

# RESUMEN DE INNOVACIONES Y MEJORAS EN GESTAR 2008

FEBRERO 2008



*Información versiones*

**Gestar**  
DISEÑO Y GESTIÓN DE REGADÍOS

Universidad de Zaragoza

EDUCACIONAL  
PROFESIONAL  
PREMIUM

SALIR 



## **PRESENTACIÓN.**

En el presente documento se resumen **las mejoras y ampliaciones de recursos operativos mas significativos que se han introducido en el paquete GESTAR a lo largo del año 2007 y que se materializa en el lanzamiento de una actualización mayor “GESTAR 2008” que supone un destacado paso adelante, con numerosos recursos innovadores de inmediata aplicación y de la máxima demanda en la actualidad.**

El desarrollo de GESTAR ha alcanzado un nivel que permite calificarlo como la herramienta de referencia para la ingeniería hidráulica de redes de riego a presión en ámbito nacional ( y es de esperar que también lo sea muy pronto en el internacional), debido a la completa selección de recursos que conjuga, muchos de ellos disponibles en de forma exclusiva, entre los que se destaca:

**Integración de módulos de optimización, análisis hidráulico y energético en un mismo entorno, que no sólo facilita y agiliza el trabajo sino que, lo que es mas importante, permite hallar soluciones mucho mas económicas y fiables que las encontradas mediante las rutinas que simplemente aportan dimensionados tradicionales.**

**Prestaciones de optimización superiores otras alternativas para redes ramificadas de trazado dado, con múltiples opciones, protocolos y ágiles herramientas para facilitar encontrar soluciones con reducciones importantes de costes del sistema.**

**Módulo de análisis hidráulico imbatible en robustez y altamente eficaz, desarrollado específicamente y con capacidades exclusivas tales como análisis inverso, tratamiento eficaz de elementos de baja resistencia y válvulas reguladoras, modelización general de emisores puntuales y ramales**

**emisores con caudal emitido dependiente de la presión, curvas características de de bombas de forma arbitraria, modelización de estaciones de bombeo directo,...**

**Integración de todos los módulos y herramientas en un entorno gráfico interactivo de uso intuitivo y con comunicación, mediante base datos ACCESS como intermediario, con todo tipo de sistemas CAD/GIS o programas terceros, a lo que se unen utilidades para la comunicación bidireccional con AUTOCAD.**

**Integración de numerosas herramientas innovadoras (generación de escenarios, alarmas, filtros, evoluciones temporales, configuración de elementos singulares,...) concebidas y desarrolladas como fruto de una larga experiencia en el diseño y modelización de redes**

**Disponibilidad de bases de datos para tuberías, válvulas, pérdidas singulares, aspersores, ramales de goteo, fluidos, tarifas eléctricas, bombas,...**

GESTAR 2008 se configura con versiones: **Educacional, Profesional y Premium, con distintas prestaciones y requerimientos.** Estos modos o versiones se estructuran en una única aplicación, con un instalador común, que permite diferentes niveles de acceso a los recursos implementados, según la opción que se elija en la ventana de arranque del programa, una vez instalado.

La explotación de los recursos de difusión y actualización que permite Internet se potencian en esta versión mediante una **web renovada ([www.gestarcad.com](http://www.gestarcad.com)) con mayores funcionalidades e información.** Un nuevo, mas completo y seguro registro de usuarios es implementado, siendo preciso renovar la inscripción de aquellos usuarios que ya lo estuvieran previamente.

Como consecuencia de la experiencia acumulada en la década transcurrida desde la aparición de las primeras versiones, de la identificación de las demandas de los usuarios y a raíz de la creciente aparición de nuevas necesidades, como por ejemplo la consideración mas detallada de aspectos energéticos, y campos de aplicación emergentes, como el Telecontrol, **el equipo que desarrolla GESTAR ha afrontado el desafío de intensificar sus tareas de investigación, desarrollo y consultoría especializada en los sistemas hídricos**, dando respuesta a los mismos con nuevas prestaciones innovadoras y avanzadas, a la vez que sencillas de usar y altamente productivas.

Asimismo, **la superación de algunas limitaciones actuales de las versiones públicas** (actualización de manuales, extensión de las ayudas interactivas, difusión de las herramientas de comunicación con herramientas CAD, accesibilidad de ajustes y parámetros de optimización para usuarios expertos,..) todavía exige redoblar la dedicación de recursos. La elaboración de versiones con capacidad multilingüe es otro objetivo que esperamos pueda completarse a lo largo de 2008.

Finalmente, **la incesante necesidad de adaptación para seguir la evolución de los sistemas informáticos y lenguajes de programación**, cada vez mas potentes y complejos, así como **la mayor explotación de las prestaciones que aporta la web**, constituye un motor para la permanente expansión y actualización del paquete GESTAR.

La sostenida trayectoria de GESTAR en el sector, a lo largo de mas de una década, le hacen acreedor de confianza en la rentabilidad de los medios invertidos y avala la calidad de los resultados.

-

# 1 MODOS DE EJECUCIÓN DE GESTAR 2008.

GESTAR 2008 y sus modalidades se estructuran en una única aplicación, con un instalador común que permite diferentes niveles de acceso a los recursos implementados, según los privilegios disponibles y la opción que se elija en la ventana de arranque del programa, una vez instalado.

Las tres versiones disponibles (o modos de ejecución) se denominan **Educativa, Profesional y Premium.**



El acceso al instalador, y a otros recursos, tales como ejemplos desarrollados, documentación adicional, herramientas auxiliares, ya disponibles o accesibles en el futuro, se realiza mediante alta de usuario en la web renovada [www.gestarcad.com](http://www.gestarcad.com). El alta es gratuita, y el usuario se registra con su e-mail y un clave que la web genera automáticamente y envía a dicho e-mail. Los datos registrados son custodiados de acuerdo a la legislación de protección de datos, siendo motivo de baja la inclusión de información inexacta.

**GESTAR 2008 Educativo:** Versión de dominio público. No requiere darse de alta como usuario ni conexión a Internet. Simplemente se descarga el instalador y se ejecuta. En este modo se encuentran **operativas todas las herramientas de la versión Premium** pero limitadas, en cuanto al número de componentes, a casos de pequeña dimensión (ver límites en la web). No hay caducidad de las versiones, si bien se recomienda realizar el alta del usuario en la web para recibir notificaciones, consultar con regularidad la disponibilidad de las actualizaciones y acceder a la documentación disponible.

**GESTAR 2008 Profesional:** Versión de dominio público. Requiere darse de alta como usuario en la web y conexión a Internet con autenticación del usuario (e-mail de usuario y clave) al comienzo de cada arranque de la aplicación, comprobándose el alta del usuario y la actualización de la versión instalada, que tiene una caducidad periódica. En la versión Profesional el número máximo de componentes que puede manejar se encuentra ampliado respecto a la versión Educativa si bien algunos recursos se encuentran restringidos o deshabilitados (Marcados con \* en este documento). Estas condiciones pueden ser modificables sin previo aviso.

**GESTAR 2008 Premium:** El acceso a la versión Premium se reserva a aquellas entidades, de carácter público o privado, o profesionales a título particular, que apoyan con algún grado de patrocinio el desarrollo y mantenimiento de la aplicación GESTAR (ver modalidades en la web).

GESTAR 2008 Premium se caracteriza por permitir el trabajo con cualquier número de componentes, la disponibilidad de todas las herramientas desarrolladas sin restricciones y el acceso a recursos exclusivamente operativos en esta versión. No requiere conexión a Internet, ni hay caducidad de la instalación, si bien se recomienda realizar la inscripción del usuario en la web para recibir notificaciones y consultar con regularidad la disponibilidad de las actualizaciones. Estas versiones tienen un registro permanente asociado exclusivamente al ordenador en que se ejecutan por primera vez, registro que se activa en dicho momento (ver detalles en la web).

Las entidades patrocinadoras con convenios plurianuales pueden contemplar el facilitar el acceso a las versiones Premium mediante cesiones de uso de carácter temporal a aquellas empresas o entidades que realicen actividades delegadas en temas de su competencia legal o territorial durante el plazo de ejecución de los mismos.

## **2 MEJORAS E INNOVACIONES EN MÓDULO DE OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA DE REDES.**

### **Identificadores alfanuméricos en nodos para el módulo de optimización.**

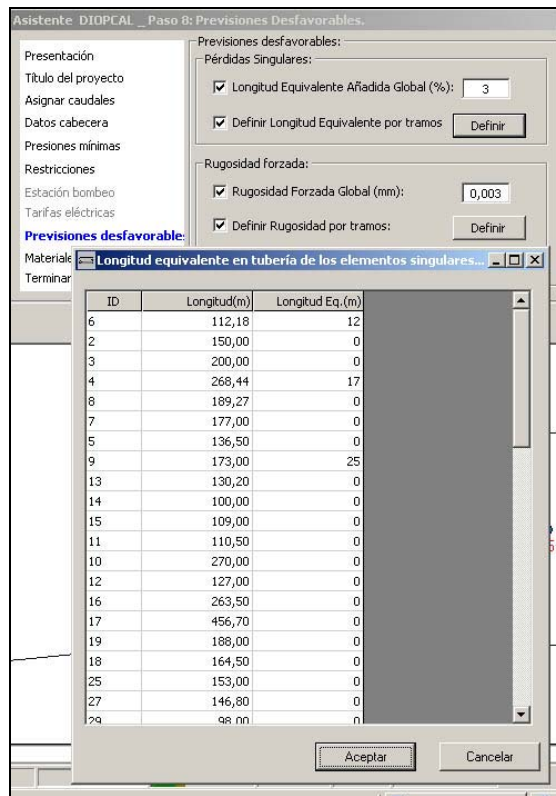
El módulo de optimización de GESTAR 2008 admite identificadores alfanuméricos en los nodos también en la fase de optimización, superando la limitación que, hasta el momento, requería caracteres numéricos. Hasta un máximo de 15 caracteres pueden utilizarse, lo que supone la posibilidad de codificar con precisión y flexibilidad los nodos de unión, hidrantes, etc...

### **Asistente del módulo de optimización mejorado simplificado y agilizado.**

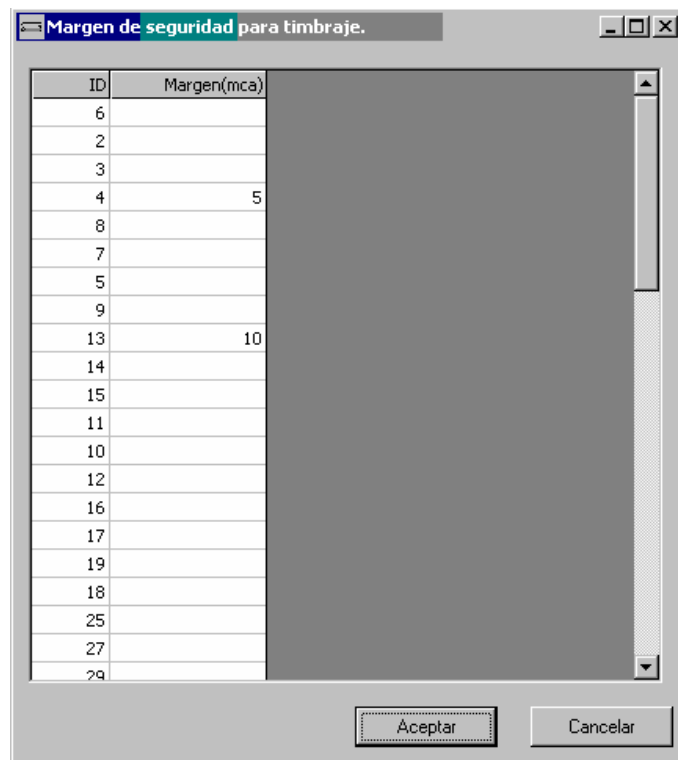
El asistente de dimensionado permite ahora establecer simultáneamente\* criterios mayorantes genéricos, aplicados a todos los tramos de la red, y tramo a tramo en conducciones específicas. Los criterios mayorantes lo son en cuanto a:

- Longitud equivalente para incorporar las pérdidas de carga singulares (longitud equivalente adicional asignada globalmente como % y/o asignada individualizadamente en tramos concretos\*),





- Rugosidad mayorada (mm) asignada globalmente y/o dada en tramos concretos\*.
- Incremento de presión sobre la presión estática para el timbraje de conducciones asignada globalmente y/o asignada en tramos concretos\*, lo que permite refinar la optimización, al ajustar los timbraje localmente asignados a los valores máximos de sobre presión calculados mediante un análisis de transitorios en la red.



Las ventanas para la definición, tanto de estos valores locales como de los tramos de tubería ya instalados, han sido completamente reestructuradas para simplificar y agilizar su manejo, con objeto "grid" con propiedades que permiten la escritura directa en las casillas, y operaciones copiar/pegar/cortar/borrar individuales o en grupo, compatibles con objetos Office.

ID	INSTALADA	D.Int(mm)	L (m)	Ru(mm)
2	<input type="checkbox"/>	297	150	0,007
3	<input type="checkbox"/>	235	200	0,007
4	<input checked="" type="checkbox"/>	118	268	0,007
8	<input checked="" type="checkbox"/>	169	189	0,007
7	<input type="checkbox"/>	151	177	0,007
5	<input type="checkbox"/>	151	137	0,007
9	<input type="checkbox"/>	297	173	0,007
13	<input checked="" type="checkbox"/>	188	130	0,007
14	<input type="checkbox"/>	118	100	0,007
15	<input type="checkbox"/>	132	109	0,007
11	<input type="checkbox"/>	151	111	0,007
10	<input type="checkbox"/>	297	270	0,007
12	<input type="checkbox"/>	188	127	0,007
16	<input type="checkbox"/>	235	264	0,007
17	<input type="checkbox"/>	600	457	0,007
19	<input type="checkbox"/>	600	188	0,007
18	<input type="checkbox"/>	188	165	0,007
25	<input type="checkbox"/>	297	153	0,007
27	<input type="checkbox"/>	151	147	0,007
29	<input type="checkbox"/>	188	98	0,007
26	<input type="checkbox"/>	297	262	0,007

Aceptar      Cancelar

### Algoritmos de optimización de redes ramificadas alternativos\*.

GESTAR 2008 recurre por defecto a un método de optimización mejorado híbrido, que combina las características del método discontinuo de Labye, con las del método de la serie económica mejorado, considerando rigurosamente diferentes materiales y timbrajes a lo largo de al serie. No obstante se puede optar\* por un método clásico de serie económica, que en algunos casos conduce a resultados ligeramente mas económicos.

**Asistente DIOPCAL - Paso 1: Título del Proyecto. Archivos.**

**Opciones**

- Asignar caudales
- Datos cabecera
- Presiones mínimas
- Restricciones
- Estación bombeo
- Tarifas eléctricas
- Previsiones desfavorables
- Materiales
- Terminar

Ruta base de datos de materiales: C:\Archivos de programa\Gestar2008\SEG-BdD\Tuberias\tuberias.mdb

Compatible archivos input \*.txt de versiones anteriores

Ruta creación archivo input optimización:

Título proyecto:

Método Optimización Mejorada       Señalar 1ª serie

### Posibilidad de que el usuario ajuste dos nuevos parámetros\*.

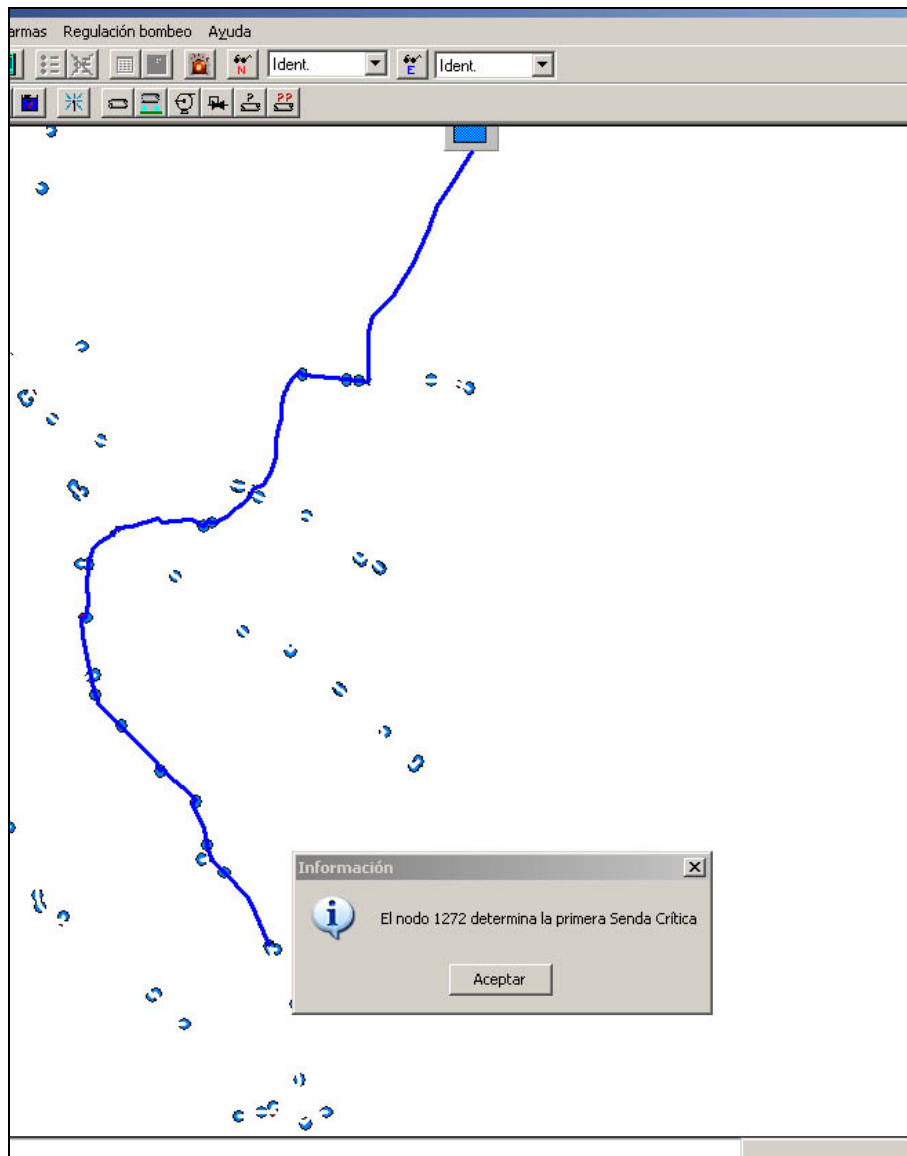
La pendiente para cálculo de energía mínima a reservar en bifurcaciones, y pendiente para determinar el punto hidrante crítico para el dimensionado, en el caso de redes con bombeo directo esa hora accesible para modificación por el usuario respecto a los valores dados por defecto.

