100	150	150	0,2439	0,0230	0,1886
51-52	37,71	0	581		3,24	0,0205638	20,564	200	200	150	200	0,6546	0,0174	0,0717
52-53	44,67	5	225		4,96	0,0122145	12,214	125	175	150	175	0,5078	0,0189	0,0633
53-54	65,21	59	59		9,32	0,0060149	6,015	70	125		125	0,4901	0,0204	0,1307
53-55	115,16	11	161		5,80	0,0102072	10,207	125	150	150	150	0,5776	0,0190	0,2479
55-56	65,21	59	59		9,32	0,0060149	6,015	70	125		125	0,4901	0,0204	0,1307
55-57	119,47	12	91		7,58	0,0075457	7,546	80	125	150	150	0,4270	0,0202	0,1500
57-58	35,56	4	79		8,11	0,0070059	7,006	80	125	150	150	0,3965	0,0206	0,0391
58-59	15,57	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0382
58-48	49,19	4	52		9,90	0,0056324	5,632	60	125	150	150	0,3187	0,0216	0,0367
48-49	81,96	7	48		10,29	0,0054031	5,403	60	125	150	150	0,3058	0,0218	0,0568
49-50	58,92	41	41		11,10	0,0049792	4,979	60	125		125	0,4057	0,0213	0,0844
49-33	24,93	0	0			0,0000000	0,000	60	60	150	150	0,0000	0,0800	0,0000
52-35	88,60	23	356		4,03	0,0156754	15,675	150	175	150	175	0,6517	0,0179	0,1964
35-20*	106,90	41	41		11,10	0,0049792	4,979	60	125	150	150	0,2818	0,0222	0,0641
35-36	53,84	30	292		4,40	0,0140669	14,067	150	175	150	175	0,5848	0,0183	0,0983
36-37	19,67	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0482
36-38	57,48	29	239		4,83	0,0126190	12,619	125	175	150	175	0,5246	0,0187	0,0864
38-39	88,10	41	41		11,10	0,0049792	4,979	60	125	150	150	0,2818	0,0222	0,0528
39-40	52,81	0	0	ZV3		0,0010366	1,037	80	60		80	0,2062	0,0278	0,0399
38-41	22,28	0	169		5,67	0,0104750	10,475	125	150	150	150	0,5928	0,0189	0,0502
41-42	23,42	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0574

NUDOS	LONGITUD (m)	VIVIENDAS TRAMO	VIVIENDAS ACUMULADAS	ZONA VERDE	K _p (Arizmendi)	Caudal tramo m ³ /s	Caudal tramo l/s	D _{min} (NTE)	D _{calc} (Mougny)	D _{min} (Hidrantes)	D _{diseño}	v (m/s)	Coef. Fricc.	Pérdidas de tramo (mca)
41-43	16,08	0	146		6,07	0,0096888	9,689	100	150	150	150	0,5483	0,0192	0,0315
43-44	23,13	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0567
43-45	22,56	0	123		6,58	0,0088460	8,846	100	150	150	150	0,5006	0,0196	0,0376
45-28*	106,89	41	41		11,10	0,0049792	4,979	60	125	150	150	0,2818	0,0222	0,0641
45-46	54,34	29	82		7,97	0,0071441	7,144	80	125	150	150	0,4043	0,0205	0,0619
46-47	19,73	23	23		14,69	0,0036965	3,696	60	100		100	0,4707	0,0217	0,0484
46-48*	66,36	30	30		12,91	0,0042376	4,238	60	100	150	150	0,2398	0,0230	0,0299

Tabla 2: Red ramificada. Resultados de los tramos: diámetros y pérdidas de carga.

4.2.3. PRESION EN LOS NUDOS

En cuanto a las presiones en los nudos, se muestran los resultados a continuación:

NUDO	COTA (m)	PRESIÓN (mca)	NUDO	COTA (m)	PRESIÓN (mca)	NUDO	COTA (m)	PRESIÓN (mca)
SUBRED NORTE			24	43,8	68,99	47	41,3	30,44
TN	52,0	61,50	25	44,7	67,97	48	41,0	30,82
1	50,0	63,44	26	43,5	69,27	48*	41,0	30,76
2	50,0	63,39	27	44,7	67,94	49	41,5	30,26
3	49,8	63,60	28	42,3	70,43	49*	41,5	30,37
4	49,0	64,03	29	42,2	70,46	50	41,2	30,47
4*	49,0	64,36	30	42,2	70,40	51	45,0	27,42
5	47,5	65,65	31	42,0	70,64	52	45,5	26,85
6	47,0	66,21	32	42,0	70,58	53	44,0	28,29
7	46,6	66,24	33	42,0	70,64	54	42,0	30,16
8	46,6	66,23	33*	42,0	70,52	55	41,2	30,84
9	45,9	66,68	34	47,8	65,23	56	40,7	31,21
10	45,9	66,66	SUBRED SUR			57	39,5	32,39
11	43,2	69,80	20*	46,0	26,09	57*	39,5	32,65
11*	43,2	69,37	28*	42,3	29,49	58	39,5	32,35
12	46,7	66,50	35	46,0	26,16	59	39,5	32,31
13	46,0	67,14	36	44,7	27,36	60	43,5	28,84
14	44,9	68,11	37	45,0	27,01	61	41,6	30,73
15	43,5	69,23	38	43,2	28,77	62	41,5	30,70
16	43,0	69,60	39	44,3	27,62	63	38,8	33,35
17	43,0	69,63	40	43,5	28,38	64	38,8	33,35
18	43,0	69,62	41	43,0	28,92	65	41,5	30,70
19	42,8	69,82	42	43,0	28,86	66	38,3	33,76
20	46,0	67,08	43	42,5	29,39	66*	38,3	33,84
21	45,0	68,00	44	42,0	29,83	67	37,0	34,93
22	45,1	67,85	45	41,8	30,05	TS	47,5	25,00
23	44,3	68,54	46	41,3	30,49			

Tabla 3: Red ramificada. Presión en los nudos.

Se puede observar que al asignar a la Toma Norte y la Toma Sur las presiones supuestas en el apartado 1.3, la presión en gran parte de los nudos queda fuera del rango de presiones admisibles para el adecuado funcionamiento de la red.

Todos los nudos la sub-red norte tienen presiones superiores a 40 mca mientras que en muchos nudos de la sub-red sur la presión resultante es inferior a los 33 mca por lo que no se aseguraría el correcto suministro a las plantas altas.

En este momento del cálculo, esta circunstancia aún no es importante, pero de cara a la modelización de la red mallada, indica que deberán incorporarse elementos reguladores en algunos puntos, bien sea válvulas reductoras para reducir la presión o bombas para aumentarla donde sea necesario.

4.3. MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS COMO RED MALLADA

4.3.1. SOFTWARE UTILIZADO

Para la realización del análisis de la red en su geometría definitiva (mallada) se ha utilizado el software EPANET versión 2.0.12 de la *U.S. Environmental Protection Agency*, traducción al castellano por la Universidad Politécnica de Valencia.

