SAIHWIN - WATER RESOURCE MANAGEMENT TOOL AND EARLY WARNING IN JÚCAR

Niclós Ferragut, Joaquín ¹; Rodríguez Zurita, Miguel ²; Barber Ballester, Carlos ¹ CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR, ² TRAGSATEC

The Júcar river has a distinctly Mediterranean behavior, characterized by a large disparity between the ordinary and extraordinary flows, and extreme flow regime of high magnitude floods causing flooding secular overflows the banks and sometimes, they cause damage considerable in the fields and towns, as produced in 1982.

Given this situation it became necessary to implement Automatic Hydrological Information System (SAIH), allowing a hydrologic-hydraulic data in real time, and predict the future behavior of the basins.

All Júcar basin is divided into sub-basins, in which are the Remote Station (ER) and Concentration Points (PC).

The Basin's Data Processing Centre (DPC) periodically interrogates hubs, and being the end of the data point is responsible for its organization and management. This network has a hierarchical structure with two levels: ER communicate with the PC via secondary network protocol PC and transfer the information to CPD primary network protocol.

The aim of this presentation is to present an application that enables the optimization and improvement of water management response and early warning.

Keywords: Hydrological information; management systems; early warning; functional software

SAIH_WIN - HERRAMIENTA DE GESTIÓN HIDROLÓGICA Y DE ALERTA TEMPRANA EN EL JÚCAR

El río Júcar tiene un comportamiento claramente mediterráneo, caracterizado por una gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios, y por un régimen extremo de caudales con crecidas de elevada magnitud que provocan desbordamientos seculares que inundan las márgenes y, en ocasiones, son causa de daños considerables en los terrenos y poblaciones, como la producida en el año 1982.

Ante esa situación nació la necesidad de implantar Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH), que permiten disponer de datos hidrológico-hidráulicos en tiempo real, y prever, el comportamiento futuro de las cuencas.

Toda la cuenca del Júcar se subdivide en subcuencas, en las que se encuentran las Estaciones Remotas (ER) y los Puntos de Concentración (PC).

El Centro de Proceso de Cuenca (CPD), interroga periódicamente a los concentradores, y siendo punto final de los datos, se encarga de su organización y gestión. Esta red tiene una estructura jerárquica con dos niveles: las ER se comunican con los PC mediante protocolo de red secundaria y los PC transfieren la información al CPD protocolo de red primaria.

El objetivo de esta presentación es exponer una aplicación que posibilita la optimización y mejora de la respuesta en la gestión hidrológica y de alerta temprana.

Palabras clave: Información hidrológica; gestión de sistemas; alerta temprana; software funcional.

Correspondencia: JOAQUÍN NICLÓS FERRAGUT - joaquin.niclos@chj.es

1. Introducción

La Cuenca Hidrográfica del Júcar está compuesta por un conjunto de ríos de comportamiento claramente mediterráneo (Figura 1), caracterizados por una gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios, y por un regímenes extremos de caudales con crecidas de elevada magnitud, que provocan desbordamientos seculares, que inundan las márgenes y son causa de daños considerables en los terrenos y las poblaciones que alcanzan en el caso del Júcar, las zonas inundables de las comarcas de la Ribera Alta y Ribera Baixa de la Comunitat Valenciana. Ello es debido a que en las cuencas media y baja del Júcar es relativamente frecuente la aparición de una situación meteorológica denominada "Gota Fría", como ha quedado claramente de manifiesto en las distintas avenidas históricas, entre las que se pueden destacar las de 1864, 1982 y 1987 (Confederación Hidrográfica del Júcar, 2011).



Figura 1: Subcuencas hidrográficas

A raíz del evento meteorológico extremo del año 1982, que condujo al colapso de la presa de Tous, entre las múltiples alternativas analizadas, se estableció la necesidad de disponer de un sistema que diera apoyo técnico sustancial y ayudara a la toma de decisiones en relación con los dos tipos de problemas de gestión hidráulica, por un lado, el seguimiento de avenidas a efectos de prevenir y minimizar daños, y por otro, la gestión de los recursos hidráulicos, a efectos de optimizar su asignación y operación, especialmente en las situaciones de escasez a corto y medio plazo, que exigen un especial control de tales recursos.