Estas dos primeras mejoras implican reducciones en los costes de los sistemas dimensionados que alcanzan mejoras que pueden suponer ahorros del 2% al 6 % respecto a las versiones anteriores y que permiten obtener resultados iguales o mejores que cualquier alternativa en técnicas optimización de manera rápida y eficaz.

### Opción para señalar el nodo más restrictivo en la optimización, facilitando hallar diseños mas económicos\*.

En el menú Opciones/Preferencias/Elementos y en la primera ventana “Opciones” del asistente de optimización se puede activar\* opcionalmente la propiedad “señalar primera senda crítica”, que durante el proceso de dimensionado indicará el trayecto desde la cabecera al nodo mas desfavorable. De esta manera se identifica el nodo que mas condiciona el diseño,

permitiendo hallar reducciones de costes mediante la minoración de la presión de consigna en dicho nodo.



La explotación experta de este recurso facilita conseguir ahorros muy importantes, del 10% al 15% y mas, en el coste de la red, porcentajes muy superiores frecuentemente a las diferencias que pueden darse puramente entre los resultados de diferentes algoritmos de optimización para unas condiciones de partida impuestas.

## **Formateado pdf de los ficheros de entrada y salida.**

Los datos de entrada y resultados correspondientes de un determinado dimensionado se muestran en un mismo fichero, en formato pdf, permitiendo su estructuración mas clara y documentación de casos sistemático y carente de confusiones.

Este formato de fichero será, a partir de la versión 2008, el único que se debe reconocerse como válido para acreditar los resultados de la aplicación GESTAR puesto que respalda la incorporación de todas las mejoras que GESTAR 2008 incorpora, quedando los anteriores formatos carentes de respaldo de calidad.

Mediante la impresión automática usuario y proyecto se facilita la identificación del caso y la ordenación de múltiples ejecuciones.

Se muestra la identificación de nodos y elementos mediante los ID alfanuméricos.

Para obtener los resultados de la optimización en este formato es preciso disponer de una impresora virtual pdf. En el instalador de GESTAR 2008 se suministra un instalador de uno de estos dispositivos virtuales de dominio público.

## **3 ENTORNO DE CONFIGURACIÓN GRÁFICA DE REDES Y MODELOS**

### **Posibilidad de trabajo en coordenadas UTM.**

Se admiten coordenadas UTM en la identificación de posiciones de nodos de todo tipo y vértices de polilíneas con lo que la comunicación, vía base de datos, con sistemas GIS/CAD y automática con AUTOCAD, se ve simplificada.

Las coordenadas reales se mantienen permitiendo exportar e importar topología de redes desde ACCESS y AUTOCAD sin necesidad de cambiar de origen.

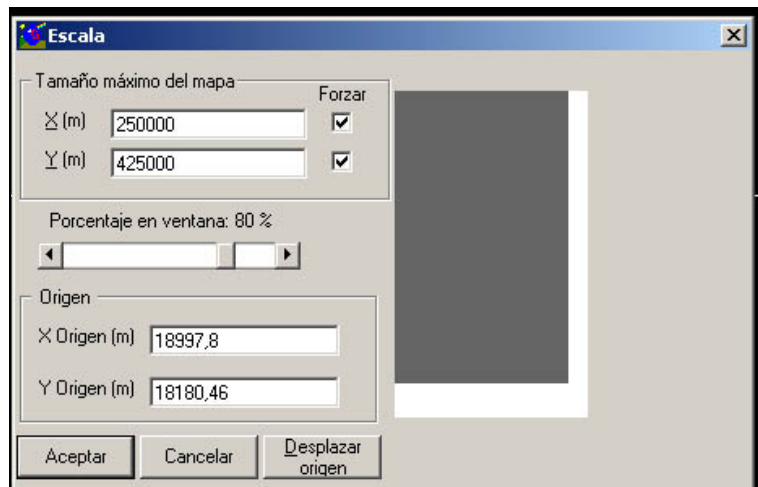
Se identifican automáticamente si las coordenadas son de tipo UTM, y en tal caso, si no se ha establecido previamente para representación un origen de coordenadas, se centra la red en la pantalla.

### **Mejoras en el encuadre de coordenadas exactos**

Estas prestaciones permiten mejorar la representación gráfica de la red y mejorar su encuadre, lo que redundará en la facilidad de navegación por la misma, el intercambio con otras aplicaciones CAD/GIS y el encuadre de ortofotos que se pueden insertar como fondo para la generación directa de redes y cálculo de longitudes más precisas.

En GESTAR 2008 se permite la configuración por el usuario de orígenes de coordenadas y coordenadas máximas exactos para la ventana representación gráfica. Se admiten orígenes de coordenadas negativos, si bien exclusivamente se crean nodos y vértices en zonas con coordenadas positivas. Mediante la configuración de orígenes y valores máximos de coordenadas UTM

adecuadas puede visualizarse solo el sector de la red comprendido en la cuadrícula y superponerlo a imágenes de planos u ortofotos de detalles.



Se ajusta del origen de coordenadas y máximas coordenadas en los vértices inferior izquierdo y superior derecho respectivamente, de la zona hábil de representación gráfica, eliminando la zona de dibujo anteriormente invadida por las barras de desplazamiento..

Coordenadas máximas forzadas en direcciones X e Y forzadas por el usuario (escalas deformadas), o ajustadas a las proporciones de pantalla mediante el forzado una sola de las dos dimensiones (escalas proporcionadas).

### **Operaciones copiar/cortar/pegar y desplazar mejoradas**

Se permite copiar, cortar y pegar tanto a partir de una selección rectangular como de una selección poligonal de nodos, y elementos, incluyendo sus vértices.

Se permite desplazar de forma homogénea vértices individualmente o en grupo, desde las herramientas selección rectangular y poligonal.

### **Número de dígitos mostrados en valores numéricos configurables. (p)**



Un nuevo menú Opciones/Preferencias/Magnitudes permite ajustar el número de dígitos decimales mostrados para cada variable de las representadas en nodos y elementos, de manera que se adapte al orden de magnitud de las variables, por ejemplo la longitud de las conducciones puede mostrarse con un decimal, mientras que la pérdida de carga por unidad de longitud requiere como mínimo tres decimales.

### **Comunicación bidireccional con AUTOCAD\***

Una red de conducciones definida en AUTOCAD, mediante líneas y polilíneas 2d y 3d, y bloques (que representarán un tipo de nodo concreto, habitualmente hidrantes) puede ser convertida\* en un modelo equivalente en GESTAR 2008, mediante la herramienta de importación desde AUTOCAD a GESTAR 2008. Se genera transfiriendo la topología de la red desde AUTOCAD a un fichero \*.red. Esta herramienta es operativa para las versiones AUTOCAD 2002 a 2006 inclusive estando previsto incorporar las nuevas versiones a lo largo de 2008.

Los bloques se convierten en nodos del tipo elegido situados en el punto de inserción del bloque, si el bloque tienen identificador, se adjudica dicho identificador como ID.

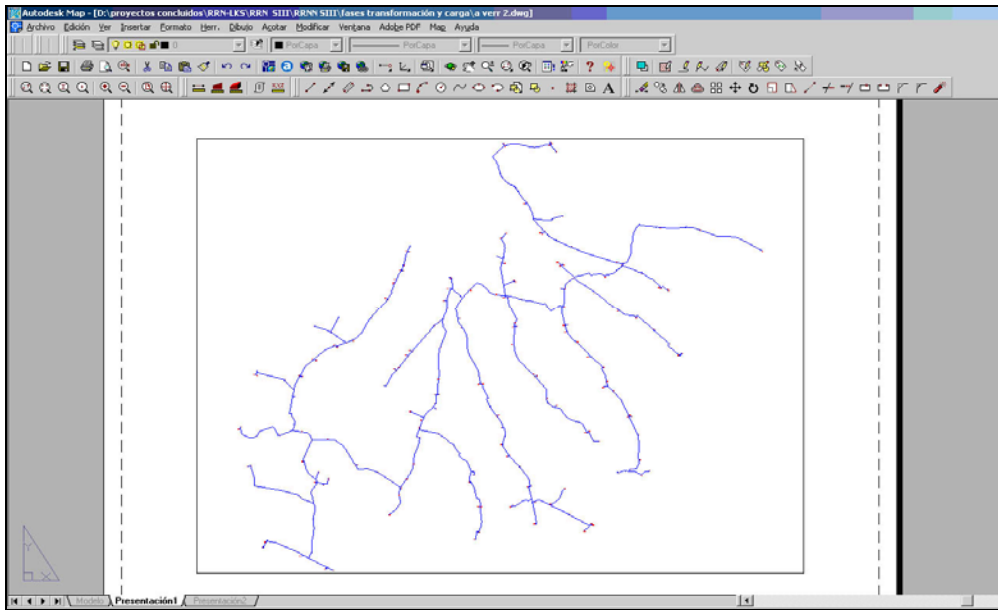
Las líneas y las polilíneas en las capas seleccionadas se convierten en conducciones siendo sus extremos asignados a nodos unión (o en el tipo de nodo seleccionado por el usuario) o, si el extremo se encuentra unido un bloque (habitualmente representativo de hidrantes) en el tipo de nodo asociada al tipo de bloque. En cada nodo extremo o punto de inserción se traza un círculo con radio dado por el parámetro "Tolerancia" para conectar todos los extremos de líneas, polilíneas y puntos de inserción de bloques que se encuentren dentro del mismo

Las propiedades por defecto de cada tipo de bloque y polilínea son configurables en cada transformación.

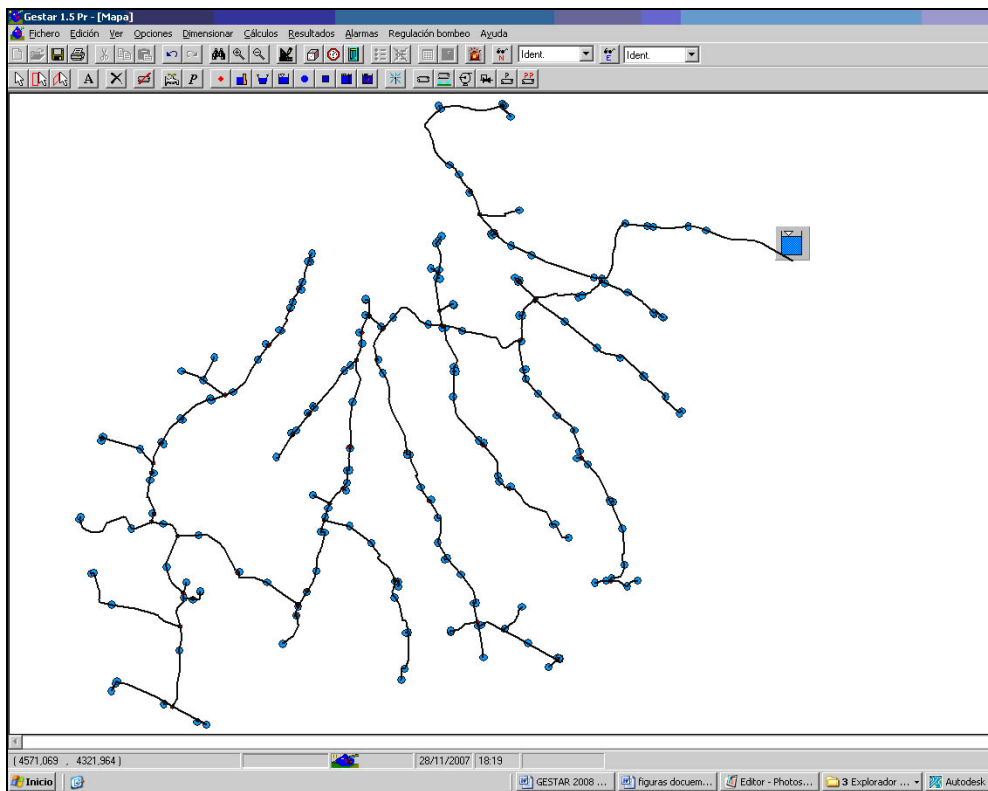
Es preciso un cuidadoso seguimiento de los criterios, expuestos en la Ayuda incluida, durante el dibujo en AUTOCAD de los tramos de tubería e hidrantes de la red para conseguir que las transformaciones sean exitosas y eficaces.

The image shows a screenshot of the 'Gestar' dialog box in AutoCAD. The dialog is titled 'AutoCAD --> Gestar' and is divided into two main sections: 'Nodos' and 'Elementos'.  
**Nodos Section:**  
- 'Tipo de Objetos a Transformar:' is set to 'Punto'.  
- 'Capas de Trabajo' is set to '0'.  
- 'Dotación (m3/s)' is 0,01.  
- 'Superficie (Ha)' is 1.  
- 'Presión de consigna (m)' is 38.  
- 'Diámetro' is 2.  
- 'Tolerancia' is 1.  
- 'Nodo de unión' is a dropdown menu.  
- A 'Transformar >' button is at the bottom right.  
**Elementos Section:**  
- 'Tipo de Objetos a Transformar:' lists 'Línea', 'Polilínea 2D', and 'Polilínea 3D'.  
- 'Capas de Trabajo' is set to '0'.  
- 'Transformar extremos libres en ---->' is set to 'Nodo de Unión'.  
- 'Diámetro interior (mm)' is 0,063.  
- 'Rugosidad' is 0,00005.  
- There is an unchecked checkbox for 'Eliminar objetos originales'.  
- A 'Transformar >' button is at the bottom right.  
At the bottom of the dialog, there are three buttons: 'Ayuda', 'Crear Red', and 'Salir'.

Partiendo de trazados con polilíneas -3D en modelos digitales del terreno, los planos de este tipo.



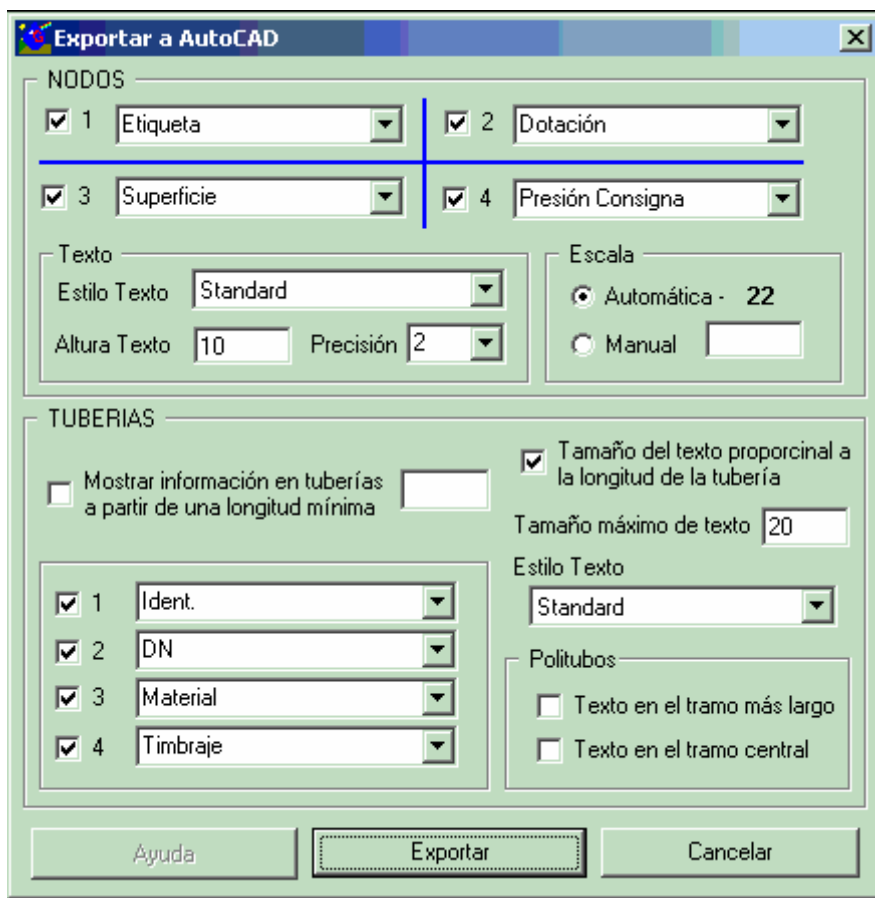
Se convierten automáticamente (salvo depuración de errores de conectividad) en modelos GESTAR 2008 incluyendo las longitudes de las conducciones y las cotas de los nodos.



