

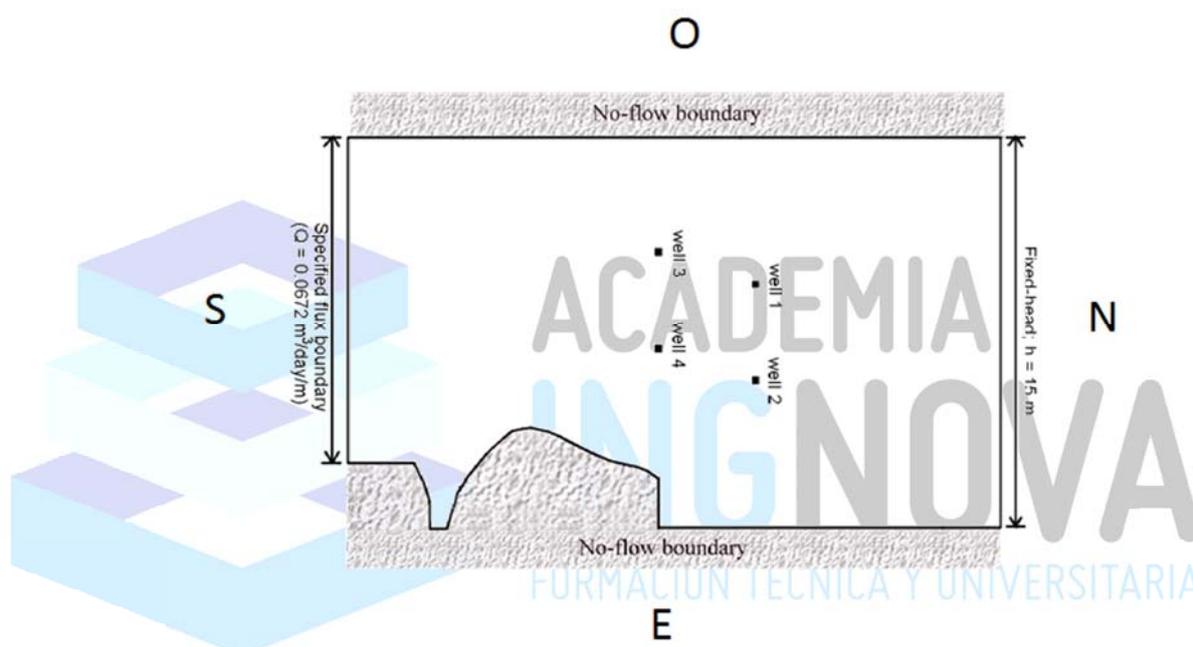
**CURSO ONLINE DE SIMULACIÓN DEL FLUJO DE AGUAS
SUBTERRÁNEAS CON MODFLOW.**

Tema 6. SISTEMA ACUÍFERO CON EXTRACCIONES Y RECARGA
--

1.	Definición del modelo	2
2.	Objetivo del ejercicio	3
3.	Generación de la rejilla	4
4.	Definición de los períodos de estrés	4
5.	Tipología del acuífero	5
6.	Asignación de la conductividad hidráulica.....	5
7.	Celdas inactivas.....	6
8.	Condiciones de contorno	7
	Límite norte (h= 15).....	8
	Límite Sur (Recarga = 0.0672 m ³ /día.m.l.).....	8
	Recarga acuífero (7,5 x 10 ⁻⁴ m/día)	9
	Pozos	9
9.	Ejecutar MODFLOW	11

1. Definición del modelo

Para el desarrollo de este ejemplo tomaremos como modelo uno de los ejemplos contenidos en el Manual de Processing Modflow (Simcore Software), visto en planta es algo similar a la siguiente imagen:



Modificado de Manual de Processing Modflow (Simcore Software).

Se trata de un acuífero libre, estrato arenoso de 25 metros de espesor, conductividad hidráulica igual a 160 m/día y una porosidad eficaz de 0,06. Las dimensiones en planta son de 10.000 x 6.000 m.

Existe una montaña volcánica en la esquina sureste del área del modelo, que se supone un límite para el flujo.



El acuífero es recargado durante una temporada húmeda de 4 meses, con una precipitación media de $7,5 \times 10^{-4}$ m/día. Además el límite sur del acuífero posee un flujo de entrada de $0.0672 \text{ m}^3/\text{día.m.l.}$, continuo.

