

CONFECIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO



1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ESQUELETO DE LA RED	3
2.1. Recopilación de información.	3
2.2. Trazado del esqueleto.	4
2.3. Elementos de la red.....	5
2.3.1. Impulsiones	5
2.3.2. Depósitos.	7
2.3.3. Conducciones.	9
2.3.4 Válvulas.....	10
2.4. Perdidas de energía.....	11
2.4.1. Pérdidas continuas	12
2.4.2. Pérdidas localizadas.....	15
3. CALIBRACIÓN DEL MODELO.	17
3.1. Definición.....	17
3.2. Desarrollo del proceso.....	18
4. CONCLUSIONES.....	23

1. INTRODUCCIÓN.

En este documento se explica de una forma detallada como se ha creado la simulación de la red en alta de abastecimiento de todo el Camp de Morvedre a partir del programa de uso libre EPANET que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico de redes de distribución a presión.

Epanet determina el caudal de circulación por cada una de las conducciones, la presión en los diferentes nudos, el nivel de agua almacenado en los depósitos, etc

Epanet es un motor de análisis hidráulico que contiene las siguientes características:

- No tiene límites de tamaño sobre la red
- Calcula pérdidas por fricción en las conducciones
- Puede incluir pérdidas menores de elementos
- Modela bombas a partir de su curva característica
- Modela diferentes tipos de válvulas
- Permite el almacenamiento de tanques definiendo sus características de diseño
- Permite establecer diferentes consumos en los nodos
- Determina el funcionamiento del sistema con la aportación de datos como son los característicos de la conducción (Longitud, diámetro, rugosidad), nodos (Cota y consumo en su caso), depósitos (nivel de llenado) y elementos que forman la red.

Para poder cumplimentar todos los puntos es necesario conocer mucha información sobre la red. La ETAP Sagunto dispone de un sistema SCADA donde se reciben señales de las estaciones de telemando y telecontrol cuya función principal es la supervisión continua de los puntos neurálgicos del abastecimiento y así poder actuar sobre los mismos con la maniobra de válvulas, arranque y parada de bombas, gestión de los niveles de depósitos, etc.

El programa de telecontrol donde se recoge toda esta información será utilizado en numerosas ocasiones a lo largo del presente proyecto.

2. ESQUELETO DE LA RED

2.1. Recopilación de información.

El primer objetivo es conocer la red, así pues se comenzó revisando todos los planos y perfiles longitudinales de cada fase proporcionados por la ETAP Sagunto.

Existe información sobre materiales y diámetros, pero al no estar categorizada no se pueden hacer consultas a una base de datos. Tampoco se dispone de un sistema de información geográfica y es por ese motivo que se realizó la medición de toda la red con la ayuda de un geolocalizador gps.

El trabajo de campo consistió en el levantamiento de toda la red para así tomar la ubicación geográfica real de cada uno de los elementos que la forman.

- Entradas y salidas de depósitos
- Impulsiones
- Ventosas
- Desagües
- Válvulas (VRP, válvulas de corte, válvulas sostenedoras de presión...)
- Caudalímetros
- Manómetros
- Puntos de derivación

2.2. Trazado del esqueleto.

Trabajando en AutoCad y con los puntos medidos situados con sus coordenadas y cotas reales se le añadió como plano de base una ortofoto de todo el Camp de Morvedre obtenida del Visor SigPac a escala 1/1.

A partir de ahí se trazó toda la red uniendo cada punto y haciéndola coincidir con su situación real en la ortofoto. Una vez conseguida la red objeto de estudio, el proceso a seguir hasta convertir el plano de redes que define la red a modelizar en formato “Cad” a un archivo “.net”, fue el siguiente

- Se convierte el archivo de autocad a formato dxf siguiendo el siguiente proceso: en Autocad, inicio > guardar como > otros formatos > DXF de autoCAD 2010/LT 2010 y dándole a aceptar.
- A continuación se utiliza el programa EPACAD.

Este programa gratuito permite convertir un fichero que contenga una red de autoCad en un fichero interpretable por Epanet.

Las líneas trazadas en Cad las representa como tuberías y su longitud será la distancia entre cada punto. En cuanto a los puntos que en este caso son elementos de la red en el Epanet se representan como nodos, además a cada uno de ellos le inserta su cota real definida en el Cad. También es necesario prestar especial atención a la conectividad de la red ya que el conversor no es capaz de introducir cualquier objeto que no sea un nudo o una línea, es decir, válvulas, depósitos, etc .Finalmente se asignaron las características de la tubería (diámetros y rugosidades) previamente conocidos de forma manual.