2. Objetivos

Uno de los objetivos del SAIH es disponer de un sistema, en tiempo real, de captación, transmisión, presentación y proceso de la información hidrológico/hidráulica descriptiva

del estado de la cuenca en cada momento, denominado SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) (Utrillas y Gabaldó, 1996).

Con este sistema automático se están desarrollando constantemente nuevas aplicaciones, capaces de facilitar los estudios hidrológicos e hidráulicos, a través de la recepción de las señales que se reciben en tiempo real, y de planificar de forma eficiente las gestión de los recursos humanos y las necesidades de material tecnológico para el mantenimiento de la red SAIH, así como herramientas para el análisis de las causas y sus fallos.

Estas aplicaciones y las mejoras introducidas posibilitan la optimización en la gestión hidrológica, alerta temprana y gestión del sistema, y se clasifican en:

- Herramientas de gestión hidrológica: gestión de la situación de los embalses, aforos y pluviómetros (Saih_Win, Interpomap, Ríos y Vistas).
- Herramientas de gestión no hidrológica: gestión de los mantenimientos preventivo y correctivo (Geo_Saih), expuesta en el Congreso de 2014 (Niclós y Rodríquez, 2014) y de las comunicaciones basadas fundamentalmente en radioenlaces (Svecor), expuesta en el Congreso de 2015 (Niclós y Rodríquez, 2015).

El objeto de la presente comunicación es exponer la herramienta de gestión Saih_Win: Sistema de visualización de variables hidrológicas en el entorno de Windows.

Saih_Win es un programa propio e independiente que extrae en tiempo real (cada 5 minutos), los datos obtenidos de cada una de las estaciones de medida de la red del SAIH (Figura 2), para verificar su funcionamiento correcto y presentar el conjunto de variables reales y/o calculadas en el Centro de Proceso de Cuenca de Valencia.

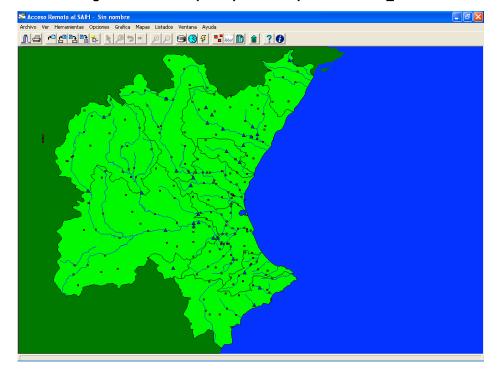


Figura 2: Ventana principal de la aplicación Saih_Win

3. Breve exposición del funcionamiento y estructura general del sistema de comunicaciones remotas del SAIH

La red de transmisión de datos tiene una estructura ramificada en dos niveles, el primer nivel o red primaria une el Centro de Proceso de Cuenca con los puntos de

concentración, y el segundo nivel o red secundaria enlaza los puntos de concentración con los puntos de control. Actualmente esta red está en fase de transformación para convertirla en una red troncal.

Las comunicaciones de la red secundaria se hacen por medio de radioenlaces mientras que las comunicaciones de la red primaria utilizan seis enlaces vía satélite y dos vía microondas. Existe la posibilidad de alternar las comunicaciones vía satélite por radioenlaces a fin de tener una mayor garantía en la transmisión de datos.

Adicionalmente existen algunos puntos comunicados vía 3G y GPRS, con transmisión de imágenes de video, así como por vía email.

Este sistema de comunicaciones se estructura en tres niveles jerárquicos:

- Punto de control o Estación Remota.
- Punto de Concentración.
- Centro de Proceso de Cuenca.

En el Punto de Control o Estación Remota se efectúa la adquisición de los datos de campo, realizándose un almacenamiento de la información y una primera elaboración de la misma. La red de telemedida está formada por un total de 218 puntos de toma de datos que realizan las lecturas de los respectivos sensores y almacenan la información durante un tiempo variable de hasta 10 días, en función del modelo de la estación remota y cantidad de sensores.

En los Puntos de Concentración se gestionan la comunicación vía la red secundaria de todas las estaciones remotas de un ámbito geográfico y a requerimiento del Centro de Proceso de Cuenca le transmite toda la información de su subcuenca a través de la red primaria de comunicaciones.

