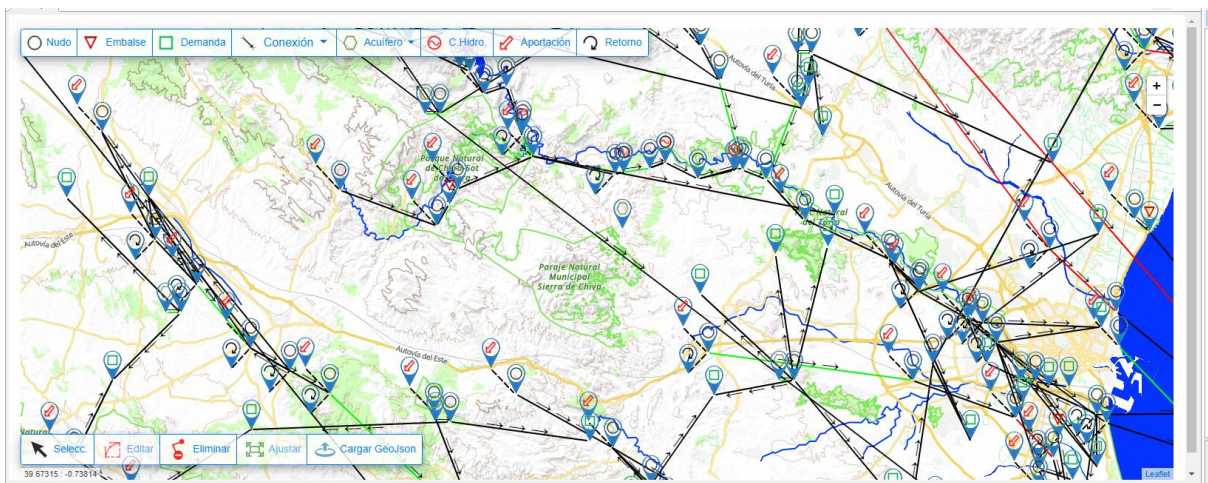


GeoAquatool

Entorno con base geográfica para el desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión en materia de planificación a corto y largo plazo de la gestión de cuencas hidrográficas



Contenido

| | |
|---|----|
| 1. Resumen..... | 1 |
| 2. Inicio de un nuevo proyecto..... | 2 |
| 2.1. Proyecto nuevo..... | 2 |
| 2.2. Importar un proyecto de AQUATOOL+..... | 3 |
| 2.3. Configuración del paso de tiempo en los cálculos. | 3 |
| 3. Diseño gráfico..... | 5 |
| 3.1. Elementos tipo punto..... | 5 |
| 3.2. Elementos tipo línea. | 5 |
| 3.3. Elementos tipo punto-línea. | 5 |
| 3.4. Edición gráfica de elementos..... | 6 |
| 4. Edición de elementos del modelo..... | 7 |
| 4.1. Datos de series temporales de datos..... | 7 |
| 4.2. Aportaciones..... | 9 |
| 4.2.1. Superficiales..... | 9 |
| 4.2.2. Recarga subterránea..... | 9 |
| 4.3. Conducciones o tramos de río..... | 10 |
| 4.3.1. Pérdidas por filtración..... | 10 |
| 4.3.2. Conexión con acuífero..... | 11 |
| 4.3.3. Caudal mínimo..... | 11 |
| 4.3.4. Capacidad de la conducción..... | 12 |
| 4.3.5. Caudal máximo para control de crecidas. | 12 |
| 4.3.6. Reglas de gestión. | 12 |
| 4.4. Embalses. | 13 |
| 4.4.1. Volumen máximo. | 14 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.4.2. | Volumen mínimo..... | 14 |
| 4.4.3. | Volumen Objetivo..... | 15 |
| 4.4.4. | Evaporación..... | 15 |
| 4.4.5. | Filtración..... | 16 |
| 4.4.6. | Elementos de toma de agua en embalse..... | 17 |
| 4.5. | Acuíferos..... | 18 |
| 4.5.1. | Modelos agregados | 18 |
| 4.5.2. | Modelación distribuida. Método de autovalores..... | 19 |
| 4.6. | Demandas..... | 21 |
| 4.6.1. | Elemento demanda..... | 21 |
| 4.6.2. | Conexiones de la demanda con el sistema: elementos toma, bombeo y retorno. 22 | |
| 4.7. | Uso hidroeléctrico..... | 24 |
| 4.8. | Bombeo adicional..... | 24 |
| 4.9. | Reglas de operación..... | 24 |
| 4.9.1. | Indicador de alarma..... | 25 |
| 4.9.2. | Elementos de restricción a la gestión..... | 25 |
| 5. | Trabajo con los modelos de cálculo de Aquatool | 1 |
| 5.1. | Selección del modelo de cálculo y simulación..... | 1 |
| 5.4. | AQT-CAL..... | 4 |
| 5.4.1. | Obtención de series de datos de calidad para las series de aportaciones.... | 5 |
| 5.5. | AQT-RISK..... | 7 |
| 5.5.1. | Uso de múltiples series de datos probabilistas..... | 7 |
| 5.5.2. | Configuración de resultados estadísticos..... | 8 |
| 5.6. | AQT-Series..... | 10 |
| 5.6.1. | Punteo..... | 10 |
| 5.6.2. | Punteo con variación estadística..... | 10 |
| 5.7. | Uso de series de datos externas..... | 12 |

1. Resumen.

GeoAquaTool tiene la finalidad de ayudar en el diseño y desarrollo de modelos conceptuales para la simulación de la gestión del agua en una cuenca o sistema de recursos hídricos.

AquaTool dispone de diversos módulos de cálculo relacionados con esos procesos, que tienen en común la definición conceptual del esquema de la cuenca. *GeoAquaTool* permite dar una imagen gráfica a esta definición y facilita una edición georeferenciada de los datos y resultados requeridos y proporcionados por los modelos de cálculo.

Los modelos de cálculo gestionados mediante *GeoAquaTool* son los siguientes:

- *AQT-SIM*: Modelo para la *SIM*ulación a largo plazo de la gestión de sistemas.
- *AQT-OPT*: Modelo para la *OPT*imización a largo plazo de la gestión de sistemas.
- *AQT-CAL*: Modelo para la simulación de la *CAL*idad del agua en el sistema.
- *AQT_RISK*: Modelo para el análisis de *Riesgos* en el gestión de sistemas.

Todos estos modelos tienen en común la definición conceptual de la cuenca, y se diferencian en requerir algunos datos adicionales específicos para el tipo de análisis elegido, y en el tipo de resultados proporcionados.

2. Inicio de un nuevo proyecto.

Un proyecto de *GeoAquatool* se almacena en una base de datos con la extensión *.GeoAquatool. Esta base de datos contiene toda la información descriptiva del modelo.

2.1. Proyecto nuevo.

Un proyecto de *GeoAquatool* se genera simplemente mediante la opción [Archivo]→[Nuevo]; que pedirá la selección de una carpeta de trabajo y un nombre de archivo. Es importante reservar una carpeta en exclusiva para cada proyecto porque las simulaciones generarán diversos archivos de datos y resultados que podrían entrar en conflicto con otros ficheros de otros proyectos.

Una vez definido el fichero del proyecto se solicita la definición de los parámetros de diseño del proyecto: modelo de cálculo, escala de tiempo, periodo de simulación, etc. Es importante que estos datos se definan correctamente en esta fase, dado que algunos datos y parámetros tendrán relación con la escala de tiempo elegida. Aunque pueden ser modificados con posterioridad, estos cambios no afectan al resto de datos, por lo que el usuario deberá también corregir aquellos.

The screenshot shows a dialog box titled "Selección del modelo de cálculo". It has four buttons for calculation models: "AQT-SIM" (highlighted in blue), "AQT-OPT", "AQT-RISK", and "AQT-CAL". Below this is the "Medición escala temporal" section. It features a dropdown menu currently showing "Días del calendario" (also highlighted in blue). Other options in the dropdown are "Diario (360 días/año)", "Mensual", "Semanal (48 semanas/año)", and "Dos semanas (48)". To the right of the dropdown is a "Tiempo" input field with the value "1". Below that is a "Fecha Final" input field with the value "27/9/2024". At the bottom right are two buttons: "Aceptar" (orange) and "Cancelar" (blue).

Figura 1: Selección del modelo de cálculo al inicio de un proyecto.

2.2. Importar un proyecto de AQUATOOL+.

GeoAquatool puede heredar los modelos previamente desarrollado con su predecesor de escala mensual. Para esto, mediante la opción [Archivo]→[Abrir] el programa permite importar proyectos con la extensión *.BDA procedentes de Aquatool+. En este caso GeoAquatool traducirá la base de datos de Aquatool+ a los nuevos formatos, manteniendo el paso de tiempo de cálculo en escala mensual. Los resultados de un análisis de la gestión en paso mensual con los nuevos módulos de Aquatool tendrán una alta similitud con los de los programas equivalentes anteriores, pero no necesariamente serán iguales. Por diversas causas.

