

## GestarCAD, UNA APLICACIÓN PARA EL DISEÑO Y SIMULACIÓN DE REDES RIEGO BAJO EL ENTORNO AutoCAD UTILIZANDO OBJETOS ACTIVE X

Alfredo Serreta Oliván (1), Daniel Iglesias Baya (2), Ricardo Aliod Sebastián (3), César González Cebollada (4)

<sup>(1)</sup>Universidad de Zaragoza, España

Escuela Politécnica Superior de Huesca. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación

Correo electrónico: [serreta@posta.unizar.es](mailto:serreta@posta.unizar.es)

<sup>(2)</sup>Universidad de Zaragoza, España

Escuela Politécnica Superior de Huesca. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación

Correo electrónico: [diglesia@posta.unizar.es](mailto:diglesia@posta.unizar.es)

<sup>(3)</sup>Universidad de Zaragoza, España

Escuela Politécnica Superior de Huesca. Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos.

Correo electrónico: [raliod@posta.unizar.es](mailto:raliod@posta.unizar.es)

<sup>(4)</sup>Universidad de Zaragoza, España

Escuela Técnica Superior de Huesca. Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos.

Correo electrónico: [cesargon@posta.unizar.es](mailto:cesargon@posta.unizar.es)

### RESUMEN

En este artículo se presenta la versión  $\beta$  de la aplicación GestarCAD de simulación y diseño de redes de riego. Esta aplicación utiliza modernos y avanzados métodos numéricos para la simulación hidráulica que hacen a la aplicación robusta y fiable. Como entorno gráfico se utiliza AutoCAD, programando la aplicación en Visual Basic 6.0 utilizando los objetos Active X que las últimas versiones de AutoCAD han implementado. De esta forma se logra que tanto la entrada de datos como la representación gráfica de los resultados se realicen desde el entorno gráfico de AutoCAD. GestarCAD también implementa diversas utilidades gráficas para el uso por parte de los proyectistas de redes de fluidos.

**Palabras clave:** : CAD, VB, GPS, SIG, FLUIDOS, RIEGO, AutoCAD, SIMULACIÓN, TOPOGRAFÍA.

### ABSTRACT

In this article we present the  $\beta$  version of GestarCAD for simulation and design of networks of irrigation systems. This application uses modern and advanced numerical methods for hydraulic simulation that make a robust application. As a graphic interface the application uses AutoCAD, programming the Active X objects that the latest versions of AutoCAD have implemented. In this way, both the input of data and the plotting of results can be accomplished from AutoCAD. GestarCAD also implements other graphical tools which one of great help for hydraulic engineers.

**Key words:** CAD, VB, GIS, FLUIDS, IRRIGATION, AutoCAD, SIMULATION, SURVEYOR.

## 1 Introducción

*GestarCAD* v 1.0  $\beta$  constituye la versión preliminar de un paquete informático, para el dimensionado, simulación y cartografía de redes presurizadas de distribución de fluidos, orientado al diseño, análisis y gestión de sistemas de riego que utiliza el entorno operativo de *AutoCAD/ AutoCAD-MAP* para su funcionamiento gráfico interactivo, utilizando el entorno de programación de Visual Basic, y los objetos Active X que incorporan las últimas versiones de AutoCAD.

Ante la ausencia, limitación u obsolescencia de “software” específico de análisis y gestión de redes de riego a presión se ha acometido el desarrollo de *GestarCAD* aprovechando tanto la generalidad, flexibilidad y potencia de las técnicas de análisis computacional habitualmente empleadas en sistemas hidráulicos complejos. *GestarCAD*, como herramienta informática de ingeniería hidráulica, integra procedimientos innovadores para el diseño y análisis hidráulico completo de redes presurizadas en régimen estacionario en el contexto de los sistemas de riego, explotando procedimientos numéricos avanzados. Introduce además metodologías de cálculo avanzadas que resuelven con seguridad una amplia gama de problemas prácticos que hasta el presente no se podían abordar o se analizaban rudimentariamente.

La operación conjunta de *GestarCAD* sobre el paquete CAD/GIS permite generar automáticamente todo tipo de documentación técnica, planos y mapas temáticos, relativos a diseño y gestión del sistema, suplementándose además estas capacidades con herramientas específicas que facilitan la obtención de trazados óptimos, perfiles longitudinales, secciones tipo, despieces, curvas de nivel, captura de altimetría, volcado de datos GPS, etc.

