

La Informática y las nuevas tecnologías en la Ingeniería civil

.....
José Cuenca Bartolomé

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Licenciado en Informática
Promoción 1962

Departamento de Inteligencia Artificial. Universidad Politécnica de Madrid
.....

En la presente nota se comentan la incidencia potencial que los nuevos entornos tecnológicos pueden tener en la ingeniería. En efecto, el avance considerable en el desarrollo del hardware ha dado lugar a la disponibilidad de procesadores de tipo personal con una capacidad de almacenamiento y computación impensable solamente hace diez años. Por otra parte, las redes de datos integrando como nodos ordenadores personales constituyen una nueva infraestructura social cuyas posibilidades están por explorar.

Actualmente es posible instalar sensores de medida en cualquier instalación industrial de manera que puede contarse con una serie histórica de datos de estado de la misma a intervalos muy cortos (puede haber sensores de lluvia que permite contar con series pluviométricas cada cinco minutos de cara al análisis de avenidas, puede haber sensores de nivel de agua, lo que permite conocer la evolución de niveles en cauces y embalses, puede haber sensores de calidad de agua que permitan conocer en tiempo real el estado del agua fluvente en un sistema hidráulico, pueden instalarse sensores de control de tráfico, lo que permite obtener series de datos de densidad y flujo en cualquier red viaria o pueden instalarse en factorías o centrales térmicas o nucleares sensores que permitan conocer la evolución de flujos de gases de temperaturas, etc.). Desde que se iniciaron las primeras aplicaciones de las tecnologías de sensorización se ha evolucionado a una situación como la actual donde el dato medido con estos dispositivos tiene un grado de fiabilidad muy importante.

Al propio tiempo, es posible construir redes telemáticas que recojan la información sensorizada y la transmitan a ordenadores centrales o en red de forma que en ellos es posible

contar en todo momento con una base de datos de estado del sistema sensorizado a intervalos muy cortos.

La anterior infraestructura plantea un cambio significativo en la disponibilidad de datos para ingeniería, que en muchos casos, como ocurre en hidrología, se puede decir que ha pasado de una situación de penuria de datos a una situación de abundancia cuando no exceso de información. En efecto, la llegada de este flujo de datos renovado cada pequeños intervalos de tiempo requiere la interpretación de los mismos en términos de hechos que sean relevantes para los responsables de la toma de decisiones en las instalaciones sensorizadas. La tecnología habitualmente utilizada para explotar la información es la estadística, cuyo principal inconveniente es que evalúa parámetros a lo largo de períodos de tiempo por lo tanto aporta poca información sobre la situación instantánea. Las personas expertas que reciben información de estado de cualquier sistema sobre el que entienden suficientemente son capaces de detectar en esta información de estado situaciones que la cualifican en términos relevantes para su adecuada gestión.

Por tanto, es de interés diseñar sistemas que se construyen soportados por la base de datos pero que elaboran la información de la misma en términos de eventos relevantes para su administración que son deducibles de la información. En efecto, dado que cualquier persona es incapaz de interpretar los datos al ritmo que estos llegan, la forma más adecuada de sacar partido de esta información es incluir entre el operador y los datos modelos que filtren la información de manera que identifiquen la presencia de situaciones problemáticas y que, al propio tiempo, recomienden actuaciones y expliquen en

forma inteligible sus recomendaciones. Este tipo de modelos incluirá conjeturas sobre valoración de situaciones y otros criterios heurísticos sobre tipos de decisiones recomendables que pueden ser objeto de revisión en función de la experiencia.

La necesidad de explicaciones convincentes a los operadores proviene de que los modelos recomiendan acciones de las que pueden derivarse responsabilidades personales y, por ello, es fundamental que la implementación de los modelos se haga de manera que las personas que tengan que asumir las decisiones recomendadas no las acepten en forma ciega sino en base a que, dialogando con el sistema, obtengan explicaciones de las decisiones que les permitan hacer suyas las recomendaciones sugeridas por dichos modelos.