Dado que GeoAquatool representa un modelo sobre la base geográfica, permite la definición de una traslación y escalado simples del modelo antiguo. Para ello solicita el cambio de coordenadas para 2 puntos del modelo con los que extrapolará las coordenadas para todos los elementos.

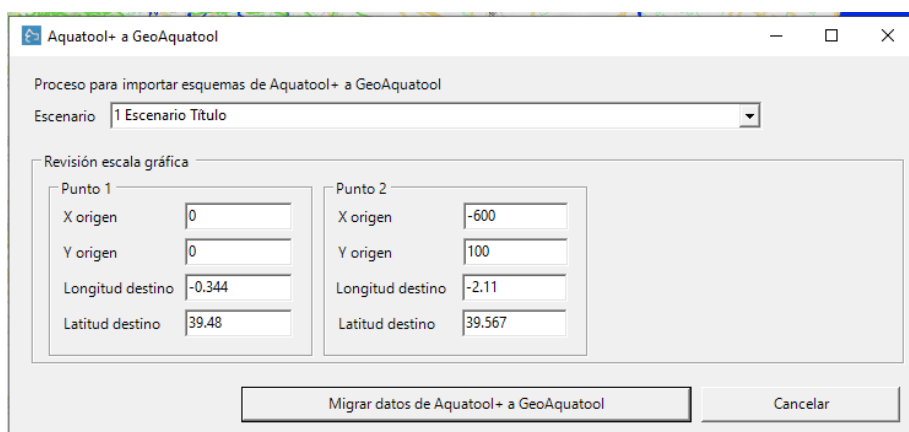


Figura 2: Datos para el cambio de coordenadas de modelos antiguos de Aquatool+.

Para esta traslación requiere las coordenadas (x,y) de los puntos en el modelo Aquatool+ en su sistema de referencia particular; y las correspondientes coordenadas de latitud y longitud según el sistema de referencia geográfico utilizado en los visores web.

2.3. Configuración del paso de tiempo en los cálculos.

Los módulos de cálculo de AquaTool permiten dos métodos para medir el tiempo:

1. **En número de días con fechas:** Para análisis de proyecciones a corto plazo o para revisiones de periodos históricos se permite el uso de un paso de tiempo basado en días, desde 1 a n días como unidad de cálculo. En este caso se tendrá en cuenta

la fecha del calendario, considerando todas las particularidades de este, como la diferente duración de los meses y el día 29 de febrero en años bisiestos.

2. **En fracciones del año:** Para análisis a largo plazo, las particularidades del calendario pueden confundir los análisis, por lo que es más práctico considerar todos los años iguales, de manera que un año se divide en 12 meses, en 48 semanas o en 360 días iguales.

El interface *GeoAquaTool* ha sido configurado para permitir la elección entre varias escalas de tiempo razonables: en fracciones del año discretas (mensual, semanal, 2 semanas/mes o 3 fracciones de 10 días/mes) o, si se opta por medir el tiempo en días del calendario, en un número de días opcional. En cualquier caso, la unidad de medida del tiempo se denomina "paso" de tiempo a efectos de edición de datos y resultados. En general, salvo excepciones, todos los datos temporales serán dados en unidades de m^3/s .

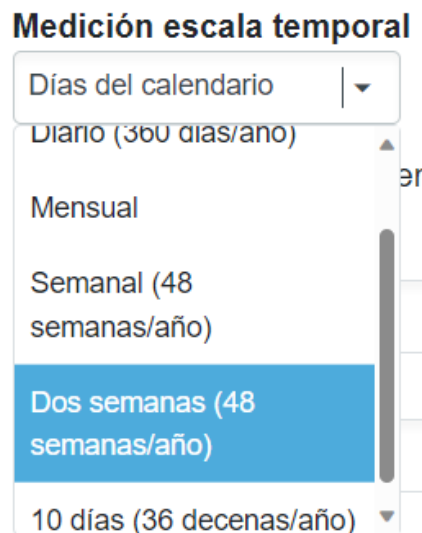


Figura 3: Opciones para elegir el paso de tiempo en *GeoAquaTool*.

3. Diseño gráfico.

En este apartado se describe el trazado de elementos en la interface GeoAquatool. Para el trazado de cualquier tipo de elementos este debe seleccionarse en la botonera de elementos del sistema (Figura 4). Algunos de ellos pueden estar agrupados, por lo que se deberá abrir el grupo con un click y seleccionar el tipo de elementos con un 2º click. El icono del elemento seleccionado permanece activado en el proceso.



Figura 4: Barra de botones para el trazado gráfico de elementos del modelo.

Para cancelar un trazado de elementos puede hacerlo mediante la tecla "esc".

3.1. Elementos tipo punto.

Basta con seleccionar el tipo de elemento en la botonera y clicar en la pantalla.

3.2. Elementos tipo línea.

Los elementos tipo línea requieren el trazado previo de los elementos punto a los que están enlazados. Para su dibujo se ha de clicar en primer lugar sobre el elemento origen del trazado y en último lugar sobre el elemento destino. Puede incluir cualquier número de puntos intermedios para el trazado de la línea.

3.3. Elementos tipo punto-línea.


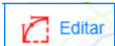


Algunos elementos (aportación y retorno) se componen de un punto y una línea. Para su trazado, se deberá clicar en primer lugar en el punto de la pantalla sobre el que se desea trazar el icono del elemento y en último lugar sobre el elemento destino.

3.4. Edición gráfica de elementos.

La herramienta gráfica incluye algunas posibilidades de modificar el esquema previamente trazado, la botonera de edición gráfica (Figura 5) incluye los siguientes elementos:



Figura 5: Barra de opciones para la edición gráfica de esquemas.

-  Tiene la finalidad de activar el modo "selección" para acceder a la ficha de datos del elemento seleccionado.
-  Activa el modo edición. Permite mover elementos y nodos de alineaciones, así como añadir nuevos puntos intermedios a las líneas.
-  Para borrar elementos del esquema ya creados (no se permite la copia de elementos). Para eliminar un elemento tipo nodo debe eliminarse previamente todas las líneas que conectan con este.
-  Cambia la visualización a una vista completa del modelo.
- Para localizar un elemento y activar un zoom próximo al elemento se dispone de la columna izquierda con el listado de elementos (Figura 6). Esta dispone de un primer filtro por tipo de elementos y una celda para filtrar por nombre.

| ELEMENTO |
|----------------------------|
| Char |
| Apo. Chanza intermedia |
| C1 en e. Chanza |
| C2 en e. Chanza |
| C3 río Chanza nie presa Ch |

Figura 6: Columna para la búsqueda de elementos en un esquema.

4. Edición de elementos del modelo.

Una vez dibujado un elemento y habiendo seleccionado el mismo en la pantalla gráfica o en el listado lateral, se puede acceder a la edición de sus datos mediante el botón "Características..." (Figura 7). En la misma puede modificar el nombre asignado al elemento editándolo en la misma casilla. Si un elemento no requiere información no se mostrará el botón de "Características...".

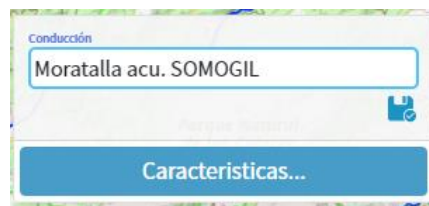


Figura 7: Ficha de acceso a la edición de datos.

4.1. Datos de series temporales de datos.

Muchos elementos incluyen la definición de datos que pueden tener una característica temporal (principalmente series de aportaciones, pero puede convenir definir también series temporales para otros datos como demandas, u otros datos). Para todos los datos que puedan requerir dicha variación temporal se ha diseñado un mismo criterio para su definición, que se describe a continuación.

Cualquier dato que pueda ser variable en el tiempo se puede definir con 4 niveles de detalle (Figura 8).

Seleccione el detalle para la definición de este dato.



Figura 8: Ficha de dato con referencia temporal.

1. **Valor único:** se define un único valor constante para todos los pasos de tiempo en el cálculo.
2. **Año medio por meses:** se define 12 valores mensuales que se repetirán todos los años.
3. **Año medio en pasos:** por "pasos" se entiende cada unidad de tiempo de cálculo. Así, si se ha definido la simulación en escala semanal, esta opción permite definir 48 valores que se repiten todos los años.
4. **Un valor por paso de tiempo:** Esta opción requiere un valor por paso de tiempo simulado en toda la longitud del periodo de simulación. Si se mide el tiempo en fracciones del año los datos se etiquetan por "año" - "paso" o fracción, si se mide en días, estos vendrán referidos por la fecha.

La base de datos permite almacenar valores para estos en varias escalas, pero solo utilizará la escala seleccionada en la banda superior con los datos que se visualizan en esta ficha. En general, salvo excepciones, todos los datos temporales serán dados en unidades de m^3/s con independencia de la escala de tiempo de cálculo.

