

62680



Instituto Geológico
y Minero de España

**ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS
DESTINADOS A LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL ACUÍFERO DE
ALMUDAINA-ALFARO-SEGARIA**

AJUSTE DEL MODELO DE FLUJO EN RÉGIMEN PERMANENTE

Año 2003



TÍTULO

ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE DIVERSOS TRABAJOS DESTINADOS A LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL ACUÍFERO ALMUDAINA-ALFARO-SEGARIA (ALICANTE)

H.G. 005/03
Fe

PROYECTO

APOYO AL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LA PROVINCIA DE ALICANTE (SICOAN 2002032)

RESUMEN

En informe se describe el procedimiento sintetizado y los resultados obtenidos en el proceso de calibración en régimen permanente del modelo matemático de la circulación del agua subterránea en la Unidad Hidrogeológica Almudaina-Alfaro-Segaria.

El planteamiento del modelo se ha basado en el esquema conceptual establecido como resultado final de la síntesis hidrogeológica realizada a partir del análisis de documentación preexistente sobre estudios anteriores llevados a cabo en la zona o en zonas periféricas, y de la realización de trabajos de campo con el fin de mejorar la adquisición de datos, sobre todo en lo relacionado con el inventario de puntos de agua y, en concreto, con la ubicación geográfica de puntos de agua en los que se apoya el trabajo de calibración.

La calibración se ha basado en la comparación y ajuste de los niveles piezométricos calculados, con los niveles de partida, mediante la variación de los parámetros hidrodinámicos.

Como resultado se obtiene la distribución de las permeabilidades en el acuífero y las isopiezas del mismo en régimen en permanente.

Revisión:

Nombre: Juan Antonio López Geta

Unidad: Hidrogeología y Aguas Subterráneas

Fecha: 18 de ^{noviembre} ~~marzo~~ de 2003

Autores:

Investigación y Desarrollo de Recursos Naturales, S.A. (IDRENA)

Responsable: Bruno J. Ballesteros Navarro

Los trabajos realizados, cuyos resultados se exponen en este informe, se inscriben dentro del Convenio de Asistencia Técnica suscrito entre la Excma. Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España, y han sido realizados por la sociedad IDRENA (Investigación y Desarrollo de Recursos Naturales, S.A.) bajo la dirección del Instituto Geológico Minero de España.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	SÍNTESIS DEL MODELO	3
	2.1. Discretización geométrica	3
	2.2. Límites del modelo.....	5
	2.3. Niveles piezométricos de partida	6
	2.4. Estimación de la recarga	6
	2.5. Permeabilidades iniciales	10
	2.6. Explotación por bombeo	11
	2.7. Condiciones de contorno.....	12
3.	CALIBRACIÓN EN RÉGIMEN PERMANENTE.....	13
	3.1. Procedimiento seguido	13
	3.2. Resultados obtenidos.....	14

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se describe el procedimiento sintetizado y los resultados obtenidos en el proceso de calibración en régimen permanente del modelo matemático de la circulación del agua subterránea en la Unidad Hidrogeológica Almudaina-Alfaro-Segaria.

El planteamiento del modelo se ha basado en el esquema conceptual establecido como resultado final de la síntesis hidrogeológica realizada en la primera fase del Estudio, en la que, además del análisis de la documentación preexistente sobre estudios anteriores realizados en la zona o en zonas periféricas, se han realizado campañas en campo con el fin de suplir algunas carencias detectadas en los datos, sobre todo en lo relacionado con el inventario de puntos de agua y, en concreto, con la ubicación geográfica de puntos de agua en los que se apoya el trabajo de calibración.

2. SÍNTESIS DEL MODELO

La Unidad Hidrogeológica Almudaina-Alfaro-Segaria ha sido modelizada con el programa Visual Modflow versión 3.1. Se ha realizado una calibración en régimen permanente considerando como referencia una configuración piezométrica representativa de un régimen medio de funcionamiento hidrodinámico de la unidad, reflejada en el mapa de isopiezas que se presenta en el apartado 2.3.

En los siguientes apartados se describen los datos de entrada al modelo y el origen de los mismos, con su justificación.

2.1. Discretización geométrica

La Unidad Hidrogeológica de Almudaina-Alfaro-Segaria ha sido cubierta con una superficie rectangular de 361 km² con un giro de 28° con respecto al Norte delimitada por las coordenadas:

- Esquina Sureste UTM X= 728254; UTM Y= 4285180
- Esquina Este UTM X= 723764; UTM Y= 4293551
- Esquina Oeste UTM X= 761741; UTM Y= 4303140
- Esquina Noroeste UTM X= 757251; UTM Y= 4311513

Esta superficie rectangular ha sido discretizada en principio con celdas de tamaño 500 x 500 m y partiendo del principio de que se trata de una sola capa, pero su tamaño se ha reducido para mejorar la definición de dos zonas concretas:

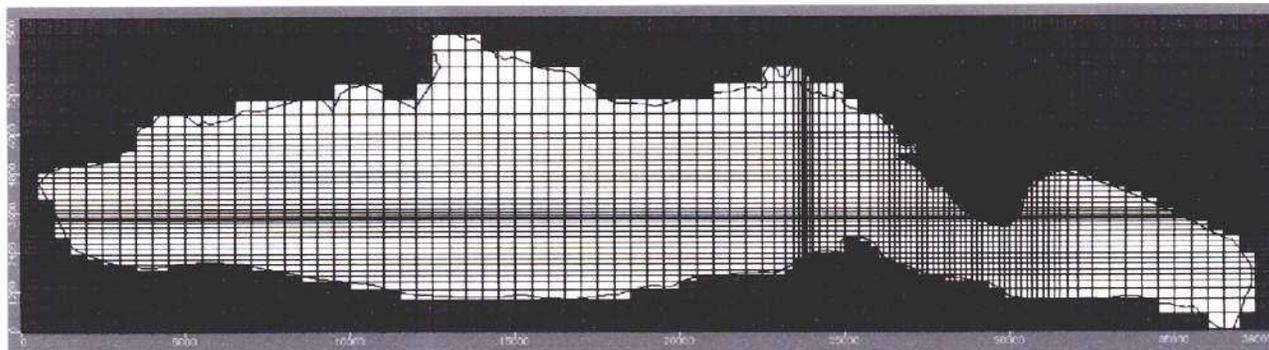
- Franja de Trías (Keuper) en la zona de Pego. Con objeto de mejorar la definición de esta importante franja, las celdas se han tenido que reducir hasta celdas de tamaño 500/3 m de lado.
- Sondeo Heretats (303210021). En este sondeo se han afinado las celdas hasta tamaño 50 x 50 m (en la celda de sondeo) con objeto de realizar en régimen transitorio simulaciones de explotación por bombeo en este punto.

Las celdas intermedias situadas entre las más grandes y las más pequeñas muestran una relación de tamaño entre celdas no superior a 1,5, siguiendo los requerimientos del programa.

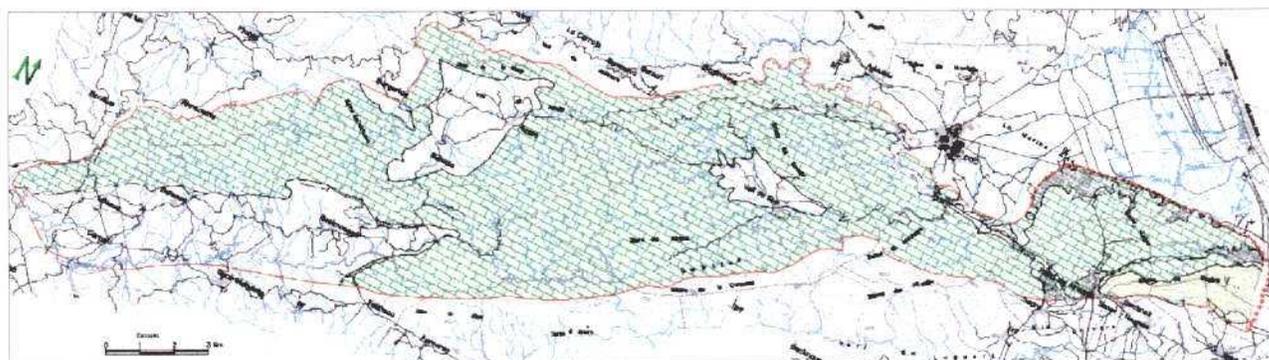
De acuerdo con los criterios de definición de mallado indicados se obtienen un total de 4536 celdas. De estas celdas, se han desactivado todas las exteriores a la unidad hidrogeológica quedando el dominio modelizado compuesto definitivamente por:

- 2752 celdas activas que cubren un área de 189,3 km² (área aproximada de la Unidad Hidrogeológica de Almudaina-Alfaro-Segaria).
- 1784 celdas inactivas que cubren un área de 171,7 km².

En las dos ilustraciones siguientes, se presenta la discretización final acompañada de un mapa geológico de la Unidad.