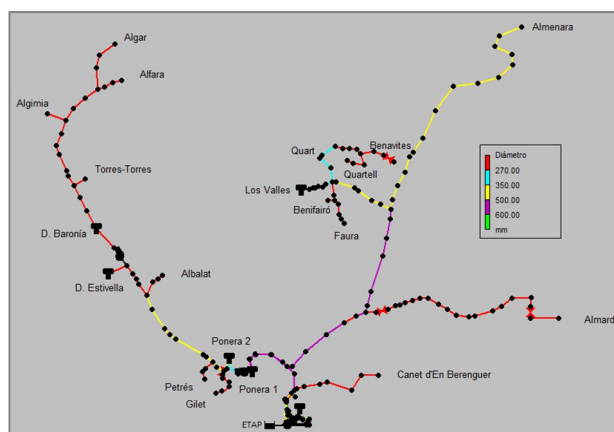


Ilustración 1. Red Camp de Morvedre en Epanet.

2.3. Elementos de la red.

Otro paso muy importante a la hora de que la red funcione lo mejor posible y se parezca a la realidad es la asignación y caracterización de cada elemento que forma la red.

2.3.1. Impulsiones

La red está formada por cinco impulsiones en total.

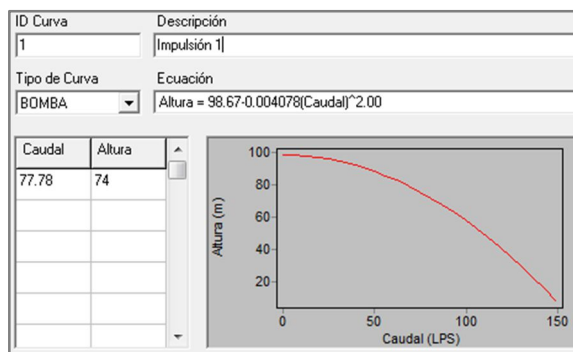
En este apartado se describe con mayor detalle la curva característica de cada una de ellas, que representa la relación entre la altura y el caudal que puede desarrollar a su velocidad nominal.

EPANET utiliza diferentes métodos de curvas características dependiendo del número de puntos suministrados.

Se ha optado por la curva de un sólo punto, según el Manual EPANET, “Esta curva queda definida con un sólo punto altura-caudal que representa el punto de funcionamiento de la bomba. EPANET añade dos puntos más suponiendo que el valor de la altura a caudal cero es de 133% de la altura nominal y que el caudal máximo a altura cero es el doble del caudal nominal. Y así se trabaja con una curva de tres puntos.”

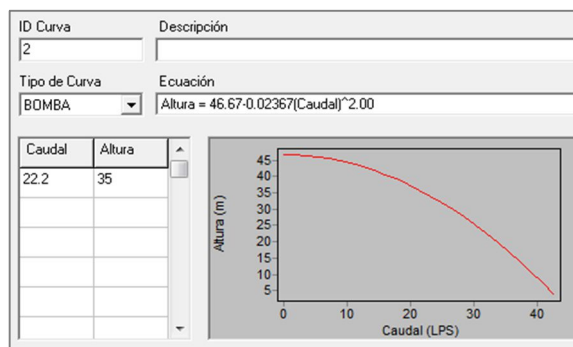
➤ Impulsión 1

Se encuentra en la sala de bombas de la ETAP y es encargada de suministrar al depósito Cota 110. Su curva característica es la siguiente.



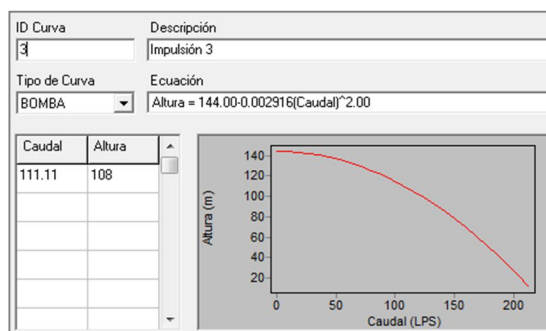
➤ Impulsión 2

Se encuentra en la sala de bombeo de la ETAP y alimenta al depósito Cota 75.