Los Puntos de Concentración, 8 en total, tienen la finalidad de agrupar por áreas una serie de puntos de control para acortar la amplitud del barrido de los procesos de interrogación-respuesta. Éstos constituyen el segundo nivel y están situados en los embalses de Sichar, Arenós, Loriguilla, Contreras (ubicado en el repetidor del Remedio de Utiel), Beniarrés, Amadorio, Bellús y en Valencia, situado éste último en el Centro de Proceso de Cuenca desde el cual se controla la red de comunicaciones, se reciben y almacenan los datos y se ejecutan los procesos de tratamiento y presentación de la información para los distintos usuarios del servicio.

En el Centro de Proceso de Cuenca, situado en la sede de la Confederación Hidrográfica del Júcar en Valencia, se realiza la interrogación a los Puntos de Concentración de los cuales, seis están situados en embalses que comunican sus datos vía satélite y dos están conectados por vía microondas, ya que se encuentran físicamente en el Centro de Proceso de Cuenca.

4. Metodología de diseño del Saih Win

4.1. Variables, Variables Calculadas, Series Temporales, Serie Diaria

Los diferentes sensores recogen una serie de magnitudes de interés hidrológico o no, como puede ser la precipitación recibida en un punto o el nivel de un embalse o aforo. Estas magnitudes, que varían con el tiempo, se denominan Variables.

Además de las variables medidas directamente por un sensor, se obtienen otras muchas realizando ciertos cálculos sobre aquellas. Por ejemplo, en un aforo se calcula el caudal a través del nivel (altura) del agua que pasa por el mismo, o en un embalse se calcula la cota de embalse sumando el nivel y la cota de referencia, y de ahí se obtiene además el volumen embalsado. Éstas variables se denominan Variables Calculadas.

Las estaciones remotas de medida son interrogadas cada cinco minutos para que transmitan los datos recogidos en el último intervalo cinco-minutal. Por tanto, se dispone del valor de cada variable cada cinco minutos. También las propias estaciones remotas realizan ciertos algoritmos sobre los datos recopilados durante el intervalo, de manera que transmiten al ser interrogadas varios valores de cada magnitud, como son la media de los datos recogidos por el sensor durante los cinco minutos, el máximo, mínimo, el extremo, etc.

Los datos recibidos en el Centro de Proceso de Cuenca son almacenados en las denominadas Series Temporales. Cada serie temporal es un sistema de almacenamiento cíclico con una extensión temporal determinada. Existen dos series temporales, una en memoria y otra en disco, que contienen los datos adquiridos directamente de la red. Hay además otras dos series, también una en memoria y otra en disco, que se encargan de almacenar las variables calculadas. La capacidad de cada serie temporal depende de su ubicación. Las series en memoria pueden contener varias horas de datos y las de disco un número considerable de días.

También se usa una serie temporal diaria (un dato de cada día), en la que se guardan los datos de variables diarias que sirven de resumen de los valores adquiridos en ese periodo. La Serie Diaria contiene varios años.

Las series temporales se actualizan constantemente con los nuevos datos que van llegando, desplazándose el índice cíclico de la serie hacia delante.

Cabe decir además que para los periodos de tiempo en los que se producen fenómenos significativos o de interés se crean series temporales permanentes circunscritas a dicho periodo de tiempo. Estas series se denominan episodios y suelen extenderse durante un mes aproximadamente.

4.2. Codificación de las variables

Las variables del SAIH se codifican con cadenas de caracteres alfanuméricos formadas por tres conjuntos de cuatro caracteres cada uno (Referencia, Concepto y Versión) (Tabla 1).

La Referencia indica el entorno espacial o geográfico al que pertenece la variable. El primer dígito de la referencia es un número del cero a nueve ambos inclusive, que representa la cuenca de comunicaciones a la que pertenece el indicador. El segundo dígito de la referencia (A-X), indica el tipo de estación remota a que pertenece.

Los dígitos tercero y cuarto de la referencia son un número del uno al noventa y nueve, indican el ordinal del elemento dentro del mismo tipo, en la cuenca.