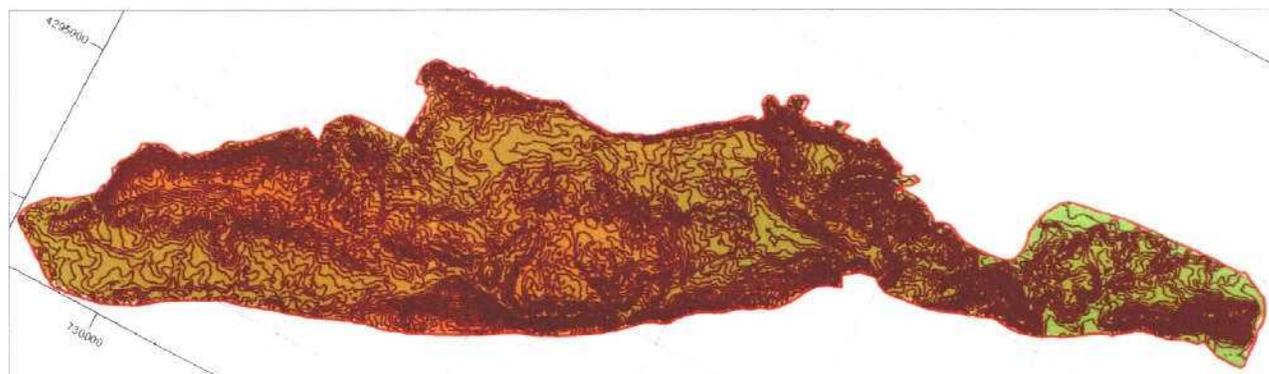


Unidad discretizada



Unidad real

Para representar el techo de la Unidad Hidrogeológica, se ha utilizado un modelo digital del terreno con equidistancia entre curvas de nivel de 10 metros. La superficie resultante, derivada del tratamiento con el programa Surfer es la siguiente:



Topografía (equidistancia de curvas de nivel 20 m)

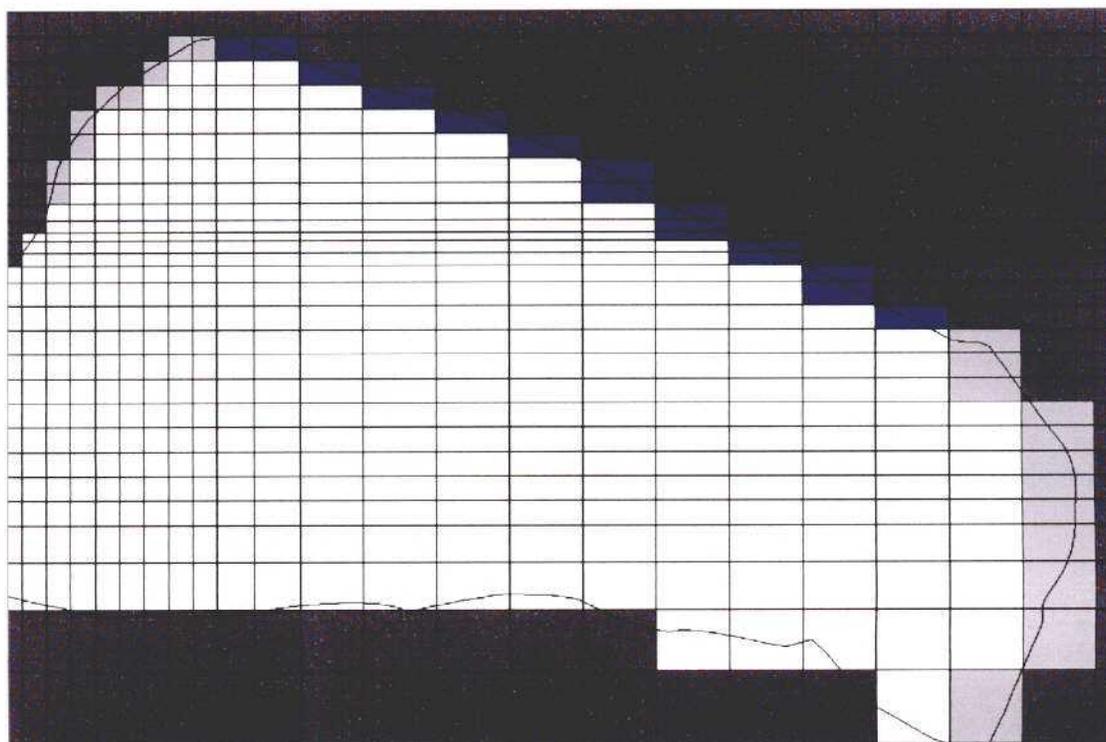
El muro de la Unidad Hidrogeológica ha sido extraído de los cortes hidrogeológicos interpretativos presentados en el plano adjunto al mapa hidrogeológico.