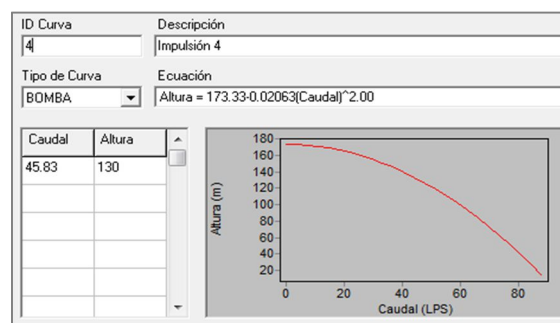
➤ Impulsión 3

Esta impulsión también está situada en la estación de bombeo de la ETAP, su función es alimentar al depósito Ponera 1.



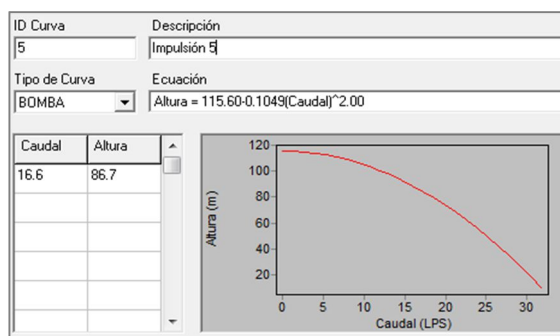
➤ Impulsión 4

Se trata de la cámara de impulsión situada tras el depósito Ponera 1 y su función es rebombear al agua hasta el depósito Ponera 2.



➤ Impulsión 5

Se trata del rebombeo de Estivella que se encarga de impulsar el agua al depósito de La Baronía.



2.3.2. Depósitos.

Para poder realizar una buena simulación de una red en alta es necesario conocer las características de cada uno de los depósitos de compensación que la forman.

La regulación de los depósitos se realiza a partir de unos niveles máximos y mínimos de llenado prefijados que permiten o/y cortan la entrada y/o salida del agua de este para que el depósito nunca quede vacío y el rendimiento energético sea lo más óptimo posible.

En la siguiente tabla se muestran los niveles establecidos actualmente.

	Cota 75	Los Valles	Ponera 1	Ponera 2	Baronía
Nivel Máximo (%)	95	90	95	95	90
Nivel Mínimo (%)	60	50	60	40	40

El EPANET necesita conocer estos niveles además de la capacidad máxima y el nivel de llenado inicial de simulación.

En la siguiente tabla se recogen todos los depósitos que están en funcionamiento y que hemos utilizado en la simulación con sus características.

	Cota 75	Los Valles	Ponera 1	Ponera 2	Baronía
Forma	Rectangular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
Dimensiones módulo (m)	15x30x4,9	φ16x5	22,5x20x6	16x12x4,73	12x12x4,2
Nº Módulos	3	1	2	2	2
Capacidad total (m3)	6600	1000	5400	1800	1200
Cota solera (m)	75	101	154	260	260
Nivel mínimo (m)	2,94	2,5	3,6	1,9	1,89
Nivel máximo (m)	4,65	4,5	5,7	4,5	3,78
Nivel inicial (m)	4,06	3,75	4,5		3,1

Es necesario añadir que el programa EPANET también necesita conocer el diámetro del depósito. Este valor es sencillo en los depósitos cilíndricos como el depósito de Los Valles, pero si es verdad que la mayoría de depósitos son rectangulares. Una manera de obtener este valor es a partir del diámetro equivalente en función del área.

$$D = \sqrt{4 \times A / \mu}$$

	Cota 75	Ponera 1	Ponera 2	Baronía
Area total (m2)	1350	900	384	288
Diámetro equivalente (m)	41,46	33,85	22,11	19,15

2.3.3. Conducciones.

Esta red está formada por un total de 56.5 Km de tubería de diferentes materiales, diámetros y longitudes.

En la siguiente tabla se recoge cada tramo con sus características principales.