Este software permite simular el funcionamiento de redes de distribución de agua, con unas características que hacen adecuada su aplicación al presente TFG. Algunas de estas funciones son:

- La red se modeliza con su geometría y dimensiones reales.
- Se pueden incorporar las características hidráulicas de los distintos elementos (nudos, tuberías, válvulas, bombas, etc.)
- Permite establecer variaciones temporales en las demandas de agua y también en el funcionamiento de los elementos de la red.

4.3.2. ANÁLISIS EN CONDICIONES NORMALES

4.3.2.1 ELEMENTOS AÑADIDOS A LA RED

Con los resultados del cálculo de presiones en los nudos obtenidos en el análisis de la red ramificada (Apartado 4.2.3) se hacía patente la necesidad de incorporar elementos de regulación de la presión en la red. Se utilizarán los siguientes:

- Una válvula reguladora de presión (VRP) aguas arriba de la Toma Norte. El tarado inicial de la válvula será a 33 mca aunque a lo largo la simulación se terminará ajustando al valor más adecuado.
- Una bomba o grupo de presión aguas arriba de la Toma Sur. La curva de funcionamiento inicial de la bomba está regulada para un aumento de presión de 8 mca al caudal demandado a la Toma Sur aunque a lo largo la simulación se terminará ajustando al valor más adecuado.

Con estos elementos añadidos el esquema de la red se puede ver en la ilustración siguiente:

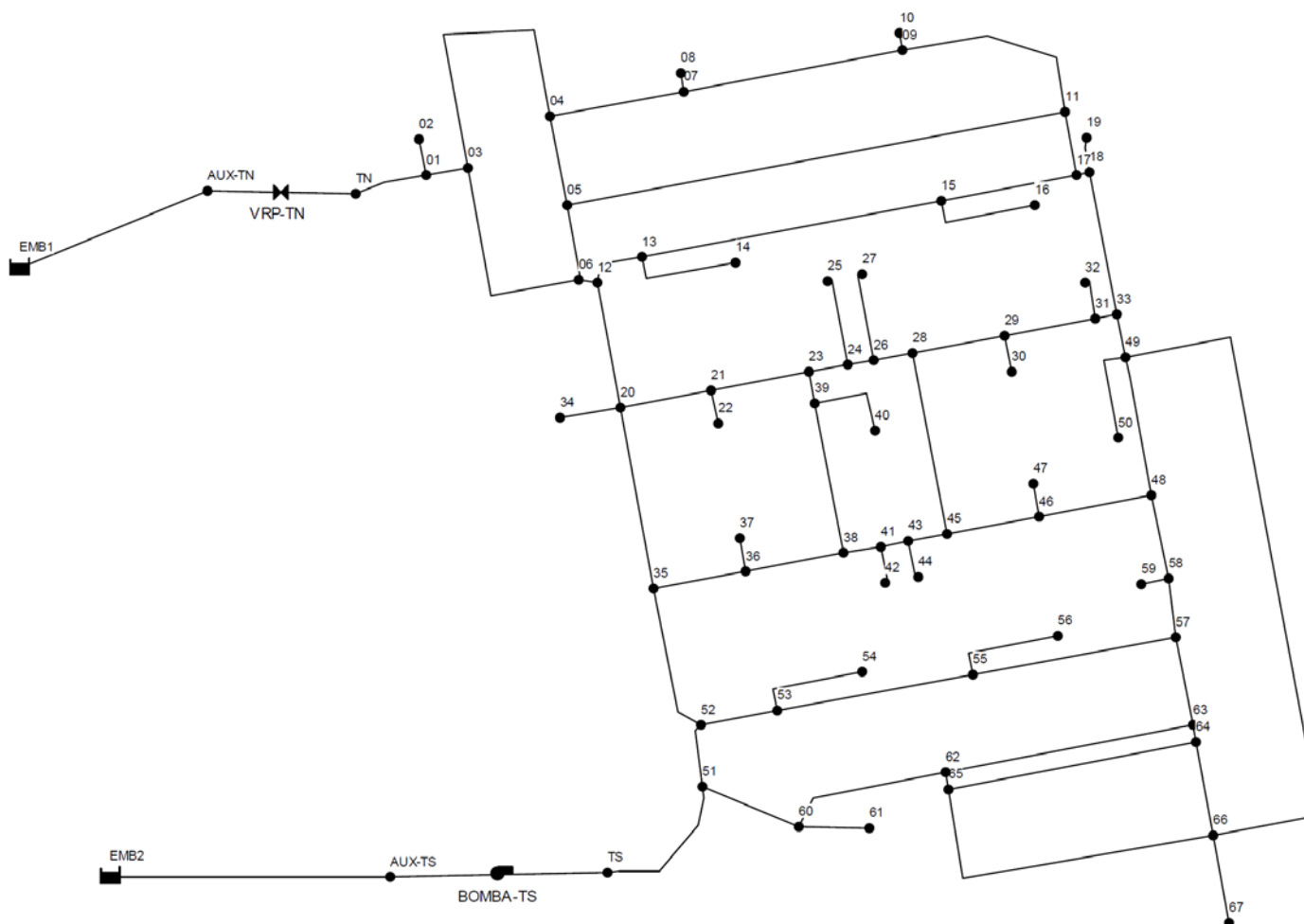


Imagen 3: Esquema de la red mallada en EPANET

En cuanto a los tubos, para un cálculo más ajustado a las condiciones reales de utilización se han efectuado las siguientes modificaciones:

- Se adopta un valor de rugosidad interna de $K = 0,1$ mm en previsión de futuras incrustaciones minerales en las paredes internas.
- Se incorpora un factor de pérdidas localizadas para simular el efecto de los distintos elementos como uniones en T, válvulas, codos, etc. Se supone un factor de 4 en todas las tuberías.

Conectores	Coefficiente de pérdidas
Válvula de Globo, totalmente abierta	10.0
Válvula de Ángulo, totalmente abierta	5.0
Válvula de Retención de Clapeta, totalmente abierta	2.5
Válvula de Compuerta, totalmente abierta	0.2
Codo de radio pequeño	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de radio grande	0.6
Codo a 45°	0.4
Codo cerrado con inversión del flujo	2.2
Te estándar – dirección de paso	0.6
Te estándar – dirección desvío	1.8
Entrada Recta	0.5
Salida brusca	1.0

Tabla 4: Coeficientes de pérdidas localizadas (captura de Manual de usuario de EPANET)

4.3.2.2 ASIGNACIÓN DE CONSUMOS A LOS NUDOS

En el cálculo de redes malladas, los caudales de cada tramo se asignan al 50% a los nudos de cada extremo. Además, debe cumplirse la condición de continuidad de caudales, por lo que el coeficiente punta será el mismo para toda la red. En este caso $K_p = 3,2$

Dado que la red a analizar, aunque mayoritariamente mallada, tiene algunos ramales ramificados, se va a aplicar una excepción a la regla anterior, consistente en que en las ramificaciones se asignará el 100% del caudal al nudo final, para un cálculo más conservador.