2.2. *Límites del modelo (condiciones de contorno)*

Los límites establecidos en el modelo son de tres tipos:

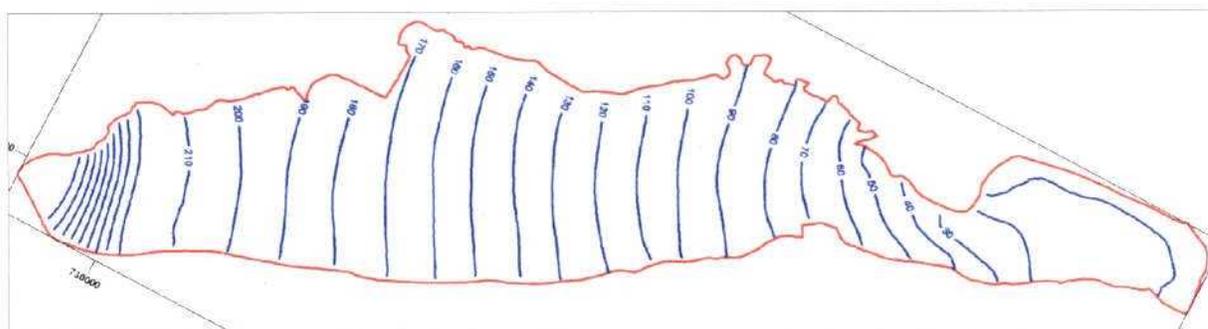
- Límite a flujo nulo en los lugares en los que la unidad hidrogeológica termina (normalmente se pone en contacto con el "Tap" terciario). Este límite se establece mediante la desactivación simple de celdas.
- Límite dren. Establecido en los lugares en los que existe descarga hacia el exterior sin posibilidad de flujo en los dos sentidos.
- Límite río. Establecido en los lugares en los que existe la posibilidad de flujo de entrada y salida en función de la posición de los niveles.

En la siguiente figura se muestra la distribución de los límites dren (en gris) y la de los límites río (en azul). Todos estos límites se hallan en la zona de la Sierra de Segaria y la marjal de Pegó (21 celdas dren y 16 celdas río).



2.3. Niveles piezométricos de partida

Como piezometría de referencia se han utilizado las isopiezas presentados en el mapa hidrogeológico de síntesis. La siguiente figura muestra la distribución de esos niveles piezométricos.



La distribución de niveles va desde valores de 300 m.s.n.m. en la zona más noroccidental, hasta 5-10 m.s.n.m. en el extremo suroriental. La curvatura de las isopiezas en la zona de Pegu está relacionada con la existencia de una banda de arcillas de edad Triásica (Keuper).