4.2. Aportaciones

Se define dos tipos de aportaciones.

4.2.1. Superficiales.

Definen aportaciones procedentes de escorrentía en régimen natural tanto de procedencia superficial como subterránea. Estos elementos se conectan a nudos que marcan el inicio del río.

Requiere la definición de una serie de datos temporales según se describe en 4.1

4.2.2. Recarga subterránea.

Este tipo de aportación se conecta a elementos de tipo acuífero, y representa la recarga natural procedente de lluvia que recibe este acuífero.

Si el modelo de acuífero elegido permite el uso de varias acciones elementales como vía de recarga, la ficha de esta aportación requerirá la selección de la acción elemental en que se produce la recarga.

4.3. Conducciones o tramos de río.

Un elemento tipo conducción representa un tramo de río o un canal. Como río, a priori, no requiere datos en su diseño. Esto supone que la conducción cumple solo la función de conectar dos puntos para el flujo del agua, sin ninguna limitación ni consigna específica para su gestión. Esta forma podría representar cualquier tramo de río.

También permite la definición de diversos condicionantes o características de su comportamiento o de su gestión. Estas características se activan mediante la opción correspondiente (Figura 9). Las opciones disponibles se describen a continuación.

RGTR1nº 6

Active solo las propiedades de la conducción que desee utilizar.

Criterios gestión

Capacidad conducción

Conexión con acuífero

Caudal mínimo

Filtración

Caudal máximo control crecidas

➤ Incidencias **0**

Figura 9: Opciones para la configuración de un tramo de río o conducción.

4.3.1. Pérdidas por filtración.

Si se trata de un río perdedor o de un canal con fugas, se puede definir las propiedades de estas filtraciones mediante una función dependiente del caudal circulante (Figura 10).

Filtración

Parámetros para evaluar las filtraciones. $F=A + B * q^C$

Defina acuífero destino de filtraciones o vacío si no vuelven al sistema

Coeficiente A [m³/día]

0

Coeficiente B [%]

0,1

Coeficiente C

0,5

Acuífero destino

Acuíf. Pluricelular nº 1

Acción elemental

Filtración de río

Figura 10: Caracterización de filtraciones en un tramo de río o conducción.

También permite dirigir estas filtraciones como recarga a un acuífero. Para lo que se debe asignar el mismo y la acción elemental sobre la que actúa si el acuífero permite más de una.

4.3.2. Conexión con acuífero.

De forma similar a las filtraciones, un tramo de río puede estar conectado con el nivel freático de un acuífero, en tal caso las filtraciones podrán ser positivas o negativas dependiendo de la situación del acuífero.

Si se activa esta opción, se requerirá la definición del acuífero y la fracción del caudal aportado en el "parámetro de control del mismo" (Figura 11). Como en las filtraciones, también se solicitará la selección del "parámetro de control" correspondiente en el caso de que el modelo de cálculo del acuífero disponga de más de un parámetro de control que represente un flujo de caudal.

Conexión con acuífero

Acuífero: Acuíf. Manantial nº 1 X

Coeficiente de reparto en la conexión [0,1]: 1

Figura 11: Definición de la conexión con acuífero en un tramo de río o conducción.

4.3.3. Caudal mínimo.

Los requerimientos ambientales en tramos de río se definen como "caudales mínimo". Este caudal mínimo puede definirse como cualquier serie temporal (véase 4.1). Además de la cuantía del caudal mínimo, esta ficha requiere también la definición de un número de prioridad del mismo y un % de déficit a partir del cual se considerará que se ha producido un fallo en el cumplimiento de los objetivos ambientales (Figura 12: Definición de caudales mínimos en tramo de río.).

Caudal mínimo

Caudal mínimo requerido en el tramo de río [m³/s]: 3

Seleccione el detalle para la definición de este dato.

| | | | |
|-------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Valor único | Año medio por meses | Año medio en Pasos | Un valor por paso de tiempo |
| 2,3 | | | |

Nº de prioridad en caudal mínimo: 1

Porcentaje de déficit mínimo para contar fallo: 0,06

Figura 12: Definición de caudales mínimos en tramo de río.

4.3.4. Capacidad de la conducción.

Si el arco representa un canal artificial, este requerirá la definición de un caudal máximo admitido o capacidad. Este dato puede definirse también como serie temporal (véase 4.1). Si se define una capacidad de la conducción esta no admitirá caudales superiores a la misma.

4.3.5. Caudal máximo para control de crecidas.

En el caso de tramos de río también puede definirse un caudal máximo. Pero en este caso será un máximo objetivo, normalmente motivado por el riesgo de que se produzcan daños en el entorno del río. A diferencia del anterior, este máximo sí puede ser superado, pero a un alto coste, por lo que la finalidad de este máximo es que la optimización del modelo de cálculo resuelva la mejor gestión para laminar una crecida y evitar que este máximo sea superado. Este dato puede definirse como serie temporal (4.1).

4.3.6. Reglas de gestión.

Además de las anteriores, el modelo permite también la definición de diversas reglas de gestión como un límite máximo anual al caudal transportado, o la asignación de una regla de operación elaborada, que podría alterar dicho máximo anual, o el máximo mensual o mínimo diario si se hubieran definido (Figura 13)

The image shows a software interface for defining management rules. At the top, there are two tabs: 'Criterios gestión' and 'Caudal mínimo', with the latter being selected. Below the tabs, the text reads 'Asignación de criterios particulares para condicionar el flujo en esta conducción'. Underneath, there is a section titled 'Límite asignación anual' which includes a toggle switch for 'Activar Limitado' (currently turned on) and a text input field for 'Valor volumen máximo anual' containing the number '100'. The next section is 'Reglas de operación', featuring a dropdown menu for 'Regla operación' set to 'Restricción', and two radio buttons for 'Seleccione propiedad de la conducción sobre la que aplica la regla de operación': 'Sobre asignación anual' (unselected) and 'Sobre caudal mínimo' (selected). At the bottom, there is a 'Coste arbitrario en red de flujo optimización' section with a numeric input field set to '1' and up/down arrow buttons.

Figura 13: Definición de reglas de gestión en tramo de río o conducción.

4.4. Embalses.

Un elemento tipo embalse puede representar un embalse o balsa artificial o bien un lago natural.

Su definición requiere como mínimo un dato de capacidad máxima que puede almacenar. También permite la definición de un mínimo o embalse muerto (por debajo del desagüe de fondo) no accesible para la extracción de agua. Al ser un elemento de almacenamiento de agua requiere también un dato de volumen almacenado al inicio de la simulación. Este dato puede ser un dato fijo o puede darse como una serie temporal (el resto de formatos temporales referidos en 4.1 no están permitidos).

Datos generales del embalse

Capacidad máxima del embalse [hm³]

Volumen no accesible por debajo del desagüe de fondo [hm³]

Prioridad de almacenamiento: ▲ ▼

Volumen embalsado a inicio de la simulación.

Puede definir un valor único para cualquier simulación o un valor por fecha o paso de tiempo para relacionarlo con la fecha inicial de la simulación.

Seleccione el detalle para la definición de este dato.

Figura 14: Datos básicos para la definición de un embalse.

Opcionalmente, también permite la definición diversas características o propiedades de gestión como se explica a continuación, y que pueden activarse singularmente en la ficha del elemento (Figura 15).

Embalse B ×

Activar opciones diseño: Volumen máximo Volumen mínimo Evaporación Filtración

Datos generales del embalse

Figura 15: Opciones para activar procesos en un embalse.

4.4.1. Volumen máximo.

Se permite la definición de un almacenamiento máximo variable en el tiempo e inferior a la capacidad del embalse. Esta curva de almacenamiento máximo suele representar los almacenamientos máximos derivados de las normas de explotación del embalse en atención a la prevención de crecidas. Este máximo no será superado salvo que entre en conflicto con un caudal máximo para control de crecidas.

Se define una serie temporal con el detalle deseado según se refiere en 4.1 (Figura 16)

Volumen máximo

Volumen máximo que puede acumular el embalse a final de cada paso de tiempo en condiciones normales [hm³]

Seleccione el detalle para la definición de este dato.

| | | | |
|-------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Valor único | Año medio por meses | Año medio en Pasos | Un valor por paso de tiempo |
|-------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|

| Mes | Valor |
|------------|-------|
| Enero | 7 |
| Febrero | 8 |
| Marzo | 8 |
| Abril | 9 |
| Mayo | 9 |
| Junio | 9 |
| Julio | 9 |
| Agosto | 9 |
| Septiembre | 9 |
| Octubre | 6 |
| Noviembre | 4 |
| Diciembre | 4 |



Figura 16: Definición del volumen máximo de almacenamiento permitido en un embalse.

4.4.2. Volumen mínimo.

Se permite la definición de un volumen de almacenamiento mínimo por cuestiones ambientales o de gestión. Este mínimo puede ser variable en el tiempo y debe ser mayor o igual que el volumen muerto del embalse.

