

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

Proyecto de adecuación y mejora del puerto
deportivo de La Goleta

Adrián García Rigal

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

ÍNDICE

1. DESCRPCIÓN DE LA RED	3
2. REQUERIMINETOS DEL AGUA	4
2.1.Requerimientos cualitativos	4
2.2.Requerimientos cuantitativos	4
2.2.1.Caudales para riego de jardines	5
2.2.2.Caudales de limpieza.....	5
2.2.3.Caudales para incendio	6
2.3.Cuestiones tecnológicas	6
3. CONDUCCIONES	7
4. MATERIAL	8
5. JUNTAS	9
6. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED	¡Error! Marcador no definido.
6.1.Caudal.....	10
6.2.Método de cálculo	11
6.3.Cálculo de la red.....	13
7. PUESTA EN OBRA E INSTALACIÓN	¡Error! Marcador no definido.

1. DESCRIPCIÓN DE LA RED

La finalidad de este anejo es dimensionar la red necesaria en el puerto deportivo de La Goleta, Oliva. Por lo tanto se va a dimensionar los suministros para el nuevo edificio, los talleres, las zonas verdes, las embarcaciones y sus ocupantes.

La toma general para el abastecimiento se realiza desde la conducción ya existente que suministra actualmente agua al puerto deportivo. Como es el caso del proyecto esta ampliación, es necesario comprobar la presencia y las características de tal conducción.

Básicamente existen dos tipos de redes de abastecimiento:

- La red ramificada: el agua circula por la red en un único sentido, es decir, el agua solo puede seguir un camino para llegar a cada uno de los nudos del sistema. Presentan problemas en los puntos finales debido al estancamiento de las aguas y a los problemas relacionados con la pérdida de efectividad del cloro residual por el transcurso del tiempo en estas zonas sin que se renueve el agua. Por otra parte, en el caso de averías en un conducto se deja sin servicio a los tramos que están situados aguas debajo de este.
- Redes malladas: el agua puede circular en cualquier sentido en los conductos y cada punto de la red puede ser alimentada por varios caminos hidráulicos, al menos dos. Al contrario que en las ramificadas, una avería en un tubo no implica dejar sin servicio a otras partes del sistema ya que es posible modificar los sentidos de circulación mediante el accionamiento de válvulas. Pero el dimensionamiento de este tipo de sistema resulta más complejo y un coste de implantación mayor.

Una vez vistas las características principales de los distintos tipos de red, teniendo en cuenta la configuración en planta de nuestro puerto, hemos elegido la colocación de una red unitaria ramificada. Entre otros motivos, porque se trata de una red de fácil explotación, diseño y cálculo, costo de implantación inferior y, aunque este tipo de red es más sensible a averías y concentra una mayor posibilidad de que aparezcan problemas sanitarios, es más rentable en este caso, porque la demanda existente no compensa la implantación de una red mallada.

Esta red será unitaria o única, está compuesta por tuberías que sólo transportan agua potable que está esterilizada y depurada, con esta elección se obtiene un menor coste y mucha más simplicidad en el diseño, operación y mantenimiento. El agua transportada tiene como usos no sólo el uso de consumo humano sino que también será utilizada para otras actividades tales como el riego de jardines, extinción de incendios, y en general, cualquiera otra actividad que por sí misma no precisaría de agua potable, pero que no tiene la entidad suficiente como para justificar la construcción de otra red.

2. REQUERIMIENTOS DEL AGUA

Una red de servicio de agua potable ha de responder a tres condicionantes básicos para que se pueda realizar un abastecimiento adecuado:

- Requerimientos cualitativos
- Requerimientos cuantitativos
- Cuestiones tecnológicas

2.1. Requerimientos cualitativos

Este apartado se basa en dos aspectos básicos:

1. Las condiciones de potabilidad: Cuyo reglamento y condiciones se rigen según la Normativa Vigente del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, que establece los criterios sanitarios de la calidad del agua para el consumo humano (transpone a la leg. Española la Directiva 98/83/CE).

En el citado Real Decreto tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas, en resumen, se marcan unas directrices básicas que se han de cumplir, que son las condiciones para que el agua pueda ser calificada como apta para el consumo humano y los controles de la calidad del agua (periodicidad, número y tipo de análisis).

2. Problemáticas de la calidad del agua en el abastecimiento:
 - a. Calidad mínima exigible a la salida de la estación de tratamiento de agua potable (bastante controlada y nivel aceptable)
 - b. Hay que inspeccionar lo que sucede en el tiempo de permanencia del agua en la red de distribución y en la instalación interior, tanto el estado de conservación de las tuberías (corrosión, biopelículas, etc.) como las entradas de contaminantes en la red (la intrusión patógena)

2.2. Requerimientos cuantitativos

Las necesidades cuantitativas de una red de servicio de abastecimiento de agua potable están referidas únicamente a las exigencias de presiones y caudales.

La presión de servicio debe asegurar en todo momento la correcta alimentación de los dispositivos de consumo del usuario, en el caso del puerto deportivo de Oliva se pondrá

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

especial atención en las tomas de las zonas ajardinadas, los armarios de servicio de los pantalanos (grifos y contadores) y las bocas de riego o incendio.

La presión máxima de la red tendrá un valor máximo de 40 mca (recomendable) y en ningún caso superará los 60 mca (valor límite), ya que si la presión es excesivamente alta puede generar varios problemas en la red, como un incremento del volumen de fugas y de consumo, una mayor causa potencial de averías o un mayor coste general de la red.

Sí resultase necesario se armaría la red con dos válvulas reductoras de presión colocadas en serie (si una falla permanece en servicio la otra), para mantener la presión en el extremo de aguas abajo en un valor que posteriormente se determinará.

En cuanto al caudal, para poder dimensionar la red se deberá averiguar el caudal que se necesita en cada nodo de la red, tomaremos ese caudal como el caudal punta (Q_p), que es el caudal demandado en las horas de mayor consumo del día, de este modo se obtienen las características de la red cuando está en su periodo de máximo uso, y así se asegura que la red cumplirá con las exigencias de la población en todo momento.