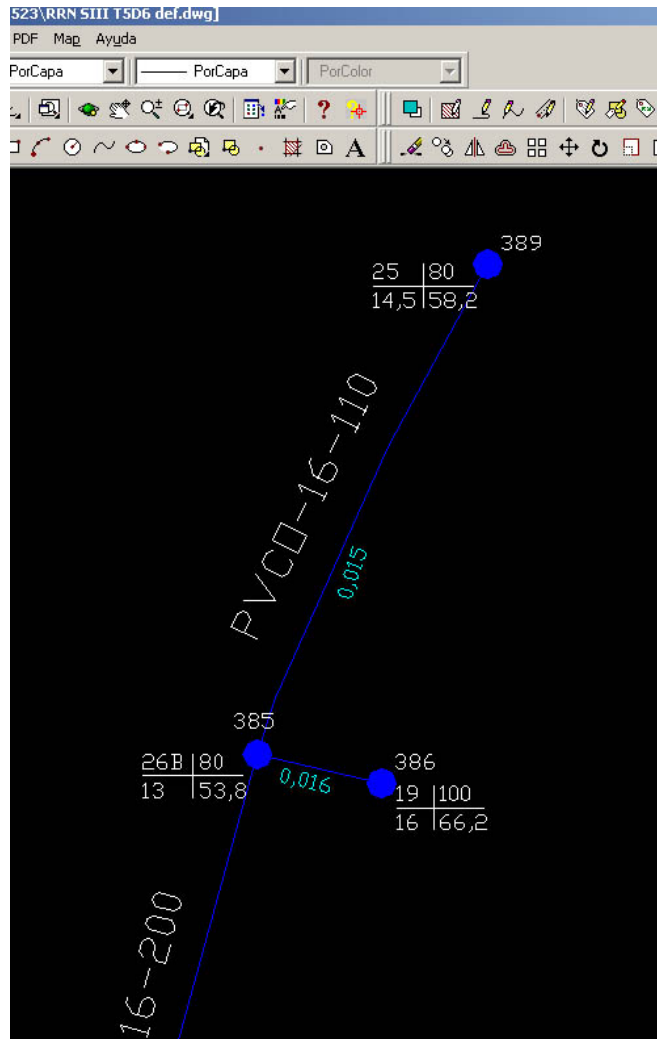
De forma inversa\*, una red configurada en GESTAR 2008 se transfiere a formato \*.dwg, generando un plano en que quedan identificados hasta cuatro datos constructivos o hidráulicos de cada conducción (p.e. material, timbraje

,diámetro nominal y longitud) y los datos de configuración de hidrantes (a seleccionar hasta un máximo de cuatro, por ejemplo, dotación, tamaño, presión de consigna, cota).

Junto a lo anterior, el proceso de exportación a AUTOCAD admite una serie de parámetros y opciones para definir los estilos y tamaños de textos, ajustar la escala de los nodos, visualizar o eliminar textos y posicionar textos en elementos.



En la siguiente imagen se visualiza un detalle de los resultados de esta transformación una vez realizada la exportación de una red dimensionada.

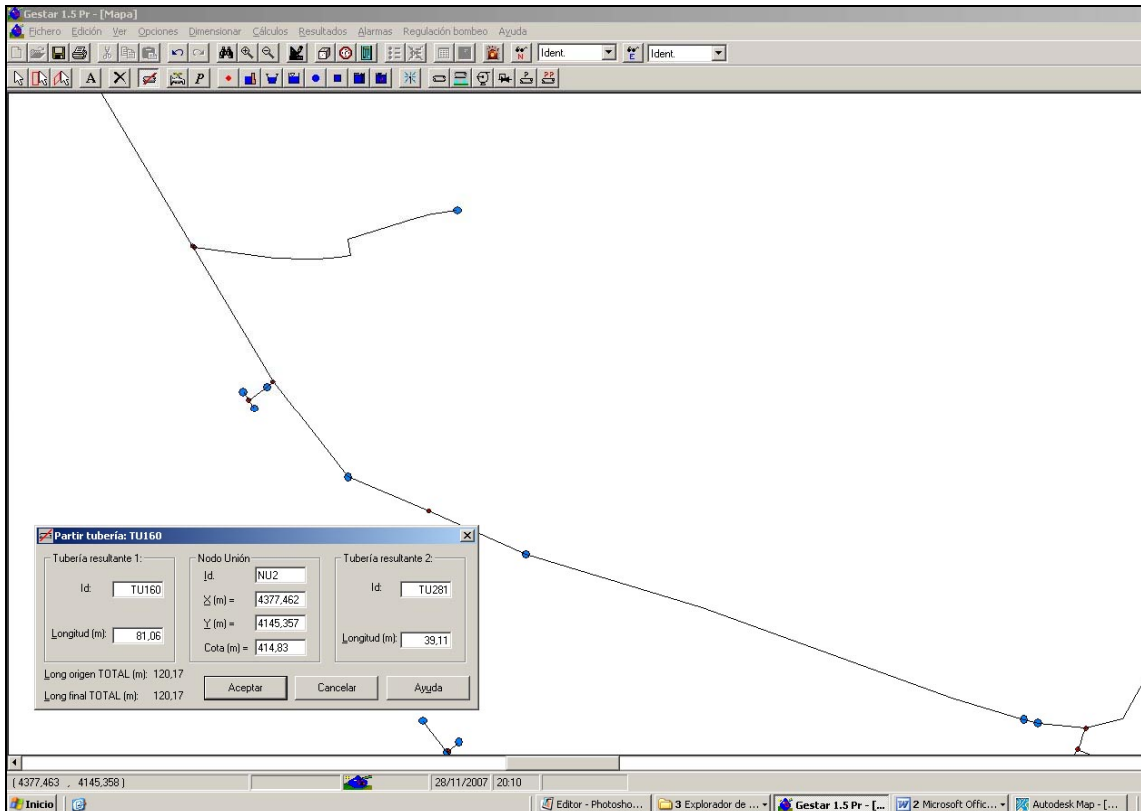


Un modelo de red generado desde AUTOCAD ( versiones Educativa o Premium), no puede ser abierto desde la versión Profesional.

### **División de una conducción en un punto intermedio mediante a inserción automática de un nodo de unión\*.**

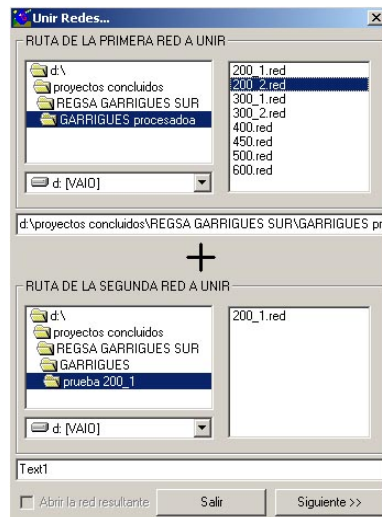
Es posible la partición de una conducción mediante inserción de un nuevo nodo de unión que genera dos nuevos tramos. La cota del nuevo nodo de unión y las longitudes de los dos tramos son interpoladas por defecto, siendo ajustables por el usuario. La inserción de nodos de unión, dividiendo una conducción, puede explotarse en numerosas aplicaciones: injerto de nuevos ramales, introducción de vértices en el trazado de un tramo de

conducción, reducción de tramos de gran longitud a serie de tramos de menor dimensión que posibilita ajustar los dimensionados, identificación de puntos altos y bajos para aquilatar timbrajes, o ubicar ventosas y drenajes, control de presiones en puntos intermedios, generación de tramos específicos para inserción en de elementos tales como válvulas, codos, reducciones,...

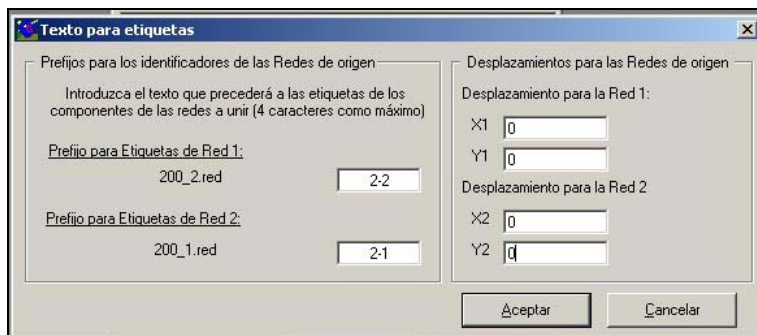


### **Unión de dos redes independientes en un mismo fichero resultante\*.**

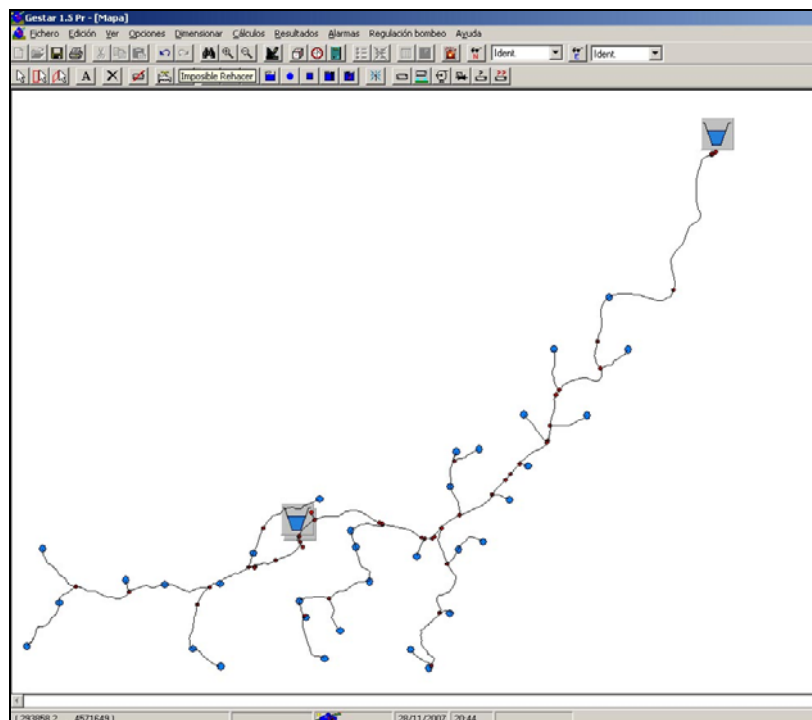
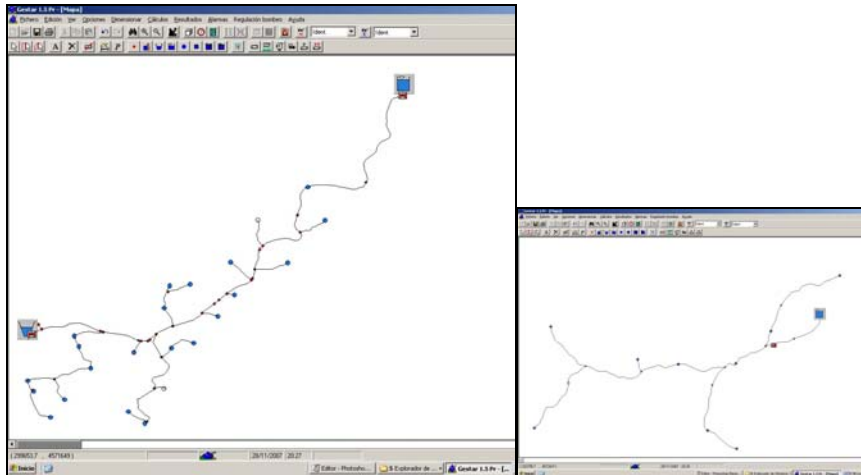
Dos redes previamente configuradas en sendos ficheros se fusionan en un nuevo fichero.



Las coordenadas de origen y extremas del fichero resultante corresponden a los valores mínimos y máximos de ambas redes. Es posible anteponer prefijos a los identificadores de cada red en la red resultante y desplazar las coordenadas de cada una de las redes. Se unifican aquellos nodos si satisfacen las dos condiciones simultáneamente: comparten el mismo identificador y las mismas coordenadas.



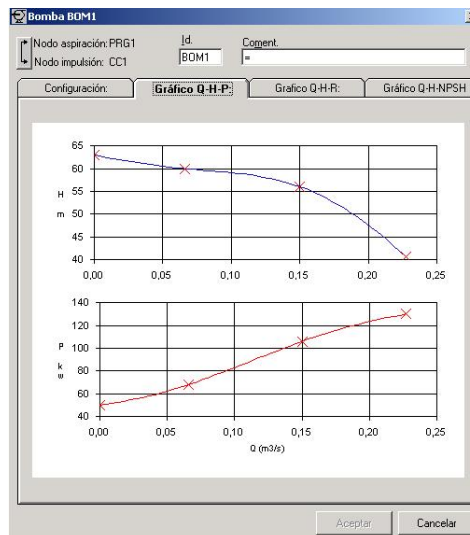
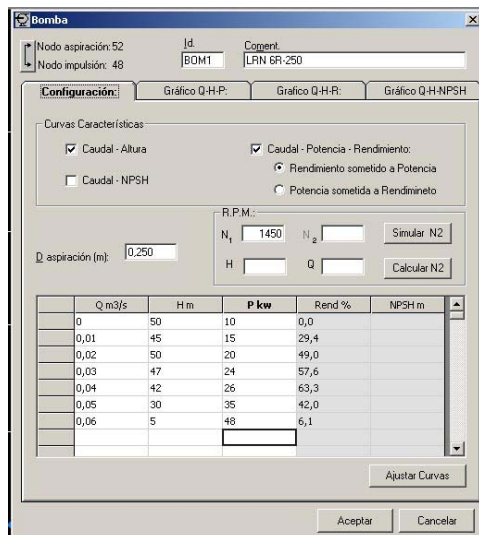
Se produce avisos si existen nodos con identificadores repetidos. La unión de redes puede explotarse para generar modelos que se han dimensionado por separado al tener distintos puntos de alimentación, o por corresponder a ramales aguas abajo de reductores de presión. La generación de modelos conjuntos de diversos sectores interconectados puede abordarse mediante al unión sucesiva de los diferentes modelos parciales. En el caso de versiones Educativas la red resultante tiene que tener un número de componentes de cada tipo inferior al número de componenetes máximo de la versión.



## Introducción de curvas características generalizadas en los elementos de bombeo

La ventana de definición de equipos de impulsión mediante las curvas características altura de impulsión, NPSHR y potencia – o rendimiento- en función de caudal, se ha mejorado de forma notable permitiendo una entrada tabular en una misma cuadrícula con propiedades copiar/pegar/cortar/compatibles con los objetos Office. Esta es la opción por defecto en nuevas redes.





Asimismo los gráficos que muestran dichas curvas han sido reformados mejorando su calidad y precisión, permitiendo visualizar simultáneamente la curva altura de impulsión-caudal y otra curva dicioanl (potencia, rendimiento y NPSHR).

La formulación anterior (con un ajuste parabólico único en todo el rango de caudales) queda accesible mediante la activación en el menú Opciones/Preferencias/Nodos, pero no pueden existir en una misma red simultáneamente los tipos de modelos de bomba. GESTAR 2008 detecta automáticamente el tipo de bomba contenida en el fichero \*.red y la aplicación se abre con la opción correspondiente.