4.4.3. Volumen Objetivo.

Si se ha establecido un volumen máximo y un mínimo, también se permite la definición de curvas de volúmenes objetivo intermedias (Figura 17). Estas curvas deberán estar comprendidas entre los límites dados por la curva anterior y posterior respectivamente, siendo la primera curva el volumen mínimo y la última el volumen máximo.

Volumen máximo Volumen mínimo **Volumen objetivo** Evaporación Filtración

A efectos de condicionar una gestión conjunta de embalses, puede definir curvas de embalse objetivo comprendidas entre el máximo y el mínimo [hm³].
Cada curva debe tomar valores por encima de la anterior. El detalle de datos es el mismo para todas las curvas de volumen objetivo.

Número de curvas

Seleccione el detalle para la definición de este dato.

| Valor único | Año medio por meses | Año medio en Pasos | Un valor por paso de tiempo |
|-------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Curva 1 | | | |
| | <input type="text" value="3"/> | | |
| Curva 2 | | | |
| | <input type="text" value="4"/> | | |

Figura 17: Definición de curvas de volumen objetivo de almacenamiento permitido en un embalse.

4.4.4. Evaporación.

Si se activa la ficha de evaporación, se requerirá datos de tas de evaporación y una curva que relaciona el volumen almacenado con la superficie de lámina libre en el embalse (Figura 18).

Evaporación

Tasa de evaporación [mm/día]

Seleccione el detalle para la definición de este dato.

Valor único
 Año medio por meses
 Año medio en Pasos
 Un valor por paso de tiempo

| Mes | Valor |
|------------|--------|
| Enero | 1,979 |
| Febrero | 2,465 |
| Marzo | 2,681 |
| Abril | 3,1973 |
| Mayo | 3,1226 |
| Junio | 2,478 |
| Julio | 1,8732 |
| Agosto | 1,4835 |
| Septiembre | 1,028 |
| Octubre | 0,7184 |
| Noviembre | 0,66 |
| Diciembre | 1,6042 |



Pegar

Copiar

Batimétricas del embalse para cálculo de evaporación y otros.

| Volumen [hm ³] | Cota [m] | Superficie [Ha] | |
|----------------------------|----------|-----------------|---|
| 0 | 1035 | 0 | ⊖ |
| 0,98 | 1043 | 34,8 | ⊖ |
| 7,1 | 1051 | 117,7 | ⊖ |
| 20,22 | 1059 | 215,5 | ⊖ |
| 40,98 | 1067 | 303,5 | ⊖ |
| 60,68 | 1075 | 424 | ⊖ |

Figura 18: Datos para el cálculo de la evaporación en un embalse.

4.4.5. Filtración.

Las pérdidas por filtración se definen mediante una función del volumen almacenado y pueden tener como destino un acuífero (Figura 19).

Evaporación
Filtración

Coefficiente A [m³/día]

Coefficiente B [%]

Coefficiente C

Parámetros para evaluar las filtraciones. $F=A + B * V^C$

Defina acuífero destino de filtraciones o vacío si no vuelven al sistema

Acuífero destino

Acción elemental

Figura 19: Datos para simular filtraciones en un embalse.

4.4.6. Elementos de toma de agua en embalse.

Las derivaciones de agua de un embalse pueden ser de dos tipos: libre o condicionadas por el estado del embalse. Como derivaciones libres se puede utilizar cualquier arco de tipo conducción o toma de demanda. Pero si se representa una captación que por sus características físicas tiene limitaciones debidas al nivel de agua en el embalse, se puede utilizar un elemento del tipo "toma en embalse" (Figura 20). Este elemento requiere una cota mínima por debajo de la cual no es posible derivar agua porque se encontraría por encima del nivel de agua en el embalse. Y para cotas por encima del umbral, calcula la capacidad máxima según el nivel del embalse. Estos elementos solo pueden utilizarse si se ha definido una tabla cota-volumen en la ficha de evaporación del embalse.

Toma en embalse nº 1
×

Cota base de la captación (m)

Cálculo del caudal máximo derivable: $Q_{max}=A \cdot h^B$ [(m³/s)/m]

A:

B:

Figura 20: Ficha para la definición de arcos de captación de agua limitada en un embalse.

4.5. Acuíferos.

El programa permite la simulación de acuíferos con diferentes formulaciones matemáticas (Figura 21), que pueden elegirse según la información disponible sobre el mismo. Cada tipo de modelo requiere datos diferentes del resto y presentan diferentes opciones de conexión con el sistema superficial.



Figura 21: Selección del modelo matemático para la simulación de acuífero.

Se dispone de 5 modelos para la simulación de acuíferos de forma agregada (sin representación espacial) y un modelo para la simulación distribuida.

4.5.1. Modelos agregados

Para la mayoría de los acuíferos, la escasez de información limita las posibilidades de modelación a la representación de propiedades generales del acuífero. Para estos casos, en AquaTool se dispone de 5 modelos matemáticos (Depósito, Unicelular, Manantial, Pluricelular y Tres niveles) que se describen en el manual técnico del programa de simulación.

En todos ellos se requiere la definición de un o varios parámetros de descarga natural del acuífero (alfa) y proporcionan uno o varios "parámetros de control" y "Acciones elementales". Los primeros se utilizarán para monitorizar el estado del acuífero y algunos para obtener el resultado de caudal de intercambio con el resto del sistema. Y los segundos permiten la entrada o extracción de agua al acuífero. Su descripción detallada se encuentra en el manual técnico del programa de simulación. A modo de ejemplo se muestra aquí la ficha del modelo "Pluricelular" (Figura 22), que siendo similar al resto de modelos permite la definición de varias celdas (unidades) de cálculo.

Acuíf. Pluricelular nº 1

Nº Celdas
2

| Volumen inicial (hm³) | Coeficiente descarga alfa (días ⁻¹) |
|---|---|
| Valor único <small>Un valor por paso de tiempo</small> 0 | 0,001 |
| 0 | 0,9 |

Control de bombeos
Ninguno

Nº Acciones sobre el acuífero
3

| Nombre | Coeficientes de reparto entre celdas | | |
|-------------------|--------------------------------------|-----|---|
| | 1 | 2 | Σ |
| Recarga lluvia | 1 | 0 | 1 |
| Filtración de río | 0 | 1 | 1 |
| Bombeo | 0,5 | 0,5 | 1 |

Figura 22: Ficha de datos para el modelo de acuífero pluricelular.

4.5.2. Modelación distribuida. Método de autovalores.

Para la simulación distribuida de acuíferos se requiere la modelación de estos por el método de los autovalores. Este método es una reparametrización de una modelación mediante elementos finitos o mediante diferencias finitas, con lo que se puede adaptar cualquier tipo de modelo subterráneo para su simulación conjunta con el sistema superficial en AquaTool.

Este tipo de modelo ha sido diseñado para su uso en conjunto con el programa Aquival. Su utilidad es principalmente la reparametrización de un modelo calibrado en "diferencias finitas". Aunque su uso también permite la calibración del modelo del acuífero.

La visualización de datos del modelo en autovalores no permite su edición. En su lugar, la aplicación permite la carga de un modelo ya calibrado con Aquival. Una vez cargado, el proyecto de Aquival se almacena en la base de datos de GeoAquatool para ser invocado nuevamente cuando el usuario lo requiera.

Una vez cargado un modelo de autovalores es necesario completar este con la asignación de una "acción elemental" al que asignar el descuento del recurso detrído del sistema superficial en caso de que este recurso no esté disponible (denominado "detracciones imposibles"). Para el funcionamiento de este modelo es necesaria la definición de, al menos, una acción elemental para "detracciones imposibles" a un parámetro de control que represente un flujo de intercambio con el sistema superficial (Figura 23).

Parámetros de control

Debe asignar las acciones elementales para detracciones imposibles en al menos un parámetro de control que represente la conexión con aguas superficiales

| | Nombre | Acc.Elem. detracciones imposibles | Vector de cálculo | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|--|
| 1 | Tzintzimeo | <input type="text"/> | 9,57E-006 | 2,21E-005 | -1,27E-007 | 7,54E-005 | -4,18E-005 | -1,32E-005 | 6,24E-005 | -1,61E | |
| 2 | Aeropuerto Morelia | <input type="text"/> | 1,59E-005 | 3,39E-005 | -1,07E-007 | 8,84E-005 | -6,30E-005 | 3,02E-005 | -3,60E-006 | -1,80E | |
| 3 | Jeruco | DU Cuitzeo X <input type="text"/> | 9,43E-008 | -6,33E-008 | -3,83E-007 | -1,12E-007 | -2,94E-007 | -3,91E-007 | -4,19E-007 | -2,61E | |
| 4 | Cuamio | <input type="text"/> | 6,71E-008 | -4,55E-008 | -1,40E-006 | -8,54E-008 | -2,19E-007 | -3,00E-007 | -3,33E-007 | -2,09E | |
| 5 | Crucero Mor-Sal | <input type="text"/> | 3,01E-006 | 5,32E-007 | -1,07E-008 | 4,38E-007 | -8,91E-006 | 6,72E-007 | -3,92E-006 | 3,38E- | |
| 6 | Charo | <input type="text"/> | 2,95E-005 | 4,58E-005 | 1,67E-008 | -8,65E-006 | -3,14E-006 | 4,07E-005 | -4,14E-005 | -2,38E | |
| 7 | Huandacareo | DU Huandacareo X <input type="text"/> | 7,89E-006 | -5,08E-006 | -4,32E-008 | -7,64E-006 | -1,96E-005 | -2,40E-005 | -2,26E-005 | -1,36E | |
| 8 | Carr. | <input type="text"/> | 2,33E-005 | 4,86E-005 | -6,23E-008 | 8,38E-005 | -3,23E-005 | -1,11E-005 | 1,11E-005 | -3,37E | |

Figura 23: Asignación de acciones elementales para detracciones imposibles en parámetros de control flujo de acuífero modelado por autovalores.