Con las condiciones anteriores, la asignación de consumos queda de la siguiente manera:

NUDO	VIVIENDAS ASIGNADAS	CAUDAL PUNTA POR VIVIENDAS (l/s)	CAUDAL POR ZV (l/s)	CAUDAL PUNTA NUDO (l/s)	NUDO	VIVIENDAS ASIGNADAS	CAUDAL PUNTA POR VIVIENDAS (l/s)	CAUDAL POR ZV (l/s)	CAUDAL PUNTA NUDO (l/s)
TN	0	0,000		0,000	6	6	0,210		0,210
1	0	0,000		0,000	7	11	0,385		0,385
2	0	0,000	1,973	1,973	8	215	7,525		7,525
3	10	0,350		0,350	9	9,5	0,333		0,333
4	14	0,490		0,490	10	133	4,655		4,655
5	24	0,840		0,840	11	19,5	0,683		0,683

Red de abastecimiento

NUDO	VIVIENDAS ASIGNADAS	CAUDAL PUNTA POR VIVIENDAS (l/s)	CAUDAL POR ZV (l/s)	CAUDAL PUNTA NUDO (l/s)	NUDO	VIVIENDAS ASIGNADAS	CAUDAL PUNTA POR VIVIENDAS (l/s)	CAUDAL POR ZV (l/s)	CAUDAL PUNTA NUDO (l/s)
12	13	0,455		0,455	41	0	0,000		0,000
13	12	0,420		0,420	42	23	0,805		0,805
14	59	2,065		2,065	43	0	0,000		0,000
15	15,5	0,543		0,543	44	23	0,805		0,805
16	59	2,065		2,065	45	35	1,225		1,225
17	5	0,175		0,175	46	29,5	1,033		1,033
18	42,5	1,488		1,488	47	23	0,805		0,805
19	0	0,000	0,084	0,084	48	20,5	0,718		0,718
20	32	1,120		1,120	49	19	0,665		0,665
21	29,5	1,033		1,033	50	41	1,435		1,435
22	23	0,805		0,805	51	0	0,000		0,000
23	29,5	1,033		1,033	52	14	0,490		0,490
24	0	0,000		0,000	53	8	0,280		0,280
25	23	0,805		0,805	54	59	2,065		2,065
26	0	0,000		0,000	55	11,5	0,403		0,403
27	23	0,805		0,805	56	59	2,065		2,065
28	50	1,750		1,750	57	11	0,385		0,385
29	29,5	1,033		1,033	58	4	0,140		0,140
30	23	0,805		0,805	59	23	0,805		0,805
31	0	0,000		0,000	60	5	0,175		0,175
32	23	0,805		0,805	61	0	0,000	0,647	0,647
33	42,5	1,488		1,488	62	14	0,490		0,490
34	0	0,000	4,804	4,804	63	12	0,420		0,420
35	47	1,645		1,645	64	10,5	0,368		0,368
36	29,5	1,033		1,033	65	16	0,560		0,560
37	23	0,805		0,805	66	27	0,945		0,945
38	35	1,225		1,225	67	0	0,000	3,638	3,638
39	20,5	0,718		0,718	TS	0	0,000		0,000
40	0	0,000	1,037	1,037					

Tabla 5: Red mallada. Consumo en los nudos.

Los valores de la tabla 5 corresponden al caudal punta de cálculo de cada nudo, pero dicho caudal no es constante a lo largo del día. Dado que el software de análisis permite establecer variaciones de parámetros a lo largo del tiempo, se ha establecido un patrón de demanda a lo largo de 24 h, tomando como base el de los consumos horarios de la Ciudad de Valencia (FERRER POLO, y otros s.f.) y adaptándola mediante interpolación a la red en estudio.

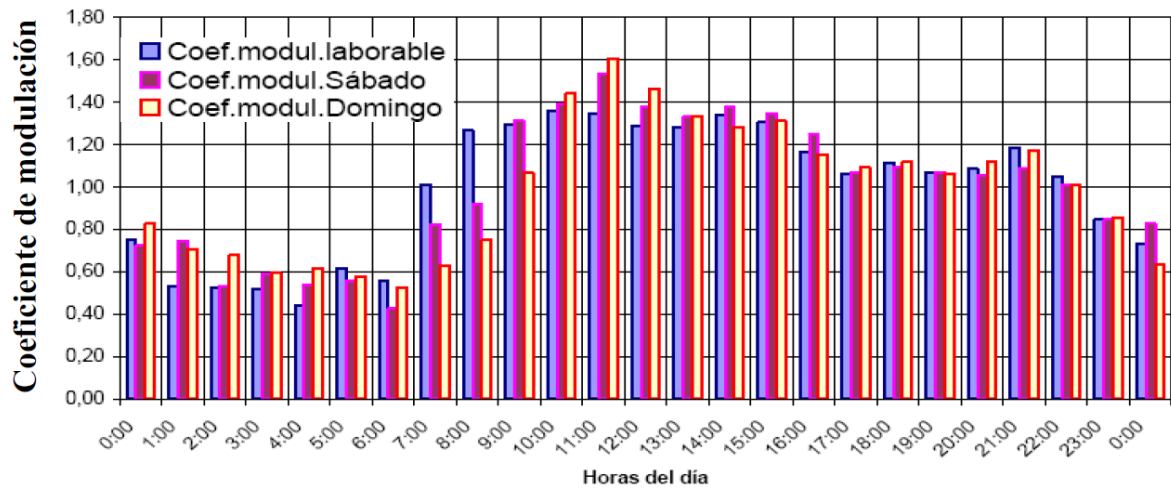


Gráfico 1: Curva de modulación diaria de la ciudad de Valencia.

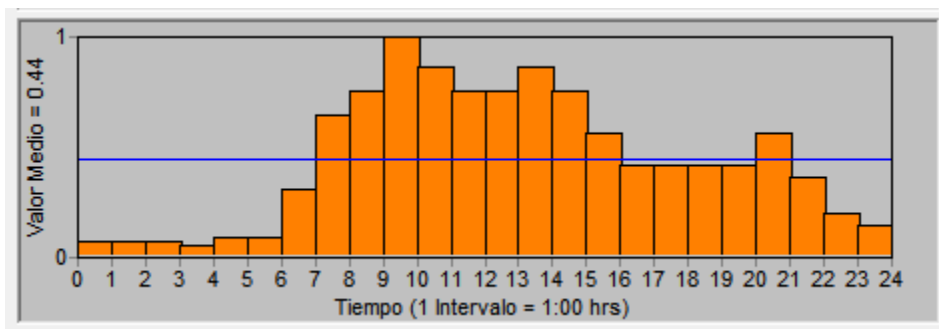


Gráfico 2: Curva de modulación diaria aplicada a la demanda de viviendas.

A los nudos destinados a riego de zonas verdes se les aplica una curva que simula el riego durante las horas nocturnas (coincidente con las horas de menor demanda residencial).