El Concepto define el tipo de magnitud medida y el sensor del que procede: si es una cota procedente de un limnímetro de aforo, un caudal de caudalímetro, una intensidad de lluvia de pluviómetro, etc. El primer dígito está relacionado con el tipo de sensor, el segundo dígito con el tipo de magnitud que se mide y el tercer dígito representa una información adicional. El cuarto dígito es un número ordinal de ese sensor.

La Versión se refiere al tipo de medida y a su ámbito temporal:

- Primer dígito: H: Versión horaria, M: Versión minutal, P: Versión puntual.
- Segundo dígito: A: Variable analógica, C: Variable contadora, D: Variable digital.
- Tercer dígito: _: Sin algoritmo, A: Variable de alarma, C: Valor acumulado durante el periodo, E: Último valor del intervalo de tiempo, G: Alarma de gradiente, I: Valor mínimo en el periodo, M: Valor medio en el periodo, P: Valor porcentual, R: Alarma de rebasamiento, T: Valor calculado por interpolación, X: Valor máximo en el periodo.
- Cuarto dígito: I: Entero que representa el número de impulsos, L: Valor lógico (cero

o uno), R: Valor representado por un número real.

Tabla 1. Codificación variables

1- REFERENCIA (entorno espacial o geográfico)						
Dígito 1º - de 0 a 9: representa la cuenca a la que pertenece.						
Dígito 2º - de A a X: representa el tipo de estación.						
Α	Aforo en río con pluviómetro.	0	Marco de control con pluviómetro.			
С	Aforo en canal sin pluviómetro.	Р	Pluviómetro.			
Е	Embalse.	R	Aforo en río sin pluviómetro.			
L	Aforo en canal con pluviómetro.	S	Punto de concentración.			
Ν	Pluvionivómetro.	Χ	Repetidor.			
Dígito 3º y 4º - del 1 al 99: representa el ordinal dentro de la cuenca.						
2- CONCEPTO (magnitud medida y sensor de procedencia)						
Dígito 1º - tipo de sensor.						
Dígito 2º - tipo de magnitud (BQ - Lluvia acumulada en Pluvionivómetro).						
Dígito 3º - información adicional.						
Dígito 2º - número ordinal del sensor.						
3- VERSIÓN (tipo de medida y ámbito temporal)						
Dígito 1º - versión horaria, minutal y puntual.						
Dígito 2º - tipo de variable (contadora, analógica o digital).						
Dígito 3º - valores sin algoritmo, calculados, mínimo, medio, máximo, etc.						
Dígito 4º - valor entero, lógico o real.						
EJEMPLO: 6N01 BQ01 MCQR						
Lluvia acumulada en el día en una estación determinada.						

4.3. Momento, valor y estado

Se define Momento como una fecha y hora determinada. En el SAIH se suelen manejar momentos cinco minutales, es decir que el momento posterior a uno dado es el de cinco minutos después. Esto es así puesto que en el presente los datos se reciben cada cinco minutos.

Cada variable tiene, para cada momento, un valor y un estado. El estado hace referencia a la validez de la medida, así como al motivo de su invalidez si lo fuera.

Algunos ejemplos de estados posibles son: Valor recibido o calculado sin fallo, Valor supuesto, igual al anterior, En espera de datos, Fallo de comunicación en red primaria, Fallo de comunicación en red secundaria, Variable desactivada, Etc.

El programa Saih Win resume los posibles estados en tres: Correcto, Fallo y En espera de dato.

4.4. Mapa Saih Win

El mapa en la pantalla inicial representa toda la Cuenca Hidrográfica del Júcar y tiene situadas sobre él todas las estaciones remotas o puntos de control (Figura 2).

Figura 3: Visualización en modo ampliado

Este mapa tiene dos modos de visualización, general y ampliado. En el modo general se puede ver toda la cuenca, pero no se representan en el mapa los nombres de las estaciones.

En el modo ampliado (Figura 3) se ve una zona parcial de la cuenca y se señala junto al punto el nombre de la estación.

Desde la ventana inicial se puede pasar del modo normal al modo ampliado.