La consecuencia de la conexión de una notable capacidad de cálculo con las utilidades propias de los paquetes CAD/GIS configura un producto de gran versatilidad y productividad que facilita la divulgación y aplicación práctica de tecnologías que permiten una mayor eficacia del riego, tanto en cantidad como en calidad, con el consiguiente ahorro de recursos hídricos, reduciendo las inversiones de construcción, los costes de proyecto (a la par que se maximiza la fiabilidad del diseño) y, finalmente, permite una exhaustiva gestión del sistema una vez en explotación.

## 2 Estructura y comunicación entre los diferentes módulos de la aplicación.

*GestarCAD* consta de tres módulos básicos entrelazados, *GestarCAD.exe*, *Netcal.dll* y *AutoCAD.exe* que abordan diversas tareas complementarias. En la Figura 1 se puede observar el diagrama de flujos de los tres módulos, siendo el módulo de *GestarCAD.exe* el que controla los otros dos módulos, interconectándolos entre sí por medio de este módulo.

*GestarCAD.exe*, programado en *Visual Basic 6.0*, es el núcleo que soporta las tareas de comunicación con el usuario, gestiona la captura de datos y la presentación de resultados en el entorno de *AutoCAD*, suministra toda la serie de herramientas de configuración de escenarios y recursos operativos, transfiere y recoge los datos y resultados de los cálculos y controla el flujo general de la aplicación. La carga de redes, especificación de condiciones de contorno, modificación de parámetros, presentación y análisis de resultados se realiza en el entorno gráfico de *AutoCAD* comunicado interactivamente con *GestarCAD.exe* mediante los objetos Active X [1] que *AutoCAD* suministra.

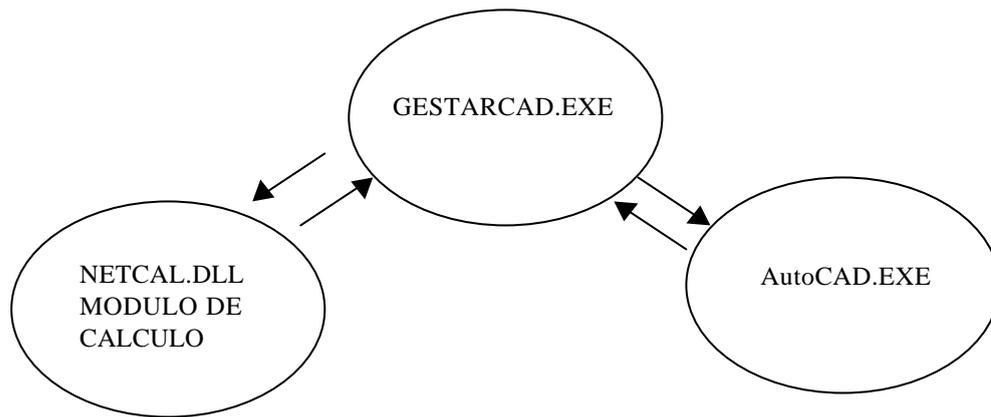


Figura 1. Diagrama de funcionamiento de los tres módulos básicos.

Todas las operaciones y manejo de opciones se efectúan mediante iconos, barras de herramientas, ventanas de diálogo y menús desplegables, haciendo sumamente cómoda e intuitiva la explotación de sus capacidades.

*GestarCAD.exe* así mismo desarrolla un conjunto de operaciones relativas a funciones relacionadas con la generación de escenarios, dimensionado de redes, generación de altimetrías, trazado de redes y en general, aspectos que no requieren un cálculo numérico intensivo.

*Netcal.dll* [2] programado en *Fortran 90* [3], un lenguaje específico de los procesos de cálculo intensivo, es el núcleo de simulación hidráulica de *GestarCAD* que implementa las técnicas numéricas matriciales para el análisis de redes presurizadas en régimen estacionario.

Estas técnicas se basan en la transformación del sistema completo de ecuaciones no lineales que caracteriza cada nudo y cada elemento de la red, junto a las condiciones de contorno, en un sistema de ecuaciones que admite una formulación matricial pseudolineal, puesto que los coeficientes de la matriz dependen a su vez de las variables incógnita cuya solución se busca. Para resolver esta indeterminación se recurre a procesos iterativos, optimizados para acelerar la tasa de convergencia a la solución. Ahora bien, la resolución efectiva del procedimiento general encierra todo un conjunto de problemas matemáticos y computacionales nada triviales, cuya consideración no puede obviarse si se desea que la técnica funcione de manera robusta, eficiente y flexible.