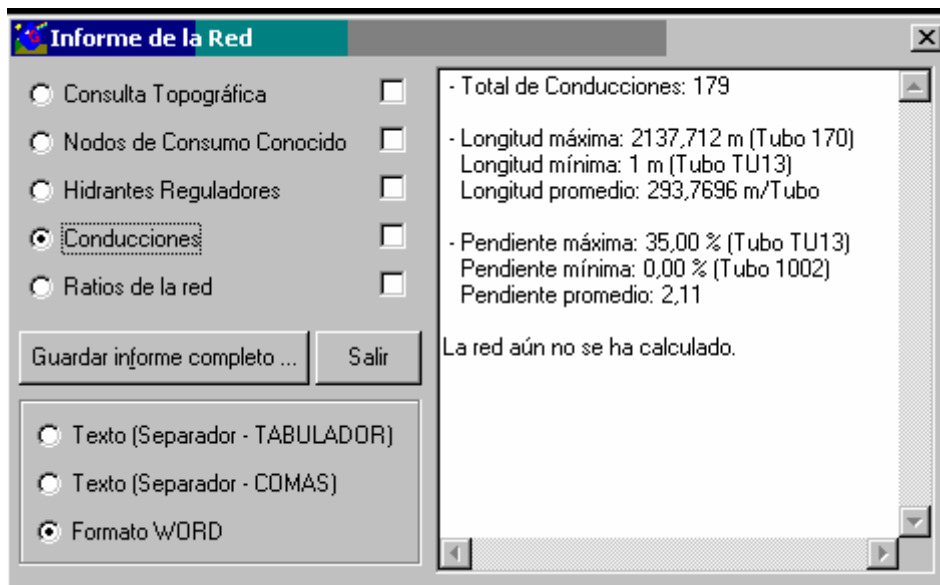
Para cambiar de un modelo a otro, pueden eliminarse todas las bombas y tras activar/desactivar (menú Opciones/Preferencias/Nodos) el tipo deseado proceder a definir de nuevo los grupos de impulsión.

En GESTAR 2008 las bombas disponen de un botón de activación que permite que estén en posición marcha/paro, independiente de que se cierre o no la válvula de impulsión (bomba y válvula de impulsión, si existe, no pueden estar simultáneamente cerradas, ya que dejan aislado al nodo de impulsión)).

Los valores de potencia consumida, rendimiento y energía consumida hasta el instante de tiempo son mostrados ahora en todas las formas de visualización (valores numéricos, ventana desplegable, gráficos temporales,

### Herramienta para generar un informe resume de las características de la red.

Se genera un informe sintético con los datos mas relevantes de la red)



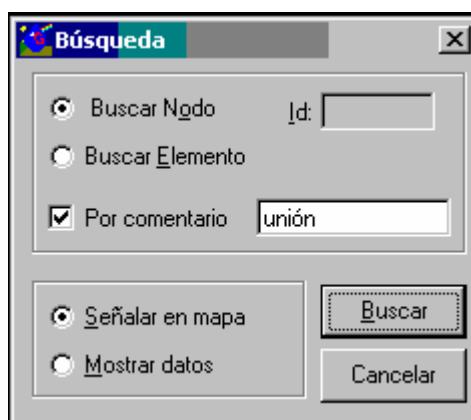
### Herramienta para calcular el coste de los elementos seleccionados de una la red con elementos dados\*. (En breve)

Se evalúa el coste de de las conducciones seleccionadas con la herramienta selección poligonal o rectangular de acuerdo a los costes de instalación registrados en la base de datos de tuberías. Los materiales diámetros y timbrajes deben haber sido configurados desde la misma base de datos.

Permite valorar de forma rápida los costes de retoques, modificaciones manuales y alternativas.

## Búsquedas por Comentario

La herramienta de búsqueda de nodos y elementos ahora permite alternativamente buscar los nodos y elementos por el identificador o por el campo comentario, permitiendo explotar ambos parámetros para objetivos de nomenclatura. Se buscan y señalan todos los componentes que compartan una misma cadena de caracteres exactos. La opción mostrar datos mostrará la ventana del primer componente que encuentre que contenga el comentario



## Tabla de resultados con listados con ordenación por columnas.

La tabla de resultados numéricos de cada escenario en GESTAR 2008 permite ordenar los resultados por cualquier columna sin necesidad de exportar los resultados a EXCEL para tal función. Ello permite detectar rápida e interactivamente los componentes extremales en presión, velocidad, pérdida de carga, diámetro, de manera que se ubican fácilmente los nodos o elementos críticos, y los posibles errores en la carga de datos.

Se ha incluido el campo comentario en dicha tabla.

**Resultados**

Archivo Mapa

12 iteraciones. Tiempo de cálculo: 1 centésimas.

Nodos			Elementos					
	NODO	ALT. PIEZ	PRESIÓN	CONSUMO	COTA	P. CONSIGNA	P. MARGEN	COMENTARIO
74	4002	427,31	62,31	0,0000	365,00	0,00	0,00	cambio de dian
75	1107	373,97	62,62	0,0280	311,35	0,00	62,62	@
76	1105	373,97	63,30	0,0000	310,67	0,00	63,30	@
77	1179	424,80	63,85	0,0150	360,95	0,00	63,85	@
78	1079	428,35	64,40	0,0000	363,95	0,00	64,40	@
79	1102	373,97	64,58	0,0000	309,39	0,00	64,58	@
80	1078	428,16	64,82	0,0000	363,34	0,00	64,82	@
81	1150	363,92	65,07	0,0000	298,85	0,00	65,07	@
82	1153	364,62	65,22	0,0000	299,40	0,00	65,22	@
83	1151	364,14	65,29	0,0000	298,85	0,00	65,29	@
84	1155	365,67	65,50	0,0000	300,17	0,00	65,50	@
85	1187	426,83	65,73	0,0000	361,10	0,00	65,73	@
86	1152	364,36	65,86	0,0000	298,50	0,00	65,86	@
87	1080	428,49	66,12	0,0000	362,37	0,00	66,12	@
88	3013	428,55	66,18	0,0000	362,37	0,00	0,00	INJERTO
89	1106	373,97	66,45	0,0000	307,52	0,00	66,45	@
90	1101	373,97	66,47	0,0000	307,50	0,00	66,47	@
91	1154	365,25	66,59	0,0000	298,66	0,00	66,59	@

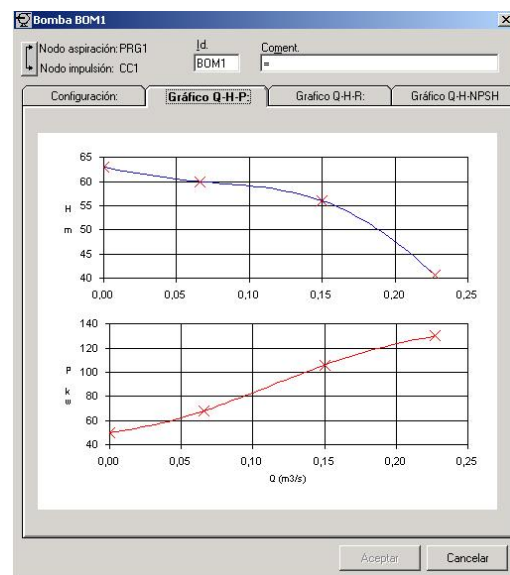
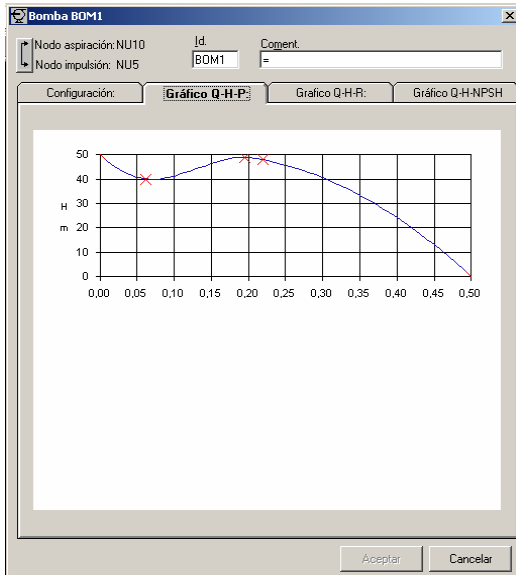
## 4 HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA

### **Curvas características de bombas ajustadas analíticamente.**

Una mejora trascendental en GESTAR 2008 consiste la interpolación analítica generalizado de curvas características de altura de impulsión, potencia (o rendimiento) y -NPSH en función del caudal de las bombas de cualquier tipología. El ajuste se realiza entre los puntos introducidos como datos, manteniendo estos fijos. El fichero \*.red y la exportación de bases de datos conserva los puntos introducidos recalculándose los coeficientes del ajuste cuando se abre la red.

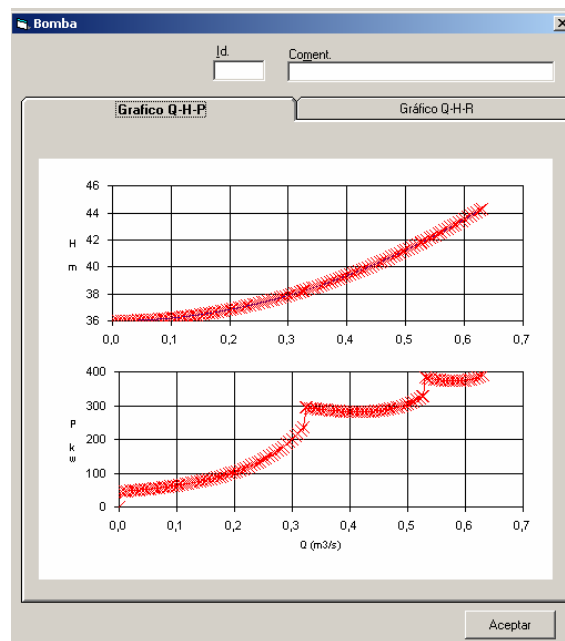
El tipo de interpolación realizado garantiza la modelización de las curvas características suave y sin discontinuidades, lo que se traduce en:

- Un ajuste mas exacto de las curvas características en todo el rango con un menor número de puntos introducidos, mejorando las predicciones de presión en la red y consumo energético.
- Garantía de estabilidad y convergencia de las rutinas de simulación al suministrar el ajuste continuidad de la primera derivada en todos los caudales, evitando las discontinuidades producidas por el un simple ajuste lineal entre puntos dados.
- Capacidad para trabajar con curvas características con múltiples puntos de inflexión y tramos crecientes, característica exclusiva que permite trabajar a GESTAR con curvas altura-caudal arbitrarias y no solo monótonamente decrecientes (como sucede por ejemplo en EPANET y el software derivado de aquel).

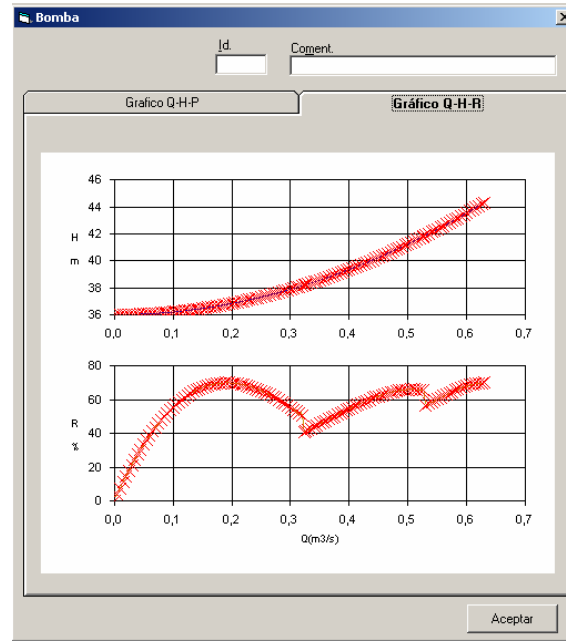


**Simulación compacta de la regulación de estaciones de bombeo mediante velocidad variable incluyendo los consumos de potencia y rendimiento.**

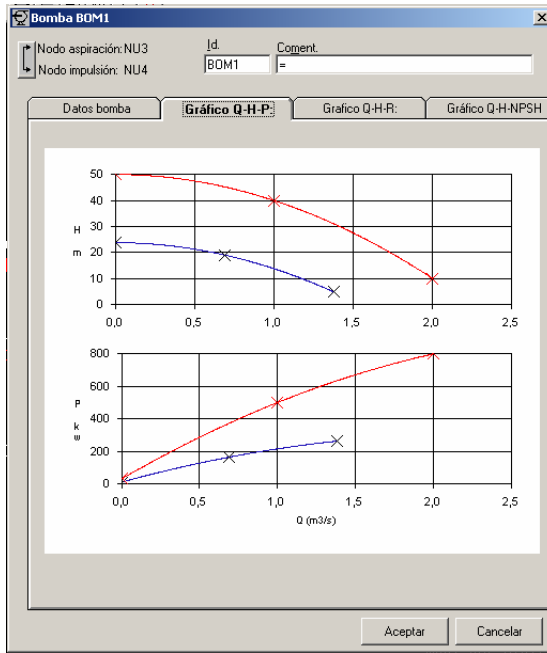
La posibilidad de introducir curvas características de forma arbitraria, permite a GESTAR 2008 simular de forma sencilla y precisa el comportamiento de la regulación de estaciones de bombeo con bombas de velocidad variable siguiendo una curva de consigna. Para ello basta configurar una pseudo-bomba cuya curva característica sea justamente al curva de consigan a regular.



Asimismo, la carga de las curvas de evolución de consumo de potencia y rendimiento neto en función del caudal, (obtenidas asimismo mediante las herramientas de formulación de la regulación de la estación de bombeo) en dicha pseudo-bomba permite simular el comportamiento energético conjunto de al red para simulaciones estacionarias o temporales.



La ventana de definición de bombas cuenta con una nueva funcionalidad, que se añade a la generalización de la función previa, por la que, partiendo de las las curvas características a unas vueltas N1, se evaluaba, mediante semejanza dinámica, las curvas características a unas vueltas N2.



Esta nueva funcionalidad calcula el número de vueltas N2 a que una determinada bomba, con su curva característica dada a N1 rpm, debe girar para que pase por un punto de altura H y caudal Q fijado.

**Configuración:** Gráfico Q-H-P: Gráfico Q-H-R: Gráfico Q-H-NPSH

Curvas Características:

- Caudal - Altura
- Caudal - NPSH
- Caudal - Potencia - Rendimiento:
  - Rendimiento sometido a Potencia
  - Potencia sometida a Rendimiento

R.P.M.:

N<sub>1</sub> 1450 N<sub>2</sub> 1130.30 [Simular N2]

Q aspiración (m³/s) 0.5

H 150 Q 0.02 [Calcular N2]

Q m³/s	H m	P kw	Rend %	NPSH m
0	251,000	204,6	0,0	
0,01136	249,900	233	11,9	
0,0667	234,900	286,9	53,5	
0,1276	219,700	366,6	74,9	
0,1538	203,200	402	76,2	
0,1839	181,200	430,2	75,9	
0,2126	155,900	451,1	72,0	

[Ajustar Curvas] [Aceptar] [Cancelar]



## Bases de datos para bombas.

Desde la ventana de edición de elementos bombas, y desde las herramientas el menú “Regulación de bombeo/Selección de bombas” o “Regulación de bombeo/Regulación de bombeo”, se accede a una utilidad de búsqueda de curvas características de grupos de bombeo comerciales tabuladas en la base de datos “bombas.mdb” que se crea en la carpeta de instalación de GESTAR 2008 (Seg-BdD/Bombas). Las búsquedas pueden conducirse mediante la selección directa de un modelo y tamaño de rodete concreto de entre los registrados, o estableciendo un punto de funcionamiento (altura de impulsión y caudal) y encargando al motor de búsqueda de la base de datos que encuentre aquellas combinaciones que mas se ajusten a dicho punto. En este último caso, para cada bomba que se seleccione se estima el recorte de rodete que se precisa para obtener justamente el punto deseado. Los valores de altura, potencia y NPSHA en función del caudal obtenidos de la base de datos por cualquiera de los dos métodos pueden ser transferidos a las tablas de configuración de bombas para análisis hidráulico y energético (el rendimiento es evaluado en función de las demás variables).

**Características bomba seleccionada (Left Screenshot):**

Modelo	Cod Bomba	Posición	Rodete (mm)	R.P.M Max	R.P.M
CP-200_500A	41	HORIZONTAL	475	3000	1485

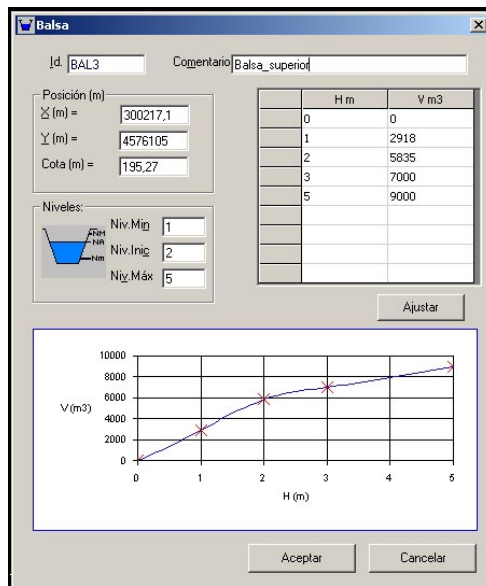
**Características bomba seleccionada (Right Screenshot):**

Modelo	Cod Bomba	Posición	Rodete (mm)	R.P.M Max	R.P.M
CP-250_400A	52	HORIZONTAL	295	3000	1485

## Modelización de balsas de nivel variable.

Se introduce la posibilidad de introducir la cubicación de los sistemas de almacenamiento (balsas, depósitos, embalses) susceptibles de variar el nivel

por efecto de el entrada y salida de agua, mediante un ajuste analítico continuo. A diferencia de la modelización existente en versiones anteriores, donde se asimilaba la balsa a un depósito troncocónico, a partir de la versión GESTAR 2008 se establece por defecto una nueva ventana de configuración de balsas en la que se introducen datos de calado-volumen almacenado y los valores de nivel máximo, mínimo e inicial admitidos.