4.6. Demandas.

Un elemento de consumo de agua se define como "Demanda" y se puede conectar al sistema superficial mediante uno o varios elementos "toma demanda" y un elemento "retorno". También se puede conectar a uno o varios acuíferos mediante elementos "bombeo a demanda".

4.6.1. Elemento demanda.

Los elementos demanda definen cualquier uso consuntivo del agua. Se puede matizar su definición según 3 tipologías con pequeñas diferencias entre ellas (Figura 24)

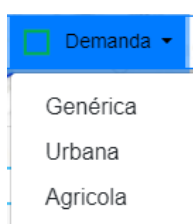


Figura 24: Selección del tipo de demanda en el menú gráfico.

- **Demanda genérica**: Permite representar cualquier tipo de demanda.
- **Demanda urbana**: Tiene el mismo diseño que la demanda genérica, pero en el cálculo se le asigna una prioridad equivalente a la de los caudales mínimos.
- **Demanda agrícola**: Similar a la demanda genérica, permite la definición de los parámetros de eficiencia acordes con la terminología típica para usos agrícolas. También permite la definición de una demanda neta además de la asignación bruta.

En la ficha de la demanda (Figura 25) se asigna una dotación bruta de la misma, un coeficiente que determina la fracción del suministro que infiltra y puede recargar un acuífero; y los parámetros para el cálculo de garantías.

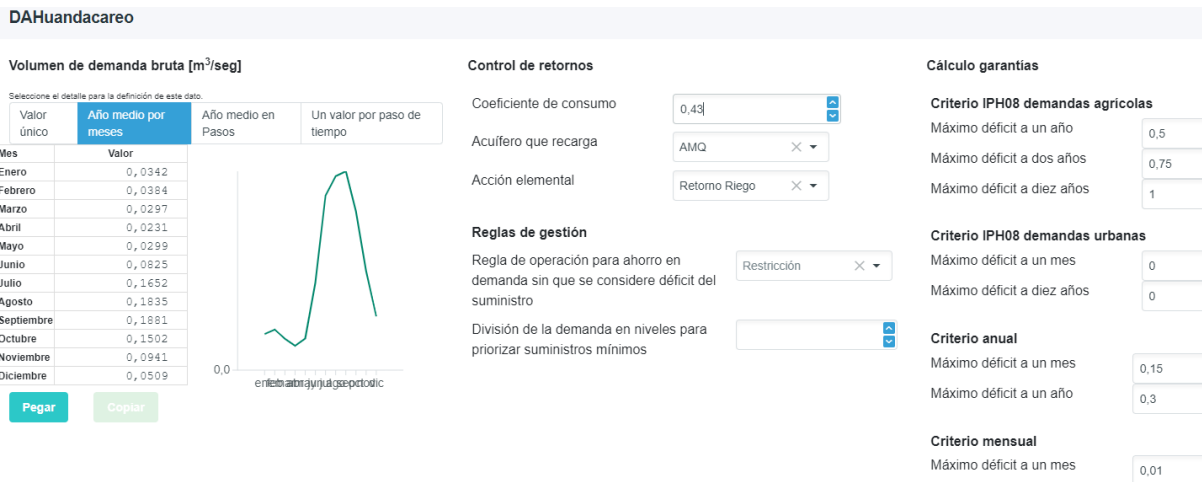


Figura 25: Datos requeridos en la ficha de demanda.

4.6.2. Conexiones de la demanda con el sistema: elementos toma, bombeo y retorno.

Un elemento demanda por sí solo está aislado del resto del sistema. Para su conexión necesita al menos de un arco de suministro que puede conectarla al sistema superficial "toma demanda" o a un acuífero "bombeo a demanda".

La toma superficial permite limitar su asignación o desactivarla si permite suministrar toda la demanda mediante esta toma (Figura 26). También define el retorno superficial y reglas de gestión como la limitación de la asignación anual y el uso de reglas de operación específicas para modificar su asignación.

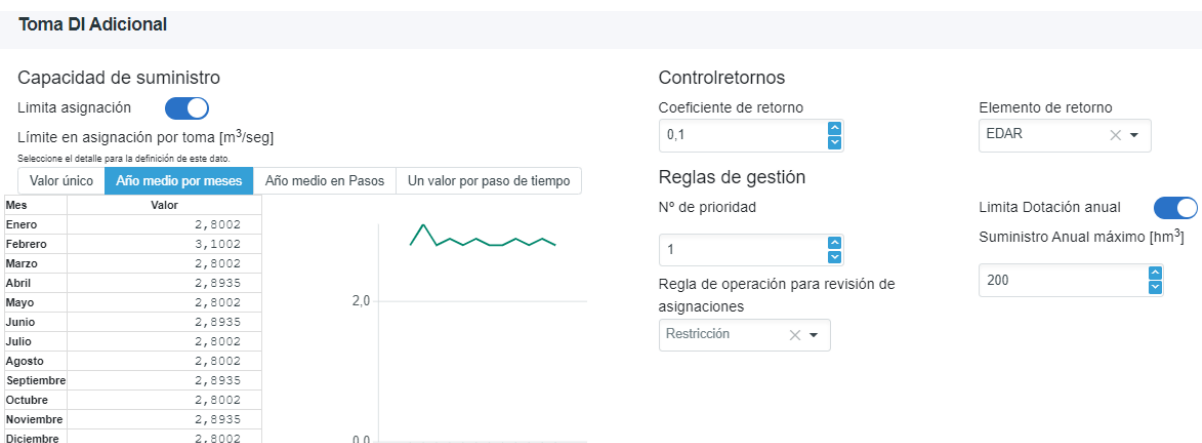


Figura 26: Datos para toma de demanda.

Si el suministro es mediante bombeo, este se define solo por el caudal máximo que es capaz de bombear (Figura 27). Además requiere concretar los datos de conexión al

acuífero, y permite definir reglas de operación para desactivar el bombeo según el estado del acuífero.

Bombeo a demanda n° 1 [X]

Caudal máximo de bombeo: 1,5

Número de prioridad que activa el bombeo: 1

Acción elemental: Seleccione acc. elemental

Parámetro control: Caudal

Umbral del parámetro para cancelar el bombeo: -2

Figura 27: datos para bombeo a demanda.

Opcionalmente, también se puede conectar a un elemento tipo "retorno" para retornar al sistema superficial una fracción del suministro. El elemento de retorno no requiere datos. Es seleccionado en la ficha de la toma si se ha definido una fracción de retorno.

4.7. Uso hidroeléctrico.

Central Hidro. nº 1

Caudal máximo equipado [m³/s] Rendimiento (0 - 1)

Tipo de central según captación aguas arriba Salto fijo Pie de presa

Cota inferior del salto Embalse

Cota Mínima Turbinado [m]

Caudal Mínimo Turbinado [m³/s]

Caudal objetivo

Seleccione el detalle para la definición de este dato.

| Valor único | Año medio por meses | Año medio en Pasos | Un valor por paso de tiempo |
|--------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| <input type="text" value="5"/> | | | |

Prioridad Regla de operación

Figura 28: datos para usos hidroeléctricos.

4.8. Bombeo adicional.

Un bombeo adicional conecta un acuífero con un nudo del sistema superficial. Y se define igual que un bombeo a demanda (4.6.2).

4.9. Reglas de operación.

Los programas de cálculo incluyen en su diseño el uso de reglas de operación lógicas como la prioridad de suministro sobre el almacenamiento y los números de prioridad entre elementos del mismo tipo.

Además, se permite la definición de un elemento más complejo como regla de operación o simplemente como indicador del estado del sistema.

Estos elementos incluyen dos componentes (Figura 29) y un tercer paso que es la asignación de una restricción a un elemento tipo demanda, uso hidroeléctrico o conducción según se visto en las fichas correspondientes.

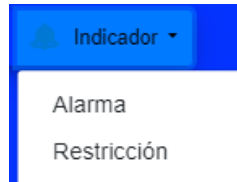


Figura 29: Elementos para la definición de reglas de operación.