En los entornos *Windows 9X* y *NT* *Netcal.dll* es compilado actualmente como una librería *dll* que se invoca directamente desde el módulo central *GestarCAD.exe*, comportándose como una subrutina, que recibe las variables y parámetros almacenados en memoria *RAM* y que, asimismo, devuelve los resultados a dicha memoria.

Las características más relevantes operativas de los módulos *Netcal.dll* y *GestarCAD.exe* se reseñan a continuación.

### ***Módulo de cálculo Netcal.dll***

El motor de cálculo de *GestarCAD* se caracteriza por ser robusto, flexible y de propósito general. Admite cualquier número de nodos y posee recursos para realizar diseños inversos y simulaciones con evolución temporal. Permite el tratamiento de 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, dispositivos antirretorno, etc. Los dispositivos emisores, con caudal proyectado dependiente de la presión, reciben una especial atención.

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.

### ***Módulo de control: GestarCAD.exe***

La carga de redes, modificación de parámetros, manejo de opciones, presentación y análisis de resultados y comunicación con *AutoCAD*, se realizan a través de iconos, barras de herramientas, ventanas de diálogo y menús desplegados, siendo fácil e intuitiva la explotación de todos sus recursos.

*GestarCAD* comparte la filosofía que inspira las tendencias del “software” de la última generación, orientada a simplificar el uso de las aplicaciones a la par que éstas se hacen más complejas y potentes, facilitando al usuario el familiarizarse con ellas rápidamente sin la necesidad de un estudio preliminar exhaustivo. Para ello se da relevancia a los aspectos de comunicación gráfica con el usuario, manejo autoexplicativo, consistencia de los algoritmos de cálculo frente a situaciones extremas, resolución integrada de las tareas auxiliares mediante utilidades, verificación de la coherencia de los datos de entrada, comprobación automática de la compatibilidad de condiciones de contorno, ayudas y valores por defecto configurables por el usuario, gestión de errores, etc.

La generación de la topología y datos constructivos de la red puede realizarse de forma gráfica, explotando las posibilidades de *AutoCAD*. Incorpora numerosas herramientas para el proyectista, como recursos para definir trazados ramificados de mínima longitud entre puntos prefijados.

También integra un módulo de dimensionado óptimo mediante el método de la serie económica, *Diopcal*, elaborado en la Universidad Politécnica de Valencia. La carga de datos, tanto hidráulicos como geométricos, se facilita mediante la comunicación interactiva con bases de datos de tuberías, pérdidas singulares y emisores. Los resultados admiten diversos tipos de consulta mediante tablas, visualización numérica sobre la red, código de colores, series numéricas temporales, gráficos de evolución temporal, ventanas desplegadas y exportación a base de datos. Incorpora recursos para generar documentación técnica y planos relativos a la red: perfiles longitudinales de tramos de la red, despiece en componentes, leyendas de resultados. La generación de escenarios puede ser de tipo aleatorio o determinista con diversas opciones adicionales en cada tipo de escenario: Sorteos simples, sorteos encadenados, probabilidades homogéneas, probabilidades distintas, escenario determinista estacionario o con evolución temporal.

Se facilitan herramientas para obtener parámetros estadísticos de las variables y establecer alarmas que adviertan y almacenen posibles disfunciones del sistema. Posee módulos topográficos para reflejar levantamientos, crear las curvas de nivel del terreno donde se encuentra la red, hacer un ajuste de cotas de los nodos y utilizar el sistema *G.P.S.* para la captura de puntos del terreno.

Además de la ya indicada comunicación con *Access* se han incorporado opciones para la exportación e importación de datos a *Diopram* [4], programa de dimensionado óptimo de redes, de exportación a *Epanet* [5], programa de simulación de redes, y de

conversión de datos al formato *Fiedbc* [6] para la realización de presupuestos con otras aplicaciones.