La formulación anterior troncocónica queda accesible mediante la activación en el menú Opciones/Preferencias/Nodos, pero no pueden existir en una misma red simultáneamente los tipos de modelos de balsa. GESTAR 2008 detecta automáticamente el tipo de balsa contenida en el fichero \*.red y la aplicación se abre con la opción correspondiente.

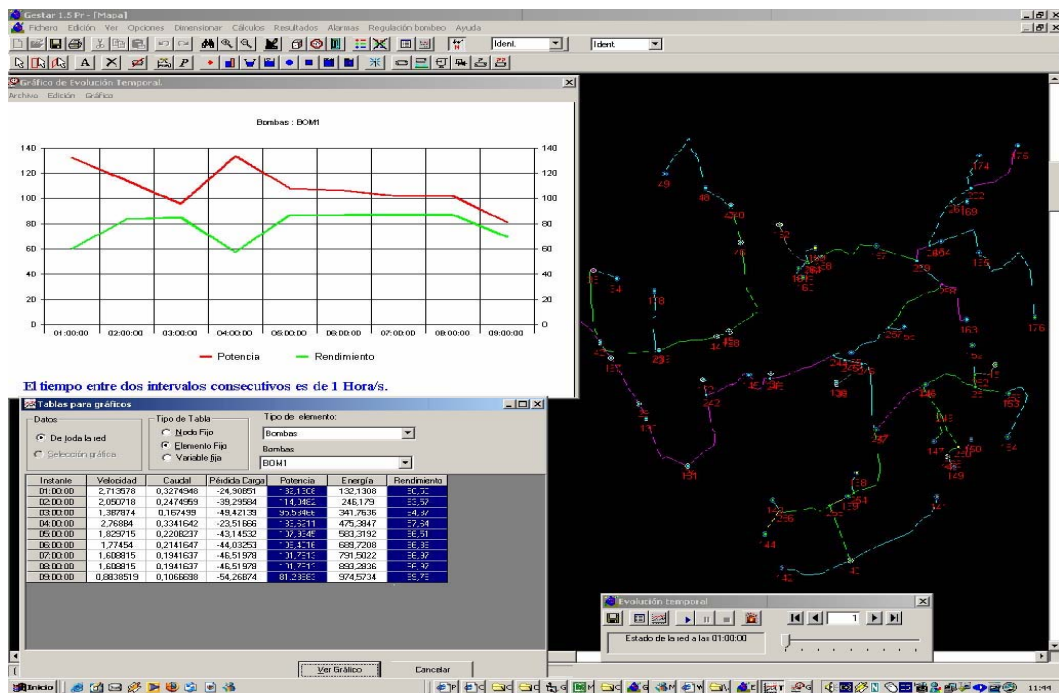
### **Aceleración del las rutinas de simulación.**

Se ha mejorado las rutinas de simulación hidráulica embebidas en GESTAR 2008, Módulo NETCAL, depurando ciertos procesos y optimizando el uso de la memoria del ordenador para evitar la saturación que se observaba en versiones anteriores al repetir la simulación numerosas veces, en procesos tales como sorteos encadenados, obtención de curvas de consigna, valoración de costes energéticos, simulación temporal, etc. La nueva versión refresca la

memoria en cada ejecución reduciendo las esperas en los procesos de cálculo iterativo hasta un 50%

**Simulación temporal de la evolución de la potencia y energía consumida en cada grupo de bombeo (o en de la estación de bombeo en su conjunto) y del volumen suministrado por las balsas.**

Como resultado de la creciente necesidad de disponer de herramientas para la mejor estimación de los consumos energéticos en los sistemas de riego, y gracias a la exacta modelización de los grupos de bombeo y estaciones de bombeo que GESTAR 2008 permite, se ha ampliado el conjunto de las variables cuya evolución determinista temporal es posible listar o representar gráficamente, incluyendo los valores de potencia consumida y energía consumida hasta un momento dado, valorados bien para cada grupo individualmente, o para el conjunto de la estación de bombeo modelizada como una pseudo bomba.



Asimismo se puede representar el volumen total suministrado por las balsas a lo largo del tiempo de simulación temporal.

## **5 VALORACIÓN DE COSTES ENERGÉTICOS Y OPTIMIZACIÓN DE REGULACIONES EN ESTACIONES DE BOMBEO.**

GESTAR 2008 introduce herramientas únicas en su género, innovadoras y eficaces, que permiten evaluar de forma racional y detallada los costes energéticos de estaciones de bombeo en función de la composición de bombas, tipo de regulación empleada y características de la red de distribución, con total generalidad.

En virtud de la explotación de las herramientas que ofrece GESTAR 2008 puede optimizarse:

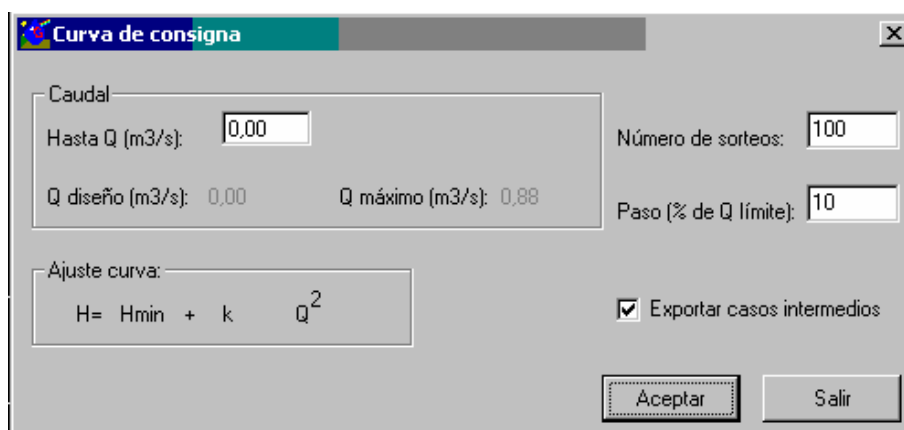
- La selección del número tipo y regulación de los equipos de bombeo en la fase de diseño.
- La regulación mas adecuada a las características de un sistema en explotación para la reducción de los gastos energéticos.
- La definición e identificación de las modificaciones precisas en sistemas en explotación ineficaces u obsoletos.

Por tanto constituye una herramienta excepcional por su versatilidad y facilidad de uso para el mejor diseño de estaciones de bombeo, la gestión energética de bombeos y la auditoria y rehabilitación de sistemas de bombeo.

El acceso al conjunto de recursos y herramientas para estos propósitos se realiza desde el menú principal “Regulación bombeo”. Las herramientas pueden ser invocadas de forma individual, o encadenadas en la opción “Regulación bombeo/ costes energéticos”

## Curva de consigna

La opción “Estaciones de bombeo/Curva de consigna” permite la evaluación automática de diversas curvas de consigna de al red (según el grado de fiabilidad deseado) mediante la simulación de un conjunto de numerosos escenarios por cada % de demanda de caudal, en el rango de caudales demandados por la red, hasta el caudal de diseño u otro especificado.



Curva de consigna

Caudal

Hasta Q (m3/s): 0,00

Q diseño (m3/s): 0,00      Q máximo (m3/s): 0,88

Número de sorteos: 100

Paso (% de Q límite): 10

Ajuste curva:

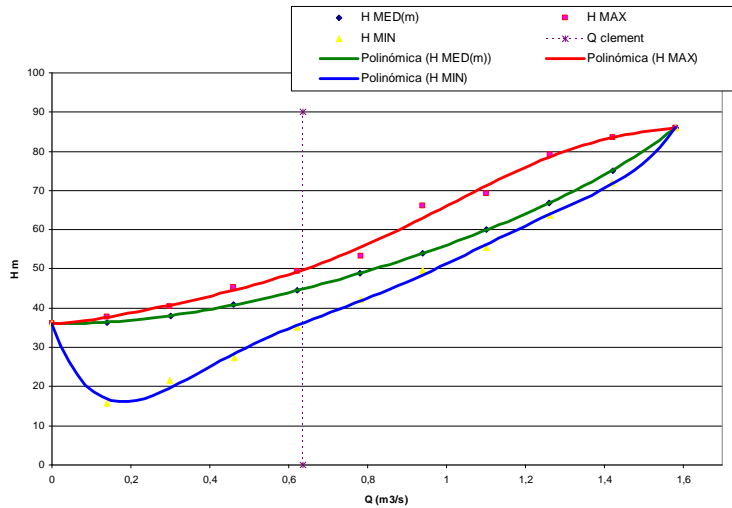
$H = H_{min} + k Q^2$

Exportar casos intermedios

Aceptar      Salir

GESTAR 2008 suministra en formato EXCEL las curvas envolventes de las consignas máximas y mínimas y la curva eficaz (fiabilidad igual a la garantía de suministro en cabecera). La curva de consigna máxima (envolvente de los requisitos de presión máximos absolutos para cada % de demanda, ) está del lado de la seguridad ya que tiene una fiabilidad casi del 100%, pero energéticamente es ineficaz. La curva de consigna mínima (envolvente de los requisitos de presión mínimos absolutos para cada % de demanda) es inaceptable por no satisfacer los requisitos de presión en casi ningún escenario de consumo (fiabilidad tendente a cero).

La curva de consigna eficaz es evaluada por GESTAR, tomado como valor de requisito de presión en cabecera el valor máximo de las presiones en promedio requeridas en cada hidrante para cada % de demanda.



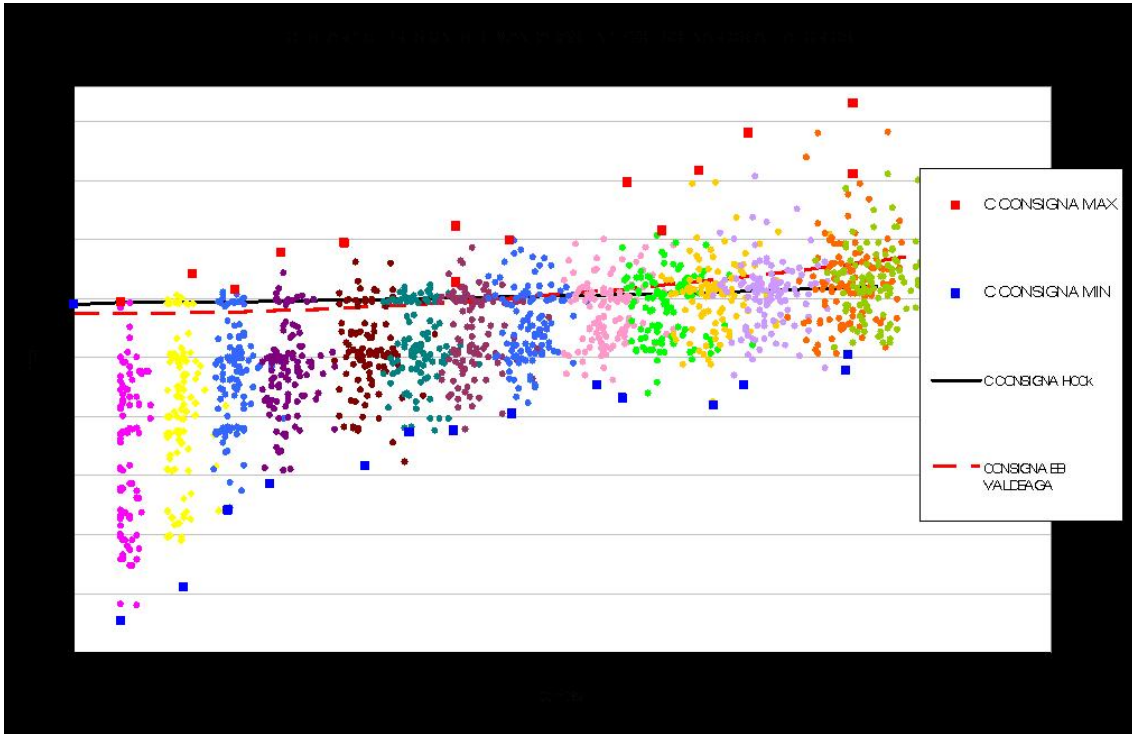
La curva de consigna eficaz  $H_c(q)$ , ajustada a una expresión cuadrática:

es

$$H_c = H_{\min} + K \cdot q^2 \quad q \text{ m}^3/\text{s} \quad H \text{ m}$$

y tiene un grado de fiabilidad equivalente al de la calidad de funcionamiento en cabecera para condición de diseño.

Opcionalmente\* se puede obtener también la nube de puntos de las presiones demandada en cabecera en todas las simulaciones si el usuario quiere establecer curvas de consigna con grados de fiabilidad cualesquiera.



**Determinación de funciones de distribución de frecuencia de caudales evaluadas en función de las demandas mensuales.**

GESTAR 2008 evalúa una curva de distribución de demanda, combinando las funciones de densidad de probabilidad mensuales, dependientes de las necesidades hídricas diarias del mes, de la configuración topológica, de las dotaciones de los hidrantes, y de las parcelas y cultivos servidos, conduciendo a la función de densidad de probabilidad (*FDP*) supuesta para las demandas en la red.

**Función de Densidad de Probabilidad de Caudal**

Necesidades diarias (mm):  
 Enero: 0  
 Febrero: 0.02  
 Marzo: 0.66  
 Abril: 0.8  
 Mayo: 1.88  
 Junio: 2.65  
 Julio: 4.5  
 Agosto: 4.09  
 Septiembre: 1.4  
 Octubre: 0  
 Noviembre: 0  
 Diciembre: 0

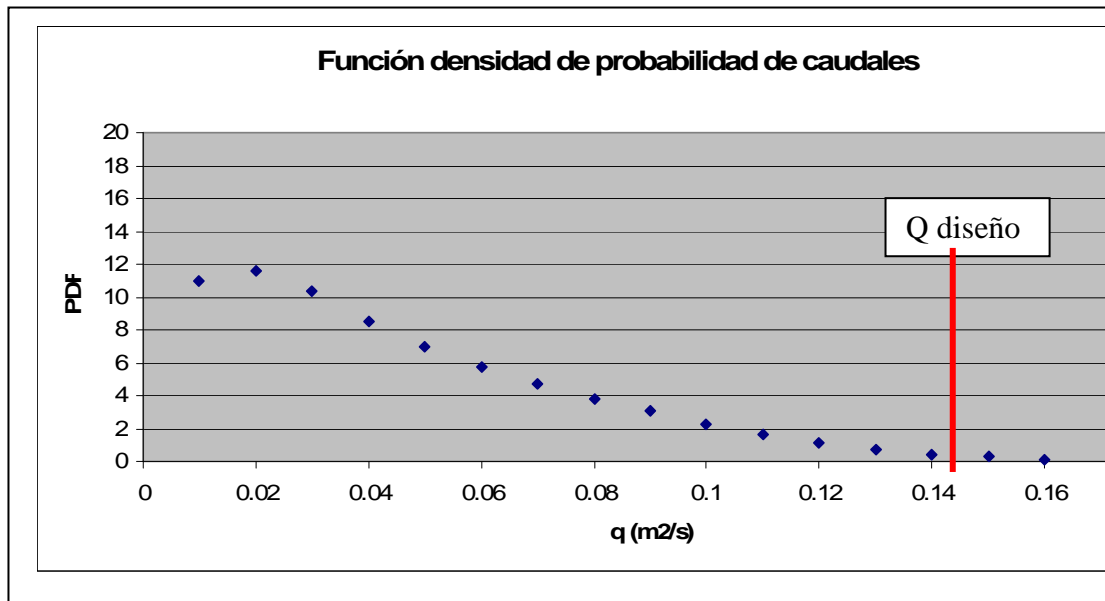
Franjas horarias tarifas eléctricas:  
 Aplicar franjas horarias: Valle 12 h, Llano 8 h, Punta 4 h

Jornada Efectiva Riego  
 JER: 18 h  
 Reparto de la jornada efectiva de riego: Valle 9 h, Llano 6 h, Punta 3 h

Reparto de los tiempos de riego:  
 Reparto lógico - económico: Valle 50 %, Llano 33 %, Punta 17 %  
 Mes máximas necesidades: Valle % , Llano % , Punta %

Exportar medias y varianza  
 Exportar PDF s mensuales  
 Generar Función Cancelar

Los resultados encontrado para las *FDP* de los caudales demandados a lo largo de toda la campaña de riego, muestran habitualmente una reducida frecuencia de aparición de los caudales del entorno del de diseño, y una mayor presencia de caudales comprendidos en la zona media-baja, que apunta la conveniencia de disponer también de rendimientos elevados en las gamas de caudales intermedios.