4.9.1. Indicador de alarma.

Un indicador de alarma requiere la selección de uno o varios resultados de la simulación como dato de entrada, y la selección un método de cálculo para su obtención.

The screenshot shows a web form titled 'Nuevo Indicador Estado del Sistema'. It contains several input fields: 'Nombre' with the value 'Indicador alarma nº 1', 'Método cálculo' with a dropdown menu showing 'T1. Una curva con revisión cada 1 de mes', 'Nº series' with a numeric input of '2', 'Tipo de serie temporal' with a dropdown menu showing 'Volumen en embalse', and two rows for 'Selecciones series que suman en el indicador'. The first row is 'Nº 1' with a dropdown menu showing 'Embalse A', and the second row is 'Nº 2' with a dropdown menu showing 'Embalse B'. Each dropdown menu has a close button (X) and a downward arrow.

Figura 30: Datos para indicadores en reglas de operación.

4.9.2. Elementos de restricción a la gestión.

Sobre un indicador de alarma se puede definir uno o varios elementos de restricción, que consisten en el cálculo de un factor corrector de asignaciones que se basa en el valor obtenido del indicador.

Nuevo Indicador Restricción

Nombre Indicador de referencia

Definición de la curva de corrección.

| Valor del Indicador | Coficiente corrector asignación | |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="text" value="10"/> | <input type="text" value="0,8"/> | <input type="button" value="⊖"/> |
| <input type="text" value="20"/> | <input type="text" value="0,5"/> | <input type="button" value="⊖"/> |
| <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> | <input type="button" value="⊕"/> |

Figura 31: Datos para restricciones en reglas de operación.

Una vez definido un elemento de restricción, este estará disponible para su aplicación a los distintos elementos del sistema que admiten este tipo de reglas de operación.

5. Trabajo con los modelos de cálculo en Aquatool

GeoAquaTool, además del diseño de datos para los modelos de análisis de la gestión permite el manejo interactivo de estos modelos. Los modelos disponibles son los siguientes:

- Modelo de simulación de la gestión AQT-SIM
- Modelo de optimización de la gestión AQT-OPT
- Modelo de simulación de la calidad de aguas AQT-CAL
- Modelo de análisis de riesgos AQT-RISK

5.1. Selección del modelo de cálculo y simulación.

Como se indica en 2.1 el modelo de cálculo es seleccionado en la pantalla para la configuración inicial de un proyecto. Posteriormente esta configuración se puede modificar mediante el menú "Simulación" → "Configuración". En este menú se puede seleccionar el modelo de cálculo a utilizar y la escala temporal de cálculo.

El modelo AQT-CAL requiere trabajar sobre resultados de AQT-SIM o de AQT-OPT. El resto de modelos se activan alternativamente.

Para cada modelo seleccionado se puede acceder a la pantalla de simulación mediante el menú "Simulación" (Figura 32), que permite acceder, además de a la configuración general también a los datos de la simulación con el programa activo, la cual dará acceso a la orden de realizar la simulación.

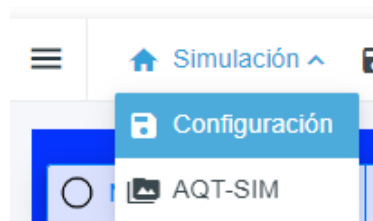


Figura 32: Selección del tipo de demanda en el menú gráfico.

5.2. AQT-SIM.

El modelo de simulación de la gestión requiere los datos generales ya descritos para la definición del modelo. Para realizar la simulación se accede mediante el menú "Simulación"→AQT-SIM. Este presenta la misma ventana de datos generales de la simulación, pero sin permitir la edición de los campos de configuración general de procesos (selección de modelo y escala temporal). Sí permite alterar el periodo de simulación. ´

Para la simulación se accede mediante el botón "Simular" que activa una ventana de información del progreso.

The screenshot shows a window titled "Datos Generales Simulación" with a close button (X). It contains several sections:

- Selección del modelo de cálculo:** Four buttons: "AQT-SIM" (highlighted), "AQT-OPT", "AQT-RISK", and "AQT-CAL".
- Medición escala temporal:** A dropdown menu set to "Mensual".
- Título:** A text input field containing "Título - Escenario".
- Periodo de simulación:** Two rows of input fields. The first row has "Año inicio" (1980) and "Paso inicio" (with a dropdown arrow). The second row has "Año Final" (2019) and "Paso Final" (with a dropdown arrow).
- Simulation Progress:** A section titled "Simulación" showing "Ejecutando simulación" and "AQT-SIM" with a progress bar at 0%. Below it, the text "Iniciando proceso" is visible.
- Buttons:** A green "Simular" button, an orange "Aceptar" button, and a blue "Cancelar" button. A green "Cerrar" button is also present.
- Control de errores:** A section titled "Control de errores en el diseño" with a plus sign (+) and a box containing the text "3 Errores".

Figura 33: Ficha para el proceso con el modelo de simulación.

5.3. AQT-OPT.

El modelo de optimización de la gestión realiza un proceso similar al del modelo de simulación, pero totalmente diferente en el método de asignación del agua. En este caso el modelo prescinde de las reglas de operación definidas en 4.9

La optimización se configura en la ficha de simulación, en que se define el tamaño de la optimización y el intervalo de salto entre el inicio de las sucesivas optimizaciones.

Optimización

Número de pasos de la optimización Número de pasos entre optimizaciones

Título

Figura 34: Ficha para el proceso con el modelo de optimización.

5.4. AQT-CAL.

El modelo de simulación de la calidad del agua procesa los caudales circulantes obtenidos por un modelo de simulación de la gestión para obtener las condiciones de calidad de agua en los tramos de río y embalses.

Para activar el uso del modelo de calidad se realiza en el menú "Simulación" → "Configuración" activando el botón "AQT-CAL", y a continuación "Modelo AQT-CAL" que abrirá la ventana de configuración general de la simulación de la calidad (Figura 35).

The screenshot displays two side-by-side panels for configuring the AQT-CAL simulation.

Datos Generales Simulación (Left Panel):

- Selección del modelo de cálculo:** Buttons for AQT-SIM, AQT-OPT (selected), AQT-RISK, and AQT-CAL.
- Medición escala temporal:** Dropdown menu set to "Mensual".
- Optimización:** "Número de pasos de la optimización" set to 24, "Número de pasos entre optimizaciones" set to 12.
- Título:** Text input field containing "Título - Escenario".
- Periodo de simulación:** "Año inicio" (1980), "Año Final" (2019), "Paso inicio" (10), "Paso Final" (9).
- Buttons: "Modelo AQT-CAL" (green), "Aceptar" (orange), "Cancelar" (blue).

Datos Generales Simulación calidad (Right Panel):

- Ultima simulación hidrológica:** Summary of simulation parameters: "Modelo de cálculo utilizado: AQT_OPT", "Tipo de simulación: fracciones del año", "Escala de paso de tiempo: 12 Pasos/Año", "Inicio de la simulación Año 1980 Paso 10", "Final de la simulación Año 2019 Paso 9".
- Toggle switches for "Simulación del Oxígeno disuelto y Materia Orgánica" and "Ciclo del nitrógeno" (both checked).
- Contaminantes con dinámica de primer orden:** A table with columns "Nombre" and "Coeficiente corrector de degradación".

| Nombre | Coeficiente corrector de degradación |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Contaminante de 1er orden | 1,024 |
| Nombre | 1,024 |

Buttons: "Aceptar" (orange), "Cancelar" (blue).

Figura 35: Activación y datos generales para la simulación de la calidad.

Una vez activada la simulación de la calidad, mediante la selección de elementos que admiten datos para este modelo se tendrá acceso a las fichas de datos de calidad para estos elementos (Figura 36).

The screenshot shows a data access window for the "Conducción" element (ID 11). The "Tramo medio A" is selected in a dropdown menu. Below the menu are two buttons: "Características" and "Datos calidad".

Figura 36: Acceso a datos para el modelo de simulación de la calidad del agua.

Los elementos que admiten datos de calidad son los siguientes:

- **Aportaciones:** Requiere series de concentración para todos los contaminantes modelados.
- **Conducciones y embalses:** Permite definir parámetros para la simulación de la variación de la calidad en cada elemento. También permite aportaciones de contaminantes en forma de flujo de sedimentos en embalse y entradas de contaminación difusa en conducciones.
- **Tomas de demanda y retornos:** Permite definir correcciones de calidad que representan tratamiento de agua mediante potabilizadoras o depuradoras.
- **Acuíferos:** Requiere la definición de parámetros de calidad a aplicar en las salidas del acuífero, tanto por extracciones como por descarga natural.

5.4.1. Aportaciones.

Todas las entradas de caudal al sistema deben llevar asociadas las propiedades de calidad para todos los parámetros modelados. El programa admite la definición de estos datos en cualquiera de las escalas temporales definidas para los datos de caudal (apartado 4.1).