Al norte el nivel piezométrico es constante e igual 15 m.

Los 4 pozos extraen un caudal de 45 l/s durante la estación seca de 8 meses para el suministro de agua para uso doméstico y riego.

2. Objetivo del ejercicio

Lo que se pretende es obtener los niveles piezométricos del área modelada al final del periodo húmedo y tras la estación seca.

Al efecto vamos a introducir todos los datos del modelo, de forma análoga al ejercicio anterior, y ejecutar MODFLOW. Con ello el alumno aprenderá y/o reforzará los siguientes conceptos y procedimientos:

- Creación de la rejilla del modelo
- Definición de los períodos de estrés
- Tipología del acuífero
- Definir los límites del acuífero
- Introducir condiciones de contorno para el modelo (CHD: Time-Variant Specified-Head Package, RCH: Recharge Package y WEL: Well Package).



- Obtener resultados

3. Generación de la rejilla

Ejecutamos *ModelMuse* e introducimos los datos siguientes para la definición de la rejilla:

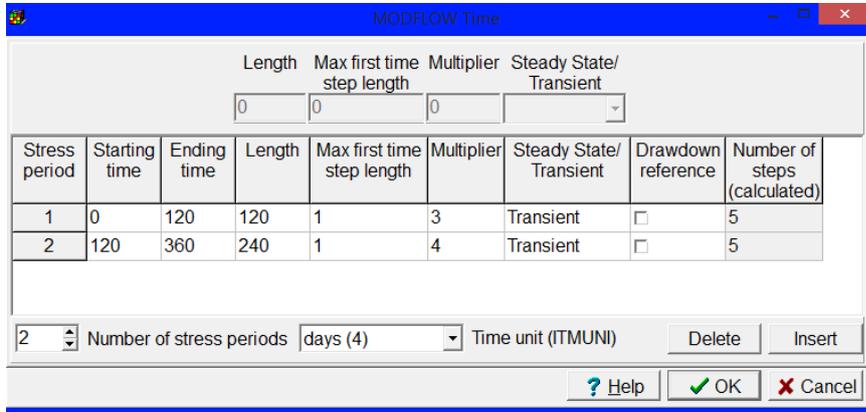
- *Number of columns* = 60
- *Number of rows* = 100
- *Number of layers* = 1
- *Bottom elevation* = -25
- *Column width* = 100
- *Row width* = 100

Hemos definido una cuadrícula de 10.000 x 6.000 m, con celdas de 100 m, y una sola capa de 25 m de espesor, que representará nuestro acuífero.

4. Definición de los períodos de estrés

Este modelo va a correr en régimen transitorio, en dos periodos estrés, la estación húmeda y seca.

En el cuadro de dialogo *MODFLOW Time*, introducimos los valores pertinentes:

Stress period	Starting time	Ending time	Length	Max first time step length	Multiplier	Steady State/ Transient	Drawdown reference	Number of steps (calculated)
1	0	120	120	1	3	Transient	<input type="checkbox"/>	5
2	120	360	240	1	4	Transient	<input type="checkbox"/>	5

2 Number of stress periods days (4) Time unit (ITMUNI) Delete Insert

? Help OK Cancel

Introducidos los datos, pulsamos **OK**.

5. Tipología del acuífero

En *Model Layer Groups*, elegimos **Convertible**.