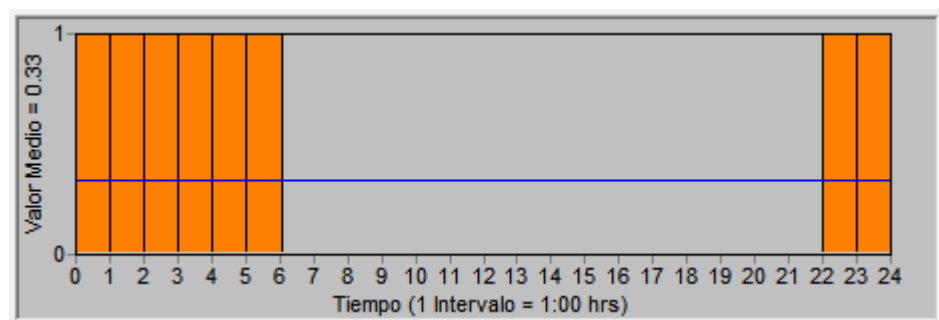


Gráfico 3: Curva de modulación diaria aplicada a los nudos en Zona Verde.

El resultado de aplicar las modulaciones diarias a la demanda de viviendas y de riego se refleja en el siguiente gráfico.

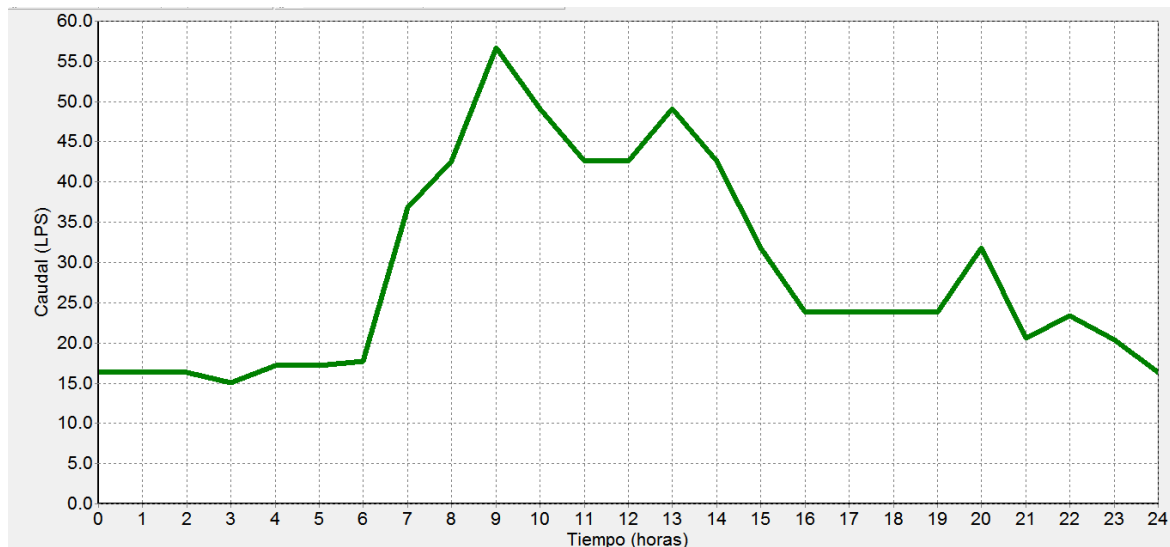


Gráfico 4: Variación diaria de la demanda total (viviendas + riego).

4.3.2.3 RESULTADOS

Con todos los parámetros anteriores se efectúa el análisis hidráulico de la red mediante EPANET, teniendo como objetivos:

- Que la presión en los nudos de consumo a viviendas se encuentre preferentemente entre 33 y 40 mca
- Que la relación entre consumo demandado de la Toma Norte y la Toma Sur sea lo más parecida posible a la obtenida en el análisis de la red ramificada.
- Que la bomba no esté funcionando más tiempo del necesario por razones de economía energética.

Para conseguir los objetivos deseados se va tanteando entre tres variables.

- El tarado de la VRP de la Toma Norte.
- La curva de funcionamiento de la bomba de la Toma Sur.
- El patrón horario de marcha-paro de la bomba de la Toma Sur.

Finalmente se consigue una combinación de las tres variables anteriores que se acerca lo más posible a los objetivos marcados.

Tarado de la Válvula Reguladora de Presión de la Toma Norte.

Se regula la consigna de la VRP para que la presión en el punto inmediatamente aguas abajo no supere el valor de 28,32 mca

Curva de funcionamiento de la bomba de la Toma Sur.

Se fija el funcionamiento de la bomba a los puntos ($Q = 23,94$ l/s $\Delta h = 7,43$ m). EPANET ajusta una curva tipo a este punto de funcionamiento.

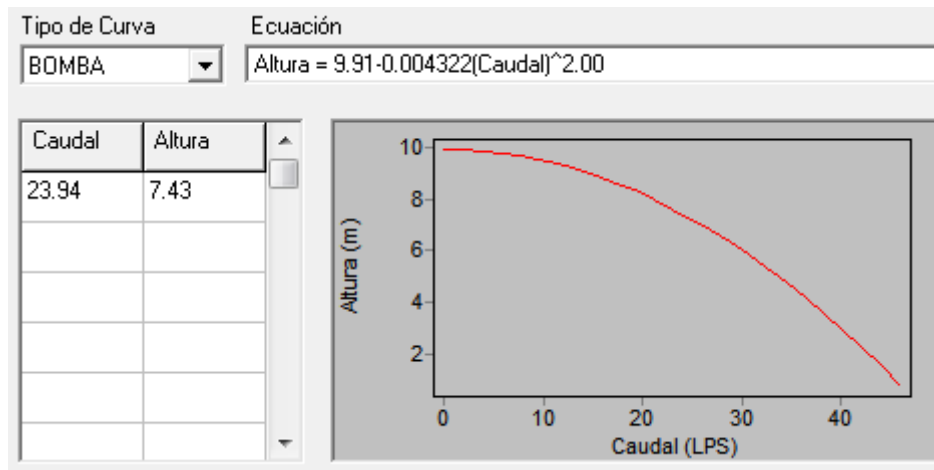


Gráfico 5: Curva de funcionamiento de la bomba de la Toma Sur.

Patrón horario de marcha-paro de la bomba de la Toma Sur.

Con el doble objetivo de ahorro de energía y no generar ruidos, se establece un horario de funcionamiento de la bomba de la Toma Sur, ya que la demanda en horario nocturno queda cubierta perfectamente por el caudal aportado por la Toma Norte. La bomba solamente estará en marcha entre las 7 h y las 21 h.

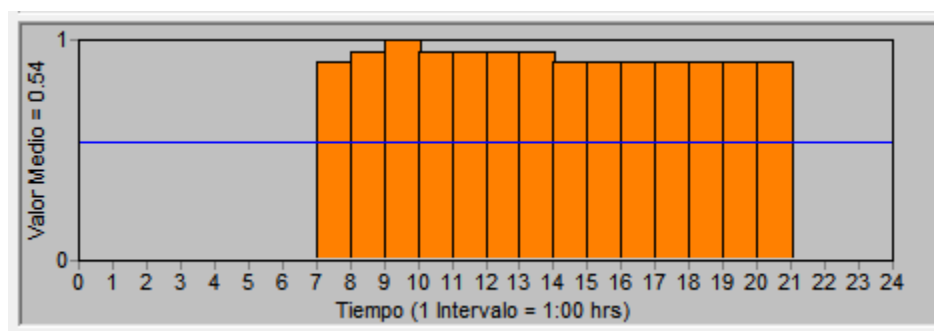


Gráfico 6: Patrón horario de funcionamiento de la bomba de la Toma Sur.