Además, dado que la información disponible suele ser escasa, se puede definir un modelo estadístico para la generación de series para todo el periodo de simulación a partir de la función de distribución y los parámetros de la misma. Este modelo estadístico se define en la ficha de edición de datos de calidad para las aportaciones (Figura 37)

The screenshot shows a web-based form for defining quality data for 'ApoCabecera'. The form has a header with the title and a close button. Below the header, there are five tabs for selecting the data type: 'Valor único', 'Año medio por meses', 'Año medio en Pasos', 'Un valor por paso de tiempo', and 'Modelo Estadístico'. The 'Modelo Estadístico' tab is active. Underneath, there is a dropdown menu for 'Parámetro' with 'dbo' selected. To the right, a dropdown for 'Funcion de Distribucion' is open, showing a list of distribution types: 'Triangular', 'Uniforme', 'Normal', 'Lognormal', and 'Triangular' (which is highlighted in blue). Below these are input fields for 'Parámetro Mínimo', 'Parámetro Máximo', and 'Parámetro Moda'. At the bottom left, there is a 'Incidencias' field with a green '0' icon.

Figura 37: Datos de calidad para series temporales de aportaciones. Con modelos estadísticos para generación de series.

5.4.2. Conducciones y embalses.

Ambos elementos requieren un conjunto de parámetros similar. En el caso de conducciones (Figura 38) se la simulación de la calidad es opcional. En el caso de embalses requiere los

datos de calidad en el embalse al inicio de la simulación. El resto de la información son los parámetros que regulan la evolución de la calidad del agua en el elemento; y la posible entrada de contaminación por flujo de sedimentos en embalses o contaminación difusa en conducciones.

Activar simulación

Ver resultados parciales

Cálculo hidráulico

Longitud [m]

Tipo de cálculo hidráulico

Velocidad

Exponente de velocidad

Coefficiente de profundidad

Exponente de profundidad

Simulación calidad

Dispersión [m]

Diferencial de cálculo [m]

Simulación del Oxígeno disuelto y Materia Orgánica

Constante de reaeración de la materia orgánica [1/d]

Constante de degradación de la materia orgánica [1/d]

Velocidad sedimentación de la materia orgánica [m/d]

Ciclo del nitrógeno

Constante degradación nitrógeno orgánico [1/d]

Velocidad sedimentación nitrógeno orgánico [m/d]

Contaminantes con dinámica de primer orden

Sólidos

Constante de degradación

Velocidad de sedimentación

Datos de temperatura

Seleccione el detalle para la definición de este dato.

Valor único Año medio por meses Año medio en Pasos Un valor por paso de tiempo

| Mes | Valor |
|------------|-------|
| Enero | 6,21 |
| Febrero | 7,48 |
| Marzo | 9,61 |
| Abril | 11,68 |
| Mayo | 16,61 |
| Junio | 19,59 |
| Julio | 20,83 |
| Agosto | 20,86 |
| Septiembre | 19,18 |
| Octubre | 15,71 |
| Noviembre | 11,23 |
| Diciembre | 8,42 |

Contaminación difusa

Simula contaminación difusa

Figura 38: Datos de calidad para conducciones.

5.5. AQT-RISK.

AQT-RISK está diseñado para realizar múltiples simulaciones de la gestión con las que obtener estadísticos de los resultados y así proporcionar un análisis probabilístico de las consecuencias de las decisiones de gestión a corto plazo.

The image shows a software dialog box titled "Datos Generales Simulación" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- Selección del modelo de cálculo:** Four buttons are present: "AQT-SIM", "AQT-OPT", "AQT-RISK" (which is highlighted in blue), and "AQT-CAL".
- Medición escala temporal:** A dropdown menu currently set to "Mensual".
- Título:** A text input field containing "Título - Escenari".
- Periodo de simulación:** Two pairs of input fields with navigation arrows. The first pair is "Año inicio" (1990) and "Paso inicio" (1). The second pair is "Año Final" (2000) and "Paso Final" (10).
- Simulaciones probabilísticas para evaluación del riesgo:** An input field for "Nº simulaciones" set to "30", a blue button labeled "Configurar generación de series", and a green button labeled "Simular".
- At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" (orange) and "Cancelar" (blue).

Figura 39: Datos generales para simulación con AQT-RISK.

5.5.1. Uso de múltiples series de datos probabilistas.

Para proporcionar series diferentes de datos temporales al modelo, está prevista la generación de series mediante el módulo AQT-Series. Pero podrían ser generadas con cualquier herramienta independiente.

Si estas series se generan mediante Aqt-Series pueden obtenerse durante el proceso de simulación ("generación síncrona en Figura 40), con lo que no quedaría copia visible de estas series. También pueden ser generadas con antelación, con lo que Aqt-Series generará una copia escrita de cada escenario generado.

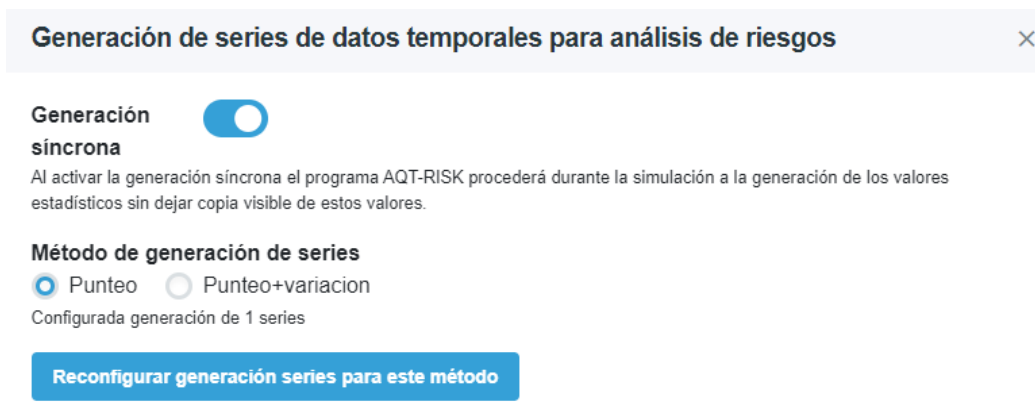


Figura 40: Configuración de la generación de series para AQT-RISK.

Los datos de los escenarios de datos han de ser incluidos en la carpeta del proyecto mediante múltiples archivos con el formato CSV de series temporales definidos en la base de datos de GeoAquatool. Cada escenario tendrá un nombre específico SERIESALEATORIAS.x.CSV que difiere de los demás en la terminación ".1.CSV", ".2.CSV", ..., ".10.CSV", ".11.CSV", etc., donde el número "x" indica el orden en que será procesado. Estos números deberán ser correlativos, con inicio en 1 y alcanzar al número de escenarios a simular.

5.5.2. Configuración de resultados estadísticos.

AQT-RISK realiza múltiples simulaciones, por lo que sus resultados consisten en evaluaciones estadísticas de algunos resultados de la simulación.

El programa calcula estadísticos de:

- Satisfacción de las demandas.
- Reservas en embalses e indicadores.

Para obtener estos resultados es necesario requerir cada resultado al programa de cálculo mediante la definición de los parámetros necesarios para el cálculo del estadístico (Figura 41). Para los elementos seleccionados produce la función de distribución estadística del valor representativo para cada mes de la simulación. Además, se puede definir un cálculo más definido de probabilidades, que según el tipo de elemento son las siguientes:

- Probabilidad de estado del volumen por niveles en embalses.
- Volumen con probabilidad de superación dada en embalses.
- Probabilidad de fallo por niveles en demandas.

- Déficit con probabilidad de superación dada en demandas.

Embalse: Barrios de Luna ×

Obtener estadísticos para este elemento

Probabilidad estado en nivel de volumen

| % Volumen | |
|-----------|---|
| 20,000 | ⊖ |
| 40,000 | ⊖ |
| 60,000 | ⊖ |
| 80,000 | ⊖ |
| 95,000 | ⊖ |
| 0 | ⊕ |

Volumen con probabilidad dada de no excedencia del almacenamiento

| Probabilidad % | |
|----------------|---|
| 10,000 | ⊖ |
| 30,000 | ⊖ |
| 50,000 | ⊖ |
| 70,000 | ⊖ |
| 90,000 | ⊖ |
| 0 | ⊕ |

Figura 41: Configuración de resultados estadísticos en AQT-RISK.

5.6. AQT-Series

El módulo de generación de series estadísticas se utiliza en combinación con AQT-RISK y tiene como finalidad la generación estadística de múltiples series temporales de datos.

El módulo AQT-Series permite el uso de varios métodos para la generación de series.

- El método "**punteo**" consiste en la selección aleatoria de datos procedentes de un registro histórico.
- El método "**punteo con variación estadística**" consiste en utilizar el anterior al que se añade un sumando aleatorio.
- El método "**MASHWin**" consiste en utilizar un modelo estocástico del tipo ARMA multivariado previamente calibrado para obtener múltiples series condicionadas. Este modelo se calibra en escala mensual.
- El método "**MASHWin con variación estadística**". Consiste en el anterior, ampliado con un sumando aleatorio. Este método se diseña para introducir cierta variabilidad a series en escala inferior a la mensual basada en modelos ARMA mensuales.