	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material
ETAP - Conexión Sagunto	1000	350	Fundición
ETAP- D. Cota 75	650	600	Fundición
D.Cota 75 - Conexión Canet	4440	250	Fundición
D.Cota 75- Conexión Pto. Sagunto	1000	600	Fundición
ETAP - D. Ponera 1	4200	500	Fundición
Almenara- Los Valles	8200	500	Fundición
Derivación Almardá	5500	250	Polietileno
Derivación Los Valles	2800	350	Fundición
Derivación Almenara	4200	350	Fundición
D. Los Valles - Nudo 4	2000	300	Fundición
Nudo 4 - Nudo 6	1050	250	Fundición
Nudo 5- Conexión Benavites	100	200	Fundición
Nudo 6- conexión Quartell	350	150	Fundición
Nudo 1 - Nudo 3	470	250	Fundición
Nudo 2 - Benifairó	50	250	Fundición
Nudo 3- Conexión Faura	600	250	Fundición
Ponera 1- Ponera 2	480	250	Fundición
Fase 2.1	4000	350	Polietileno
Derivación Gilet	2240	125	Polietileno
Derivación Petrés	720	150	Polietileno
Derivación Albalat	700	200	Polietileno
Fase 2.2	3000	250	Polietileno
Fase 3.1	4300	200	Polietileno
Derivación Algimia	870	125	Polietileno
Fase 3.2	1400	180	Polietileno
Derivación Alfara	700	125	Polietileno
Fase 3.3 (Algar)	2500	125	Polietileno

2.3.4 Válvulas

A la hora de simular las válvulas en el programa *Epanet* existen diferencias.

Según el manual de *Epanet*, “las válvulas de compuerta y las válvulas de retención, que cierran o abren completamente las tuberías, no están considerados como elementos separados sino que se incluyen como una característica de la tubería en que se encuentran.”

A la hora de definir las características de la tubería donde está colocada este tipo de válvulas se puede cambiar el estado inicial, ya sea abierto o cerrado en el caso de válvulas de compuerta o elegir si se trata de una válvula de retención.

En cuanto a las válvulas reductoras de presión si se deben colocar en la red entre dos nodos con su cota correspondiente.

Además en el apartado consigna se le aplicará el tarado correspondiente para que la presión aguas debajo de la válvula sea el esperado.

En la red existen 4 válvulas reductoras de presión.

- Dos de ellas se encuentran en la Fase 4. La primera justo en la T de derivación hacia Almardá en la conocida galería de polietileno. Su tarado es de 4 bares de presión. La segunda se sitúa en el bypass existente en el depósito de Almardá. Al igual que la válvula anterior su valor de tarado es de 4 bares de presión.

La cota tan baja a la que se encuentra este depósito produce sobrepresiones y es por eso necesario este tipo de válvulas.

- Justo antes de la conexión a red municipal de Benavites existe otra válvula reductora de presión tarada a 3 bares de presión.
- La última VRP se encuentra en la derivación de Gilet con un tarado de 10 bares de presión.

2.4. Pérdidas de energía

La pérdida de energía (h_{Tot}) consiste en la pérdida de carga hidráulica o presión debido a la fricción de las partículas de un fluido en transporte entre sí y contra las paredes de las tuberías que las conduce. Estas pérdidas pueden ser continuas a lo largo de toda la conducción o localizadas en puntos donde se producen cambios. En los siguientes apartados se explica con mayor detalle.

Según la principio de Bernoulli,

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + h_{Tot}$$

Se observa que el valor de energía o carga total formado por el trinomio de la energía potencial, cinética y de presión del fluido en un punto es el mismo que en otro aguas abajo más las pérdidas de energía con un caudal constante.

Además,

$$h_{Tot} = h_L + h_{Loc}$$

2.4.1. Pérdidas continuas

Las pérdidas continuas (h_L) consisten en las pérdidas por fricción debido a las rugosidades de la tubería y son proporcionales a su longitud.

En el programa *Epanet* pueden medirse utilizando tres métodos diferentes.

- Método de Hazen-Williams
- Método de Darcy-Weisbach
- Método de Chezy-Manning

En este modelo se ha optado por aplicar el segundo método, Darcy-Weisbach donde;

$$h_L = F * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Epanet utiliza diferentes expresiones que corresponden a las distintas zonas en las que el factor de fricción (F) presenta comportamientos distintos. De esta forma, según el régimen de trabajo dependiente del Nº de Reynolds (Re):

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

- Para régimen laminar ($Re < 2000$) utilizará la fórmula de Hagen-Poiseuille.

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

- Para régimen turbulento ($Re > 4000$) utilizará la ecuación de Colebrook-White.

Esta ecuación esta combinada para conductos lisos y rugosos, además cubre el rango de la zona de transición. Sería la ecuación recomendada a la hora del cálculo manual del factor de fricción y se ha utilizado a la hora de revisar los resultados obtenidos por el programa.