Obteniendo la variación de la dotación con el número de habitantes de la población según Normas MOP (1976) se obtiene que para menos de 1000 habitantes (como es el puerto deportivo de La Goleta) la dotación de agua inyectada será de 100 l/hab/d.

2.2.1. Caudales para riego de jardines

La dotación para zonas ajardinadas en zona seca será de 7,0 l/m²/d como la superficie de jardines es 2628 m² se tendrá un caudal de:

$$Q_{jardin} = 7,0 * 2628 = 18396 \frac{l}{día} = 0.2129 \frac{l}{s}$$

2.2.2. Caudales de limpieza

Para la limpieza de viales y alcantarillado se puede asignar una dotación extra de 3 l/hab/día:

$$Q_{limpieza} = 3 * 313 = 939 \frac{l}{día} = 0,011 \frac{l}{s}$$

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

2.2.3. Caudales para incendio

Los caudales de los hidrantes de incendio son los más restrictivos de la red debido a su relevancia. En el trazado de las redes de abastecimiento de incluirse una instalación de hidrantes según el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

Los hidrantes deben de cumplir seis requisitos básicos:

- Deben estar localizados en lugares fácilmente accesibles, fuera del espacio destinado a circulación y estacionamiento de vehículos.
- Han de estar señalizados conforme la Norma UNE 23 033.
- La máxima distancia entre ellos medida por espacios públicos será de 200m.
- Se debe prever el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas.
- Cada uno de ellos con un caudal de 1000 l/min (16,66 l/s)
- La presión mínima será 10 m.c.a.

2.3. Cuestiones tecnológicas

Estas cuestiones están reseñadas a de las características de la red, de los tratamientos a realizar, de la topografía, la geología y geotecnia.

Estos aspectos serán condicionantes a la hora de determinar el horizonte del proyecto, el cual, para esta obra se prevé que sea para unos 20 años.

3. CONDUCCIONES

Las conducciones serán cubiertas mediante sección circular (posteriormente se hallarán los diámetros), la sección nunca estará llena y el máximo ángulo mojado será de 240°. Irá enterrado en todo momento a una distancia de 1 metro desde la parte superior del tubo y no a una distancia mucho mayor si es posible. La conducción elegida será impulsada forzada por gravedad de manera que el agua se mueve inducida por la diferencia de cotas entre los extremos inicial y final de cada tramo. Para que se lleve a cabo la conducción por gravedad se deben de cumplir unas condiciones básicas:

- Impermeabilidad
- Lisura interior
- Formas y transiciones suaves
- Inatacabilidad por las aguas

En cuanto a la velocidad en la conducción, la mínima tendrá que ser siempre mayor que 0,6 m/s para impedir sedimentaciones, ya que de producirse, llevan a un acortamiento de la vida útil de la red, disminuyendo la capacidad de carga, aumentando las presiones y en definitiva, un encareciéndose el mantenimiento del entramado. La velocidad máxima deberá ser compatible con el material y con la diferencia de presión entre los nudos que conecta, la AEAS propone un valor máximo de 2,3 m/s. Para presiones normales se utiliza la fórmula de Mougny que da valor a la velocidad máxima recomendada para cada diámetro:

$$v = 1,5 * \sqrt{D(m) + 0,05}$$

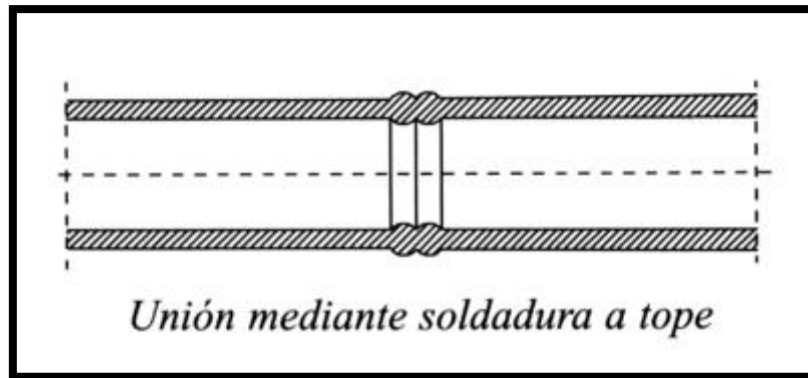
4. MATERIAL

El material escogido es el plástico, concretamente el polietileno (PE) de alta densidad ($0,96 \text{ g/cm}^3$), este tipo de material se suele dimensionar para un horizonte de 50 años con un módulo de elasticidad de 900 N/mm^2 , lo cual cumple sobradamente con los requerimientos del proyecto, en adición, se ha escogido este tipo de material por las siguientes características:

- Buenos resultados para diámetros medianos o pequeños
- Durabilidad
- Ligero
 - Facilita el transporte, manipulación e instalación en obra.
 - Reduce costes
- Contiene una rugosidad absoluta muy baja
 - Mayor capacidad de transporte
 - Dificulta la formación de incrustaciones
- Material reciclable
- Tubos flexibles
 - Se adaptan muy bien a posibles movimientos del terreno
 - Permiten ser curvados en frío
- Resistencia a terrenos agresivos
 - Ni oxidación, ni corrosión

5. JUNTAS

Las juntas serán por electrofusión, a tope por soldadura térmica. Este tipo de unión consiste en calentar los extremos a 210°C y aplicar una presión tabulada.



Unión tipo mediante soldadura

6. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

6.1. Caudal

Se deberá cumplir en todo momento lo expuesto anteriormente de manera que se garanticen unos caudales mínimos para el abastecimiento.