5.6.1. Punteo.

La generación de series mediante punteo requiere disponer de series de datos históricos de larga duración. Lógicamente estos datos habrían de coincidir con los definidos en el modelo para la simulación u optimización de la gestión a largo plazo.

Este proceso no requiere de más información, por lo que se puede configurar con una sola orden en la ventana de configuración de series para AQT-RISK. Este comando diseña la obtención de series para cada una de las series previamente establecidas en las fichas del modelo.

El diseño del modelo Punteo permite el uso de otras series y otras propiedades para la generación de series que debería configurarse externamente a GeoAquaTool.

5.6.2. Punteo con variación estadística.

Esta opción consiste en extender el método anterior con un coeficiente de variación que se aplicará a cada dato obtenido de la serie original.

$$x = \bar{x} * C_v * Rnd_{N(0,1)}$$

Para condicionar esta variación en los datos considera un estadístico Normal con media el dato obtenido y un coeficiente de variación dado. GeoAquaTool define por defecto un

coeficiente de variación igual al 20% para todas las series. Este dato podría ser alterado y definido singularmente para cada serie externamente a GeoAquaTool.

5.7. Uso de series de datos externas.

En muchas ocasiones puede ser necesario modificar masivamente datos de un modelo, lo que unido a que el modelo puede ser complejo llevaría un consumo de tiempo considerable en su edición mediante el interface de usuario. Por ejemplo: Es habitual modificar todos los valores de demandas de un sistema para pasar de analizar un horizonte de planificación a otro horizonte. O, si se trabaja con AQT-RISK, será normal procesar múltiples series de aportaciones generadas con modelos estocásticos.

Para estas situaciones se dispone de la opción de procesar series de datos externas a la base de datos de GEOAQUATOOL. Para la definición de series temporales de datos el programa ofrece varias opciones para el formato de estos datos (constante, año medio, serie temporal). Además de estas opciones internas a la base de datos, también se ofrece opciones adicionales para modificar el origen de datos. Estas **permiten utilizar los mismos formatos de datos, pero localizados en archivos fuera de la base de datos**. Estos archivos tendrán los mismos formatos CSV definidos para la base de datos interna en las opciones de año medio en datos mensuales, año medio en pasos de cálculo y serie temporal completa en la escala de cálculo.

Para la preparación de estos archivos de datos externos el usuario deberá confeccionarlos según el formato definido en el documento de la base de datos. En la confección de estos archivos deberá cuidar de identificar correctamente los elementos afectados mediante el campo "CodElemento" correspondiente a cada elemento y los códigos identificadores del tipo de dato utilizado. El dato "CodElemento" puede consultarse en la ficha de acceso a datos de cada elemento (Figura 42). El separador decimal ha de ser el punto "." Y el separador de listas el punto y coma ";". Salvo que se especifique otro formato en la configuración del proyecto.

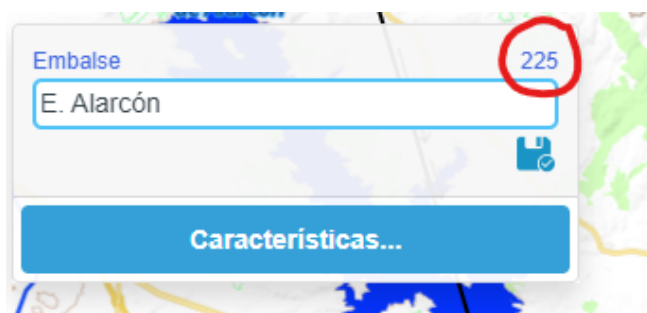


Figura 42: Localización del dato CodElemento en la ficha de acceso a datos de los elementos del sistema. (Su valor se ha resaltado con un círculo rojo).

6. Resultados de la simulación.

Una vez finalizada una simulación procede analizar sus resultados para obtener las conclusiones pertinentes del análisis. Cada modelo de cálculo produce diferentes resultados según el tipo de cálculo que realiza. Todos los resultados se escriben en archivos de texto situados en el mismo directorio donde se encuentra el archivo del proyecto. Algunos de estos archivos se pueden obtener a través del menú "resultados" (Figura 43).

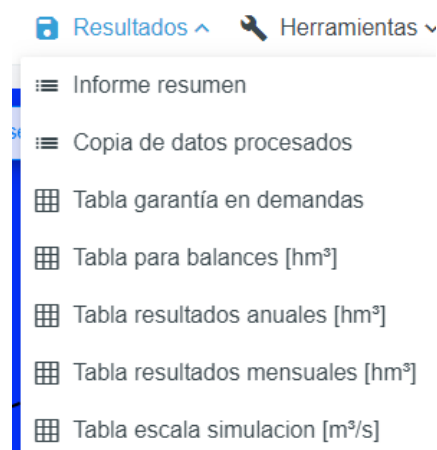


Figura 43: Menú de acceso a resultados de la simulación.

El programa también facilita la visualización gráfica de los resultados por elementos en formato de series temporales. Para ello, al seleccionar un elemento se activará el botón de acceso a gráficos en la ficha de propiedades (Figura 44).

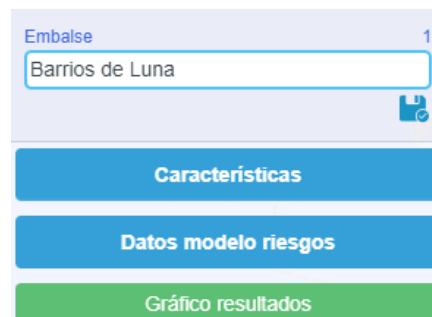


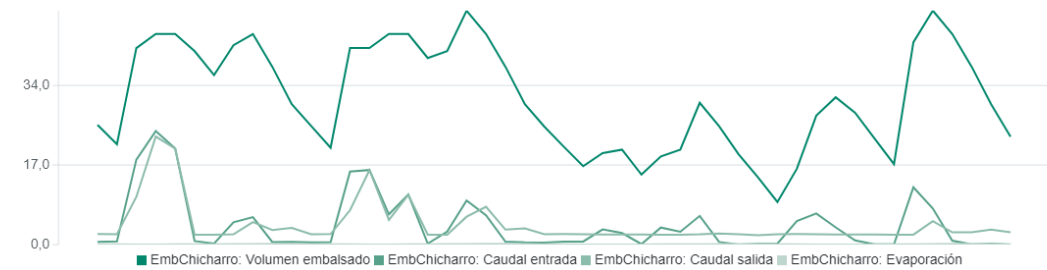
Figura 44: Acceso a resultados gráficos para un elemento.

A continuación se muestra algunos ejemplos de resultados de simulación de la gestión, simulación de la calidad y análisis de riesgos.

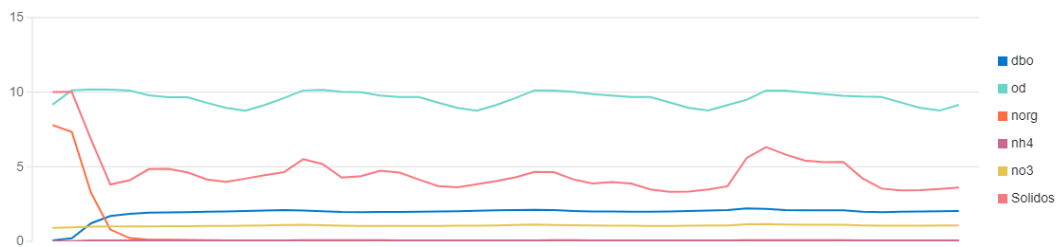
EmbChicharro

Ver resultados para Gestion Calidad

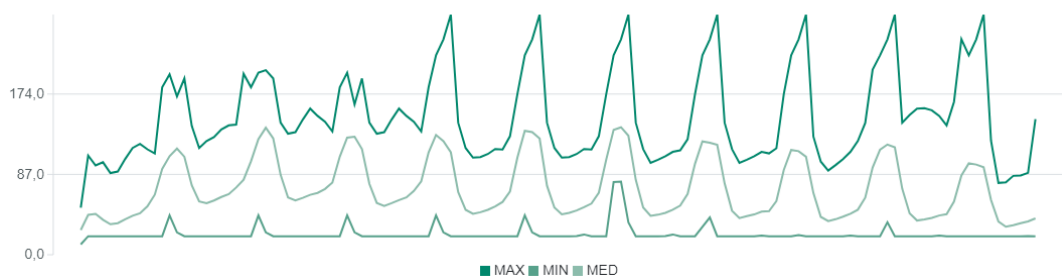
Resultados Simulación de la gestión



Resultados Simulación de la calidad



Resultados Simulación de la gestión



Resultados Simulación Probabilística

- Función de distribución
- Probabilidad estado en nivel de volumen
- Volumen con probabilidad dada de no excedencia del almacenamiento