2.4. Estimación de la recarga

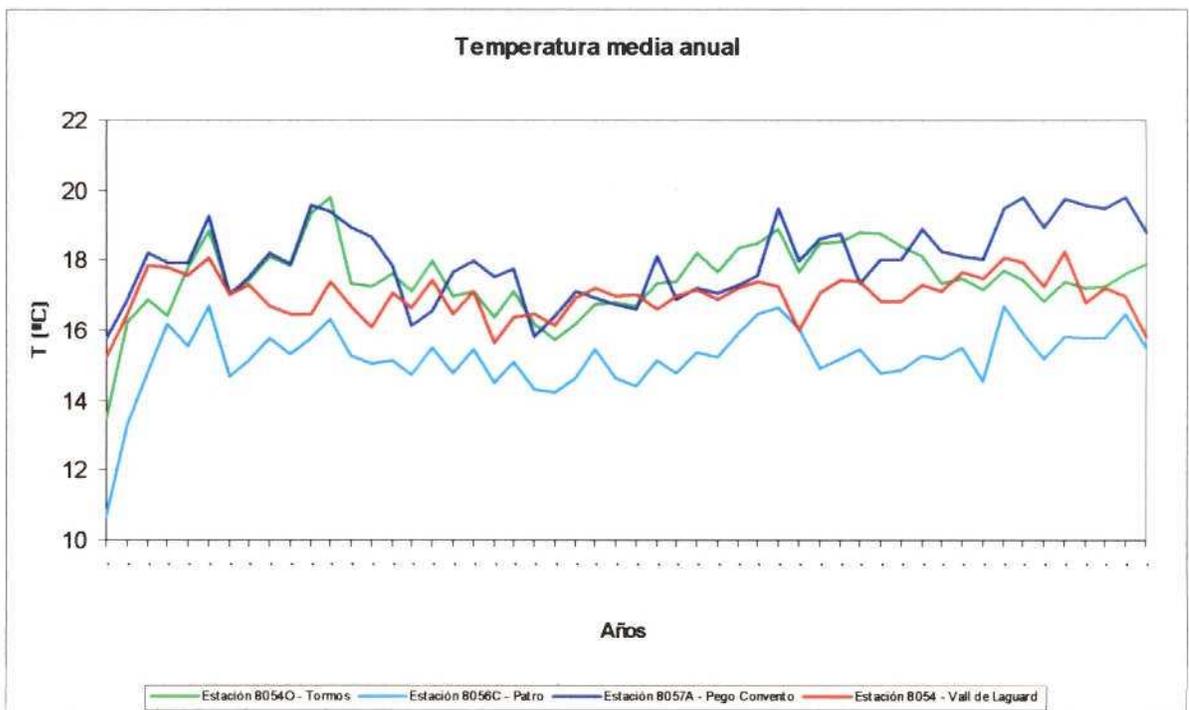
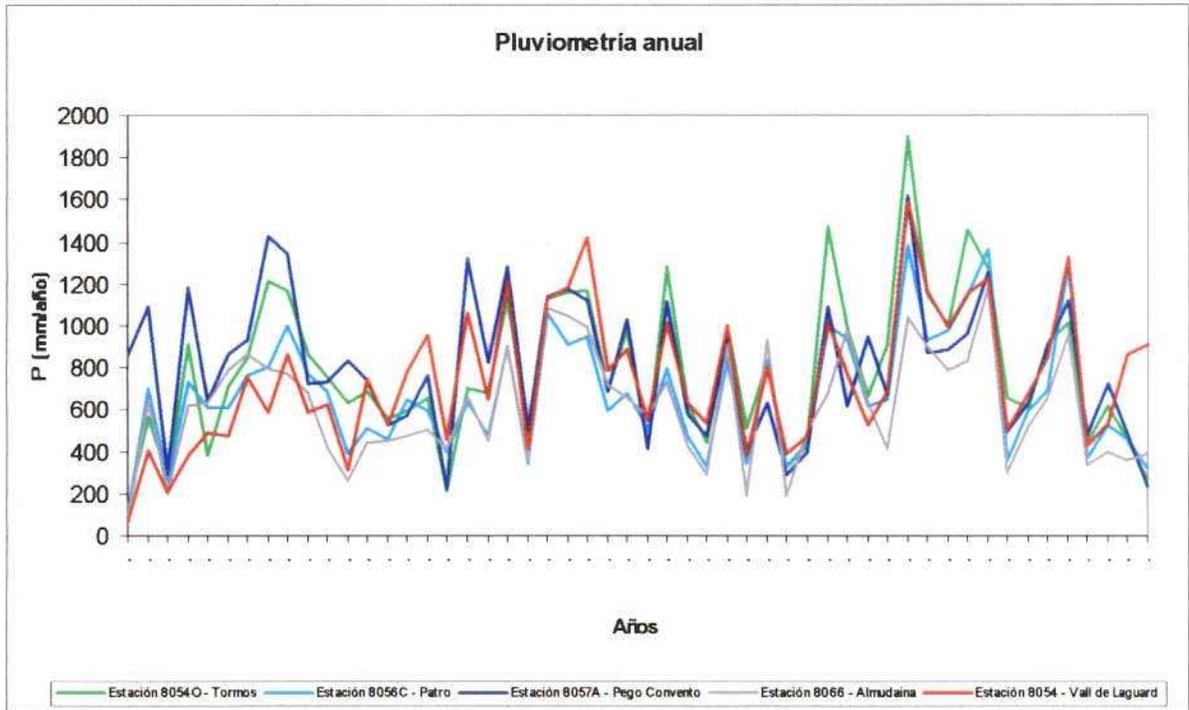
Para estimar el valor de la recarga por infiltración de lluvia útil, se han analizado exhaustivamente los datos meteorológicos correspondientes a las siguientes estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología:

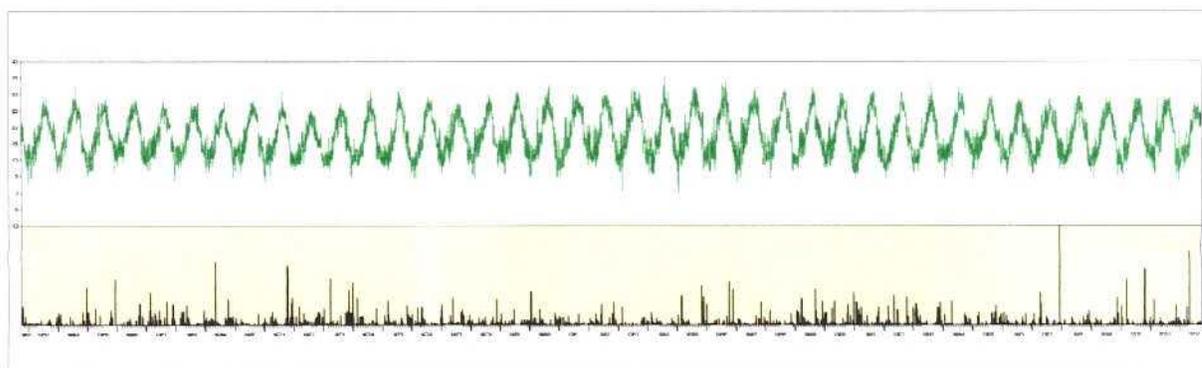
- 8054 VALL DE LAGUARD FONTILLES (Alicante):
 - Parámetros: P y T
 - Número de medidas: 18993
 - Rango de fechas: 01/10/1950 al 30/09/2002 (sin lagunas)
 - P máxima: 400 mm
 - T máxima: 35.5 - T mínima: 0
- 8054O TORMOS (Alicante):
 - Parámetros: P y T
 - Número de medidas: 18536 (P) – 18530 (T)
 - Rango de fechas: 01/10/1950 al 30/06/2001 (sin lagunas en P; lagunas en T los días 27/09/2000, 30/09/2000, del 29/10/2000 al 31/10/2000 y 31/01/2001)