Para el cálculo de la red se obtendrá el caudal de servicio teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

1. Se dispondrá una toma cada dos embarcaciones de 25 l/min (0,4167 l/s), superando el mínimo de 20l/min que establece la Ley 35/1696, de 26 de abril, sobre puertos deportivos. Además se tomará un coeficiente de simultaneidad de un 60% distribuido uniformemente en toda la dársena.

$$Q_1 = n^{\circ} \text{tomas} * 0,60 * 0,4167 \text{ l/s}$$

Tipo de amarre (eslora)	Nº de amarres	Nº de tomas	Q (l/s)
12 m	96	48	12,00
6 – 8 m	122	61	15,25
≤6	95	48	12,00

Para un número total de tomas de 157 se precisa un caudal total igual a $Q_1 = 39,25 \text{ l/s}$

2. Se considera el consumo de los usuarios de las embarcaciones de 1 persona por embarcación en punta con una dotación de 100l/hab/día, un valor que se obtiene de las Normas para la Redacción de Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Poblaciones (MOP, 1976) Por tanto:

$$Q_2 = 313 * 100 = 31300 \frac{\text{l}}{\text{día}} = 0,3623 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

3. Las distintas instalaciones y usos dentro del puerto se han estimado para las siguientes caudales:

Instalaciones	Q (l/s)
Capitanía	3,00
Club social	10,0
Taller	5,00
Jardines	0,2129
Estación de combustible	1,00
Limpieza de viales y alcantarillado	0,011
Marina seca	3,00

El sumatorio de los caudales expresados en la tabla anterior da un $Q_3 = 22,22 \frac{\text{l}}{\text{s}}$

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

4. Por último, se considera el caso más desfavorable para los hidrantes de incendio, se supone pues, que funcionan todas al mismo tiempo, consumiendo 16,66 l/s:

$$Q_4 = 3 * 16,66 = 49,98 \frac{l}{s}$$

Finalmente, el caudal total alcanzado será:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 39,25 + 0,3623 + 22,22 + 49,98 = 111,81 \frac{l}{s}$$

6.2. Método de cálculo

Cuando se haya calculado el caudal de servicio será necesario averiguar el caudal que circula por las conducciones en circulación. Una vez determinado estos determinados los valores citados y los geométricos, se pasará al siguiente proceso de cálculo:

- Para cada tramo se empleará la fórmula empírica de Darcy-Weisbach, de pérdidas de carga continuas en tuberías:

$$\frac{h_f}{L} = f * \frac{v^2}{2 * g * D}$$

Siendo,

h_f = pérdida de carga en el tramo (m),

L = longitud del tramo de la tubería (m),

g = aceleración de la gravedad (m/s^2),

D = el diámetro interior de la tubería (m),

v = la velocidad del agua en la tubería (m/s^2)

f el coeficiente de fricción. Para valores del número de Reynolds comprendidos entre 2400 y 10^8 , puede calcularse mediante la ecuación de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,7 * D} \right) - \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \right]$$

Siendo,

ε = rugosidad absoluta de la pared de la tubería (m) = 0,0025 mm.

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

Re = el número de Reynolds = $\frac{v \cdot D}{\mu}$, con $\mu = 1,148 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (a 15°C) por las características del material del que está formado la tubería (PE).

- La presión mínima en cada tramo se obtendrá mediante la fórmula de Bernouilli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_2 + \Delta H$$

Con todo lo expresado anteriormente, las condiciones de cálculo serán:

- Las velocidades deben estar comprendidas entre 0,6 – 2,5 m/s² aproximadamente.
- La presión mínima en todos los tramos de la red será superior a 25 mca y nunca mayor de 60 mca.
- La presión a la entra viene impuesta y tiene un valor de unos 40 mca.
- Después de la comprobación general de la red, se realizará otra verificación con los hidrantes de incendios.

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

6.3. Cálculo de la red

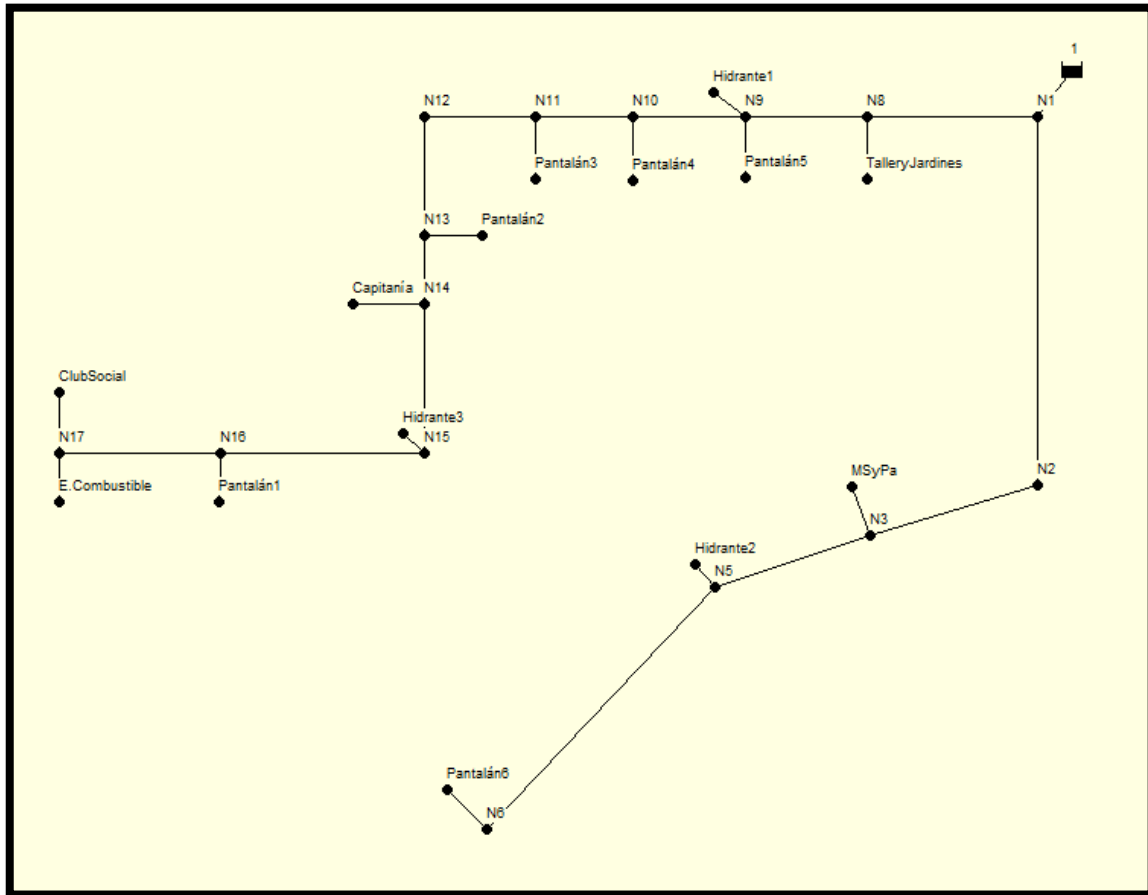
El cálculo de la red se realizare mediante el programa informático Epanet 2.0, específico para conducciones y redes de abastecimiento y saneamiento. El programa permite analizar hidráulicamente la red de tuberías y nudos a partir de sus características físicas y dinámicas, de manera que se obtiene los caudales, velocidades y presiones en todos los puntos del tejido.