El punto en el que esté situado el cursor del ratón en el momento de pulsar será el centro de la zona ampliada representada. Se puede ir desplazando el mapa, puesto que en cada pulsación la situación del cursor determinará el centro de la siguiente vista. Para pasar de nuevo al modo general se debe pulsar el botón izquierdo, teniendo en cuenta el no hacerlo sobre un punto de control, puesto que esto abriría el diálogo de selección de variables de ese punto.

Se pueden cambiar los colores del mapa a través del menú Colores de Opciones, para ello se selecciona la parte del mapa que se quiere cambiar (mar, península o cuenca hidrográfica) y aparecerá un cuadro de diálogo para cambiar el color

4.5. Selección de Variables

El primer paso para obtener información del SAIH es seleccionar las variables que se desean visualizar. Para abrir el diálogo de selección de variables no hay más que pulsar el botón izquierdo del ratón sobre el punto de control deseado. En el cuadro de diálogo que aparecerá se observan dos cajas de listas. En la lista superior aparecen todas las variables pertenecientes a la estación remota sobre la que se pulsó el botón. En la lista inferior, que aparece vacía en primera instancia, se colocarán aquellas variables que se desee seleccionar. Para ello no hay más que pulsar un "doble click" de ratón con el botón izquierdo sobre cualquier variable de la lista superior, y esta se verá incluida en la lista inferior. Pulsando el botón cerrar se cierra el diálogo y se vuelve al mapa. Se puede entonces seleccionar otro punto y repetir la operación anterior añadiendo nuevas variables a la lista. Para eliminar una variable de la lista inferior pulsar doble click sobre ella y ésta desparecerá, o de otra manera vaciar.

Una vez seleccionadas las variables se puede proceder a la importación por red de los datos.

5. Utilidades del Saih_Win

5.1. Series temporales

Una vez seleccionada una lista de variables ésta puede ser archivada en memoria, de manera que se pueda acceder a dichas variables sin tener que ir punto por punto seleccionando las variables de nuevo (Tabla 2).

Los datos están contenidos en unos almacenamientos denominados series temporales. Cada serie temporal tiene una duración determinada, de manera que está delimitada por la fecha inicial y final de la serie. Esto quiere decir que dentro de una serie temporal se puede disponer sólo de intervalos que estén comprendidos dentro de sus límites.

Hay dos tipos de series temporales: las series "en línea" y las de "episodios". Las series "en línea" contienen los últimos datos recogidos por el Saih_Win y se actualizan automáticamente a medida que llegan nuevos datos, lo que significa que el intervalo de datos disponible es variable aunque de longitud fija. Hay dos almacenamientos en línea: la serie minutal y la diaria. La primera contiene los datos adquiridos y calculados por el Saih_Win cada 5 minutos y la segunda los resúmenes diarios de los mismos.

Tabla 2. Ejemplo de Lista de Embalses (Volumen Embalsado)

ALARCÓN	4E02	ESCALONA	7E09		
ALCORA	1E02	FORATA	7E03		
ALGAR	0E04	GUADALEST	8E02		
ALMANSA	7E11	LA MUELA	7E13		
AMADORIO	8E01	LA TOBA	4E01		
ARENÓS	2E02	LORIGUILLA	6E02		
ARQUILLO	3E01	LOS TORANES	2E01		
BALAGUERAS	2E04	MARÍA CRISTINA	1E06		
BELLÚS	7E10	MORA RUBIELOS	2E03		
BENAGÉBER	6E01	ONDA	1E04		
BENIARRÉS	9E01	REGAJO	0E01		
BUSEO	6E03	SITCHAR	1E05		
CONTRERAS	5E01	TOUS	7E04		
CORTES II	7E12	ULLDECONA	1E01		
EL NARANJERO	7E02	VALBONA	2P02		
Ejemplo: EVI1/2 MVVR/MAMR					

Las series de "episodios" contienen los datos de periodos de lluvia significativa. Se han confeccionado copiando de la serie minutal "en línea" el intervalo en que se ha producido la lluvia y la escorrentía asociada a la misma. Son, por tanto, series estáticas con datos cada cinco minutos.

Se puede seleccionar la serie cinco minutal, la diaria o la de un episodio determinado. Las fechas disponibles variarán según la elección realizada.