A continuación se muestran los resultados de presiones en los nudos en las horas de menor demanda (03 h) y mayor demanda (09 h).

Red de abastecimiento

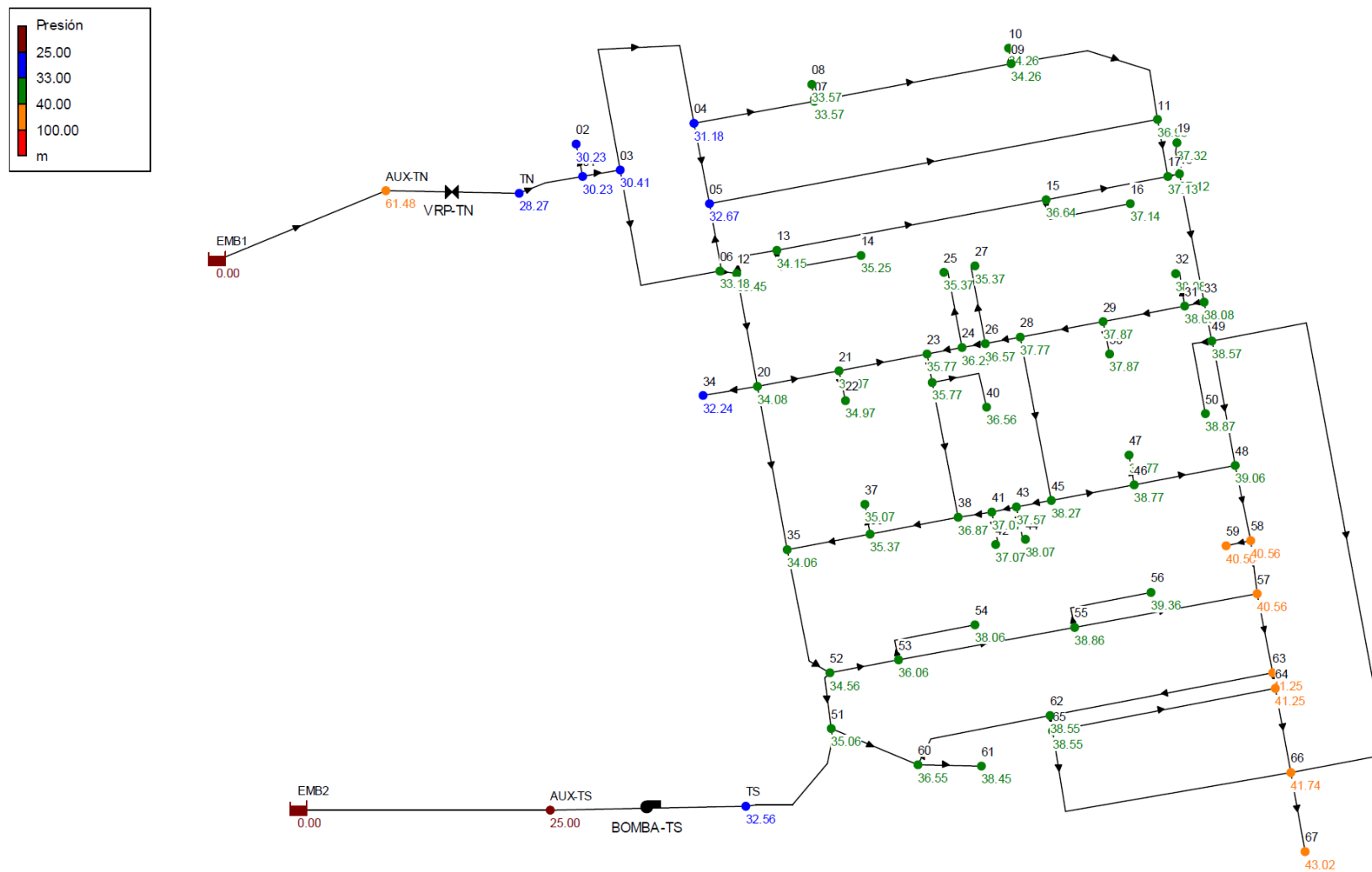


Imagen 4: Presiones en los nudos a las 03 h (demanda mínima).

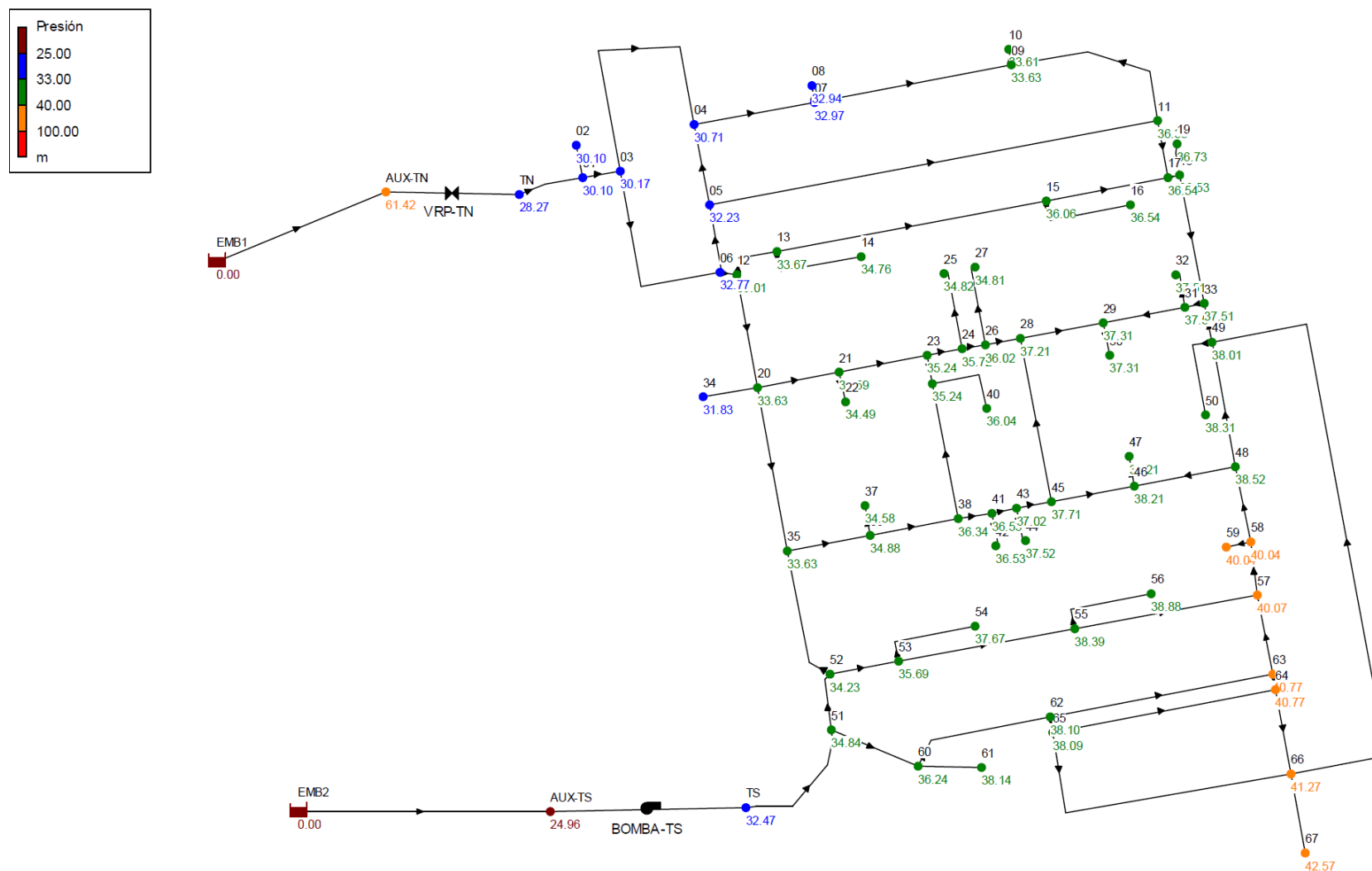


Imagen 5: Presiones en los nudos a las 09 h (demanda máxima).