Primero calcularemos la demanda de cada nudo:

Nombre del nudo	Fórmula	Demanda (l/s)
Pantalán 1	$(13/2) \cdot (0,6 \cdot 0,4167)$	1,625
Pantalán 2	$(51/2) \cdot (0,6 \cdot 0,4167)$	6,375
Pantalán 3	$(51+55/2) \cdot (0,6 \cdot 0,4167)$	13,25
Pantalán 4	$(42/2) \cdot (0,6 \cdot 0,4167)$	5,25
Pantalán 5	$(20/2) \cdot (0,6 \cdot 0,4167)$	2,5
Pantalán 6	$(20+5+16/2) \cdot (0,6 \cdot 0,4167)$	5,125
Hidrante (1, 2 y 3)	16,66	16,66
E. Combustible	1	1
Club Social	10	10
Capitanía	3	3
Taller y Jardines	5+0,2129	5,2129
Marina Seca y Amarres	$(40/2) \cdot (0,6 \cdot 0,4167) + 3,00$	8,00

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

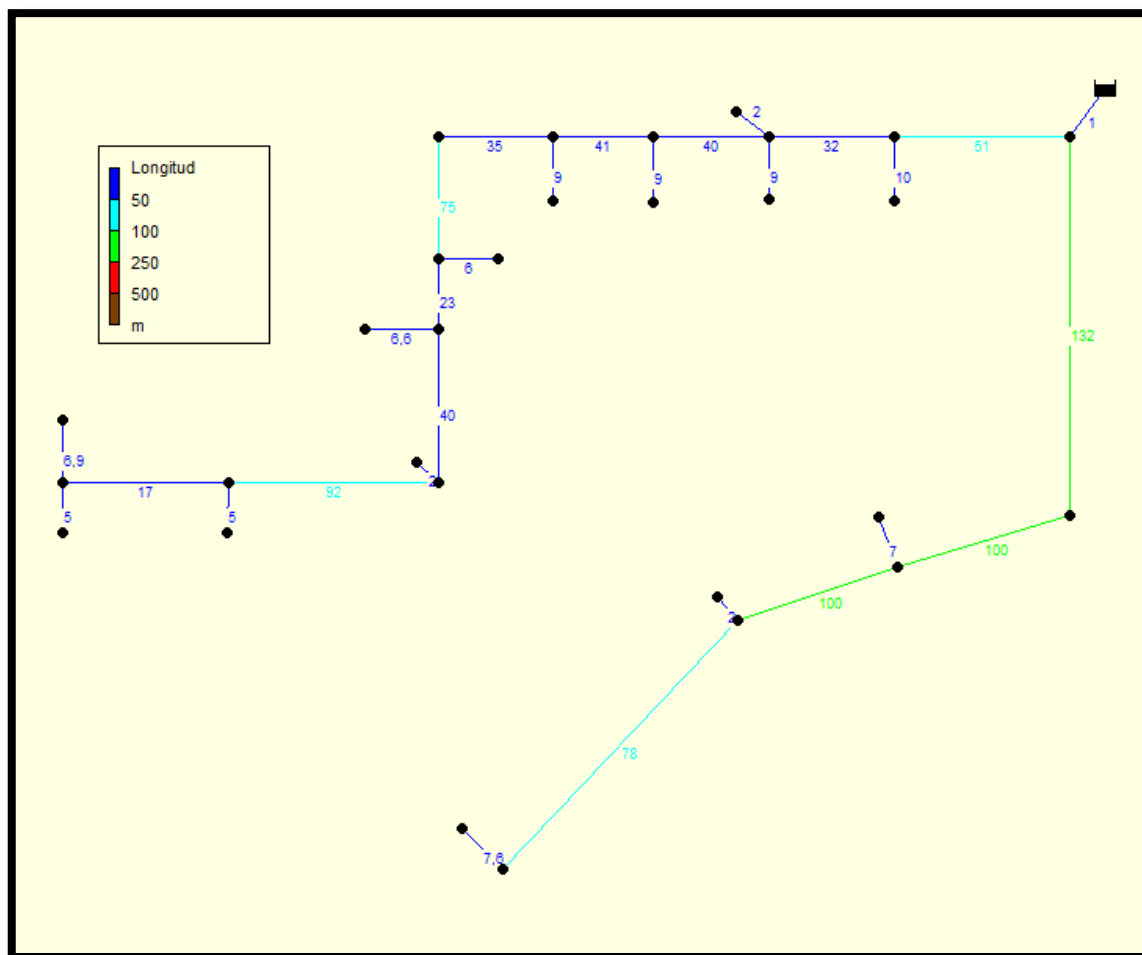
En la siguiente imagen se puede apreciar como quedaría ejemplificada la red de saneamiento:



Vista general. Imagen 1

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

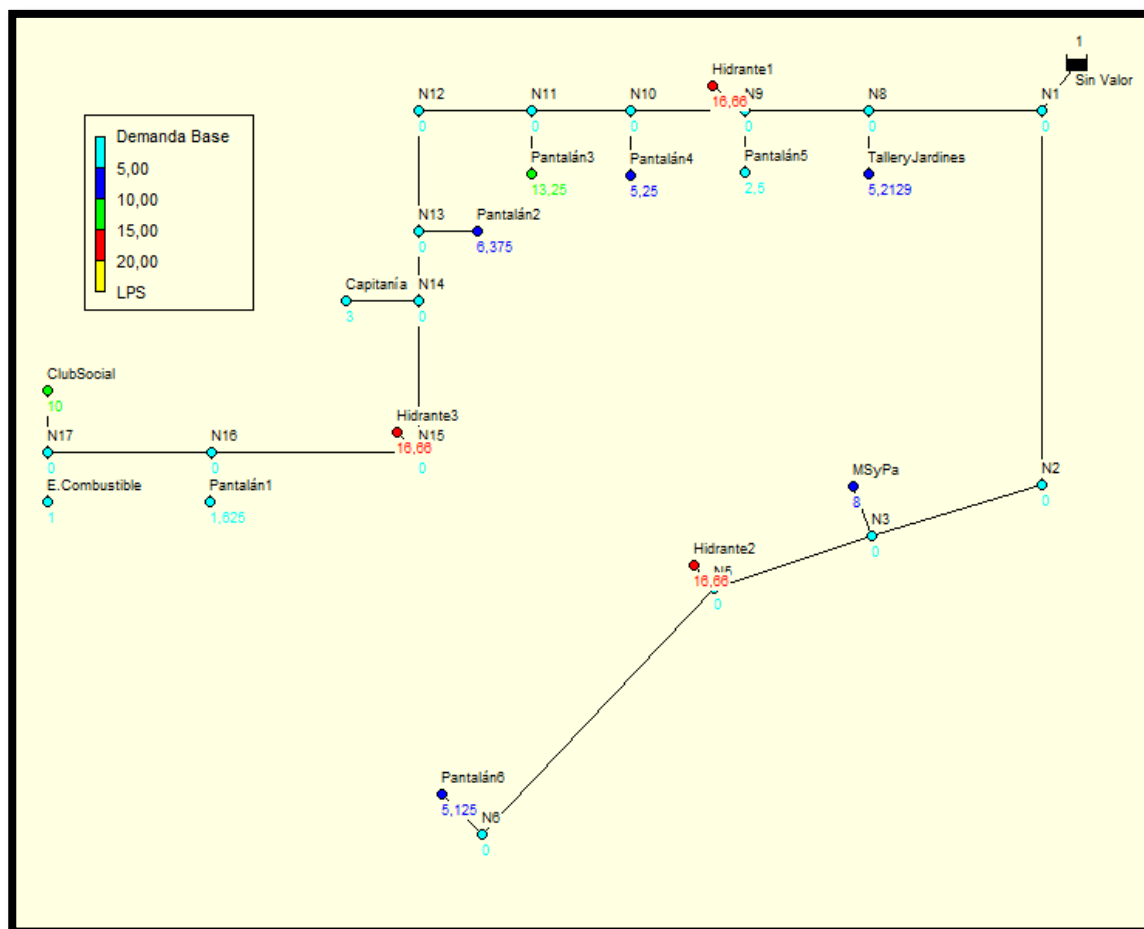
Posteriormente, se añaden las longitudes de los tramos:



Longitudes de la red. Imagen 1

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

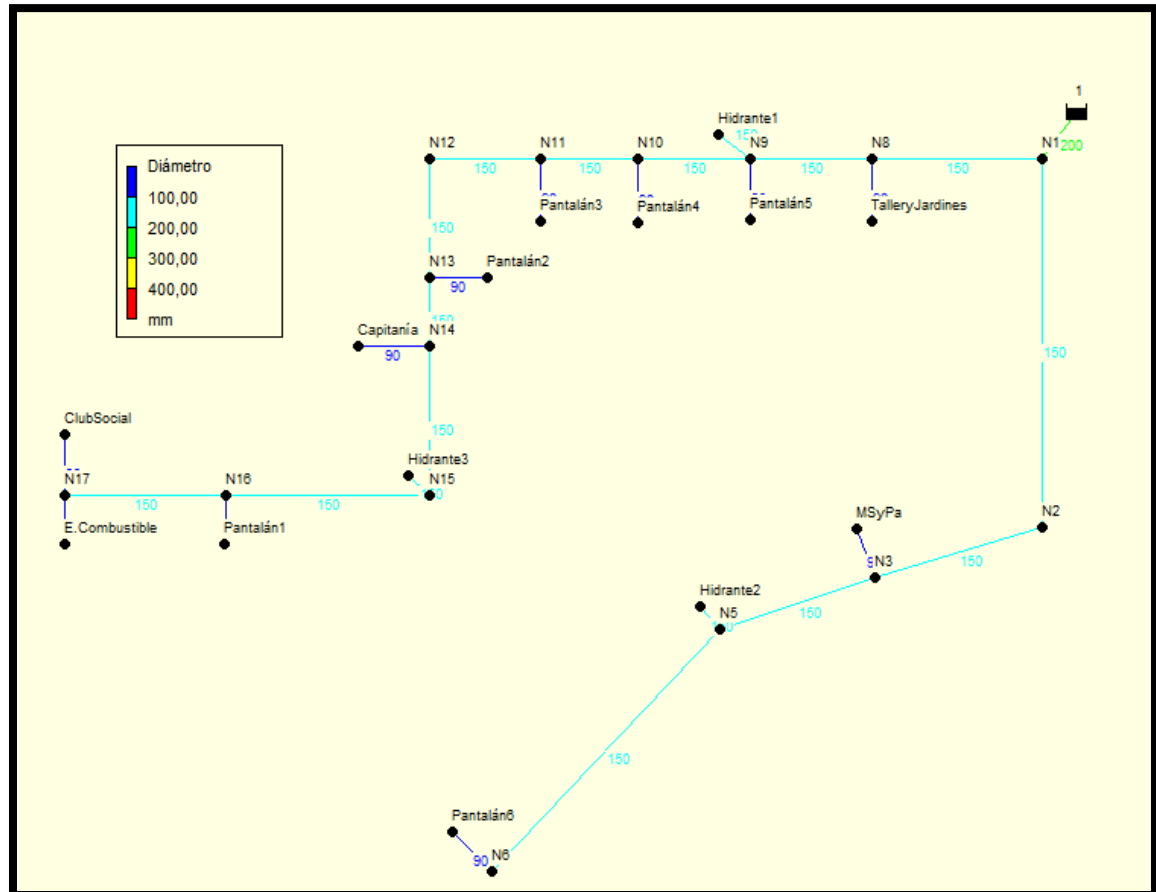
Las demandas base obtenidas con la tabla anterior:



Demanda Base 1

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

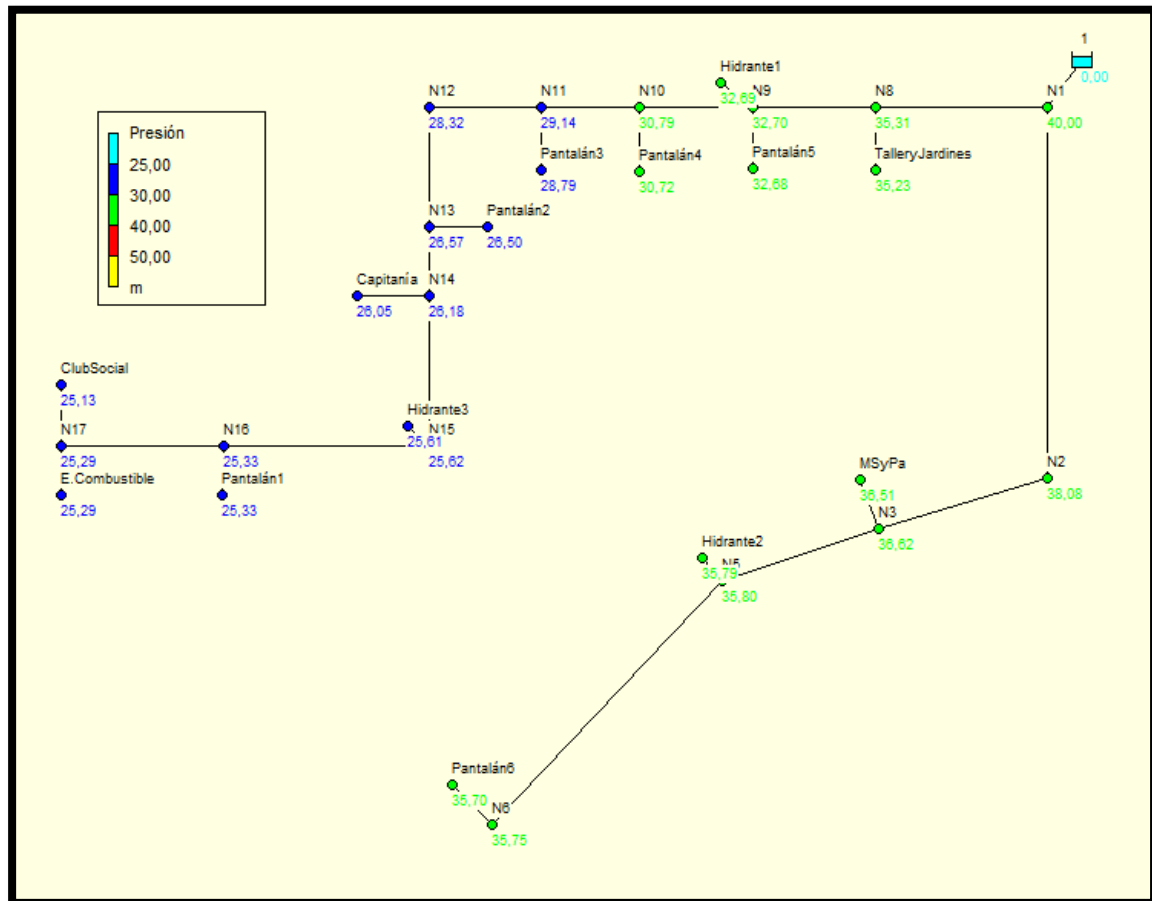
Los diámetros de las tuberías, que inicialmente se había propuesto, son 150mm para las arterías y 90 mm para las ramificaciones.



Diámetros. Imagen 1

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

A continuación, se muestra los datos obtenidos en cuanto a las presiones y, como se puede observar cumple con lo expuesto anteriormente (en todos los tramos la presión será mayor a 25 mca):