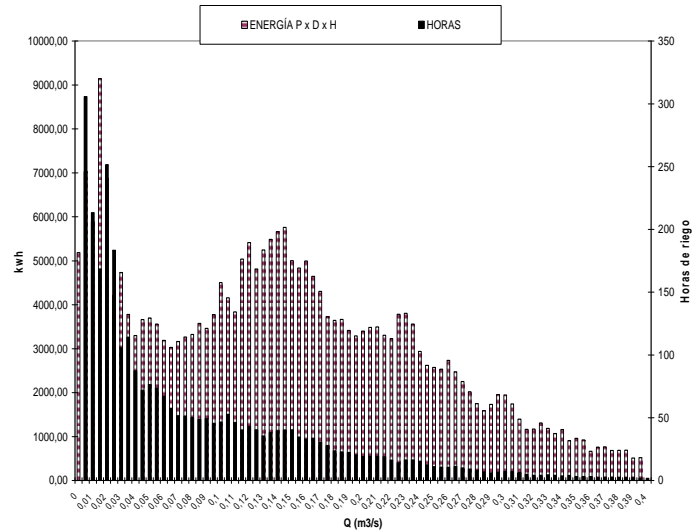
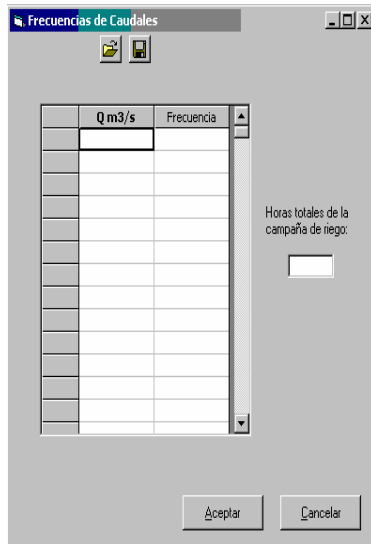


*Estimación de frecuencia de caudales (1/m3)*

**Funciones de distribución de frecuencia de caudales demandados introducidas establecidas por el usuario\*.**

Si se conoce o estima la estructura de demanda de una red de distribución, bien sea porque esta ya se encuentra operativa y existen registros fiables, bien porque la demanda en la red se considera similar a la que se da en otra equivalente que ya se encuentra caracterizada, la FDP puede introducirse de manera directa en forma de frecuencia relativa de presencia cada caudal.

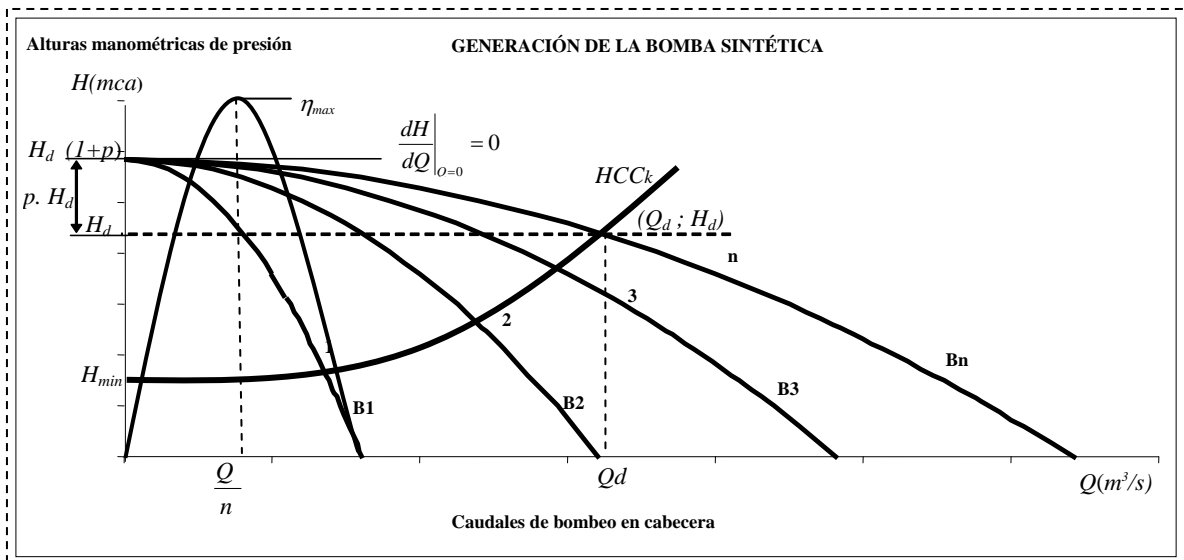




## Selección de los equipos de bombeo adaptados a un punto nominal de funcionamiento

GESTAR 2008 puede generar curvas sintéticas altura-caudal y rendimiento caudal, de tipo parabólico ( $H = C + b \cdot Q + A \cdot Q^2$ ,  $\eta = F \cdot Q^2 + G \cdot Q$ ) adaptadas teóricamente al punto de diseño con un mínimo número de requisitos:

- Grupos iguales, con rendimiento óptimo para el caudal de diseño.
- La curva característica H-Q se supone con pendiente nula en  $q=0$
- Fraccionamiento y rendimiento máximo fijado por el usuario.
- El parámetro  $p$ , % de presión respecto a la nominal en  $q=0$ , está fijado por el usuario



**Cálculo de bombas** ✕

H nominal (m)	<input type="text" value="50"/>	Coeficientes de una bomba: Curva Q-H: A=-888,88E B= 0 C=55  Curva Rendimiento: F=-12444,4 G= 1866,66	
Q nominal (m <sup>3</sup> /s)	<input type="text" value="0,150"/>		
P (%)	<input type="text" value="10"/>		
Rend (%)	<input type="text" value="70"/>		
Nº bombas total (fijas + variable):	<input type="text" value="2"/>		

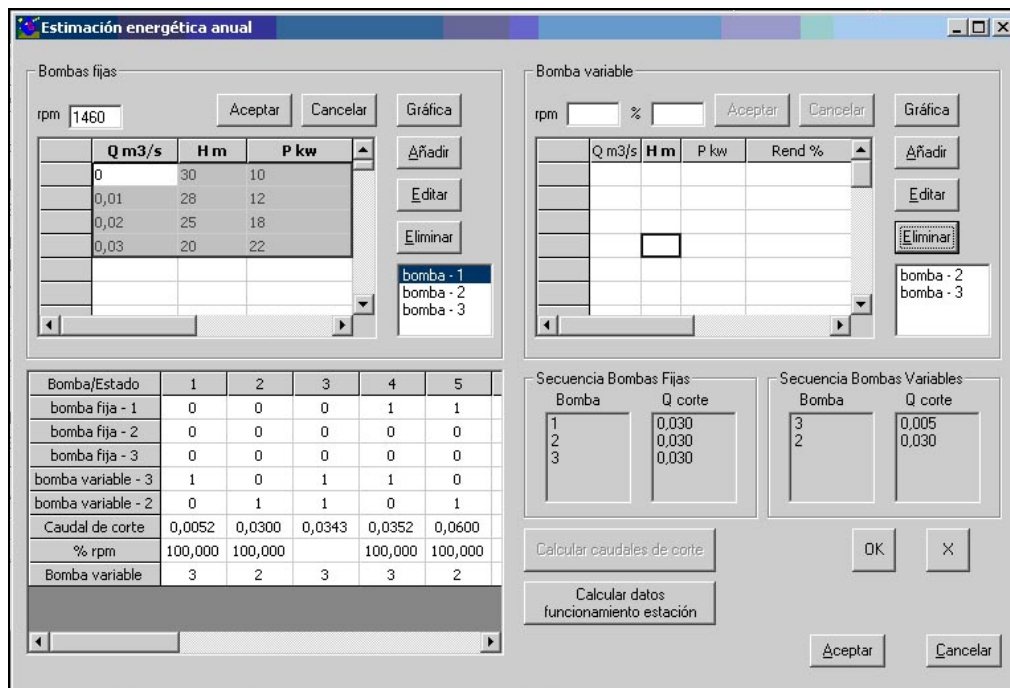
Alternativamente, el usuario puede, ordenar a GESTAR 2008 que seleccione, desde la base de datos de bombas, el equipo de impulsión que mejor se adapta a un punto nominal dado. cargándose automáticamente los datos de sus curvas características en el módulo de análisis energético (en desarrollo),.

## **Generación de las secuencias de operación y regulación de la estación de bombeo, para composiciones arbitrarias.**

Para composiciones arbitrarias de equipos de bombeo (iguales o distintos entre si) en cada bomba:

- Se especifica mediante puntos dados por el usuario o cargados desde la base de datos de equipos de bombeo, las curvas altura, potencia (o rendimiento) caudal, y número de vueltas nominal (rpm).
- Se especifica si se configura como de velocidad fija o variables (en este último caso se indica además del número máximo de rpms admitido respecto a las nominales en %).
- Se establece la secuencia de intervención de las distintas unidades de bombeo, orden y tipo de regulación, velocidad variable o fija, bien de forma personalizada, o modificando la propuesta automática generada por GESTAR 2008 cuando se introduce hasta un máximo de dos bombas de velocidad variable, (GESTAR 2008 propone por defecto la forma tradicional de entrada en funcionamiento de los grupos fijos y variables, ordenados por orden de entrada grupos fijos y por tamaño los de velocidad variable)

En las versiones Educativa y Profesional la composición se limita a dos grupos de bombeo de velocidad fija o variable, iguales o distintas. En la versión Premium el número y tipo de bombas es arbitrario



El módulo de regulación de la composición determina los caudales de corte de las curvas características con la curva de consigna, que sirven de consignas en la regulación para indicar el caudal medio de arranque/paro de los grupos, y en caso de haber grupos de velocidad variable, el número de rpm necesario para el solapamiento de su curva con el siguiente arranque de un grupo de velocidad fija. En caso de que este valor supere el umbral establecido por el usuario, se genera una alarma.

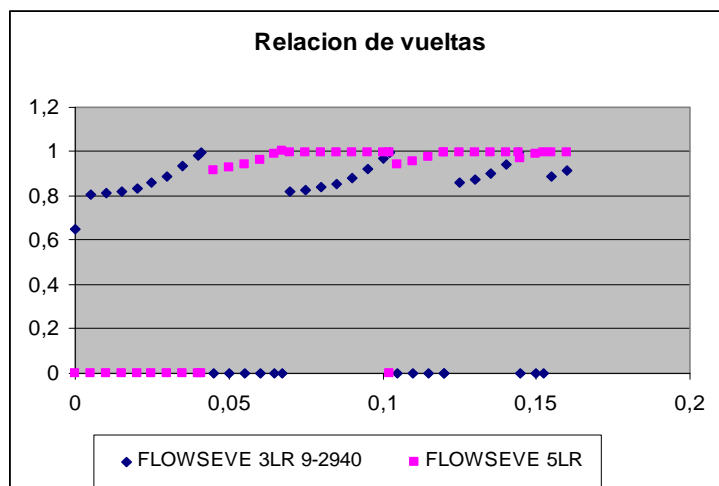
### **Obtención de curvas de regulación de la velocidad de giro, potencia consumida total y rendimiento global.**

Dadas las secuencias de operación y regulación de la estación de bombeo, para composiciones arbitrarias, GESTAR 2008 suministra el detalle de la curvas de potencia útil de la instalación, potencia total consumida y rendimiento conjunto, en función del caudal demandado así como el detalle de las potencias, rendimientos y velocidades de giro, en el caso de velocidad variable, de cada grupo individualmente.

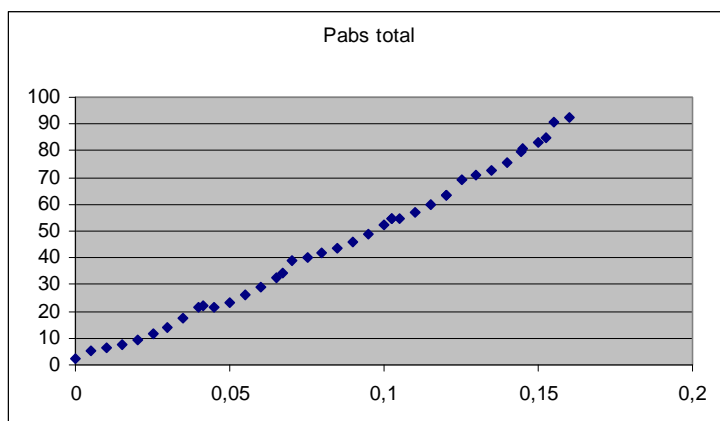
La potencia útil,  $P_u(q)$  , es la potencia estrictamente necesaria para alimentar la red según el requisito de altura de presión dada por la Curva de Consigna  $H_c(q)$ :

$$P_u(q) = H_c(q) \cdot \rho \cdot g$$

Como fruto de la ejecución de las herramientas agrupadas bajo el menú “Regulación de bombeo” GESTAR 2008, para cada una de las composiciones estudiadas, determina la evolución de las velocidades de giro (ver ejemplo en la Figura) de cada una de las bombas de velocidad variable para seguir al curva de consigna, de acuerdo a la secuencia de arranques establecida y las velocidades máximas de giro asignadas en el módulo .”Secuencia de Operación”

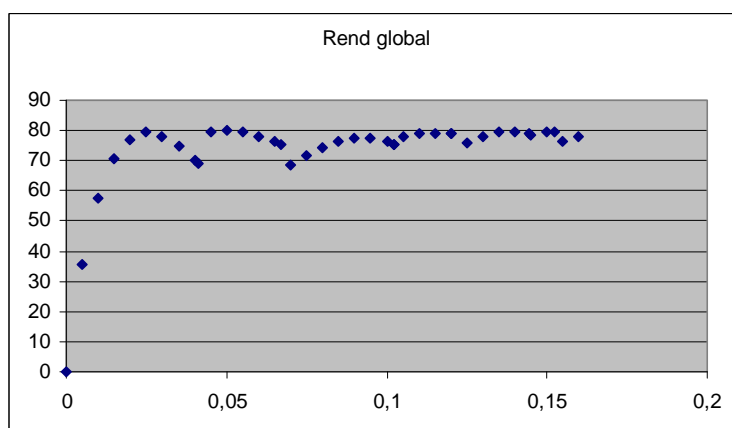


Según el número de grupos en marcha y su velocidad de giro, se calcula la potencia total absorbida  $P(q)$  por al estación de bombeo en función del caudal circulante.



El rendimiento global, se evalúa como cociente de la potencia útil  $P_u(q)$  ( $\rho \cdot g \cdot H_c(q) \cdot q$ ) y la potencia total consumida  $P(q)$

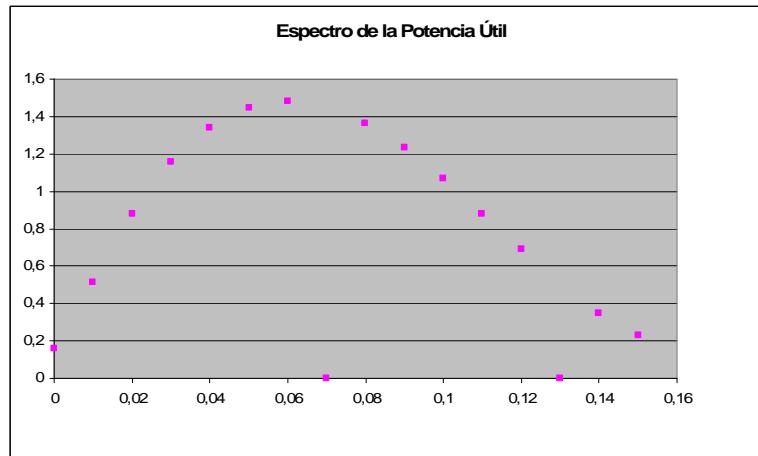
$$\eta_g = \frac{\rho \cdot g \cdot H_c(q) \cdot q}{P(q)}$$



El producto de  $P_u(q)$  por la  $FDP(q)$  genera la distribución de densidad de potencia útil (demandada).

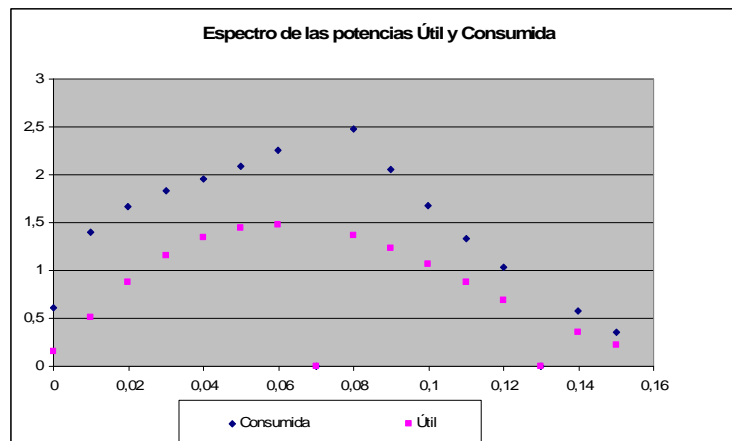
$$Densidad\_Potencia\_Útil = FDP(q) \cdot P_u(q) = FDP(q) \cdot \rho \cdot g \cdot H_c(q) \text{ (kw/m}^3\text{/s)}$$

que informa del espectro de la demanda de potencia en función de caudal, sumamente útil para identificar los rangos de caudales donde mas contenido de energía demandada existe, y donde, en consecuencia, los rendimientos deben ser lo mas altos posibles.