Este planteamiento se encuadra, por tanto, en las modernas tendencias de HCI (Human Computer Interaction) cuyo objetivo es optimizar el rendimiento del par persona-sistema superando con ello disquisiciones ya clásicas sobre competencias entre personas y máquinas en donde, por un lado, determinados enfoques de automatismo total pretendían prescindir totalmente de las personas sustituyéndolas por botones míticos y, por otro lado, determinados pensadores se empeñaban en descalificar las posibilidades de las máquinas. Los sistemas ahorran trabajo pero nunca deben eliminar la responsabilidad humana en la toma de decisiones sobre aspectos que atañen a personas, por ello el diseño de los sistemas debe hacerse orientado a proporcionar un contexto de ayudas inteligibles y asumibles por personas que pueden aportar, a su vez, valoraciones morales, sociales y profesionales de manera que la integración de ambos genere el máximo valor añadido.

Las consideraciones anteriores hacen que el diseño informático de modelos inteligentes de interpretación deba hacerse usando una arquitectura abierta en la cual, por un lado, puedan explicitarse los pasos con los que se llega a las diversas conclusiones en términos comprensibles por los responsables; para ello los procesos deben simular la forma de razonar expresando en cada paso qué piezas de conocimiento declarativo (teorías, juicios de valor) se usan para llegar a la conclusión del paso y, por otro lado, pueden introducirse total o parcialmente, modificaciones sobre el contenido conceptual de los modelos sin intervención de personas informáticas para reescribir código de programación, sino directamente por personas profesionales expertas en el tema. La respuesta a estas necesidades es utilizar técnicas provenientes de la Inteligencia Artificial que soportan arquitecturas basadas en el conocimiento en las que, en formato utilizable por procesos que representen modelos de razonamiento, aparezca en forma inteligible por usuarios la formulación del conocimiento teórico y heurístico a incorporar en el modelo.

Los dos factores dinamizadores en la aparición de los nuevos sistemas son, por tanto, en el campo del hardware, el avance de las técnicas de sensorización y las comunicaciones

y en el campo del software la aparición de las técnicas de simulación del comportamiento inteligente procedentes de la Inteligencia Artificial.

Ejemplos de este tipo de sistemas pueden ser:

▼ La monitorización de instalaciones tales como las centrales térmicas o nucleares en las que una vez recibida la información de estado el sistema puede analizar si la evolución reciente es acorde con un modelo en el que no existan averías. Si tal no ocurre y se ha producido una evolución que no es reproducible asumiendo la no existencia de averías, el sistema inteligente explorará hipótesis de fallos hasta encontrar aquellos que reproducen suficientemente el comportamiento registrado. Como consecuencia, podrán proponer primero la detección y la explicación de fallos y seguidamente posibles planes de actuación que lo reparen.

▼ La monitorización de instalaciones de control de tráfico. Tanto para el control de tráfico en ciudades como en autopistas en el momento actual se utilizan dispositivos semafóricos y paneles de mensajes variables que en todo momento guían al usuario en forma acorde con las condiciones de tráfico. El sistema recibe la información de estado, detecta las posibilidades de ocurrencia de eventos de fallo en términos de congestión por falta de capacidad o por la ocurrencia de incidentes, explica la causa del problema y propone cambios en el sistema de señalización (duraciones de fases verdes y rojas en los semáforos, inclusión de nuevos mensajes en los paneles, ...).

▼ La gestión inteligente de situaciones de emergencia. De todos es conocido que cuando se provocan situaciones de emergencia se dispone de muy escaso tiempo para pensar en tiempo real; por ello resulta de interés el diseño y la instalación en línea de sistemas que incorporan los criterios de detección y gestión de emergencias en línea con una capacidad de explicación importante para que los usuarios puedan asumir las sugerencias del sistema. En este sentido se están desarrollando en España, soportados por el sistema SAIH, modelos de ayuda a la gestión de emergencias por inundaciones cuyas características generales son las siguientes:

La aplicación está formada por una colección de agentes software especializados en diversas tareas:

▼ Simulación de función hidráulica (áreas de lluvia, esorrentía, tramos de canal superficial, embalses).

▼ Detección de situaciones problemáticas y gestión de las mismas. Para cada zona problema se diseña un agente que identifica en cada momento la posibilidad potencial de ocurrencia de una situación problemática en el área que supervisa. Como consecuencia, entabla diálogo con los agentes responsables del control del flujo hidráulico en los embalses planteando limitaciones al flujo drenado por los mismos me-

Figura 1. Presentación del estado del sistema.