Presión en los nudos

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

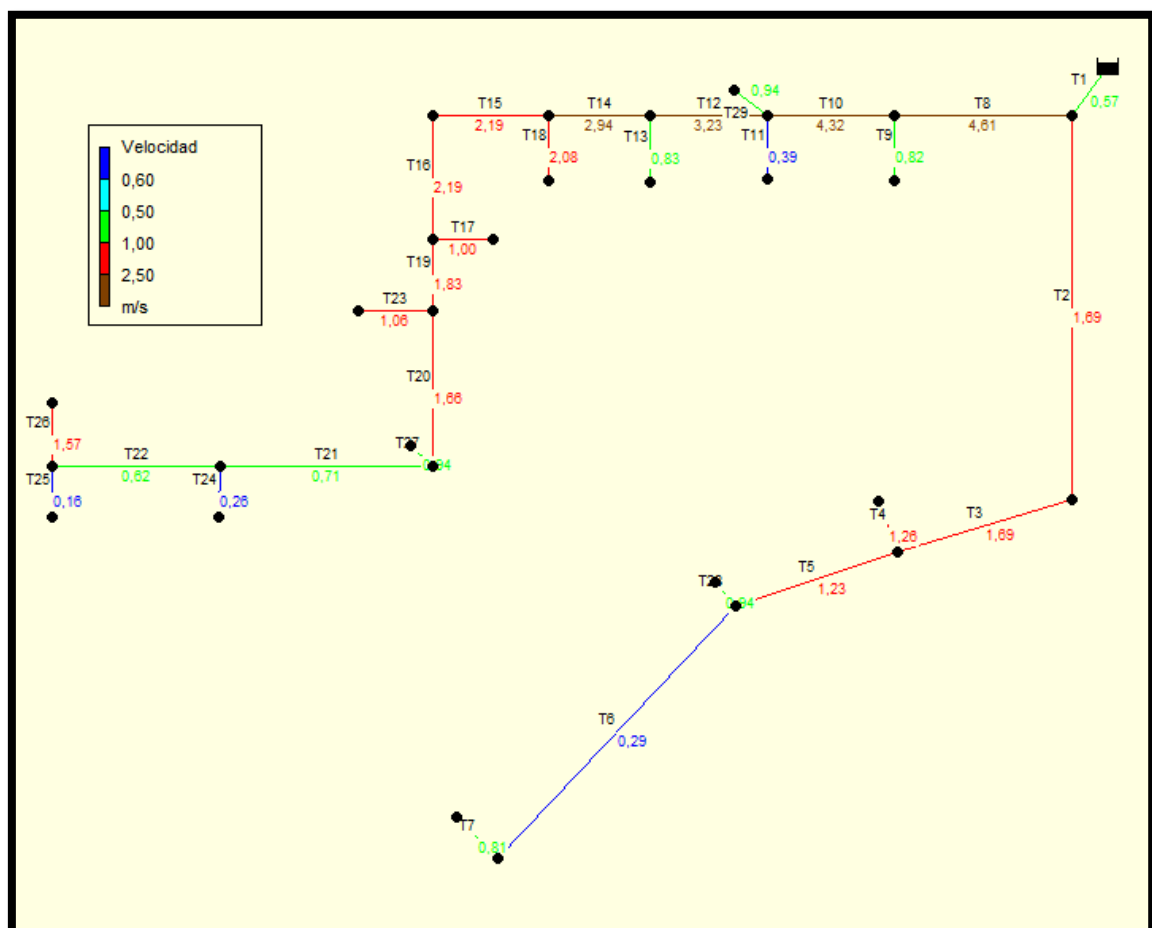
En cuestión a lo referido en las velocidades del agua en la tubería debería ser siempre mayor a 0,6 m/s y debería tener una velocidad máxima de 2,5 m/s aproximadamente.

Como se puede apreciar, no superan la velocidad mínima la T6 y la T11, por lo que habría que disminuir el diámetro hasta conseguir las velocidades que se encuentran en las cotas que se han impuesto.

Reduciendo T6 a 100mm y T11 a 60 mm (que son valores normalizados, según NTE-IFA/1974) sería suficiente.

Y para los tramos T8, T10, T12 y T14, donde la velocidad es notablemente superior, bastará con aumentar el diámetro de las cuatro tuberías, de 150 mm a 175 mm, ya que la velocidad máxima asignada era aproximada y, no rebasarla, no era una condición estrictamente necesaria.

Aún con los cambios realizados la presión sigue estando en el intervalo que se requería así que no hará falta realizar otro cambio más.