El área bajo la gráfica es proporcional a la energía demandada según los caudales clasificados. Los resultados mostrados en el ejemplo concluyen que el porcentaje de energía que la red demanda en la zona de altos caudales es reducido, dándose el 75% del consumo por debajo del caudal 0,1 m<sup>3</sup>/s.

Finalmente, el producto de la FDP por la potencia consumida,  $P(q)$ , (informa del espectro de distribución de la potencia consumida).

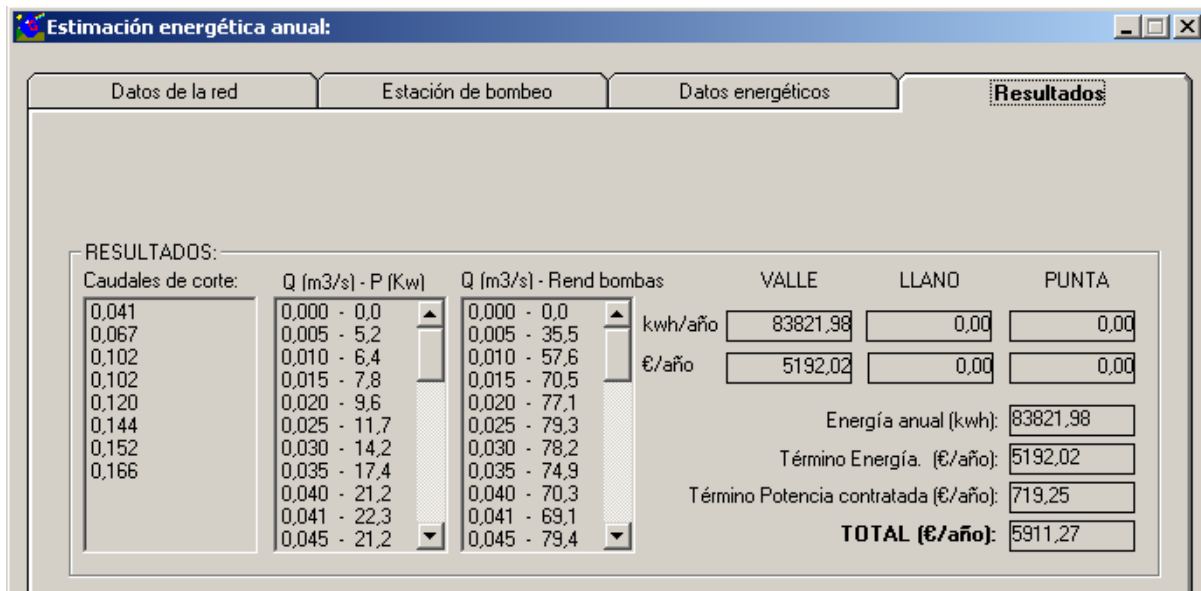


**Costes energéticos desglosados y globales, evaluados como totales y como repercusión m3 y por ha.**

Finalmente, el cómputo de la energía consumida  $CED_{kWh}$  en la campaña de riego, de duración total  $T$ , se realiza mediante integración de la distribución de densidad de la potencia consumida en función del caudal (

$$CED_{kWh} = T \cdot \int_0^{Q_{max}} P(q) \cdot FDP(q) \cdot dq$$

El resultado de tal cómputo del consumo energético aparecen en formularios como los de la Figura, donde se especifican los caudales de corte (puntos de consigna de transición arranque/paro de la regulación) las curvas de potencia consumida y rendimiento, el consumo neto en kwh por año (repartido en franjas horarias si así se ha especificado) y el coste energético según las tarifas aplicadas.





## 6 TELEGESTAR: NUEVO MÓDULO DE SIMULACIÓN PARA EL TELECONTROL Y LA TELEGESTIÓN

### 6.1 GENERALIDADES SOBRE LOS MÓDULOS DE SIMULACIÓN INCORPORADOS EN GESTAR EN RELACIÓN AL TELECONTROL Y GESTIÓN.

La arquitectura de la aplicación *GESTAR* consta de varios módulos independientes, pero íntimamente entrelazados. El módulo responsable de realizar la simulación hidráulica generalizada (directa e inversa) se denomina *NETCAL*, y el módulo que encadena estas simulaciones para realizar análisis de evolución temporal se denomina *SIMEXT*. Para simplificar las descripciones siguientes, denotaremos por *NETCAL* el conjunto de *NETCAL* y *SIMEXT*.

*NETCAL*, programado en *FORTRAN 90*, (un lenguaje específico de los procesos de cálculo intensivo científico-técnicos que admite programación orientada a objetos y manejo dinámico de memoria) constituye el núcleo del motor de simulación hidráulica de *GESTAR* e implementa avanzadas técnicas numéricas matriciales para el análisis de redes presurizadas en régimen estacionario o cuasiestacionario.

En el entorno *WINDOWS®*, *NETCAL* es compilado actualmente como librería *DLL* que se puede invocar directamente desde otras aplicaciones, recibiendo los datos y parámetros de entrada mediante variables compartidas con la aplicación que llama a *NETCAL*, o mediante ficheros de intercambio, según convenga. Asimismo, *NETCAL*, devuelve los resultados compartiendo las variables definidas como globales en el programa principal, o mediante ficheros de intercambio en el formato que se desee.

El núcleo de cálculo de *GESTAR* no se deriva de la adopción de otros paquetes numéricos preexistentes. *NETCAL* es fruto de un sostenido trabajo de investigación original, que aporta conceptos y soluciones innovadoras,

específicamente orientadas al área tecnológica a la que va dirigido. Por sus prestaciones se sitúa en la vanguardia de los modelos de simulación de su género.

El motor de cálculo de *GESTAR*, *NETCAL*, se caracteriza por ser robusto, flexible y general, habiéndose optimizado sistemáticamente. Admite cualquier número de nodos y elementos y posee recursos para realizar diseños inversos y simulaciones con evolución temporal cuasiestacionaria. En el Anexo I se resumen las técnicas numéricas implementadas en *NETCAL*.

Se aportan soluciones originales para el tratamiento de dispositivos y configuraciones específicas de las redes de riego, como por ejemplo hidrantes alimentados con presiones insuficientes, detección de zonas aisladas, modelización de válvulas limitadoras de caudal y sostenedoras de presión en redes arbitrarias. *NETCAL* permite el contemplar diversas formulaciones de pérdidas de carga así como pérdidas singulares de todo tipo, incluyendo una rutina para el cálculo automático de pérdidas en bifurcaciones. Junto con los tipos de nodos y conducciones habituales, se incorpora el tratamiento de bombas, válvulas de regulación, válvulas de retención, etc. Los dispositivos emisores, con caudal proyectado dependiente de la presión reciben asimismo una especial atención.

Los tipos de componentes que el módulo de simulación soporta actualmente pueden ampliarse, generando nuevos componentes, programando sus propiedades especificadas, o mediante combinación de componentes ya existentes.

En el apartado 6.2 de esta memoria se describe algunas de las mejoras y ventajas que se pueden incorporar al telecontrol de sistemas de distribución de agua a presión en el contexto de los regadíos, mediante la integración del paquete de simulación hidráulica generalizada *NETCAL* en el software de supervisión y gestión de las redes colectivas de riego a presión. En los epígrafes 6.3 y 6.4 se recoge, respectivamente, una primera formulación de las tareas abordar en un menor plazo.

## **6.2 EXTENSIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA AL CONTROL Y SUPERVISIÓN DE REDES DE RIEGO A PRESIÓN.**

Las características que el paquete de simulación computacional que incorpora *GESTAR*, *NETCAL*, brevemente enunciadas en el apartado anterior, puede migrarse a diversos entornos gracias a la portabilidad que confiere la compilación como *DLL*. Este es el caso de la integración en el sistema de telecontrol, donde los recursos para la simulación y optimización del manejo de la red que posee *NETCAL* aportan toda una serie de mejoras y nuevas prestaciones que facilitan, flexibilizan y optimizan la gestión, a la par que se convierte en una efectiva herramienta de ahorro en gastos energéticos. Las herramientas *SCADA* para en control, supervisión y gestión de redes, se ven ampliamente potenciadas al interactuar con el sistema de simulación, que se convierte un soporte práctico y operativo para la toma de decisiones automáticas o manuales.

Para este tipo de servicios en sistemas complejos y de alta responsabilidad, el cálculo del estado hidráulico de la red no puede apoyarse en procedimientos elementales, y por ello enormemente restringidos en cuanto a su aplicación, como por ejemplo, un simple cómputo de las pérdidas de carga acumuladas en redes de conducciones de tipo estrictamente ramificado (configuraciones en que sólo haya un punto de altura piezométrica impuesta, y donde los caudales circulantes están en consecuencia determinados a priori), ya que estos métodos triviales son incapaces de abordar condiciones, nada infrecuentes en una red, en que conviven varios puntos de alimentación y/o emisión y /o interconexiones redundantes con todo tipo de elementos hidráulicos reguladores, y que configuran escenarios con un mayor grado de complejidad.

Asimismo, junto a las sofisticadas robustas y fiables técnicas de análisis hidráulico matricial, *NETCAL* incorpora en exclusiva procedimientos de análisis inverso, que permiten encontrar de forma determinista, sin recurrir a tanteos, las condiciones de regulación precisas para mantener consignas arbitrarias prefijadas, lo que supone una herramienta idónea para la gestión y control de sistemas.

En los párrafos siguientes se enumeran algunas de las aplicaciones de la simulación hidráulica en la gestión de redes que hace tiempo, desde los mismos orígenes de la aplicación en el año 1997, se enunciaron, como capacidades inherentes a *GESTAR*, y entre las que ya figuraban las asociadas al telecontrol. Utilidades tales como el monitoreo del estado de la red, la autorización / inhibición de órdenes, la predicción de la evolución de la red ante una programación de riegos, y otras utilidades adicionales muy relacionadas con las anteriores como sería la prevención de disfunciones, el entrenamiento de operadores, la fijación de consignas, la evaluación de cambios,...han sido intrínseca a la concepción de *GESTAR* y sus herramientas de cálculo.

Se ha desarrollado una primera versión de una nueva librería, *TELEGESTAR.dll*, junto a los módulos y programas adicionales que facilitan su manejo y su integración en un *SCADA*, que partiendo del actual *NETCAL* contiene los recursos precisos para dar servicio a los objetivos de un telecontrol, innovador y eficaz, sin que ello no sea óbice para que aborde las adaptaciones, extensiones, y depuraciones que convengan en cada aplicación.

Obviamente deberá decidirse en las etapas preliminares cuál es el nivel de prestaciones y funcionalidades que conviene incorporar en cada fase, y el tipo de integración y comunicación con el *SCADA*, amén de los entornos de programación, protocolos, y especificaciones demandadas.

A continuación se enuncian y se describen algunas de las posibles funcionalidades que el entorno de simulación hidráulica *TELEGESTAR* podría aportar, para permitir un telecontrol avanzado, fiable y ahorrador de recursos, tanto hídricos como energéticos.

Estas serían:

**A) Verificación en tiempo real del correcto funcionamiento de la instrumentación.**

- B) Comprobación del correcto funcionamiento de la red.**
- C) Consultas sobre del estado detallado de la red en tiempo real.**
- D) Control dinámico y optimización de la regulación en las estaciones de bombeo.**
- E) Supervisión de las órdenes de riego anticipando su efecto mediante simulación.**
- F) Combinación de los niveles E) y F).**

**Hay que recalcar que la dimensión moderada y la monitorización exhaustiva que los modernos sistemas de riego admiten, posibilita introducir técnicas de control adaptativo y optimizado, de manera particularmente ventajosa respecto a los sistemas de abastecimiento (que por ser mucho mas extensos y sujetos a incertidumbres de consumo no permiten incorporarlas en la práctica). En consecuencia no es sólo factible, si no muy conveniente, abordar una tarea pendiente como es la introducción de innovaciones y estrategias de control y regulación (como las que se han enumerado), específicas para las redes de riego a presión y que explotan sus particularidades y su alta instrumentación comparativa.**

En función de las características mas habituales de las redes del tipo de explotación a la demanda, de la instrumentación generalmente disponible (contadores de pulsos en los hidrantes y transductores de presión en algunos puntos), de la configuración y frecuencia de las comunicaciones y de las capacidades del sistema SCADA se considera aconsejable implementar las siguientes funcionalidades.

#### **A) Verificación del correcto funcionamiento de la instrumentación.**

Cada vez que suceda un evento de llegada y disponibilidad de datos desde las estaciones remotas, de presión en puntos de control, o de caudal en conducciones donde existan caudalímetros, el SCADA ordena la simulación del estado hidráulico completo del sistema, en función de los datos de configuración física de la red (constantes) y del último estado de condiciones de explotación actualizado (hidrantes con consumo, caudal en hidrante,

parámetros de gobierno de la estación de bombeo, posición de válvulas,...) que conoce a través de las señales que recibe del sistema de telecontrol. Los datos devueltos por el objeto TELEGESTAR (caudales en conducciones, presiones en nodos,...), se comparan con de los valores presión, medidos en los puntos de control, y de caudal, en las ubicaciones donde existan caudalímetros de control. Si las diferencias se encuentran por debajo de una cierta tolerancia, se validará el estado del sistema como acorde, es decir, esta sucediendo “lo que tiene que suceder” dada la configuración instantánea. Si las discrepancias superan una cierta tolerancia se genera una bandera que el SCADA deberá catalogar y reflejar.

Para prevenir falsas alarmas por falta de actualización incompleta de estados de los hidrantes, por señales en espera en los concentradores, fluctuaciones erráticas u otras causas,..., conviene esperar a los resultados discrepantes de una segunda comprobación para generar y registrar una alarma definitiva mediante el SCADA.

Las diferencias entre medidas y simulación, pueden indicar diversos tipos de disfunciones: relacionadas con la instrumentación (equipo descalibrado, datos de lectura de hidrantes incorrectos o incompletos, señales no actualizada ,..) o con el comportamiento de la red (obstrucciones, fugas, consumos excesivos no permitidos, averías en el bombeo si lo hubiere,, etc,...).

La funcionalidad descrita mejora muy significativamente la gestión de la red frente a los sistemas convencionales, que vigilan exclusivamente la desviación de las señales medidas en los puntos de control frente a unos valores generalmente rígidos, ambiguos y limitados. Algunas de las limitaciones inherentes al control convencional, exento de herramientas de simulación son:

- Se incorporan con unas consignas a vigilar predeterminadas rígidas (o con una lógica de modificación de la mismas muy compleja, llena de ambigüedades y que no llega a cubrir todos los supuestos).

- Establecen umbrales de tolerancia excesivos, formulados en términos máximos, para así admitir la amplitud de las excursiones que las variables controladas experimentan según el estado de demanda, y no son capaces de detectar niveles moderados de anomalías que se enmascaran en valores compatibles con otros estados de demanda (p.e. una misma medida de presión puede darse por una demanda grande en un ramal o por la existencia de una fuga moderada en un ramal).

La simulación sin embargo modula las alarmas de forma adaptativa y dinámica, ciñéndose al estado concreto de la red, y discrimina, de forma directa y automática, para un mismo valor de señal leída, si la lectura es compatible con el estado de configuración de la demanda o no. Se reducen así las falsas alarmas y los fallos encubiertos alcanzando a la vez un control flexible y de baja incertidumbre.

Hay que señalar además que la comparación de presiones medidas y calculados al comienzo de los ramales, equivale a disponer, en ciertas circunstancias, de controles de fugas en dichos puntos (mediante comparación de presiones medidas y calculadas).

Esto permite diseminar el número de puntos de verificación a lo largo de la red, ya que los transductores de presión, son mucho más económicos y fáciles de calibrar que los caudalímetros no intrusivos (electromagnéticos, ultrasonidos)..

## **B) Comprobación del correcto funcionamiento de la red.**

Cada vez que existe un evento de inicio/fin de consumo o de actualización de lecturas de contadores de caudal en el hidrante, el SCADA ordena realizar la simulación correspondiente. Como resultado de la simulación numérica facilitada por TELEGESTAR se conocen todos los parámetros hidráulicos en todos los puntos de la red (tanto si existe instrumentación como si no). En particular, en aquellos en los que hay marcadas consignas operativas

se comprueba que los resultados de la simulación se encuentran en un rango aceptable respecto a las consignas, y si no es así, se generará una alarma. Como mínimo la comprobación afecta a la presión de consigna establecida en cada uno de los hidrantes, y podrían incluirse otros parámetros (velocidades máximas admitidas, caudales máximos, potencia máxima o rendimiento mínimo en el caso de los equipos e bombeo,...)