Para reducir el tiempo de extracción de los datos, es posible especificar un espaciado entre los mismos distinto del implícito, que es el mínimo posible en cada serie temporal, esto es, cinco minutos en las series cincominutales y un día en la serie diaria. Lo que se hace en ese caso es saltarse los datos que correspondan para ofrecer un intervalo entre datos distinto.

Pulsando el botón o seleccionando el comando Fechas del menú Herramientas (Figura 4), se abre el cuadro de diálogo de selección de fechas, en el que aparecen las siguientes secciones:

- Fechas disponibles: indican las fechas inicial y final de la serie temporal utilizada. Al cambiar éstas, cambian estos límites.
- Periodo: existen tres casillas de verificación situadas a la izquierda, identificadas como F.Inicial, Periodo y F.Final, de las cuales hay que marcar dos, según su elección.
- Aquella opción que no esté marcada quedará inhabilitada para la edición.

Figura 4: Introducción de fechas

- Las dos casillas de verificación de la derecha, indicadas como Primera y Ultima sirven para seleccionar como fecha inicial o final a la primera o a la última de la serie temporal actual. Por ejemplo si se activa la casilla indicada como Ultima se sitúa automáticamente la última fecha disponible indicada arriba.
- Asimismo se pueden editar los campos activos de las fechas y periodo, situando el cursor del ratón sobre cualquiera de ellos y pulsando el botón izquierdo. Con la tecla "Tabulador" se desplaza el foco de campo en campo. Si está activada la casilla Primera ó Ultima, no se permite editar esa fecha, puesto que la opción ya está definida.
- Cada vez que se desplaza el foco por los campos de edición se recalcula el resto de las fechas, según la información que se va introduciendo. Si estuvieran marcadas las tres casillas de verificación F. Inicial, Periodo y F. Final se produce una ambigüedad que sólo se resuelve desactivando una de ellas.
- Serie temporal: sirve para elegir mediante Cambiar la serie temporal con la que se desea trabajar. Existen cinco opciones: Serie actual o cinco minutal, Serie diaria, Serie diaria total, Serie mensual y Episodio.
- Episodio: si se seleccionó episodio en el apartado anterior, es necesario especificar el episodio deseado. Para ello se dispone de una lista desplegable, donde seleccionar uno de ellos.
- Intervalo entre datos: aquí se puede especificar un espaciado entre datos distinto del que aparece por defecto (5 minutos).
- Tipo de Acumulación: se dispone de una lista desplegable, 0 Preestablecido, M media, A acumulado Iluvia, S suma, X máximo, I mínimo y U último.

5.2. Importación de datos

Una vez que se han seleccionado las variables y las fechas correspondientes se puede proceder a la importación de los datos de la lista activa a través de la red.

Para abrir el cuadro de diálogo de importar pulsar el botón o seleccionar el comando Importar lista activa del menú Herramientas.

Las opciones que se presentan son las siguientes:

- Fichero ASCII: los datos se archivarán en un fichero cuyo nombre se puede especificar mediante el botón Archivo presente también en este cuadro de diálogo. Este fichero tiene un formato adecuado para ser abierto desde una hoja de cálculo. Los datos se situarán organizados en filas y columnas de manera que en la primera columna aparecerán las fechas, y a continuación una columna para cada variable.
- Portapapeles: el formato es similar al anterior, la única diferencia es que los datos se guardan en una zona de memoria compartida por las aplicaciones de Windows.
 Para acceder a los datos abrir una hoja de cálculo y utilizar el comando Pegar del menú Edición en dicha aplicación.
- Gráfica o mult. gráficas: con esta opción se presenta una ventana con una gráfica donde se representan las variables seleccionadas. La gráfica tiene capacidad para nueve variables.
- Formato fecha: para la importación realizada en fichero ASCII o en el portapapeles hay que especificar el formato en que se quiere representar la fecha. Existen tres formatos distintos:
- Hoja de cálculo: se trata de un número real que representa el número de días desde una fecha de referencia, de manera que la parte entera representa días y la

parte decimal fracciones de día. Este es el formato interno que utilizan las hojas de cálculo para representar las fechas. Sin embargo, dentro de la hoja de cálculo, la fecha puede visualizarse de manera normal, eligiendo el usuario el formato deseado. Lo más usual es hacerlo en formato día/mes/año hora:minuto para los datos minutales y día/mes/año hora para los datos horarios.