### 3 Funcionamiento de la aplicación

Una vez instalada la aplicación, está crea en el menú *Inicio* un acceso directo desde el cual se puede iniciar la aplicación. Haciendo doble clic sobre su icono la aplicación GestarCAD se inicia y se abre la versión de AutoCAD instalada en el ordenador, mostrando en la parte superior el menú e iconos de las operaciones que son posibles realizar desde la aplicación GestarCAD. Desde este menú se pueden indicar las acciones que el usuario quiere realizar sobre la aplicación de AutoCAD, disponiendo en está los diversos elementos de la red. En la Figura 2 se muestra la ventana principal de la aplicación.

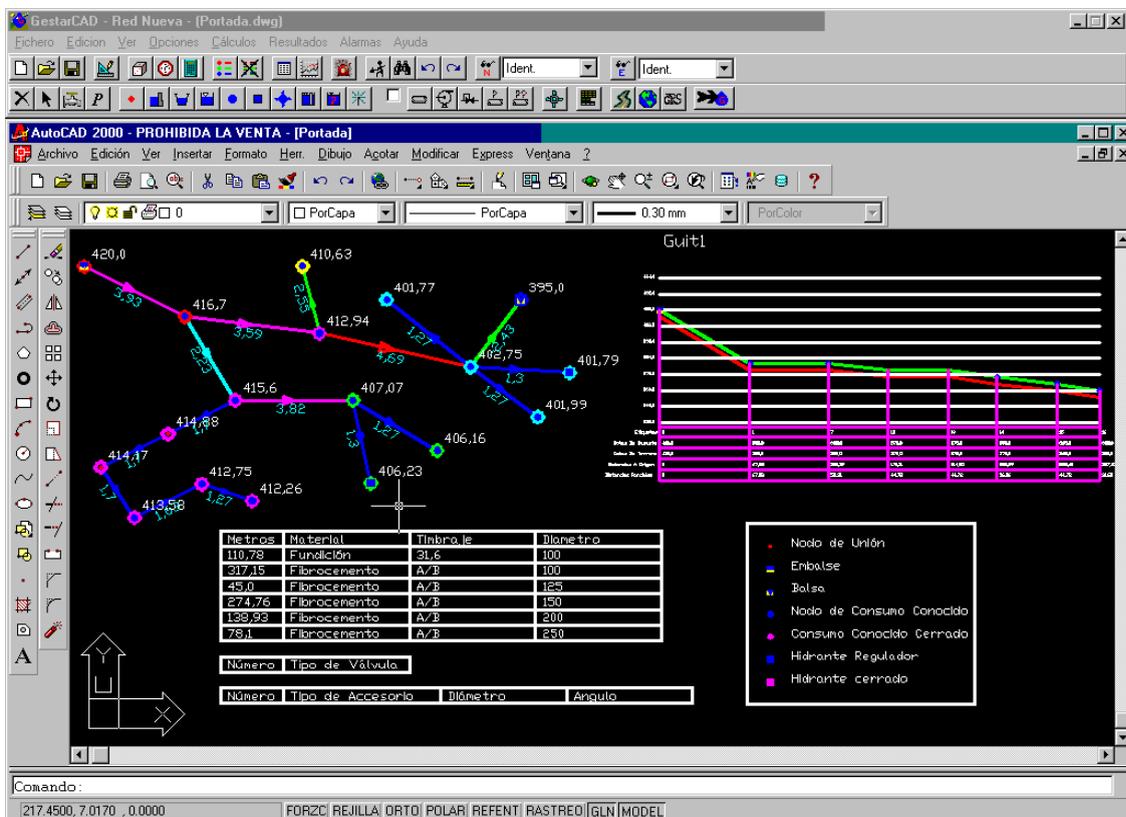


Figura 2. Ventana principal de la aplicación con una red calculada.

La entrada de datos a la aplicación se realiza seleccionando el icono correspondiente al menú de GestarCAD y disponiendo el elemento sobre la posición que queremos situarlo de la pantalla de AutoCAD. Una vez realizada esta operación aparecerá sobre la pantalla de AutoCAD un icono representando el elemento correspondiente y se abrirá una ventana en la cual se requieren lo datos necesarios del elemento para su correcto funcionamiento, como por ejemplo en el caso de una tubería la elección de su material y su diámetro.

Estos símbolos son configurables y son escalables en cualquier momento de forma automática y sin perder la información que estós ya tienen asignada previamente. Para ello deberemos acceder al menú de herramientas *Opciones* y elegir allí *Preferencias*. Se abre una ventana con diferente pestañas.