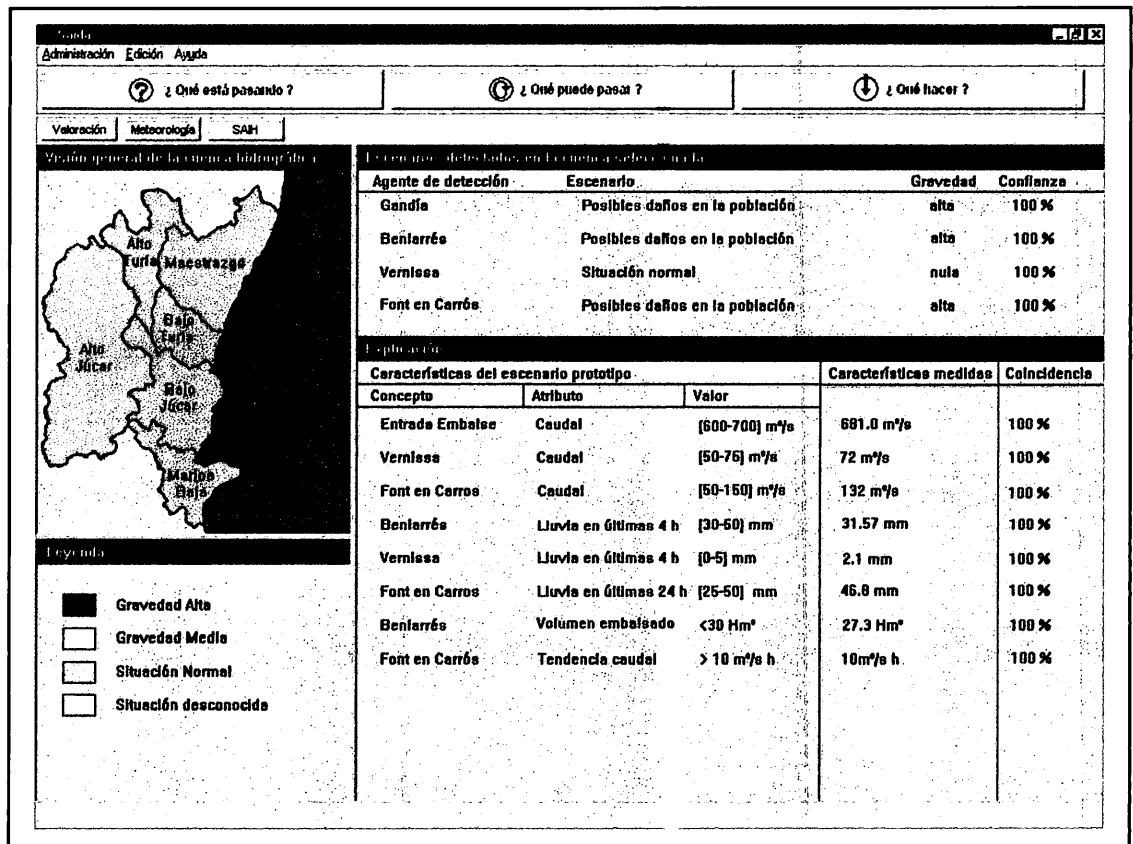
dante el uso de la capacidad de resguardo de cada embalse. Como resultado de esta fase, si se consigue la limitación de caudal de desagüe al nivel planteado por el agente de detección de problemas, el proceso terminaría. Caso de que no sea así y la limitación sea insuficiente, se producirán, aunque reducidos, daños que requerirán acciones de protección civil, para lo que el agente pedirá servicio a los agentes responsables de los diversos recursos.

▼ Asignación de recursos de protección civil. Estos agentes reciben peticiones de los agentes de detección de situaciones problemáticas y distribuyen el recurso disponible en función de unos criterios de preferencia y de cercanía entre los agentes demandantes.

Como consecuencia del desarrollo de estas tareas resultará un conjunto de acciones que llevarán a efecto los agentes de control hidráulico y los agentes de provisión de recursos cuyo resultado será una limitación de los daños y una aportación de recursos de protección civil para los daños residuales inevitables.