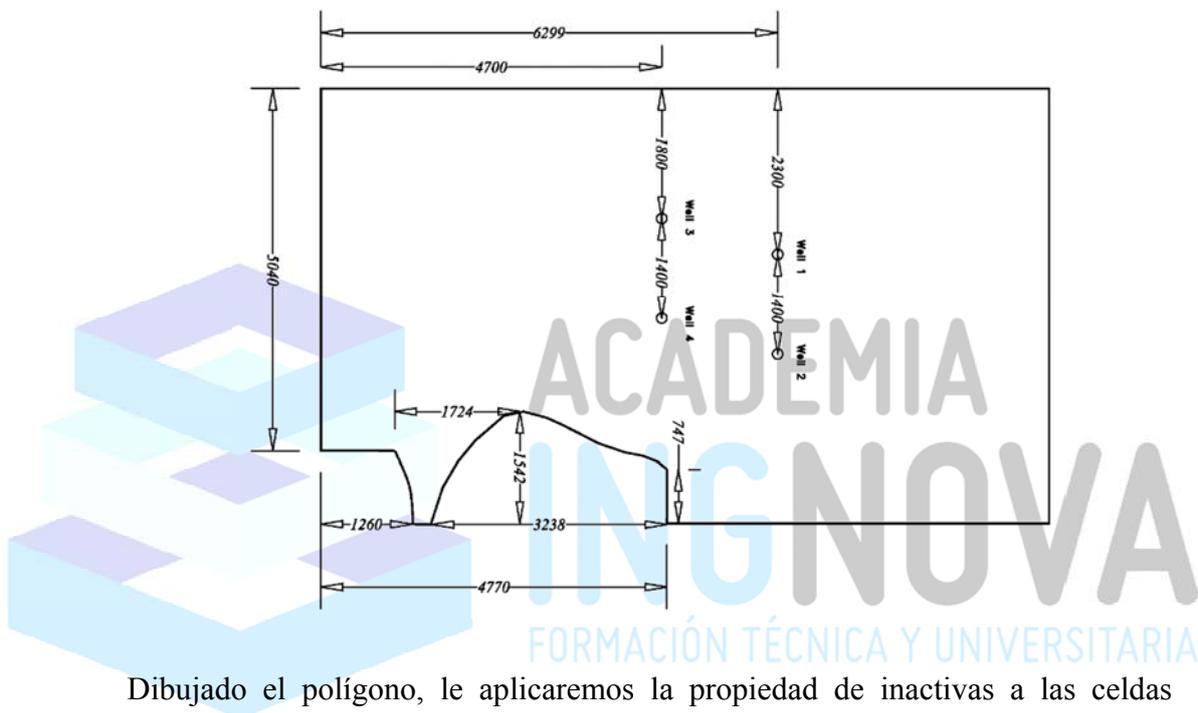
6. Asignación de la conductividad hidráulica

Nos vamos a *Edit Data Sets*, y puesto que hemos supuesto un acuífero homogéneo e isótropo, hacemos: $K_x = K_y = K_z = 160$ m/día.



7. Celdas inactivas

Para definir los límites del acuífero, vamos a dibujar a mano alzada¹ un polígono que debe abarcar el área montañosa, apoyándonos en la siguiente imagen acotada:

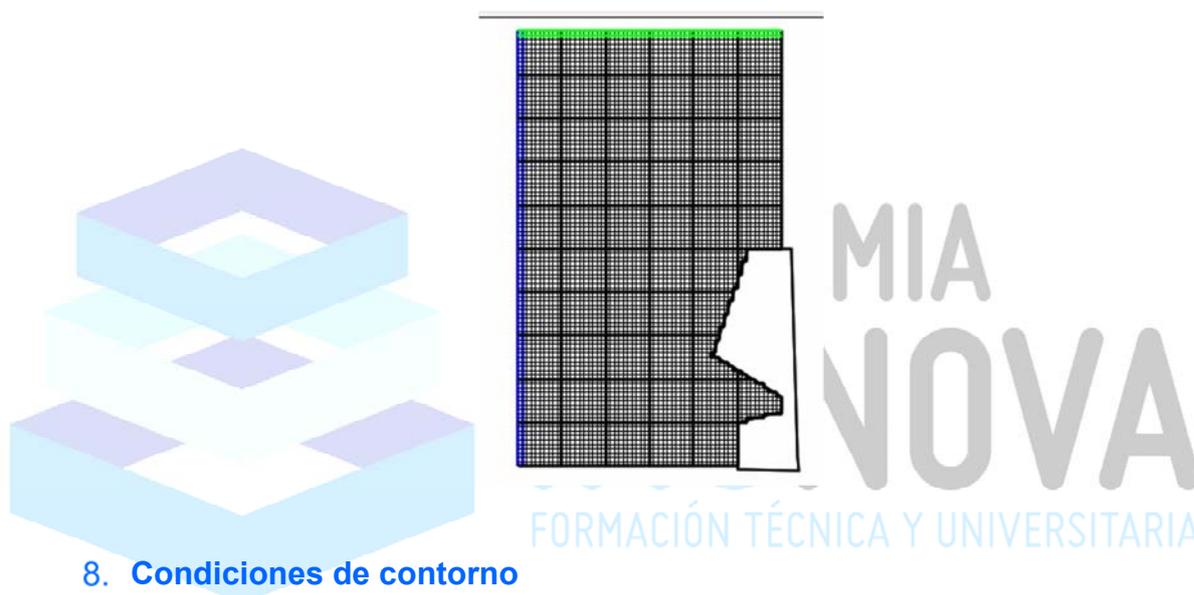


Dibujado el polígono, le aplicaremos la propiedad de inactivas a las celdas contenidas en él, análogamente al ejercicio anterior: terminada de trazar el objeto, hacemos doble clic, desplegándose la ventana de propiedades del mismo.