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{F}} \right)$$

EPANET está programado para que realice hasta 40 iteraciones hasta obtener el valor de factor de fricción verdadero. En caso contrario el informe de estado proporcionado será de ERROR.

- Para flujo transitorio ($2000 < Re < 4000$) utiliza una interpolación cúbica del ábaco de Moody.

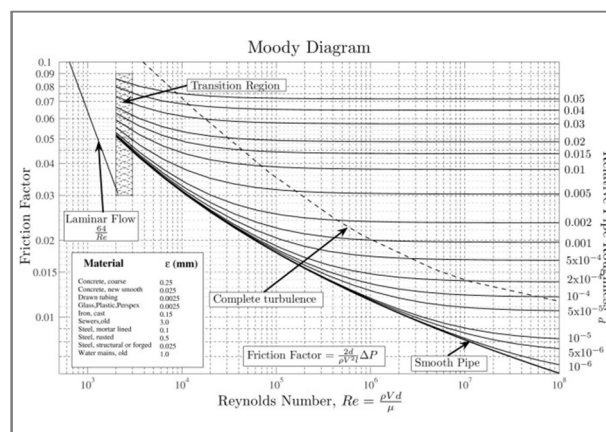


Ilustración 2. Ábaco de Moody.

Epanet necesita el coeficiente de rugosidad relativa de cada una de las tuberías que tiene que calcular. Este valor depende del tipo de material utilizado.

Según la Tabla 3.2. Coeficiente de rugosidad para diferentes materiales del manual de EPANET v2E se ha escogido el valor correspondiente a cada tubería.

<i>Material</i>	<i>Darcy-Weisbach ϵ (mm)</i>
PVC y PE	0,0025
Fibrocemento	0,025
Fundición revestida	0,03
Fundición no revestida	0,15
Hormigón armado	0,1
Hormigón liso	0,025

Ilustración 3. Tabla 3.2. Coeficiente de rugosidad para diferentes materiales. Manual EPANET

Es necesario añadir que este valor tan solo es una aproximación pero realmente es difícil conocer el valor real ya que este dato varia con la edad de la tubería y su desgaste.

Es por ese motivo que será un factor variable a la hora de calibrar el modelo.

2.4.2. Pérdidas localizadas.

Los sistemas hidráulicos a presión, además de tramos rectos de tuberías incluyen diversidad de componentes y accesorios.

- Dispositivos de control. Válvulas (de corte, reductoras de presión, de retención..), ventosas, desagües, etc
- Cambios de alineación. Codos, bifurcaciones, derivaciones, T, etc
- Uniones. Juntas, bridas, etc
- Dispositivos de aforo. Caudalímetros, manómetros, etc
- Cambios de sección.
- Elementos de entrada o salida. Depósitos, toma a red, etc

Las pérdidas localizadas son pérdidas de energía debidas a perturbaciones locales del flujo generadas con estos accesorios.



Ilustración 4. Ventosa modelo IRUA. Derivación Almenara.



Ilustración 5. T derivación Almenara-Los Valles.

Estas pérdidas localizadas o también conocidas como pérdidas menores pueden contabilizarse aplicando a la tubería un coeficiente adimensional (k) estimado para cada tipo de elemento. Su cálculo hidráulico se realiza multiplicando este valor por la energía cinética de entrada en la tubería, es decir,

$$h_{Loc} = K * \frac{V^2}{2g}$$

Existen diferentes coeficientes de pérdidas para cada elemento, en este caso se ha escogido los que aparecen en la Tabla 3.3 Coeficiente de pérdidas menores del manual EPANET v2E donde muestra el valor de algunos conectores.

Como las válvulas de corte y retención no se colocan de manera física sino que reproducen variando las propiedades de la tubería en la que se encuentran, en el caso de su coeficiente de pérdidas también se aplicará en la misma tubería.

<i>Conectores</i>	<i>Coeficiente de pérdidas</i>
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

Ilustración 6. Tabla 3.3. Coeficiente de pérdidas menores.

Es cierto que no se conocen muchos de los accesorios que forman la red como en el caso de los codos. Es por esa razón que tan solo se aplicará este coeficiente en los elementos de los que se tiene conocimiento. Es la forma de aproximarnos con más exactitud a la realidad.

3. CALIBRACIÓN DEL MODELO.

3.1. Definición

La calibración se define como el proceso de ajuste de las características del modelo para reflejar mejor el funcionamiento del sistema, de ahí que sea un paso tan importante a la hora de confeccionar un modelo matemático.