- P máxima: 259 mm
- T máxima: 33.5 - T mínima: -1,1
- 8056C PATRO COOPERATIVA AGRICOLA (Alicante):
 - Parámetros: P y T
 - Número de medidas: 18536
 - Rango de fechas: 01/10/1950 al 30/06/2001 (sin lagunas)
 - P máxima: 244 mm
 - T máxima: 35 - T mínima: -3,7
- 8057A PEGO CONVENTO (Alicante):
 - Parámetros: P y T
 - Número de medidas: 18809 (P) y 19579 (T)
 - Rango de fechas: 01/01/1950 al 30/06/2001 (P sin lagunas) - 01/01/1947 al 30/06/2001 (T con lagunas del 09/11/1949 al 30/09/1950)
 - P máxima: 371,5 mm
 - T máxima: 35 - T mínima: -1
- 8066 ALMUDAINA (Alicante):
 - Parámetros: P
 - Número de medidas: 18536
 - Rango de fechas: 01/10/1950 al 30/06/2001 (sin lagunas)
 - P máxima: 240,5 mm

En las siguientes figuras se ha representado las series de precipitaciones anuales y las temperaturas medias anuales de todas las estaciones indicadas con objeto de compararlas y elegir la que se puede considerar como más representativa, en promedio, de toda la unidad.

Los gráficos muestran que los registros de la estación 8054 Vall de Laguard corresponden prácticamente al promedio del conjunto de series termopluviométricas consideradas a partir de los años 60, por lo que se la eligió dicha estación como representativa para el conjunto de la unidad.





Estación 8054 de Vall de Laguard (P diaria y T media diaria)

Como periodo de cálculo se ha seleccionado el comprendido entre el 1/10/1962 y el 30/09/2001, es decir, un total de 39 años hidrológicos completos.

El cálculo de balance hídrico se ha efectuado mediante el programa Thordos, de elaboración propia de IDRENA, basado en el método de Thornthwaite, pero que realiza los cálculos con paso de tiempo diario y utiliza para el balance dos valores, máximo (RMAX) y mínimo (RMIN), de la reserva útil del suelo. En el "Estudio para la regulación y gestión de los recursos hídricos subterráneos del sistema acuífero Mediodía (Alicante)" realizado por IDRENA, se seleccionó como estación representativa la misma estación para el periodo 1/10/1962 al 30/09/1988.

En ese mismo estudio se llegó a unos valores de reserva en el suelo de 25 mm para la reserva mínima (RMIN), 90 mm para la reserva máxima (RMAX) y 0 mm para la reserva inicial (RINI). Estos valores se han tomado como válidos para la Unidad Hidrogeológica Almudaina-Alfaro-Segaria.

Aplicando Thorntwaite, se obtienen los siguientes resultados:

RMIN=25 mm

RMAX=90 mm

RINI=0 mm

Reparto LU/INF=Caso 2

PERIODO 1962/63-2001/02

RINI= 0.00

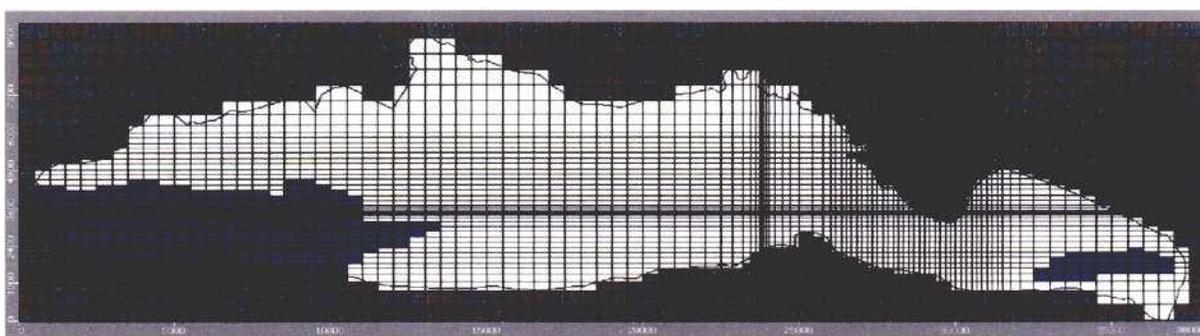
RFIN= 0.00

MES	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	ETR (mm)	LU (mm)	INF (mm)	ESC (mm)
OCTUBRE	125.95	18.39	67.14	41.81	68.87	30.06	38.81
NOVIEMBRE	99.55	13.98	35.95	30.83	58.47	29.77	28.70
DICIEMBRE	106.16	11.11	23.36	21.72	75.39	34.87	40.52
ENERO	86.13	10.45	21.71	20.68	63.82	38.33	25.49
FEBRERO	78.76	11.42	25.29	24.18	56.39	32.43	23.97
MARZO	72.76	13.40	41.22	40.41	46.27	25.70	20.57
ABRIL	72.92	15.18	54.60	46.08	35.91	19.55	16.36
MAYO	65.00	18.56	87.38	54.68	25.06	11.12	13.94
JUNIO	31.47	22.58	126.07	37.25	2.25	1.89	0.35
JULIO	8.18	25.73	161.73	9.97	0.27	0.24	0.02
AGOSTO	24.94	25.99	154.39	16.49	2.16	1.73	0.43
SEPTIEMBRE	65.57	22.77	107.46	32.74	25.66	10.03	15.63
Anual	837.38	17.46	906.28	376.86	460.52	235.70	224.81

El valor de infiltración obtenido aplicando Thornwaite es de 235,70 mm/año. Este valor de recarga va a ser aplicado en el área del modelo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Existen dos zonas cuya recarga sale fuera del sistema. Se trata del "Tap" terciario de Gorga y Millena. En esta zona, dadas las características litológicas del terreno, el agua de lluvia va a parar al río Valleseta por escorrentía superficial. La otra zona es el "Tap" existente al norte de la Sierra de Segaria, cuyas aguas van a parar al Verger. En estas zonas la recarga aplicada será nula.
- Existen terciarios ubicados en zonas interiores de la Unidad, como son las depresiones de Vall d'Ebo y Alcalá de la Jovada cuyas características son similares a las del caso anterior, con la diferencia de que el agua termina infiltrándose en la unidad, ya que es la única salida. Las opciones en estos casos son o aplicar la recarga de estas celdas a las celdas limítrofes y poner valor nulo en las celdas con terciario, o bien aplicar la recarga por igual a todas las celdas de terciario. Se ha optado por esta última opción.
- El resto de celdas tienen un valor de recarga por infiltración de agua de lluvia de 235,70 mm/año.

Por lo tanto, la recarga se aplicará a una superficie permeable que ocupa un área de 150,1 km², de un total de 189,3 km² de área de modelización. El valor total de recarga es de 35,38 hm³/año (96927 m³/día, equivalentes a unos 1 100 l/s). El área con recarga nula es de 39,2 km².



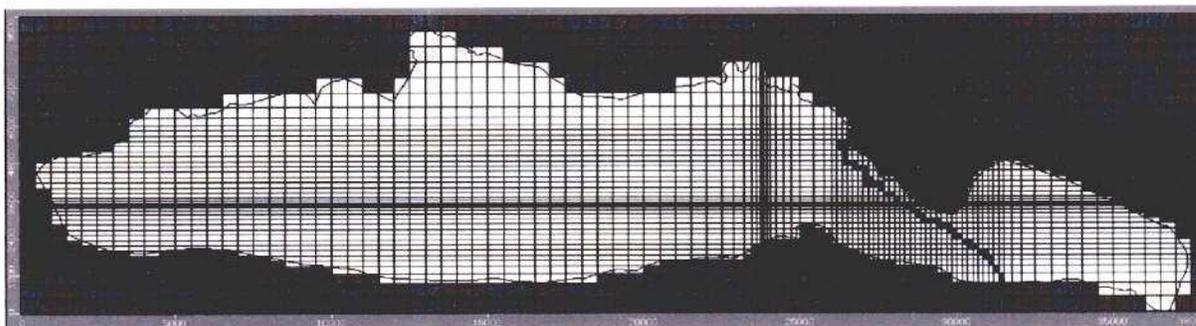
Distribución de áreas con recarga nula (azul) y áreas con recarga no nula (blanco)

2.5. Permeabilidades iniciales

Existe muy poca información disponible sobre las características hidrodinámicas de los materiales de la Unidad de Almudaina-Alfaro-Segaria. Como información de partida se ha tomado:

- "Estudio para la regulación y gestión de los recursos hídricos subterráneos del sistema acuífero Mediodía (Alicante)". Instituto Tecnológico GeoMinero de España. 1993 (realizado por IDRENA). El valor de permabilidad medio aplicado a los materiales más similares a los de la Unidad de Almudaina-Alfaro-Segaria es de $K=0,4-0,6$ m/h (10^{-4} m/s).
- "Desarrollo mediante aire comprimido – Polifosfatos, y ensayo de bombeo del sondeo Heretats en el término municipal de Vall d'Ebo (Alicante)". Excm. Diputación Provincial de Alicante. Diciembre de 2002. Los resultados del ensayo de bombeo concluyen una transmisividad aproximada de 9 m²/hora.

