

# SIGOPRAM. APLICACIÓN SIG PARA EL DISEÑO ÓPTIMO DE REDES DE RIEGO PRESURIZADAS A DEMANDA O TURNOS

Santos Fortes, P.

Responsable del Dep. SIG de Aigües del Segarra Garrigues, S.A., Ing. Agrónomo,  
psantos@aigues-asg.es

## 1- Introducción.

Los proyectos de hidráulica agrícola suelen caracterizarse por afectar zonas del territorio con una extensión y complejidad elevada. Esta característica hace de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) el entorno de trabajo idóneo para abordar este tipo de proyectos.

El diseño de una red de riego se desarrolla en tres fases consecutivas, empezando por la definición de un trazado óptimo, pasando por la fase de dimensionamiento económico de las conducciones y terminando con el análisis de la fiabilidad de la red mediante la simulación de múltiples escenarios de demanda. Existen en el mercado herramientas que permiten realizar el dimensionado y/o el análisis de redes de riego presurizadas, pero ninguna permite realizar todas estas tareas de forma simultánea dentro de un entorno SIG.

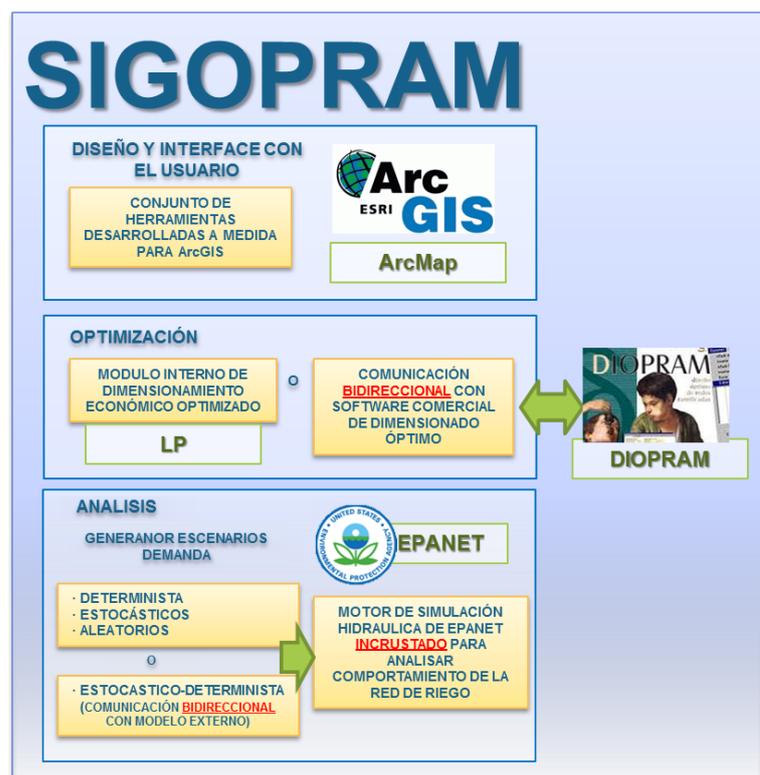
Aigües del Segarra-Garrigues (ASG), es la empresa encargada de la redacción de los proyectos, ejecución de las obras y explotación del Sistema Segarra Garrigues durante 30 años. Se trata de una infraestructura de riego que alcanzará cerca de 70.000 ha.

Al trabajar con varias empresas proyectistas y asistencias técnicas de obra, ASG decidió desarrollar una herramienta informática (SIGOPRAM) que le ayudara no sólo a la ingeniería de las redes de riego sino también a estructurar y homogeneizar toda la información recibida por parte de las diferentes ingenierías.

## 2- Estructura de la aplicación

La aplicación SIGOPRAM consiste en un conjunto de herramientas desarrolladas a medida, sobre ArcGis, para facilitar la elaboración de proyectos, ejecución de obras y la explotación de redes de riego colectivas presurizadas.

La aplicación está desarrollada en VB.Net con ArcObjects y se compone de 3 módulos básicos: El módulo de diseño e interface con el usuario, el de optimización y el de análisis, tal y como se ilustra en la figura.



**El módulo de diseño e interface con el usuario** está compuesto por todos los botones, herramientas y ventanas que permiten, de una forma ágil y cómoda, la entrada y salida de datos gráficos y alfanuméricos. Se ha hecho especial énfasis en dotar la aplicación de las herramientas de edición que permitan dibujar las redes de riego con todos sus elementos característicos (tuberías, hidrantes, tomas y elementos especiales como estaciones de bombeo, válvulas reductoras de presión o cámaras de rotura de carga) de una forma sencilla y rápida, sobre un mapa con el parcelario y cartografía de contexto. Así mismo, este módulo aprovecha la gran capacidad de representación gráfica y elaboración de mapa.