Para hacer operativa la aplicación dado que las emergencias no ocurren día a día, es de interés construir simuladores de eventos de emergencia que interactúen con el sistema de forma que las personas responsables puedan entrenarse en el manejo de este tipo de situaciones sin esperar a que se produzcan realmente. Este es el enfoque usado en el SAIH en el que se ha integrado el subsistema MOREA (MOdelo de REalidad Artificial) de manera que en conjunto configuran una especie de juego para decisión sobre inundaciones en tiempo real que puede servir de base a la educación de los responsables cuando se produzca un evento real (en cuyo caso SAIDA se conectará con el entorno de datos reales del SAIH). En las figuras que se acompañan aparecen ejemplos de pantallas del sistema SAIDA actualmente en desarrollo.

Esta circunstancia de apoyo a la educación de los responsables es importante ya que los sistemas del tipo SAIDA exi-



gen de los operadores un nivel técnico que no es el habitual en los sistemas de bases de datos convencionales. En efecto, las preguntas que un sistema de esta clase es capaz de responder y explicar son de los tipos siguientes:

▼ Informativas, del tipo ¿Qué pasa? con la peculiaridad de que no se contesta exclusivamente en términos de valores de variables (que sería el caso en las bases de datos) sino en términos de conceptos deducibles de las mismas como son eventos relevantes para la gestión que pueden estar en curso (tal sería el caso de un sistema que aporta información contable a nivel de variables y otro que aporta la capacidad de detección de crisis de tesorería a corto plazo).

▼ Predictivas, del tipo ¿Qué puede pasar? (Figura 1). La respuesta a este tipo de preguntas requiere capacidad de simulación de comportamiento, y el uso adecuado de esta pregunta permitiría *on line* realizar estudios de sensibilidad ante diversas hipótesis de evolución del contexto y de toma de decisiones.

▼ Decisorias, del tipo ¿Qué conviene hacer? (Figuras 2, 3, 4 y 5). Las respuestas a este tipo de preguntas son planes alternativos de actuaciones que evitan o reducen los problemas detectados. Los planes sugeridos por estas respuestas pueden ser objeto de análisis por el usuario, que puede plantear, utilizando la pregunta del tipo anterior, análisis de sensibilidad estudian-