Estos rangos de valores admisibles, globales o individualizados, se han determinado con anterioridad, según las condiciones fijadas en el proyecto, o pueden asimismo haber sido establecidas mediante ensayos o simulaciones previas.

La aparición de puntos con presiones calculadas por debajo de la consigna, excedido el umbral de tolerancia, (Márgenes de presión negativos) debe mostrar y registrar una alerta ya que indica que existe una condición de trabajo inadecuada.

Puede que los puntos de control de presión muestren valores por encima de los valores mínimos de penalización y sin embargo encontrarse consumos en hidrantes con presiones bajas, en los que no hay medida de presión. La simulación detecta automáticamente estas disfunciones.

Si el margen de presión negativa es muy elevado (15 mca o mas) procedería a informarse de la conveniencia de forzar un cierre del hidrante.

En caso de realizarse alguna acción correctiva y hasta que no se acumule mas experiencia, estas decisiones deberían adoptarse por el operador. En caso de realizarse de forma automática los criterios y orden de cierre pueden ser de diversa índole: hidrante con mayor déficit, último hidrante abierto, hidrante de mayor caudal de la zona...

Asimismo la búsqueda de alternativas ante una configuración de colpaso puede ensayarse con la aplicación GESTAR, ejecutada en paralelo y alimentada con el fichero de salida.mdb generado por el SCADA.



### **C) Consultas sobre del estado detallado de la red**

Si como resultado del proceso A) no se han producido alarmas por discrepancias significativas entre los valores calculados y los valores medidos en los puntos de control (en un número y localización suficiente), las predicciones de la simulación podrán tomarse como correctas en toda la red.

Así, los resultados obtenidos reflejarán el estado completo del sistema, (presión, velocidad, caudal en cualquier punto) y podrán mostrarse como valores fiables, representándolos optativamente en el entorno del SCADA, de forma permanente o ante interrogaciones. En este caso, la simulación actúa como “omni sensor virtual” que conoce e informa del estado de las variables del sistema en cualquier punto.

### **D) Control dinámico y optimización de la regulación en las estaciones de bombeo.**

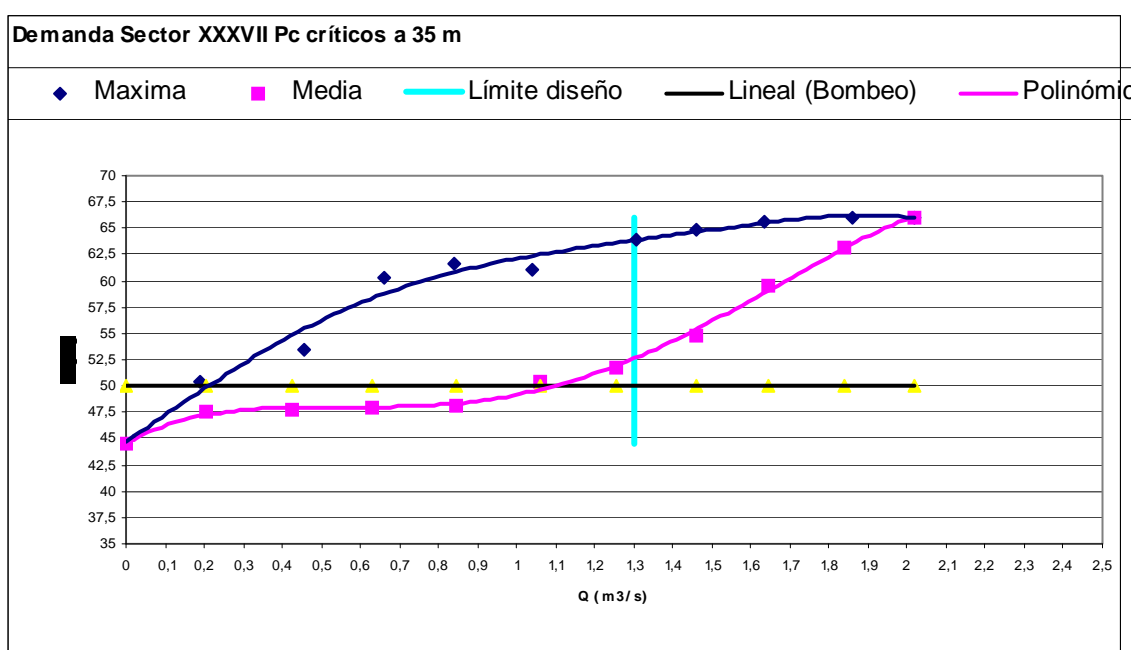
Los sectores alimentados con bombeos directos son numerosos en las modernizaciones, por lo que las funcionalidades de optimización del bombeo que ofrece la integración del SCADA y la simulación hidráulica resulta sumamente innovadoras y ahorradoras de energía. En interés de las Comunidades de Regantes en poner a punto y validar los procedimientos que se exponen a continuación, están sobradamente justificados y pueden ser explotados ventajosamente en cualquier otro sistema con bombeo.

En las redes alimentadas mediante grupos de bombas la simulación del sistema puede incorporar objetivos del control que busquen no sólo satisfacer los requisitos de servicio (presiones, caudales, niveles adecuados) sino contemplar también las posibilidades de reducir el consumo energético y optimizar la regulación de la estación.

Uno de los aspectos que de forma mas efectiva puede implementarse gracias a las capacidades de cálculo que aporta TELEGESTAR, es la reducción del consumo energético mediante la modulación en tiempo real de la

consigna de presión asignada a los grupos de velocidad variable, según el estado de la red.

Hay que tener en cuenta que si las curvas de consigna (altura requerida en la estación de bombeo en función del caudal) se especifican siguiendo estrictamente la envolvente de las máximas alturas de impulsión requeridas para alimentar con presión suficiente al nodo mas desfavorable en la mayoría de los escenarios de demanda existirá un exceso de presión en todos los nodos, lo que supone un despilfarro energético.



Si la curva de consigna se construye con valores algo inferiores (por ejemplo con los requisitos de presión dados por la curva de consigna eficaz) para dar servicio a la mayoría de los escenarios probables, pueden darse combinaciones de demanda que no alcancen presión suficiente. En tal caso, para un mismo caudal de suministro, existen combinaciones extremas de hidrantes abiertos cuya presión requerida en cabecera puede ser superior a la dada por la curva de consigna adoptada.

Al incorporar en el sistema de telecontrol el módulo de simulación TELEGESTAR, gracias a los exclusivos recursos computacionales que

permiten el análisis inverso, es posible realizar una radical mejora en los esquemas de regulación de las estaciones de bombeo, adaptando la altura de impulsión de la salida de la estación en cada momento a la estrictamente necesaria según el escenario de demanda que exista. Con ello se consigue la reducción de los consumos energéticos o evitar que haya nodos desfavorables con déficit sistemáticos de presión.

Para ello, basta con reemplazar el valor de presión objetivo prefijado para cada caudal en el sistema de regulación convencional mediante la curva de consigna, (valor desacoplado del proceso de telecontrol), por el valor óptimo obtenido mediante TELEGESTAR.

Para ello, ante un evento de inicio/fin de consumo o una actualización del caudal de un hidrante el sistema de telecontrol TELEGESTAR calculará la presión de alimentación estrictamente requerida para conseguir los requisitos de presión mínima establecidos, pero sólo en cada uno de los hidrantes que se encuentran abiertos en un momento dado. Para ello TELEGESTAR recurre a las técnicas computacionales de cálculo inverso que implementadas. De esta manera el trabajo conjunto del sistema de telecontrol, que informa de los hidrantes abiertos y cerrados, y del sistema de simulación, dialogan y utilizan esta información para evaluar la altura de bombeo necesaria en cada momento, ajustando así los gastos energéticos.

El proceso se implementa de la manera siguiente. Cada vez que se produce un evento por inicio/fin de consumo en un hidrante o por actualización de caudal (puede generalizarse el evento incluyendo cambios de estado en cualquier dispositivo de la red, válvulas, etc,..), el SCADA realizará una secuencia de dos simulaciones. En la primera, simulación predictor, se analiza el comportamiento de la red mediante una regulación convencional con curva de consigna. En la segunda llamada, simulación corrector, se ordena ejecutar una simulación con análisis inverso, de la que se obtiene el valor mas ajustado de presión a suministrar por el sistema de regulación de la estación de bombeo. Este análisis inverso obtiene el requerimiento exacto de presión en la cabecera para anular el déficit o exceso de presión respecto a la presión

mínima requerida en el hidrante mas desfavorable. Las herramientas de análisis inverso que aporta de forma exclusiva TELEGESTAR permiten encontrar estos valores en el caso mas general posible, para cualquier tipo de red y condiciones de contorno, de manera directa y exenta de tanteos.

De esta manera se mejora la calidad de servicio de la red (al evitarse que se produzcan déficit de presión en los hidrantes cuando se implementan curvas de consigna que no son estrictamente las envolventes de las máximas alturas de impulsión requeridas) y se reduce el consumo de energía, al eliminarse los excesos de presión provocados sistemáticamente si se adoptan las curvas de consigna con los máximos requerimientos de altura.

Los detalles de cómo alimentar la base de datos entrada y extraer los resultados en la base de datos salida serán aportados por el grupo GESTAR.

El valor altura de impulsión que óptima, en el sentido de que es justamente la que se precisa en cada momento, constituye una consigna coyuntural para estación de bombeo, requerimiento que es dinámico y que se actualiza cada vez que se producen cambios en la demanda. Asimismo, TELEGESTAR suministrará datos para conocer rendimiento de la nueva condición de funcionamiento, de tal manera que, si para alcanzar la nueva consigna con altura de impulsión reducida, se inducen cambios en el punto de funcionamiento de los grupos bombeo que provocan una baja de rendimiento se retocará la consigna. El equipo GESTAR analizará la composición de la estación de bombeo existente para configurara las instrucciones precisas para este control. En aquellas redes con bombeo directo en que el equipo GESTAR desarrolle el diseño, tendrá en cuenta este aspecto e incorporara en el diseño de la estación de bombeo estos extremos..

## **E) Control sin programación de riegos**

Este tipo de telecontrol simplificado solamente maneja las señales de apertura y cierre de hidrantes en tiempo real, en el momento que lo solicitan los usuarios, pero no conoce cuál será el tiempo de permanencia en el estado (abierto / cerrado) ni tampoco cuándo van a producirse nuevas demandas.

a) Redes alimentadas por gravedad.

En caso de que la red se alimente desde una balsa el módulo de simulación comprobará que, dado el estado del resto de elementos de la red (nivel en balsas, hidrantes abiertos) la nueva demanda no provoca ninguna alarma (por niveles de presión bajos, velocidades excesivas). En caso contrario, la orden se inhibirá. La orden queda en estado de hibernación y cada vez que se produce un nuevo cambio del sistema, gestionado por el telecontrol, el módulo de simulación vuelve a calcular la nueva configuración para comprobar si es ya posible activar las ordenes retenidas, haciéndolas entrar secuencialmente según el tipo de prioridad que se asigne (llegada, tamaño, posición,...).

b) Redes alimentadas por bombeo directo con curva de consigna fija

En los sistemas convencionales de regulación de sistemas de bombeo la curva de consigna viene prefijada, así como las consignas de arranque y paro de cada grupo. En caso de habilitarse además algún grupo de velocidad variable, los márgenes de operación del variador de frecuencia para adaptarse a la curva de consigna sin caídas excesivas de rendimiento, se encuentran asimismo pre-establecidos<sup>1</sup>.

En definitiva, independientemente del proceso seguido para la definición de las consignas (bien sea óptimamente mediante *GESTAR* o a través de criterios clásicos) en este nivel de integración, se supone que las consignas de

---

<sup>1</sup> Hay que señalar que las utilidades ya implementadas en *GESTAR* permiten actualmente obtener estas curvas de consigna, con el concurso de la librería *NETCAL*; y evaluar el comportamiento de la respuesta de las bombas y la regulación. Estas funcionalidades serán potenciadas cuando se encuentren plenamente operativas las nuevas herramientas que se están diseñando, que permiten automatizar y optimizar el proceso de selección de las bombas, los fraccionamientos y las consignas de regulación. Estos aspectos son complementarios de las funcionalidades del sistema de control en tiempo real que se está describiendo.

la regulación de la estación de bombeo se encuentran preestablecidas. En las técnicas clásicas de regulación, básicamente independiente del telecontrol de la red, la medida de presión/cadual a la salida de los grupos de bombeo es la única función que realimenta la regulación del bombeo (arranque-paro y velocidad de giro de cada bomba).

En tales casos la funcionalidad del módulo de simulación integrado en el telecontrol corresponde a la un esquema similar a las situaciones con alimentación por balsas solo que ahora el *TELEGESTAR* configura el estado de la impulsión reproduciendo las consigna de regulación de los grupos, debiéndose vigilar, además de los niveles de presión o velocidad, también el rendimiento de los grupos y la potencia consumida ante la entrada de nuevas demandas, bien sean de tipo programado o no programado.

Una particularidad de las redes alimentadas con bombeos reside (en el caso de que la curva de consigna que se ha formulado para regulación no siga estrictamente la envolvente de máximas presiones, caso habitual) en que el cierre de una serie de hidrantes puede incidir en la aparición de alarmas por insuficiencia de presión si provocan la desconexión de alguna bomba, y con ello se reduce la presión en algún otro hidrante que todavía se encuentra abierto.

### **Control con programación.**

Si el sistema de telecontrol tiene información, como será el caso de los sistemas mas sofisticados, del momento de apertura del hidrante, y del tiempo que permanecerá abierto, *TELEGESTAR* realizará el análisis hidráulico completo de la evolución temporal de la red para el periodo solicitado cada vez que en el sistema ingresa una nueva orden, habitualmente con alguna anticipación respecto al comienzo, incorporando todas las demás ordenes pendientes que afecten al periodo considerado. En este caso, se verifican además las evoluciones de nivel en las balsas en prevención de vaciados o reboses indeseables. *TELEGESTAR* debe admitir un juego extendido de ordenes de control adicionales (*NETCAL* posee ya un juego básico) en función

de instrucciones lógicas, que permitan reproducir la el detalle de las operaciones de los elementos subordinados. Por ejemplo, si la balsa se llena mediante una impulsión las órdenes de arranque y paro de los grupos según nivel y periodo horario, dichas instrucciones deben incorporarse a la simulación temporal. Además, cada cierto intervalo temporal, y cada vez que termina un periodo de apertura de un hidrante, se actualiza la simulación temporal para efectuar la supervisión

Si a lo largo del periodo de apertura programado aparece alguna alarma, se podrá desplazar el comienzo del periodo de riego de la nueva solicitud, en un margen limitado, ordenando a *TELEGESTAR* ejecutar nuevas simulaciones temporales, hasta encontrar una ventana en que no se provoquen disfunciones hidráulicas. Si el desplazamiento del periodo de inicio del riego excede los umbrales prefijados deberán existir un protocolo compartido entre el sistema de control y de simulación para que, en función de los registros históricos (riegos anteriores) de cada hidrante y de las prioridades asignadas (tipo de cultivo, tolerancia la estrés, grado de libertad,...) se redistribuya las ordenes que han llegado previamente, y que aún no han comenzado, reacomodando la nueva demanda con preferencia sobre las de menor prioridad. Cada una de las posibles alternativas encontradas por el motor de programación de los riegos debe ser sometidas al análisis del módulo de simulación para validar su compatibilidad hidráulica con los condicionantes del sistema.

Tanto si las instrucciones del riego son determinadas por los usuarios, como sin son fruto de una elaboración automática elaborada por un sistema de programación de riegos, que tenga en cuenta factores como al climatología, cultivo, etc, el proceso a seguir es equivalente.

De esta manera se mejora la calidad de servicio de la red (al evitarse que se produzcan déficit de presión en los hidrantes cuando se implementan curvas de consignas que no son estrictamente las envolventes de las máximas alturas de impulsión requeridas) y se reduce el consumo de energía, al eliminarse los

excesos de presión provocados sistemáticamente si se adoptan las curvas de consigna con los máximos requerimientos de altura.

### **F) Combinación de los niveles C) y D)**

La aplicación de este nivel avanzado de regulación exige la elaboración de un lógica de control mas sofisticada y depurada, donde se establezcan estrategias que exploren un universo de soluciones posibles para reacomodar las demandas durante un cierto periodo con un mínimo coste energético. De esta manera ante una nueva demanda a introducir, cabe la posibilidad de:

- Modificar la regulación del bombeo para restablecer la presión necesaria en todos los hidrantes.
- Retener la solicitud hasta otro instante, donde la combinación de demandas haga que el consumo energético sea menor.
- Las dos cosas.

Todas las acciones que generen un escenario tentativo requerirán la simulación del estado hidráulico de la red y de los costes energéticos asociados, que serán facilitados por el módulo de simulación.