Red de abastecimiento

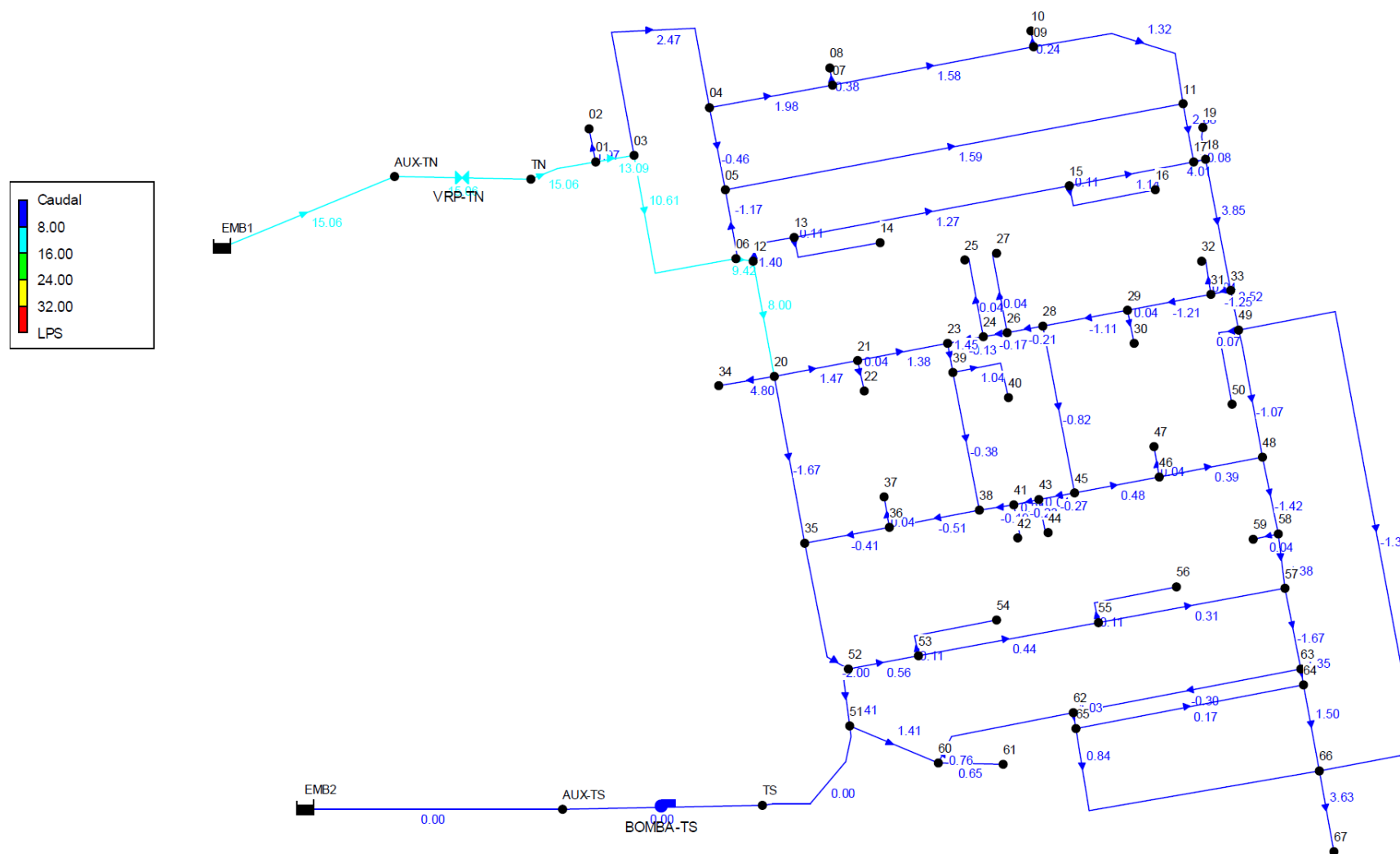


Imagen 6: Caudales en los tramos a las 03 h (demanda mínima).