Las posibles causas de discrepancia entre la comparación de valores pueden deberse a:

- Modificación del diámetro y rugosidad de la conducción por la acumulación de cal y óxidos que aumentan las pérdidas de carga.
- Desconocimiento de las pérdidas menores producidas en juntas, codos, etc difíciles de cuantificar.
- Desconocimiento en el valor y localización de fugas
- Errores de determinación de la cota al en los nudos
- Errores datos facilitados al modelo
- Errores de condiciones de contorno

A la hora de calibrar un modelo puede ser de forma estática, es decir, ajustando parámetros que no dependen del tiempo (rugosidades y pérdidas localizadas) o dinámica cuando se parte de un modelo ya calibrado donde se ajustará la modulación temporal de demandas en nudos.

En el proyecto se va a realizar el primer proceso ya que es la primera simulación de esta red.

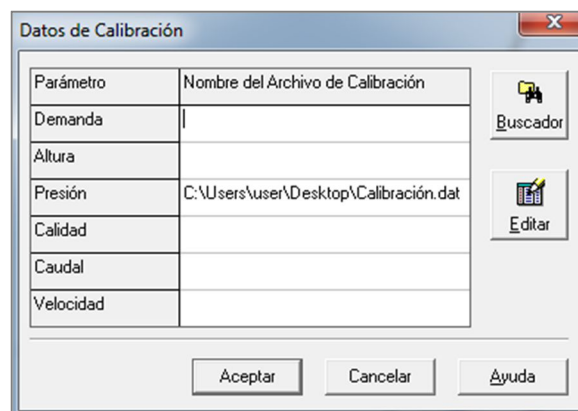
3.2. Desarrollo del proceso

Para que EPANET realice esta comparativa es necesario incluir un informe de calibración, es decir, un fichero de texto con todos los datos reales. Cada fichero contiene:

- Localización, ID del nudo
- Tiempo
- Valor, resultado de la medición

Para insertar los datos ya incluidos en un archivo al Epanet se debe seguir:

Proyecto > Datos de calibración > archivo > Aceptar



Parámetro	Nombre del Archivo de Calibración
Demanda	
Altura	
Presión	C:\Users\user\Desktop\Calibración.dat
Calidad	
Caudal	
Velocidad	

Ilustración 7. Cuadro datos de calibración

En este caso se escogió como día de referencia el viernes 21 de abril del 2017 ya que se pudo recoger las presiones en todos los puntos de toma directa a red municipal y el consumo total en este día registrado por el SCADA.

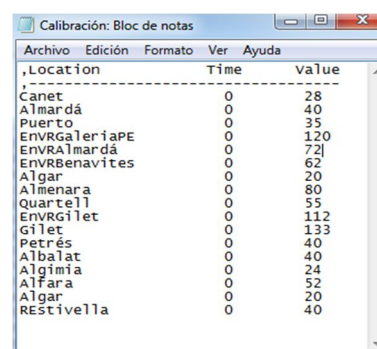
En la siguiente tabla se muestran el consumo total en este día en cada uno de los municipios obtenido de los caudalímetros que existen justo antes de la entrada de cada uno de los depósitos municipales o conexiones a toma de red. Toda esta información se facilitó con el sistema de telemando implantado en la red a partir del cual llega la información al sistema de gestión SCADA que se encuentra en la sala de control de la ETAP.

Consumo día 21 de abril del 2017		
	(m3/día)	(L/s)
Sagunto	4538	52,52
Pto. Sagunto	11129	128,8
Canet	1739	20,127
Almardá	723	8,36
Amenara	0	0
Benifairó	800	9,25
Faura	800	9,25
Benavites	135	1,562
Quartell	150	1,736
Gilet	392	4,537
Petrés	80	0,925
Albalat	0	0
Torres-Torres	79	0,914
Algimia	243	2,812
Alfara	110	1,273
Algar	126	1,458

En cuanto a las presiones medidas ese día aparecen en la siguiente captura. Las unidades de trabajo de la presión en Epanet son mca.

Debido a que la información de la que disponemos es de un día, la simulación para calibrar el modelo será en régimen permanente por tanto el valor de tiempo es cero.

Este fichero de datos fue importado al programa para así poder comparar con los valores de presión resultado de la simulación.