- Gregoriano: es la representación literal como texto de la fecha en formato día/mes/año hora:minuto para los datos minutales y día/mes/año hora para los datos horarios. Puede ser útil para ser utilizado en algún documento de texto, aunque algunas hojas de cálculo lo reconocen y tratan como fechas.
- Juliano: la fecha viene representada por un número entero que indica el número de minutos transcurridos desde el 1 de Enero de 1900. Este es el formato interno que se usa en el SAIH.
- Incluir estado: seleccionar esta opción si se quiere obtener una columna extra por cada variable indicando el estado de cada valor. Si el valor es correcto no se indica nada, si está en fallo se indica como FALLO y si en ese momento no está disponible el dato todavía se indica como SIN DATO.
- Programa: se da la opción de arrancar un programa para la visualización de los datos inmediatamente después de la importación. Es imprescindible que dicho programa esté en el PATH para que pueda ser ejecutado.

6. Resultados

6.1. Representación gráfica de variables

Una vez terminado el proceso anterior de importación de variables la representación gráfica de múltiples variables permite visualizar hasta nueve variables en una misma gráfica, para un mismo intervalo temporal, o representarlas de una en una separadamente sin ningún límite. De esta forma en el eje de abcisas se representa el tiempo y en el de ordenadas la magnitud considerada, por ejemplo volumen embalsado, en un periodo determinado (Figura 5).

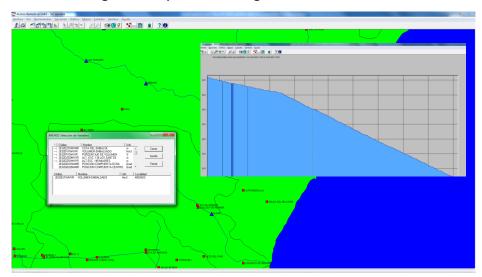


Figura 5: Representación gráfica de una variable

Por cada gráfica se abre una nueva ventana en la aplicación. Se pueden tener varias abiertas al mismo tiempo, así como manejarlas con las opciones que facilita el menú Ventana.

6.2. Mapas de Lluvias

El mapa de lluvias consiste en una representación sobre el mapa de la cuenca de los valores acumulados de lluvia, registrados en cada pluviómetro para un periodo dado (Figura 6).

Pulsando el botón Mapa de Lluvias o seleccionando el mismo comando del menú se inicia la importación de las variables pluviométricas, de forma independiente al resto de variables.

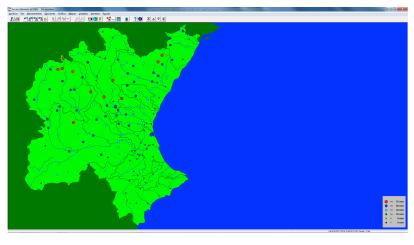


Figura 6: Mapa de Lluvias

El periodo inicial es de cuatro horas, pudiendo ser cambiado posteriormente seleccionando un periodo distinto e importando de nuevo, mediante el botón o el comando Importar.

La representación consiste en círculos de tamaño y color dependientes del valor en cada punto. Cada tamaño-color representa a un rango de valores determinado según la escala mostrada en la esquina inferior derecha del mapa general.

En el mapa general, no ampliado, se representan sólo los círculos de colores y en el mapa ampliado se representan además los valores numéricos de la lluvia acumulada.

La escala se puede variarse desde el rango mínimo al máximo de forma escalonada según un código de 6 colores que van del negro al rojo.

6.3. Hietogramas

Un hietograma representa la distribución de la intensidad de precipitación a lo largo de un periodo de tiempo (Figura 7).

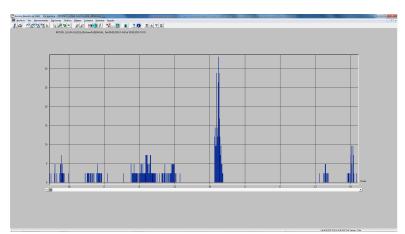


Figura 7: Hietograma

Pulsando el botón izquierdo sobre un punto del mapa de lluvias se abre una ventana con el hietograma de ese pluviómetro para el intervalo seleccionado.