### 3.1 Elementos básicos de una red

Para modelizar la red se debe de disponer los diferentes elementos pulsando los diferentes botones del menú de GestarCAD. Se pueden distinguir dos tipos de elementos, los elementos puntuales, denominados nodos y los elementos de unión entre estos, denominados tuberías. A continuación se pasan a describir estos elementos. Hay que resaltar que todos estos elementos son editables, en cualquier momento para cambiar sus características, eliminarlos, desplazarlos etc, con las correspondientes ordenés de GestarCAD.



#### **Nodo de unión**

Es un tipo de nodo sin consumo de caudal y que sirve para modelizar diferentes tramos de tuberías, entre los cuales cambia el trazado geométrico o una de sus características hidráulicas, como pueden ser los diámetros. Se puede utilizar para representar cualquier punto singular de la red, como bifurcación de ramales, cambios de diámetro, elementos cerrados en el extremo, cambios de dirección de las conducciones, puntos de paso intermedio donde se desee controlar la presión, etc.



#### **Nodo Embalse**

El *Nodo Embalse* es un tipo de nodo que modeliza un punto que suministra a la red una presión constante en el que el valor asignado automáticamente por el programa a la altura de presión es nula. La condición de contorno que se debe suministrar en el nodo embalse es la cota de la lámina libre. Este tipo de nodo simula una toma de fluido desde un sistema que está abierto a la atmósfera y en el que la cota de la lámina libre es constante a lo largo de todo el periodo de simulación. Balsas, depósitos de nivel constante y pantanos, con capacidad suficiente para no experimentar variaciones de nivel en periodos cortos, son ejemplos de puntos de abastecimiento que pueden ser configurados con este tipo de nodo.



#### **Nodo Balsa**

Es un tipo de nodo muy parecido al *Nodo embalse*, pero con la característica que su capacidad es variable con el tiempo. Es un nodo de alimentación de la red utilizado para una simulación del comportamiento de la red a lo largo de un periodo. Para la realización de la simulación son necesarios los datos que caracterizan la capacidad de la balsa.



#### **Nodo de presión regulada**

En este tipo de nodo se define como un *Nodo de consumo* cuya presión se conoce, pero no su consumo. Incógnita que el programa en su simulación nos desvelará.



#### **Nodo de consumo conocida.**

Es un nodo donde la condición de contorno es el *Consumo* exterior, supuesto conocido e independiente de la presión, entendiéndose por consumo, bien aporte o extracción de caudal de la red.



#### **Nodo hidrante regulador**

En este tipo de nodo generalización del *Nodo de Consumo Conocido*, permite reproducir el comportamiento completo de un hidrante dotado de regulador-reductor de presión y limitador de caudal, para todo el rango de presiones de alimentación. Cuando

la presión en la red es superior al valor de consigna, el *Nodo Hidrante Regulador* se comporta como un *Nodo de Consumo Conocido*.



### **Nodo aspersor**

Es un tipo de *Nodo* que simula la colocación de un elemento emisor tipo aspersor, o rociador en una instalación contra incendios.



### **Nodo emisor**

Es un *nodo* en el que se descarga caudal al exterior de la red existiendo en el punto de descarga la presión ambiente exterior (atmosférica). Si se toman presiones en la red relativas a la atmósfera, la presión relativa en el punto de descarga es nula y, en consecuencia, la altura piezométrica en el punto de descarga es conocida e igual a la cota. Por tanto un *Nodo Emisor* es un *nodo* de altura piezométrica conocida, que *GestarCAD* asigna automáticamente igual a la cota. Un *Nodo Emisor* simulará correctamente el punto final de todo dispositivo que comunique con la atmósfera exterior y cuyo caudal emitido dependa de la presión. Aspersores sin ningún regulador de presión antepuesto, pulverizadores, hidrantes abiertos sin elementos de regulación activos o con presiones insuficientes para que éstos funcionen, mangueras, descargas al exterior a través de válvulas, roturas, válvulas de alivio... responden a este esquema



### **Elemento Conducción**

Este tipo de elemento es el más común en las redes de distribución. Corresponde a una tubería de sección circular y diámetro constante que puede contener pérdidas de carga singulares adicionales. Puede trabajarse con conducciones de sección constante no circular, interpretando el *Diámetro* como *Diámetro Hidráulico*.