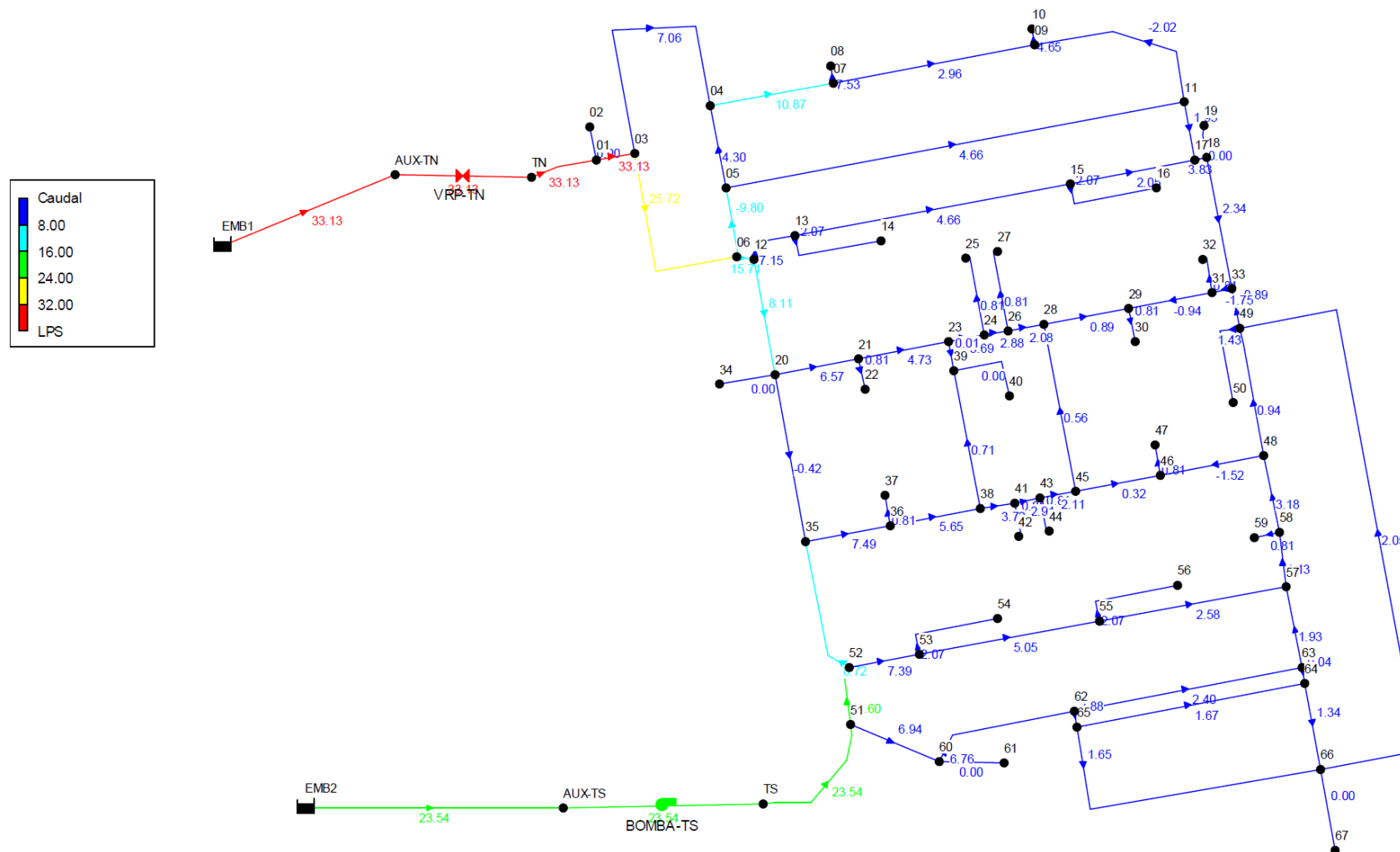


Imagen 7: Caudales en los tramos a las 09 h (demanda máxima)

En el mapa de presiones se puede observar que existen algunos puntos ligeramente por debajo de 33 mca pero no es problemático ya que la edificación prevista en esas manzanas es de 10 m de altura máxima.

También se puede observar que en la zona sur algunos puntos se sitúan ligeramente por encima de 40 m.c.a de presión, aunque el incremento es perfectamente asumible y queda muy alejado de los 60 mca de valor límite.

En cuanto al mapa de caudales se observa que la bomba de la Toma Sur no aporta caudal a las 03 h (demanda mínima) mientras que aporta 23,54 l/s a las 09 h (demanda máxima).

4.3.3. HIPÓTESIS DE INCENDIO

Para el análisis del funcionamiento de la red en caso de incendio se simula la demanda de dos hidrantes de incendios consecutivos.

Para ello se eligen los hidrantes con presión más desfavorable de toda la red. En este caso son los hidrantes cercanos a los nudos 03 y 08, ubicados al Norte y con la cota topográfica más alta.

Se le asigna un incremento de caudal de 16,66 l/s a cada uno de los nudos y se analiza la red para verificar si la presión en dichos puntos es mayor de 10 mca

El resultado de los cálculos se muestra a continuación. Solamente se muestra una ampliación del área cercana a los nudos analizados, ya que el resto de la red carece de interés para esta comprobación.

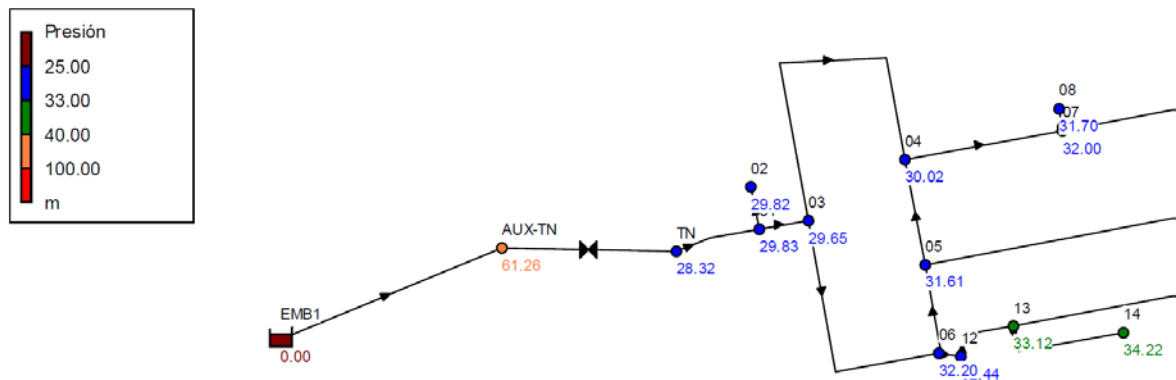


Imagen 8: Presiones en situación de incendio a las 03 h.

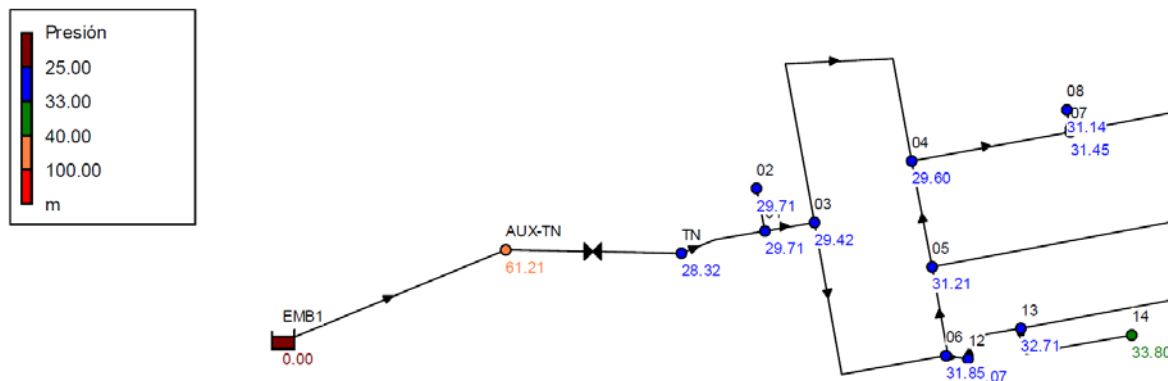


Imagen 9: Presiones en situación de incendio a las 09 h.

Se comprueba que los nudos 03 y 04 mantienen presiones superiores a 10 mca por lo que la red funciona correctamente para la hipótesis de incendios.

5. ELEMENTOS DE CONTROL Y AUXILIARES DE LA RED

5.1. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN TOMA NORTE

Tal como ha quedado establecido en la modelización de la red, se hace necesaria la instalación de una válvula reductora de presión en la Toma Norte para bajar la presión desde los 61,5 mca de la red exterior hasta los 28,27 mca.