Location	Time	Value
Canet	0	28
Almardá	0	40
Puerto	0	35
EnvRGaleriaPE	0	120
EnvRALmardá	0	72
EnvRBenavites	0	62
Algar	0	20
Almenara	0	80
Quartell	0	55
EnvRGilet	0	112
Gilet	0	133
Petrés	0	40
Albalat	0	40
Algimia	0	24
Alfara	0	52
Algar	0	20
Restivella	0	40

En cuanto al margen de error se ha dado un rango de valores hasta el 0.5% de diferencia entre las presiones debido a posibles fallos de precisión en los manómetros.

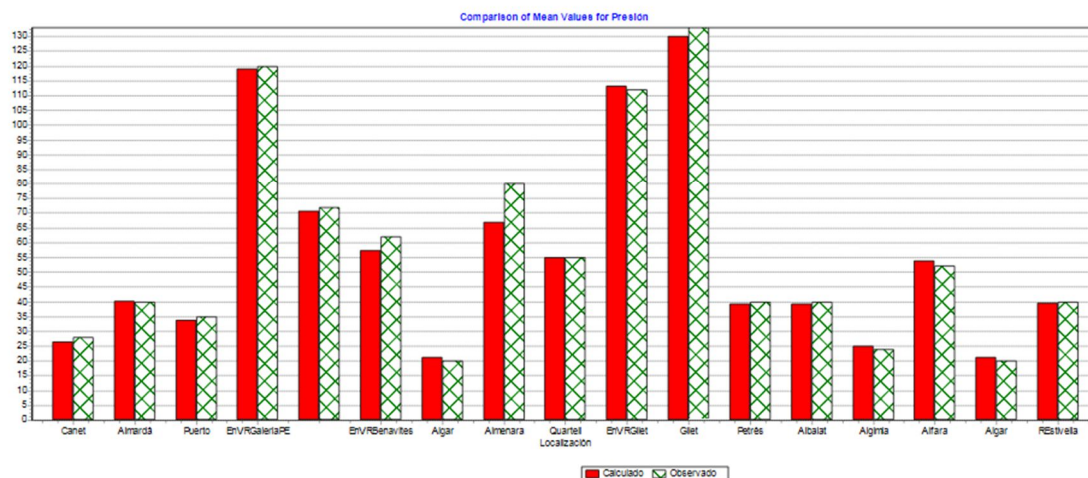
En cuanto al programa Epanet, si todas las características (DN, longitudes, cotas) incluidas en el modelo son

correctas los resultados deberían aproximarse a las reales.

Aunque se debe tener en cuenta que las rugosidades aplicadas en el modelo han sido las asociadas a los tipos de material que forman la red pero eso no quiere decir que sean los correctos tan solo una aproximación, ya que el desgaste de la tubería hace que este valor cambie.

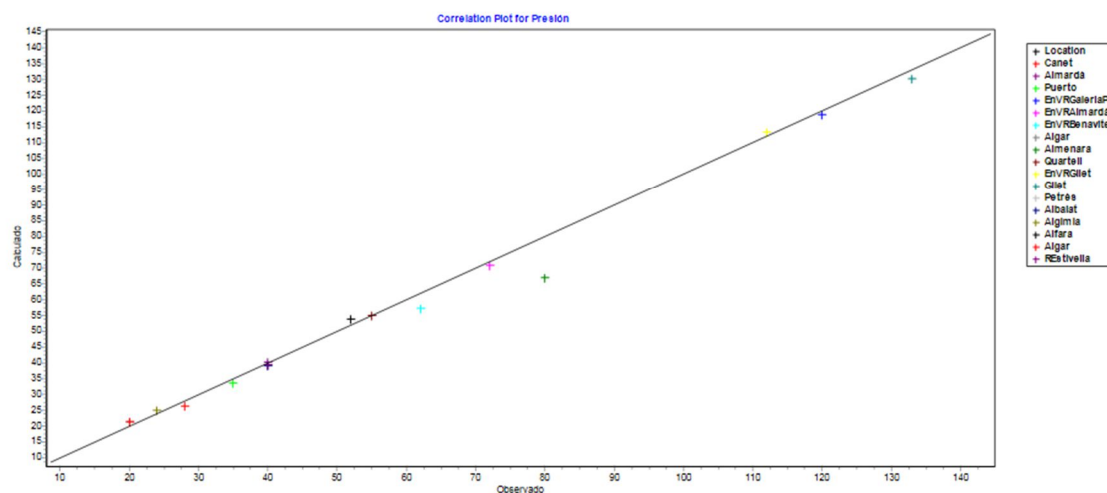
Informe de Calibración - Presión					
Estadísticas		Gráfico de Correlación		Comparación	
Canet	1	28.00	26.58	1.421	1.421
Almardá	1	40.00	40.18	0.180	0.180
Puerto	1	35.00	35.76	0.758	0.758
EnVRGaleriaPE	1	120.00	118.89	1.111	1.111
EnVRAlmardá	1	72.00	70.74	1.259	1.259
EnVRBenavites	1	62.00	62.30	0.299	0.299
Algar	1	20.00	20.34	0.341	0.341
Almenara	1	80.00	77.07	2.931	2.931
Quartell	1	55.00	54.93	0.070	0.070
EnVRGilet	1	112.00	113.28	1.283	1.283
Gilet	1	133.00	133.05	0.054	0.054
Petrés	1	40.00	39.21	0.789	0.789
Albalat	1	40.00	39.25	0.750	0.750
Algimia	1	24.00	24.96	0.962	0.962
Alfara	1	52.00	51.83	0.167	0.167
Algar	1	20.00	20.34	0.341	0.341
REstivella	1	40.00	39.61	0.391	0.391
Sistema de Red 17		57.24	56.96	0.771	1.038
Correlación entre los Términos: 1.000					