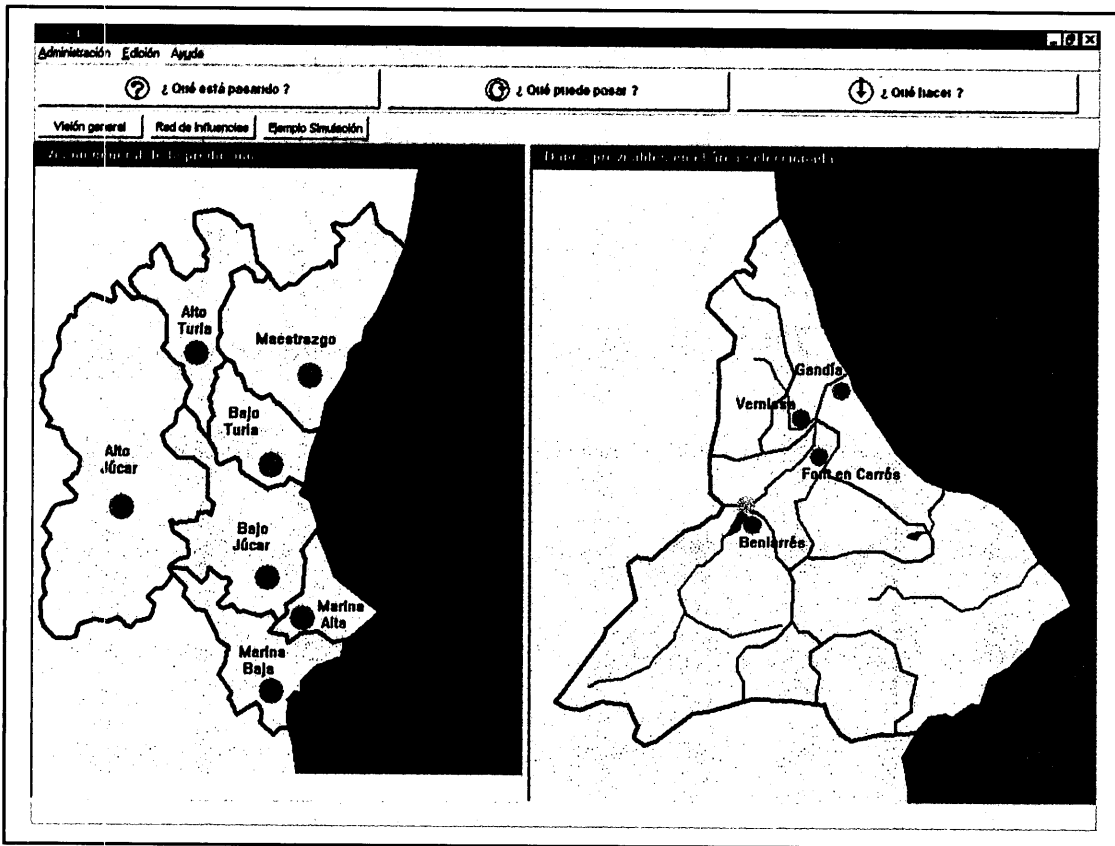


Figura 2. Detalle de la predicción global.

do variantes respecto de la propuesta del sistema.

Todas estas preguntas pueden ir acompañadas de las correspondientes trazas explicativas, lo que hace que una conversación usuario sistema en donde hay preguntas, respuestas y explicaciones del tipo antes descrito, tenga un nivel técnico que no es usual en las aplicaciones típicamente informativas centradas, en muchos casos, en la consulta de valores de las variables y su evolución histórica. Esto significa que el interlocutor de un sistema de esta clase debe ser algo así como un *Ingeniero en línea* que realiza, apoyado en el sistema, estudios en tiempo real como son planes de actuación y análisis de sensibilidad que antes se desarrollaban habitualmente fuera de línea, en gabinete, en estudios no de gestión sino de planificación. Esto significa un cambio cualitativo en cuanto a la actividad profesional que podría denominarse ingeniería de gestión en tiempo real. Sin embargo, la experiencia reciente en este campo muestra una