¹ En el último tema nos centraremos en otros métodos de mayor eficacia para el diseño de los modelos, pero este aspecto no es lo más importante en este punto.

Renombraremos el objeto como *Inactiva* y en la pestaña *Data Sets*, indicaremos el parámetro *Active* como *False*.

Si elegimos ahora en la barra de herramientas el comando *Show Active*, se nos mostrara exclusivamente la zona definida como activa para nuestro modelo, y debe quedar algo similar a la siguiente:



En *MODFLOW Packages and Programs*, vamos a elegir los que necesitamos para esta simulación, y que serán:

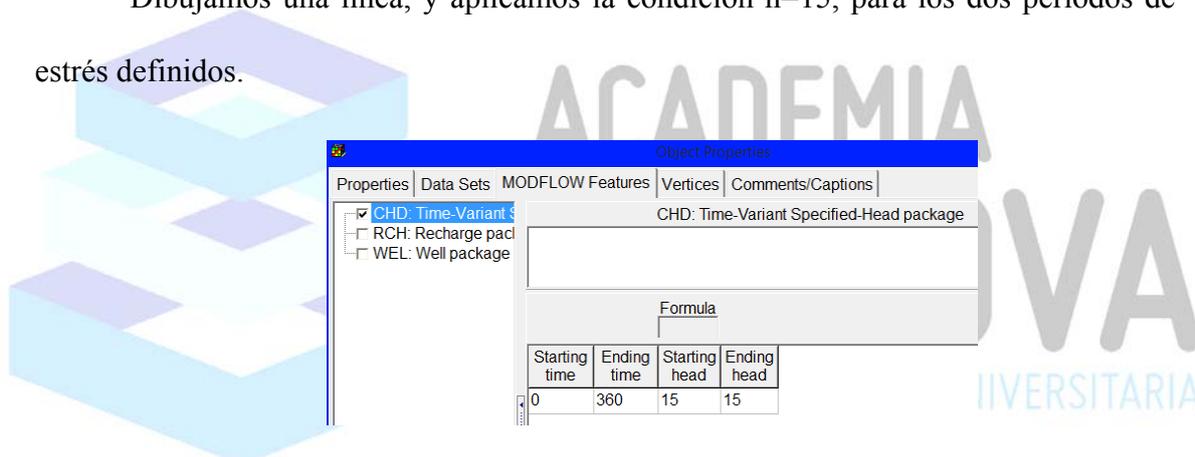
1. *CHD: Time-Variant Specified-Head Package*. Lo usaremos como en la vez anterior para simular una altura piezométrica constante.

2. **RCH: Recharge Package.** Se usa para introducir recargas por unidad de superficie.
3. **WEL: Well Package.** Para simular pozos o inyecciones.

Para aplicar cada condición de borde iremos dibujando los objetos correspondientes, al igual que en el ejercicio anterior.

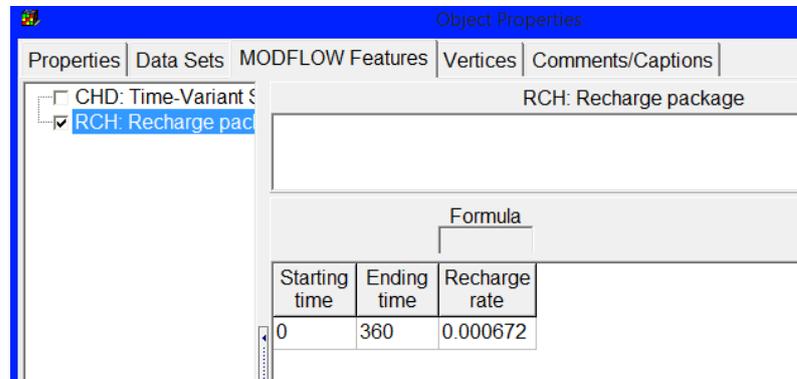
Límite norte (h= 15)

Dibujamos una línea, y aplicamos la condición h=15, para los dos periodos de estrés definidos.