### **Elemento Bomba**

Éste es el elemento activo que nos proporciona altura de impulsión,  $\Delta H < 0$ , en un determinado tramo. Se declara mediante la ecuación polinómica que reproduce su curva característica  $H_B(Q)$  (expresada siempre en unidades del *Sistema Internacional*). Para crear un elemento bomba, basta hacer un "clic" en el *nodo* inicial y otro en el *nodo* final. Todos los parámetros que el programa necesita para la construcción y simulación de una bomba, aparecerán en una ventana que se abrirá automáticamente.

## **5. Cálculos y resultados**



### **Calcular**

Una vez creada la red se puede pasar a calcular esta, y resolver todas sus incógnitas en cada uno sus elementos, presión, velocidad, perdidas de carga, etc., al pulsar este botón se comunican todos los datos al módulo de cálculo *Netcal.dll* que procesa la información, resolviendo el problema hidráulico planteado. Una vez concluido el cálculo del escenario, los resultados se devuelven al módulo gráfico y estos se vuelcan en el esquema de la red en pantalla con las variables y código de colores especificados. Se representa para cada *nodo* una estrella alrededor, cuyo color indicará el intervalo de valores entre los que se localiza el valor de la variable seleccionada en la ventana *Leyenda de Colores*, según los rangos asimismo definidos en ella. De igual modo, también los elementos aparecerán coloreados en función de los valores de la variable elegida en la ventana *Leyenda de Colores*.

La codificación en colores de los resultados de cada cálculo se vuelca en ocho capas, cuatro asociadas a los nodos y cuatro a los elementos.



### Editar Leyenda de Colores

Los resultados de un escenario de la red se muestran mediante un código de colores cuyos rangos pueden modificarse y almacenarse si así lo desea el usuario. Al pulsar este botón aparecerá una ventana, donde se podrán cambiar los rangos de valores y los colores asociados que se utilizan para representar las distintas variables en la salida gráfica. También se pueden seleccionar las variables a mostrar, tanto en nodos como en elementos. *GestarCAD* establece unos rangos y colores por defecto, basados en los valores máximos y mínimos encontrados en la ejecución del caso o de la serie de casos.



### Resultados

Tras haber calculado una red, bien sea de un escenario único o de un conjunto de ellos, el botón *Resultados* permitirá crear listados numéricos de éstos. El tipo de tabla que aparece por defecto al pulsar el Botón *Resultados* corresponde al de la Figura 3. En la ventana *Resultados*, aparecen todas las variables referentes a cada nodo o elemento, tanto las introducidas como dato como las procedentes del cálculo de la red. El estado de los elementos de bombeo y regulación aparecen indicados en las posiciones correspondientes.



### Inserción de leyendas

Este módulo permite insertar en el dibujo tres tipos distintos de leyenda de los resultado gráficos, tal como se muestra en la Figura 2.

| Nodo | Alt. Piez.<br>(m) | Presión<br>(m) | Consumo<br>(m3/s) | Cota<br>(m) |
|------|-------------------|----------------|-------------------|-------------|
| 1    | 141,6518          | 42,1518        | 0                 | 99,5        |
| 10   | 139,7835          | 40,2835        | 0                 | 99,5        |
| 11   | 139,3882          | 39,8882        | 0,024             | 99,5        |
| 12   | 138,8926          | 39,3926        | 0,035             | 99,5        |
| 13   | 140,2908          | 40,7908        | 0                 | 99,5        |
| 14   | 140,2908          | 40,7908        | 0,0               | 99,5        |
| 15   | 139,1528          | 39,6528        | 0,017             | 99,5        |
| 16   | 139,162           | 39,662         | 0,035             | 99,5        |
| 17   | 140,2369          | 40,9869        | 0                 | 99,25       |
| 18   | 139,0829          | 39,8329        | 0,035             | 99,25       |
| 19   | 139,7383          | 40,7383        | 0                 | 99          |
| 2    | 141,0581          | 41,5581        | 0                 | 99,5        |
| 20   | 139,3231          | 40,3231        | 0                 | 99          |
| 21   | 138,7795          | 39,7795        | 0                 | 99          |

Figura 3. Edición de los resultados numéricos

GestarCAD realiza la medición de la red, contabilizando los metros de cada tipo de tubería, discriminando el material, el timbraje y el diámetro. También se presenta el número de válvulas de cada tipo y el número de accesorios, según el tipo y sus parámetros característicos.