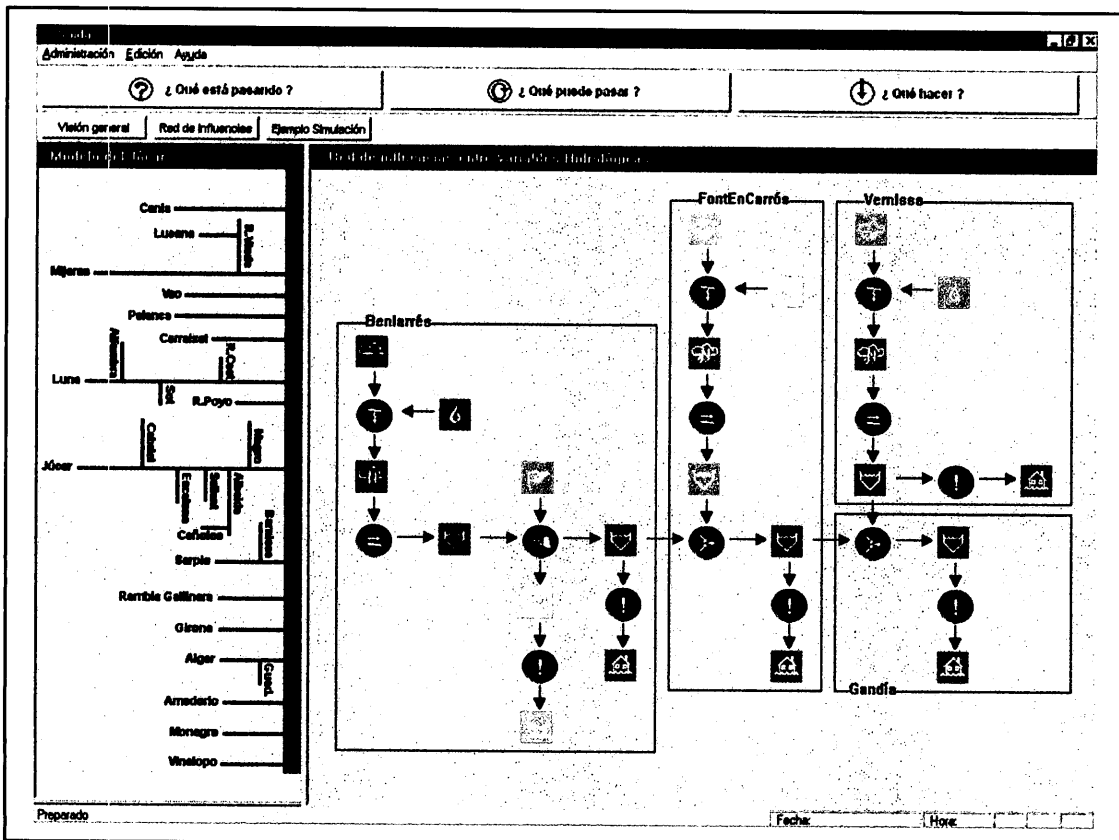


Figura 3. Contexto para hacer estimaciones y toma de decisiones en donde se muestra la estructura del modelo.

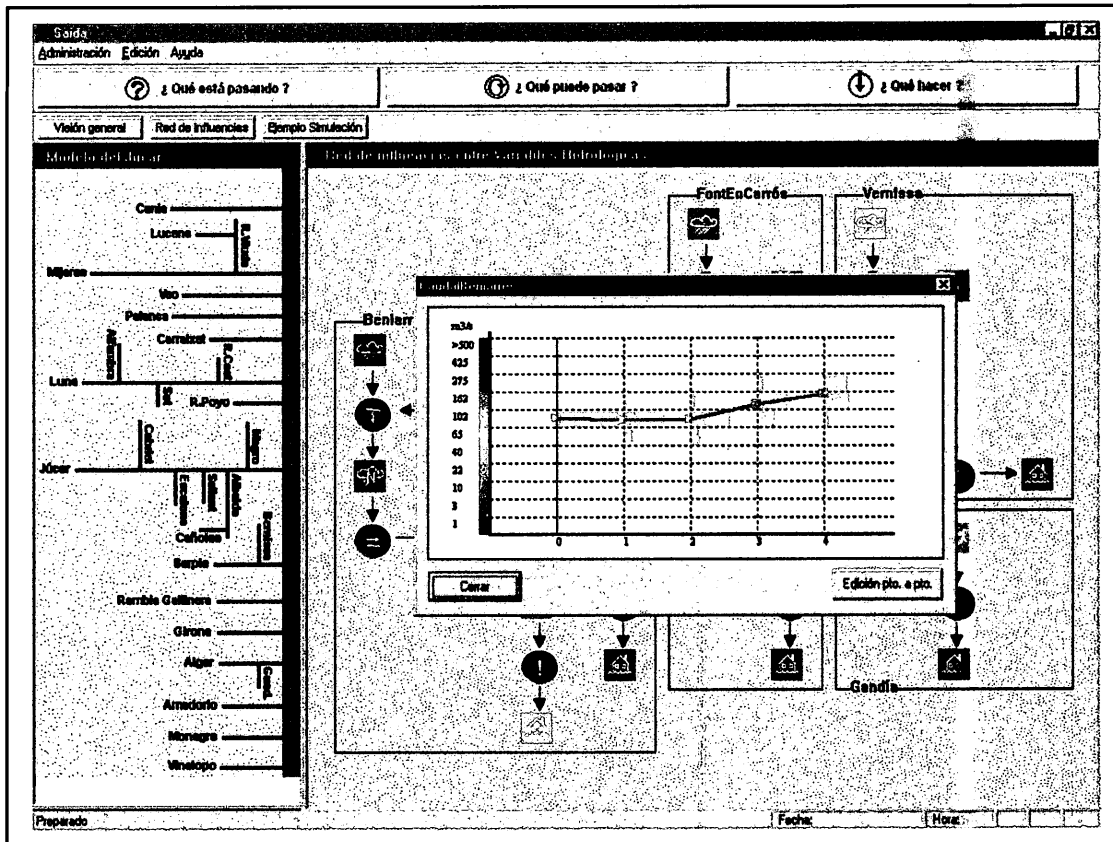


Figura 4. Posible respuesta de una componente expresada en forma probabilística.