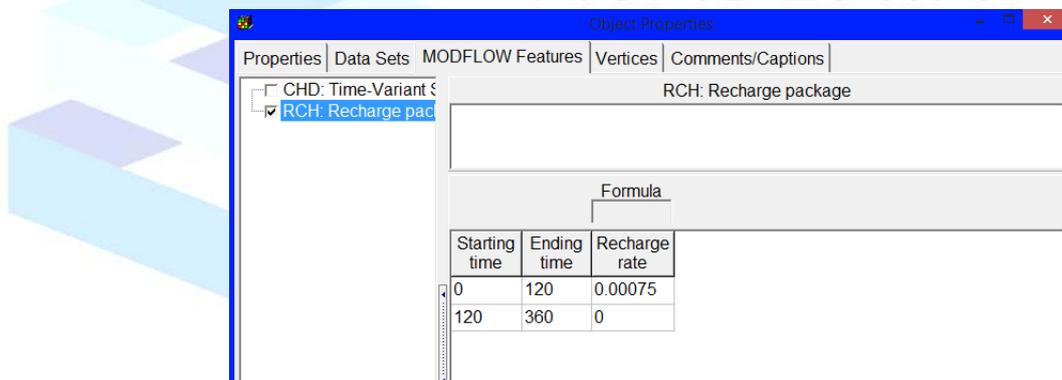
Límite Sur (Recarga = 0.0672 m³/día.m.l.)

Con una nueva línea, vamos a introducir el valor adecuado para esta recarga. Considerando que la longitud es de 5.040 m.l., debe de resultar una recarga de 338,7 m³/día totales en el límite sur. Para ello debemos dividir la tasa de recarga entre el ancho de la fila, 100 en este caso, ya que el programa multiplica el ratio de recarga por la superficie de la celda en este paquete **RCH**.



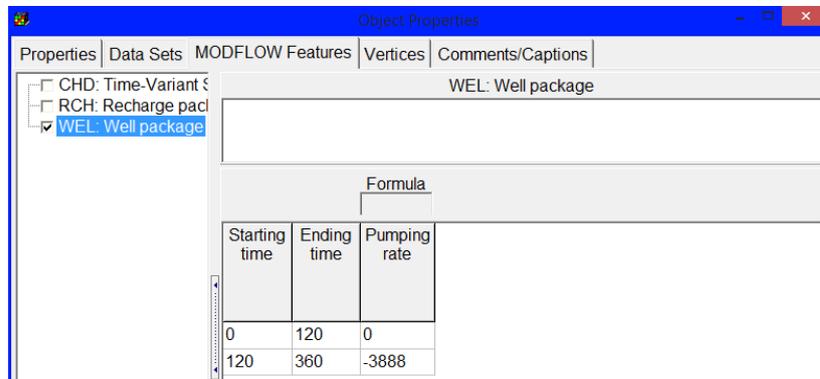
Recarga acuífero ($7,5 \times 10^{-4}$ m/día)

Al efecto dibujamos un rectángulo, y aplicamos esta propiedad. Dado que el área activa es aproximadamente 5.418 ha., el volumen debe ser unos 40.635 m³/día.



Pozos

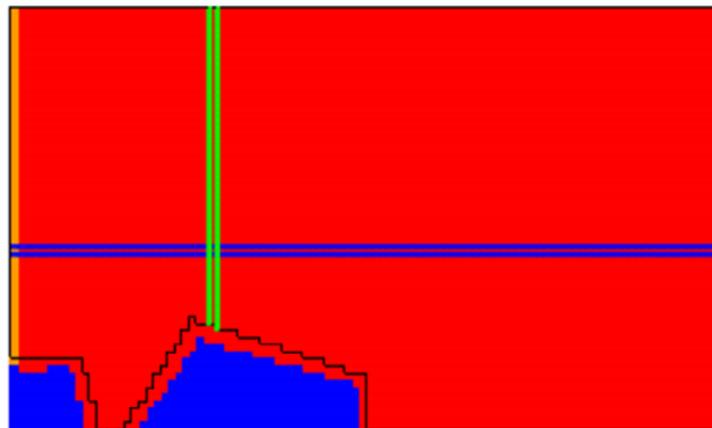
Para aplicar los pozos dibujaremos puntos, y le asignaremos un caudal de bombeo de 45 l/s (3.888 m³/día), en la estación seca.