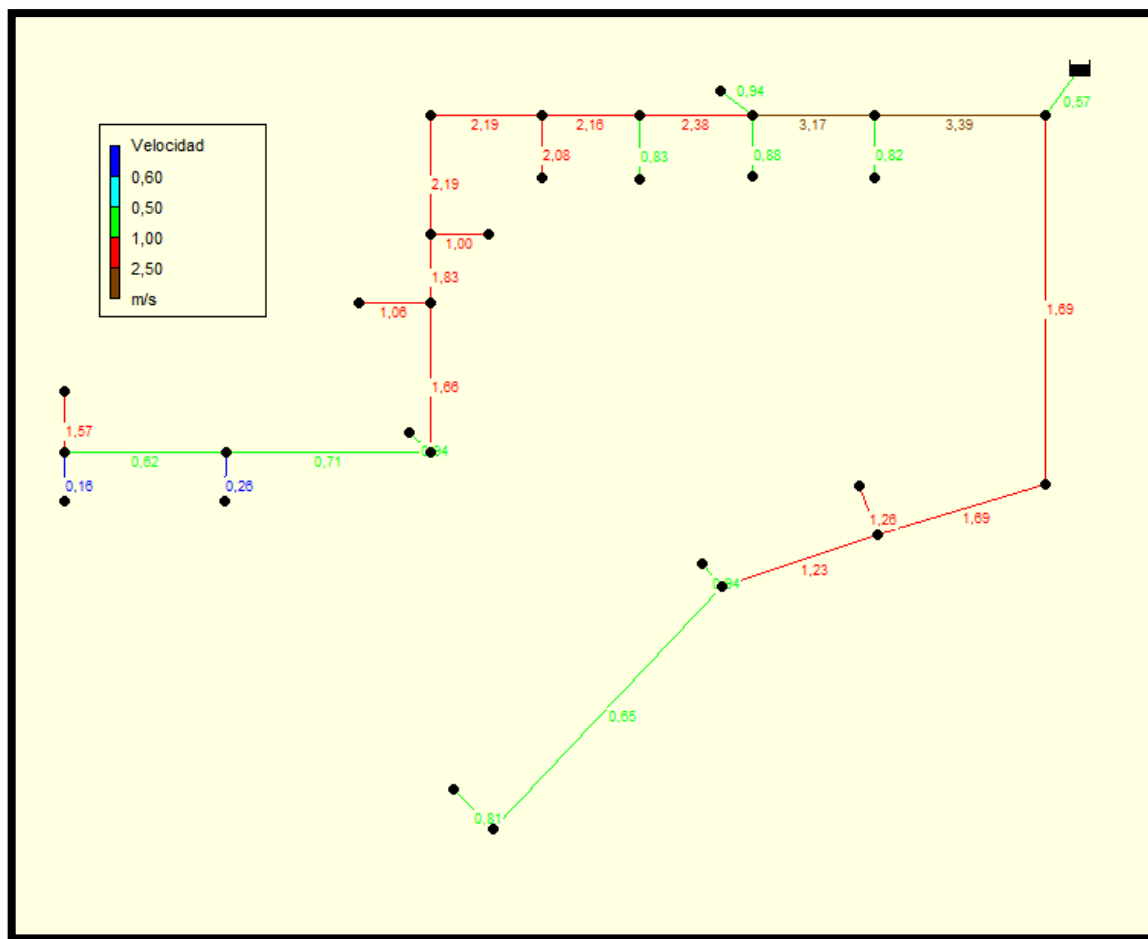
Velocidad en cada tramo. Imagen 1



--	--

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

Y así quedarían las velocidades:

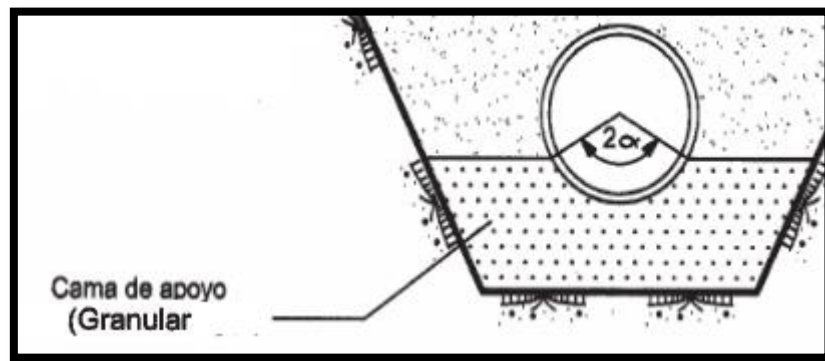


Velocidad en cada tramo. Imagen 2

7. PUESTA EN OBRA E INSTALACIÓN

La instalación de la red se ejecutará mediante 6 pasos:

- Replanteo del trazado
 - Los factores que influyen en este apartado son muy diversos, como el diámetro, el tipo de unión o la profundidad de la zanja.
- Apertura de la zanja
 - Mediante retroexcavadora.
- Cama de apoyo
 - La tubería no debe descansar directamente sobre el fondo de la zanja, por ello, se construye una cama de apoyo sobre la que reposará la conducción. La cama de apoyo proporcionará una rasante uniforme que asegura un reparto uniforme de las cargas sobre la superficie de apoyo y evita flexiones longitudinales. Se ejecuta en 2 etapas:
 - Parte inferior de unos 0,15 m con superficie plana sobre la que se colocan los tubos.
 - Relleno de la parte lateral hasta alcanzar el ángulo de apoyo (2α).

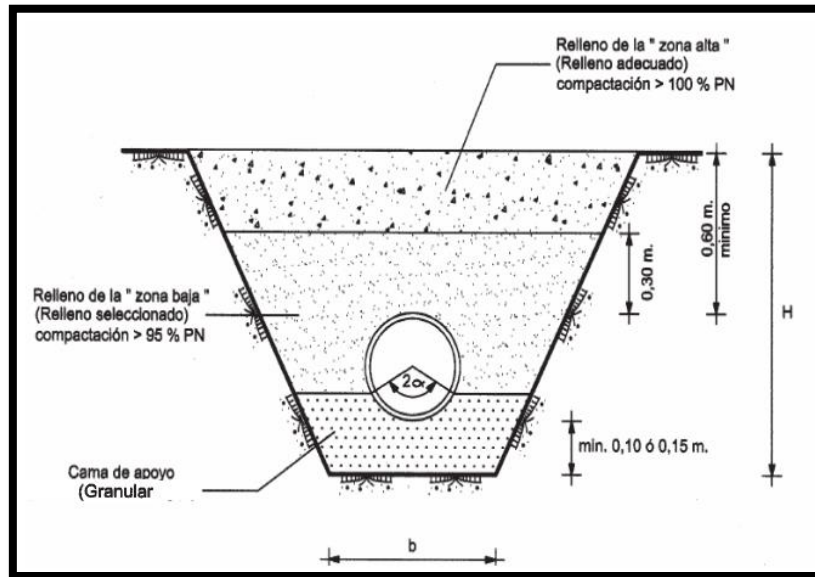


Cama de apoyo 1

- Colocación de la conducción
 - Primera fase: Descarga del transporte y acopio en los bordes de la zanja
 - Segunda fase: Colocación de los tubos a mano.
 - Tercera fase: Centrado y alineación con el tubo adyacente previamente colocado.
 - Cuarta fase: Calzar los tubos para impedir su movimiento y efectuar el terraplenado parcial, dejando libres las juntas.
- Pruebas
 - Prueba de la canalización ya montada (UNE-En 805:2000) mediante etapas
 - Etapa preliminar: estabilizar la tubería de forma que su situación sea similar a la de servicio mediante un llenado lento, un incremento de la presión gradual y manteniendo la presión durante 2 horas.
 - Etapa principal o de puesta en carga
- Relleno y compactación de la zanja
 - Es la fase final, el relleno se debe dividir en dos zonas:

Anejo 7. Red de abastecimiento de agua potable

- Primera zona: Se encuentra en contacto con la tubería y se extiende desde la solera de la zanja hasta al menos 30 cm por encima de la clave de la tubería.
- Segunda zona: Se extiende desde el final de la anterior a la superficie, será como mínimo de 60 cm, y para este proyecto será de 70 cm, porque se había determinado anteriormente un grosor de la capa superior de 1 metro.



Sección tipo