Se pueden abrir múltiples hietogramas, y para cada uno se abre una nueva ventana en la aplicación.

6.4. Análisis de Episodios

El análisis de los episodios en tiempo real es otra de las herramientas fundamentales del Saih_Win, y el programa permite un seguimiento completo en el caso de que se presente una avenida, combinando las variables de volúmenes embalsados, caudales recibidos, caudales de salida, cotas y pluviometría.

En la Figura 8, se representa el evento producido en el embalse de Ulldecona durante los días 02/11/2015 a las 00:00 horas al día 03/11/2015 a las 00:00 horas debido a las fuertes lluvias durante ese periodo. En las gráficas se representan la evolución de las variables volumen embalsado, pluviometría acumulada y caudal de salida.

El caudal de salida aumentó de 0,00 m³/s a 13,11 m³/s, alcanzando el volumen máximo embalsado los 9,30 Hm³.

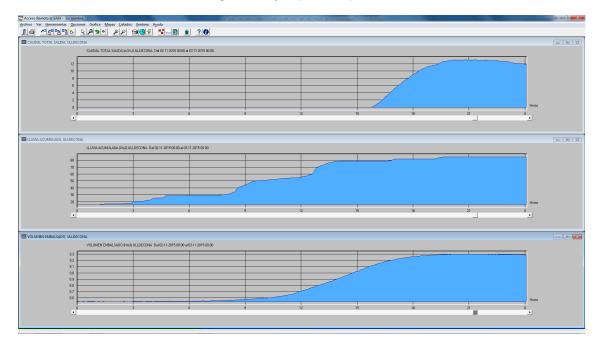


Figura 8: Ejemplo de episodio

7. Conclusiones

Con la herramienta Saih_Win se consigue el conocimiento y la evaluación de más de 3.700 variables que se reciben de los 227 puntos distribuidos en las provincias de Albacete, Alicante, Castellón, Cuenca, Teruel y Valencia, dentro de todo el territorio que comprende la Demarcación Hidrográfica del Júcar, aportando datos cinco minutales de aforos, embalses y pluviómetros, necesarios para la planificación hidrológica, policía de aguas, gestión y explotación de los recursos hídricos, y para las necesidades relativas a la protección de bienes y personas frente a avenidas. También a través de los datos anteriores se reciben otros referentes al mantenimiento del sistema (fundamentalmente fallos de comunicación de las estaciones remotas y desviaciones o desajustes en las medidas recibidas).

En la página web: http://saih.chj.es/chj/saih/, se puede obtener más información sobre los datos en tiempo real de aforos, embalses, pluviómetros y temperaturas de los puntos de control del Sistema Automático de Información Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Júcar (Figura 7).



Figura 7: Web Saih CHJ

8. Referencias

- Utrillas J. L., Gabaldó O. (1996). Explotación y mantenimiento del SAIH en la Confederación Hidrográfica del Júcar, Revista de Obras Públicas.
- Carmona González P., Ruiz Pérez J. M. (2000). Las inundaciones de los ríos Júcar y Turia, Serie Geográfica nº 9.
- Peris Albentosa, T. (2005). Las inundaciones del Xúquer (siglos XV-XIX), un exponente relevante de la cuestión hidráulica en tierras valencianas, Revista de Historia Moderna nº 23.
- Confederación Hidrográfica del Júcar (2011). *Memoria del 75 aniversario de la Confederación Hidrográfica del Júcar*. Valencia.
- Utrillas J. L. (2013). *La Presa de Tous, Ingeniería, seguridad y desarrollo en la Ribera del Júcar* (http://www.chj.es/es). Valencia.
- Niclós J., Rodríguez M. (2014). *Aplicación de la herramienta Geocampo al Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH JÚCAR)*. XVIII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos. Alcañiz (Zaragoza).
- Niclós J. (2015). Jornada sobre *Aplicación de las nuevas tecnologías a la Gestión de las Cuencas Hidrográficas*. Sociedad Española de Presas y Embalses. Madrid.
- Niclós J., Rodríguez M. (2015). Herramientas de gestión hidrológica y de alerta temprana en el SAIH-Júcar. XIX Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos. Granada.