**El módulo de optimización** es el responsable de calcular los caudales de diseño y de determinar los diámetros más económicos de las tuberías que satisfagan las presiones y caudales requeridos en todos los nodos de la red. En el caso de redes de riego a demanda, se utiliza el método de Clément (1ª fórmula) para determinar los caudales de diseño.

Un algoritmo propio (denominado LP), basado en programación lineal, permite determinar la combinatoria más económica de los diámetros de las conducciones sin necesidad de salir del entorno SIG.

Alternativamente, el módulo de optimización también permite comunicar, de forma bidireccional con DIOPRAM, un software comercial de optimización externo.

**El módulo de análisis de funcionamiento** integra el motor de cálculo de EPANET y está dividido en dos sub-módulos, uno para el análisis de la fiabilidad de la red y otro para el análisis energético la misma.

El módulo de análisis de la fiabilidad permite crear escenarios de demanda según diferentes criterios:

- Determinista, donde es el usuario que, interactuando directamente sobre el mapa, decide que tomas abrir o cerrar.
- Estocástico, donde la aplicación genera baterías de escenarios en las que la probabilidad de apertura de las tomas viene determinada por sus grados de libertad.
- Aleatorio, donde se generan baterías de escenarios, con porcentajes determinados de tomas aleatoriamente abiertas.

Los resultados son tratados estadísticamente y presentados en forma de tablas y gráficos, permitiendo analizar de forma sencilla el comportamiento de la red, desde un punto de vista constructivo y/o energético, sin necesidad de abandonar el SIG.

El módulo de análisis energético permite analizar la red y/o sus estaciones de bombeo desde el punto de vista de la eficiencia energética. Sus principales funcionalidades son:

- Determinación de la altura de bombeo óptima en el dimensionamiento de redes de riego bajo inyección directa.
- Aplicación de turnos de riego en redes de riego a demanda con el objetivo de bajar costes energéticos.
- Análisis energético de estaciones de bombeo. Permite simular los costes energéticos y ajustar la programación de las bombas de una estación de bombeo mediante las consignas de arranque/parada y regulación de velocidad

### **3- Principales ventajas de SIGOPRAM**

- **Cobertura total del ciclo de vida del proyecto de regadío:**

SIGOPRAM es una aplicación de ingeniería que cubre la totalidad del ciclo de vida de una infraestructura de riego, desde su definición previa hasta la explotación, pasando por el proyecto constructivo y obra.

- **Entorno de trabajo SIG**

La particularidad de que todo el ciclo se desarrolla sobre una plataforma SIG permite una gran agilidad a la hora de realizar las mediciones de proyecto, la edición de planos y tablas y también un mayor control del trabajo gracias a la facilidad de cruzar la información de la red con las orto imágenes o cualquier otro tipo de cartografía digital.

Así mismo, permite aprovechar las reconocidas potencialidades de geo-análisis, interoperabilidad y producción de mapas temáticos de los SIG así como una mejor estructuración, ordenación y homogenización de la información del proyecto.

- **Eficiencia de trabajo**

Con SIGOPRAM se reduce de forma sustancial el tiempo necesario para el diseño de una red de riego. Por un lado la introducción de los datos de la red se hace de forma automática. Las cotas, longitud de las tuberías, superficie regable de las parcelas y presiones de consigna de la tomas son determinadas de forma automática, evitándose el trabajo de introducción manual de estos datos y/o el proceso de migración desde AutoCad u otros programas de dibujo. Por otro lado, como todo el ciclo del proyecto (trazado, dimensionamiento y análisis) se desarrolla en el mismo entorno, se evita la necesidad de la creación de ficheros de intercambio entre diferentes softwares.

- **Estructuración de la Información**

Con SIGOPRAM toda la información de la red/proyecto, gráfica y alfanumérica, queda almacenada dentro de una base de datos SIG. Este hecho facilita sobre manera la gestión de la información. Es especialmente útil para empresas/organismos que lleven a cabo, directa o indirectamente, el proyecto, obra o gestión de varias redes de riego.

#### **4- Conclusiones**

SIGOPRAM dispone de las herramientas necesarias para diseñar una red de riego de forma rápida ordenada y expedita. Permite igualmente analizar su funcionamiento así como ayudar a optimizar los costes energéticos mediante la simulación de múltiples escenarios de demanda. Se puede aplicar tanto a nuevas redes como en la modernización o ampliación de redes existentes.

Todo ello dota a SIGOPRAM de una gran versatilidad y agilidad para el cálculo de redes de riego presurizadas complejas, lo que se traduce en un considerable ahorro de tiempo y eficiencia de trabajo.