Al pulsar el botón *Despiece de la red* desaparece la ventana actual para establecer como ventana activa la de AutoCAD. Se selecciona entonces el punto del dibujo donde se quiere presentar el cuadro con el despiece de la red.

Al pulsar el botón *Leyenda de símbolos* --> desaparece la ventana actual para establecer como ventana activa la de AutoCAD. Se selecciona entonces el punto del dibujo donde se quiere presentar la leyenda de símbolos, en la que aparecen los símbolos usados para representar los nodos de los que se compone la red actual.

## 6. Otras utilidades de GestarCAD

GestarCAD, tiene muchas otras utilidades que pueden ser de mucha utilidad. Describirlas todas sería excesivamente largo para los objetivos de este artículo, pero sí que se pueden enumerar las más importantes:

- Estudios de evolución temporal de redes a lo largo de un periodo de tiempo.
- Optimización económica de redes.
- Optimización del trazado para obtención de redes de mínima longitud.
- Comunicación en tiempo real con GPS para la actualización de inventarios de redes.
- Módulo topográfico, con generación de curvas de nivel.
- Cálculo de volúmenes de excavación en zanjas de tuberías.
- Distribución óptima de aspersores en una parcela.
- Generación de perfiles longitudinales de las redes.
- Generación automática de escenarios aleatorios con configuración de alarmas de análisis de situaciones anómalas.
- Transformación de redes dibujadas en AutoCAD en redes de GestarCAD.

## 7. Conclusiones

GestarCAD ofrece un robusto y fiable programa de cálculo de redes de fluidos utilizando un entorno gráfico amigable y conocido como es AutoCAD. Hay que hacer notar que, si bien existen otras aplicaciones de cálculo de redes de fluidos, GestarCAD ofrece un entorno gráfico mucho más amigable e intuitivo de uso que las aplicaciones hasta ahora disponibles.

GestarCAD viene dotado de unas utilidades que permite integrar en una sola aplicación gran parte de las utilidades que un proyectista de redes de fluidos necesita, con el consiguiente ahorro de tiempo y de recursos, ya que desde el mismo momento que se comienza a modelizar una red, se está generando gran parte de los planos constructivos, presupuesto, mediciones, cálculos, etc., de forma coherente entre sí y actualizables automáticamente.

GestarCAD aporta la utilización de una nueva forma de programación, basado en los objetos Active X de AutoCAD, que a buen seguro va a ser el futuro de la programación de las aplicaciones en las próximas versiones AutoCAD, utilizando para ello el lenguaje de programación Visual Basic 6.0.

GestarCAD es un proyecto vivo y como tal está en continua mejora y revisión. Esto implica que algunas ocasiones el programa tenga pequeñas disfunciones. En un futuro

cercano se deberá hacer un esfuerzo en robustecer la aplicación y dotarlo de un sistema de ayuda más completo, para crear la versión definitiva 1.0.

GestarCAD es una aplicación creada desde la Escuela Universidad Politécnica de Huesca, financiada por diversos proyectos públicos de Investigación. Como tal tiene una vocación pública, que hace que esta aplicación sea de libre distribución, aportando su uso a toda la comunidad técnica y científica internacional, pudiéndose conseguir en el sitio <http://gestar1.unizar.es/inicio.htm>.

## **Agradecimientos**

Este proyecto ha sido financiado con las aportaciones de la Secretaría de Estado de Educación, en el marco de Desarrollo del Plan nacional I+D de Recursos Hídricos. Proyecto HID98-341-C03-02.

Así mismo también ha participado en la financiación la Dirección General de Estructuras Agrarias del Gobierno de Aragón.

## **Referencias**

- 1) Sutphin, J. : AutoCAD 2000 VBA. Wro Press. Birmingham, USA. 1999.
- 2) Estrada Collado, C.: Técnicas robustas y generalizadas para la simulación hidráulica estacionaria de redes de riego a presión con aplicaciones a diseño y gestión. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, España. 2001.
- 3) Garcia Merayo, F.: Fortran 90. Paraninfo. Madrid, España. 1999.
- 4) Rossman, A. : Epanet Users Manual. EPA. Ohio, USA. 1994.
- 5) Varios. DIOPRAM, Grupo de mecánica de fluidos de Universidad Politécnica de Valencia. UPV. Valencia, España. 1991.
- 6) Varios. Especificaciones del formato FIEBDC. <http://www.fiebdc.es> . Madrid. 2001.