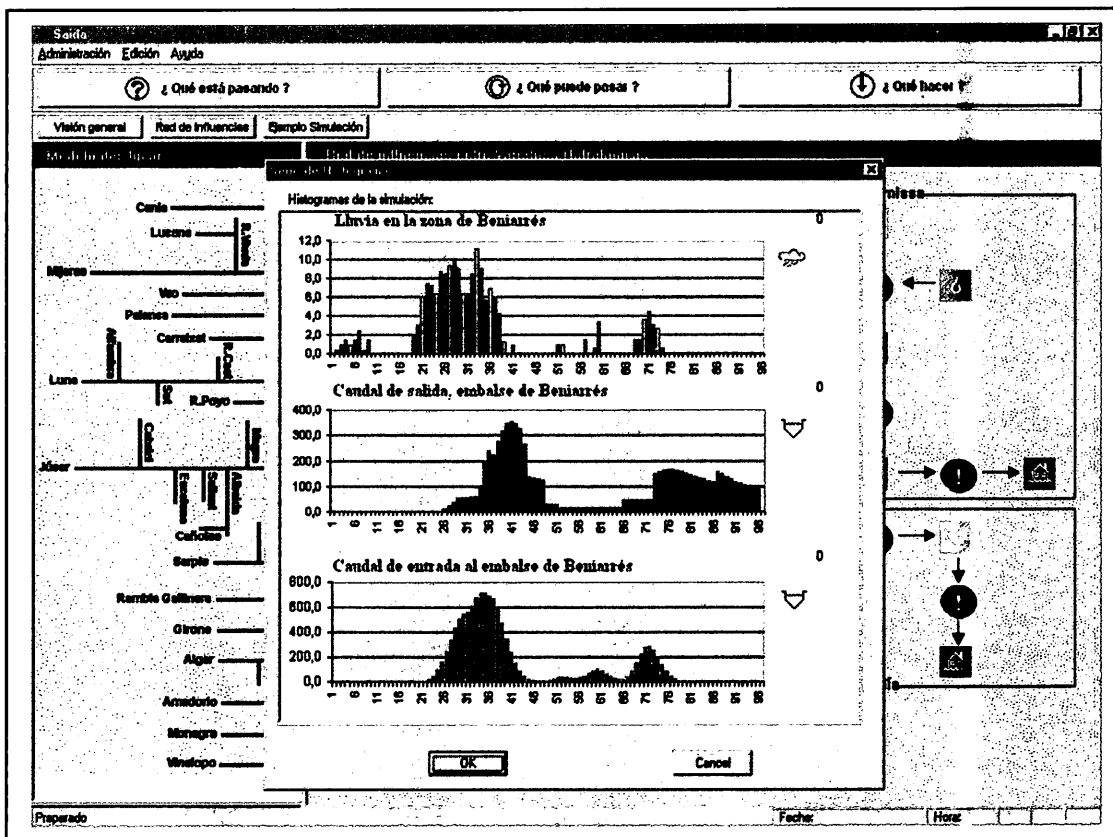


Figura 5. Posible predicción para un caso concreto.

cierta pereza por parte de los Ingenieros para desarrollar esta actividad, ocurriendo que, en muchos casos, sistemas de los que podría extraerse un importante valor añadido, están infrutilizados por falta de nivel en los educadores.

Al propio tiempo este tipo de instalaciones en donde se integran decisiones de gestión con infraestructura de sensorización, comunicaciones e informática constituye en sí una nueva pieza de diseño de ingeniería que, como tal, debe ser objeto de proyecto en el que aparezan sus dimensiones y especificaciones así como las prescripciones de su desarrollo.

En resumen, la aparición de las nuevas tecnologías, además de generar nuevos conceptos de instalaciones objeto de la actividad profesional, propone un cambio cualitativo en cuanto a la dedicación profesional en donde la operación en tiempo real en línea con sistemas avanzados adquirirá previsiblemente una importancia creciente. ●