5.2. GRUPO DE PRESIÓN

Para la elección del grupo de presión a instalar en la Toma Sur se ha utilizado la aplicación informática de selección de equipos del fabricante Grundfos. Tras la introducción de los datos de presión, caudal, líquido a bombear y tipo de grupo, la elección resultante ha sido la siguiente:

GRUNDFOS

Empresa:
Creado Por:
Teléfono:

Datos: 08/07/2016

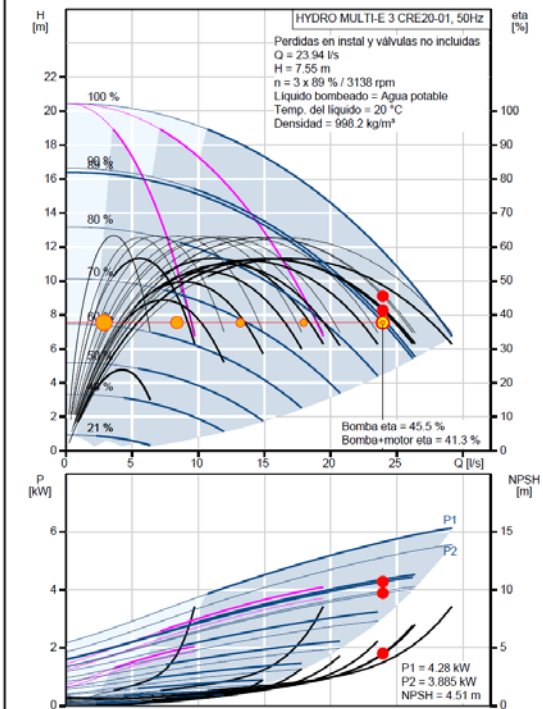
Bajo pedido HYDRO MULTI-E 3 CRE20-01 50 Hz

Entrada	
General	
Aplicación	Aumento de presión
Área de aplicación	Edificios comerciales
Instalación	Aumento de presión de un tanque intermedio
Dimensiones según estándar	DIN 1988 - 500
Tipo de edificio	Viviendas
Número de días de funcionamiento por año	365 días
Caudal (Q)	23.94 l/s
Altura geométrica	7.55 m
Perdidas de carga	0 m
Presión de descarga	0 bar
Prefer fast delivery	No
Sus requisitos	
Descarga tanque encima grupo presión	Sí
Altura geodésica (salida depósito a grupo de presión)	0 m
Presión de descarga	0.74 bar
Altura total	7.55 m
Modo de control	
Todos los modos de control	Sí
Edite Perfil de Carga	
Perfil de consumo	Explotación estándar
Periodo	Día
Horas de funcionamiento por día	9 h/día
Configuración	
Número total de bombas	1..6
Número de bombas de reserva	0
Depósito requerido en la descarga	No
ON/OFF-banda	20 %
Condiciones de funcionamiento	
Frecuencia	50 Hz
Fase	1 o 3
Límite min. de potencia para arranque est./triáng.	5.5 kW
tension	1 x 230 o 3 x 400 V
Temperatura ambiente	20 °C
Ajustes de la lista de selección	
Precio de energía	0.15 €/kWh
Incremento del precio de la energía	6 %
Periodo de cálculo	10 años

Perfil func.	1	2	3	4	5
Caudal	100	75	55	35	12 %
Alt.	100	100	100	100	100 %
P1	4.29	2.653	1.797	1.144	0.421 kW
Total Eta	41.3	50.2	54.4	54.6	51.7 %
Time	149	299	448	896	1493 h/a
Consumo energía	641	792	805	1025	628 kWh/Año
Cantidad	3	3	3	2	1

Resultado de la selección

Tipo	HYDRO MULTI-E 3 CRE20-01
Tanq	33 l
Cantidad * Motor	3 * 2.2 kW
Caudal	23.94 l/s
Ligar a	75 / 72 %
H total	7.56 m
Pot. P1	4.281 kW
Pot. P2	3.885 kW
BombaEta	45.5 %
Motor Eta	90.8 %
Bomb+motor Eta	41.3 % = Bomba Eta * motor Eta
Total Eta	41.3 %
Caudal tot	95873 m³/año
Consumo energía	3891 kWh/Año
Prec.	Bajo pedido
Precio+Costes energ.	Bajo pedido /10Años
Cte ciclo vital	30638 € /10Años



5.3. VÁLVULAS DE CORTE

Para la ubicación de las válvulas de corte de la red se ha seguido los criterios de la NTE-IFA

“Las llaves de paso en las conducciones se colocarán de forma que una avería en una conducción no implique el cierre de las llaves en conducciones de diámetros superior.”

“Se instalarán dos llaves de paso en las tés.”

“Se colocarán las llaves de paso en las tuberías con menor diámetro.”

La ubicación de las válvulas de corte se indica en el plano nº 6.

5.4. VENTOSAS

La finalidad de las ventosas en una red de distribución de agua es la siguiente:

- La expulsión, con la conducción en funcionamiento normal, de pequeñas bolsas de aire que se acumulan en los puntos altos durante el proceso de explotación normal
- La expulsión o admisión de grandes cantidades de aire durante el llenado o vaciado de la conducción, respectivamente

Fundamentalmente se colocarán en los puntos altos relativos de cada tramo de la conducción.

Para su dimensionamiento se utilizará la fórmula propuesta por las “Normas para Redes de Abastecimiento”, versión 2012 del Canal de Isabel II.

$$Q = 24,6 \cdot \sqrt{D^5 \cdot I}$$

Siendo:

- Q: caudal de aire a inyectar (m³/s)
- D: diámetro interior de la conducción (m)
- I: pendiente media de la conducción (adimensional)

VENTOSA	DIÁMETRO (m)	PENDIENTE	Q AIRE (m³/s)
VT01	0,15	0,0161	0,0271
VT02	0,15	0,0190	0,0294
VT03	0,25	0,0283	0,1288
VT04	0,15	0,0135	0,0248

Tabla 7: Dimensionamiento de las ventosas

5.5. DESAGÜES

La finalidad de los desagües es poder efectuar el vaciado de los tramos de la red. Se colocarán en los puntos bajos relativos del trazado. En total se instalarán 5 puntos de desagüe, que estarán conectados a la red de saneamiento.

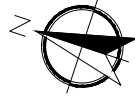
En función del diámetro de la conducción, el diámetro del desagüe será el siguiente:

DN de la tubería	DN del desagüe
$DN \leq 225$	80
$250 \leq DN \leq 350$	100

Tabla 8: Diámetros a usar en los desagües

5.6. ACOMETIDAS

El servicio a los puntos de consumo se realizará mediante derivaciones individuales desde la red de distribución hasta la arqueta de acometida, punto en el que se considera que empieza la instalación interior de cada usuario.



LEYENDA

	Red Exterior
	Red Interior
	Nudo
	Viviendas asignadas al tramo
	Zona verde asignada al tramo

PROYECTO				Nº PROYECTO	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
Proyecto básico de infraestructuras hidráulicas urbanas en la Urbanización Gran Godella, Godella (Valencia). Red de abastecimiento					
EMPLAZAMIENTO				REFERENCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO
Godella (Valencia).					Titulación: GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Curso: 2016/2017
DIBUJADO POR:	APROBADO POR:	Nº REVISIÓN	FECHA	ESCALA	ALUMNO
David Aleixandre	J. Ferrer Polo - D. Aguado García		Enero 2017	1:2.500	
DENOMINACION PLANO			Nº DE PLANO		
Asignación de consumos			ANJ-2	IMPRIMIR EN ISO A3	
					David Aleixandre Badia