Insertados los 4 pozos estamos en disposición de correr el modelo.

Las condiciones de borde aplicadas pueden comprobarse gráficamente, mediante los comandos incluidos en el menú de datos: **Data Visualization** y **Show Grid or Mesh Values**. De la misma forma que vimos en el tema anterior, vamos a comprobar las recargas aplicadas:

. Los resultados de ambas visualizaciones deben ser similares a las siguientes:

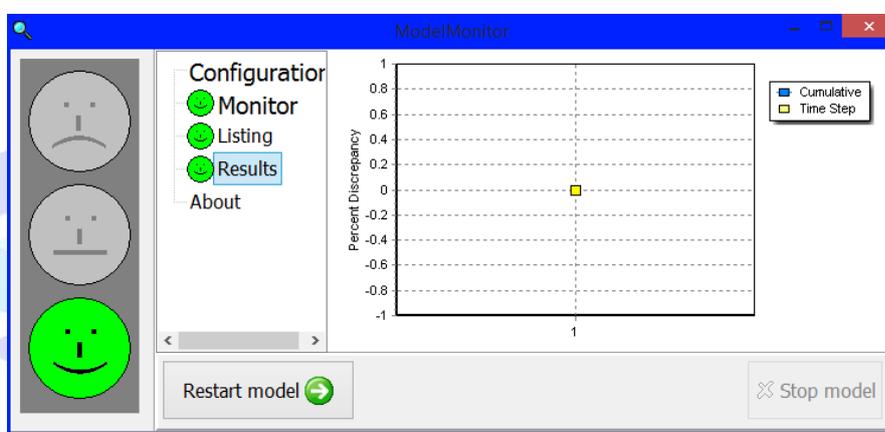


Resultados de Data Visualization para las recargas aplicadas

9. Ejecutar MODFLOW

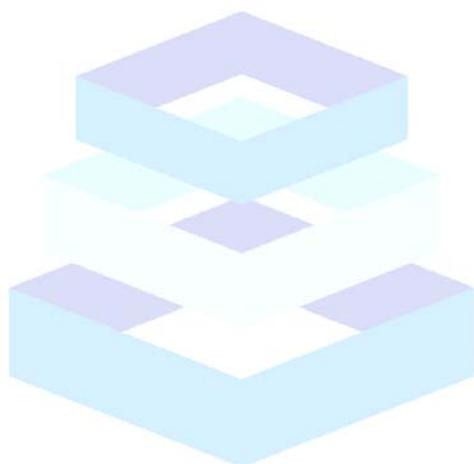
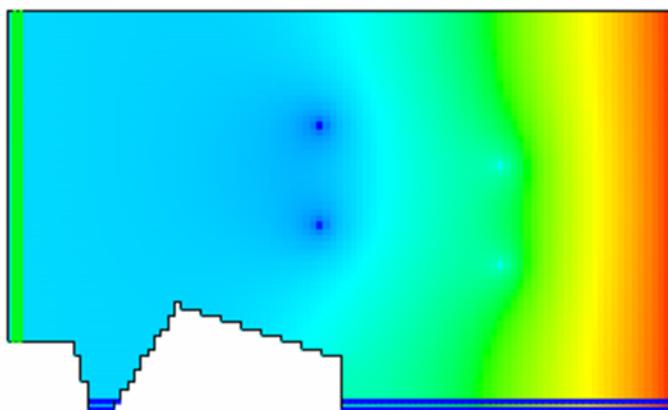
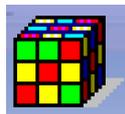
Asignados todos los datos a nuestro modelo, estamos en condiciones de ejecutar MODFLOW para obtener los resultados.

Hacemos Ctrl+E, y si todo sale bien deben aparecernos tres sonrientes caras, que significan que el modelo ha “corrido” sin problemas:



Para ver los resultados hacemos Ctrl+M. Se nos pedirá que elegir un archivo de resultados, y vamos a seleccionar el de extensión *fhd*.

Obtendremos los resultados de los dos periodos de estrés definidos, así por ejemplo al final de la estación seca tendremos algo similar a:



ACADEMIA
INGNOVA
FORMACIÓN TÉCNICA Y UNIVERSITARIA