Red Camp de Morvedre



Los gráficos muestran como los valores obtenidos del programa se acercan mucho a la realidad. En el fichero se puede comprobar la presión exacta en cada punto y no sobrepasan el 10% de margen de error.

Red Camp de Morvedre



Tan solo la presión en Almenara es bastante mayor al valor obtenido en el manómetro. Tras revisar todas las características añadidas y comprobar que son correctas se llegó a la conclusión de que el posible motivo de este resultado sea tan diferenciado al real se deba a que la rugosidad estimada es menor a la que existe en la tubería. La conducción en esta fase es antigua y puede existir un deterioro de la misma debido al uso.

Informe de Calibración - Presión					
Estadísticas Gráfico de Correlación Comparación					
Canet	1	28.00	28.60	0.602	0.602
Almardá	1	40.00	40.18	0.180	0.180
Puerto	1	35.00	35.76	0.758	0.758
EnVRGaleriaFE	1	120.00	120.89	0.889	0.889
EnVRAlmardá	1	72.00	71.01	0.989	0.989
EnVRBenavites	1	62.00	62.30	0.299	0.299
Algar	1	20.00	19.84	0.159	0.159
Almenara	1	80.00	79.07	0.931	0.931
Quartell	1	55.00	54.93	0.070	0.070
EnVRGilet	1	112.00	112.28	0.283	0.283
Gilet	1	133.00	133.05	0.054	0.054
Petrés	1	40.00	39.21	0.789	0.789
Albalat	1	40.00	39.25	0.750	0.750
Algimia	1	24.00	24.96	0.962	0.962
Alfara	1	52.00	51.83	0.167	0.167
Algar	1	20.00	19.84	0.159	0.159
REstivella	1	40.00	39.61	0.391	0.391

Sistema de Red 17		57.24	57.21	0.496	0.600
Correlación entre los Términos: 1.000					

Tanteando el valor de la rugosidad se llegó a una presión aproximada a la real de tal forma que la modelo queda definida para la realización de las simulaciones de los diferentes escenarios a analizar.

4. CONCLUSIONES

La finalidad de los modelos matemáticos se basa en el conocimiento exhaustivo del funcionamiento hidráulico de la red siempre y cuando este bien diseñada.

De esta forma se pueden estudiar posibles soluciones para una mejora de la red o ampliación de la misma. Además nos puede ayudar a encontrar problemas singulares que puedan pasar desapercibidos en la realidad.

Otra de sus ventajas es poder estudiar un cambio en su funcionamiento sin correr ningún tipo de riesgo real. Establecer una mejora del sistema analizando la eficiencia energética e hidráulica también es un punto a tener en cuenta.

Para que esto sea posible es muy importante el momento de calibrar el modelo, comparando valores reales con los obtenidos del modelos de los parámetros escogidos, en este caso presiones en estático. A partir de ahí calibrar con parámetros que no dependan del tiempo como es el caso de la rugosidad.

Finalmente se consigue un modelo matemático de la red lo más parecida posible a la realidad donde poder simular cualquier tipo de escenario de manera fiable.