De acuerdo con estos datos, se ha tomado como permeabilidad de partida para las calizas $K=10^{-4}$ m/s y para el keuper $K=10^{-6}$ m/s. Su distribución espacial es la siguiente:



Distribución de la permeabilidad (blanco-calizas $K=10^{-4}$ m/s – azul-Keuper $K=10^{-6}$ m/s)

2.6. Explotación por bombeo

De acuerdo con la información disponible, las extracciones por bombeo en la unidad son las siguientes:

Nombre	Caudal
Barranco de Rupias	501,12 m ³ /d
Sondeo de Maleco	27,40 m ³ /d
Motor Tarcó	627,40 m ³ /d
Junto al motor Tarcó (1)	273,97 m ³ /d
Junto al motor Tarcó (2)	364,38 m ³ /d
Pozo Penyaraja	1712,33 m ³ /d
Sondeo Peñaraja	35,62 m ³ /d
Pozo el Porvenir	273,97 m ³ /d
Pozo el Salvador	2876,71 m ³ /d
Sondeo Raconet	27,40 m ³ /d
Total bombeos	6740,29 m³/d

3. CALIBRACIÓN EN RÉGIMEN PERMANENTE

La calibración se basa en la comparación y ajuste de los niveles piezométricos calculados con los niveles de partida mediante la variación de los siguientes parámetros (en este caso):

- Variación de la permeabilidad que incluye el establecimiento de zonas de diferentes valores de permeabilidad, por supuesto siempre teniendo presente las características lito-estructurales de la Unidad.
- Variación de la disposición y transmisividad de paso (conductancia) de las celdas dren y de río.

3.1. Procedimiento seguido

Se han realizado 91 pasadas hasta conseguir una calibración satisfactoria. Para llegar a esta situación se ha analizado la sensibilidad del modelo a la variación de cada parámetro; se han realizado las grandes variaciones para dar la forma general del flujo y después se han realizado los ajustes "finos". El objetivo final es obtener niveles piezométricos ajustados a los observados y parámetros hidogeológicos coherentes y realistas.

- En las primeras pasadas se ha modificado la conductancia de ríos y drenes y se han establecido grandes zonas de permeabilidad para dar forma al flujo de las aguas subterráneas.
- En las siguientes pasadas, una vez establecidas unas conductancias, se ha analizado la permeabilidad de la franja de Keuper, que gobierna las condiciones de paso del agua al sector de Segaria y tiene influencia decisiva en el esquema de flujo aguas arriba.
- Se ha procedido a continuación a reajustar las conductancias y permeabilidades aguas abajo del keuper, para lograr isopiezas con flujo realista.
- Seguidamente, se ha variado la permeabilidad aguas arriba del keuper para lograr isopiezas homogéneas.
- Para conseguir los elevados niveles de la zona de Millena (extremo occidental) se ha creado una barrera de baja permeabilidad que representa la existencia de una falla (real) con dirección norte-sur.
- El resto de variaciones han consistido en variaciones muy finas para aproximar los niveles calculados a los reales.

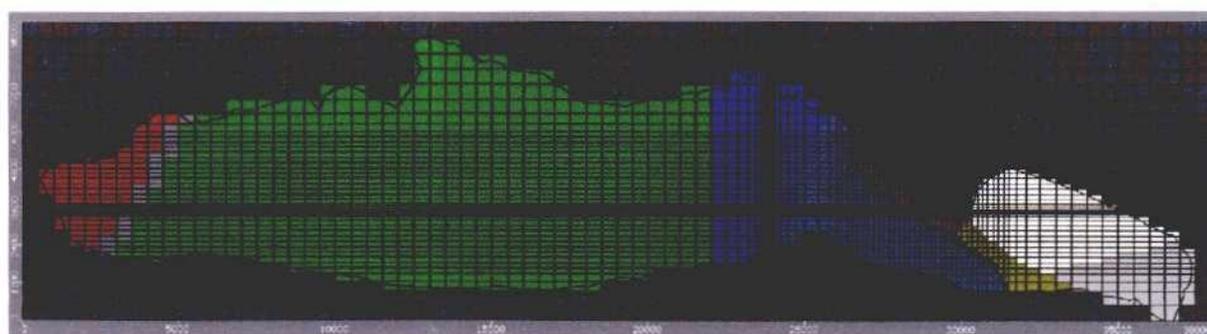
Los puntos utilizados como piezómetros de observación de niveles reales y calculados se han reflejado en el siguiente cuadro.

	Identificación	UTMX	UTMY	Cota (msnm)	Nivel real (msnm)
293240034	Sondeo elénico nº1 -sondeo Tollos-	738707	4294128	698	160-170
303160007	Sondeo Raconet-Casa del Marqués	757930	4304758	14	3-4
303160078	Sondeo Peña Roja	754224	4303711	39	6
303160079	Pozo el Porvenir	755747	4302641	140	7-8
303170005	Pozo nº4	760302	4304068	28	3-5
303210021	Pozo Heretats	747611	4299490	368	80-90

3.2. Resultados obtenidos

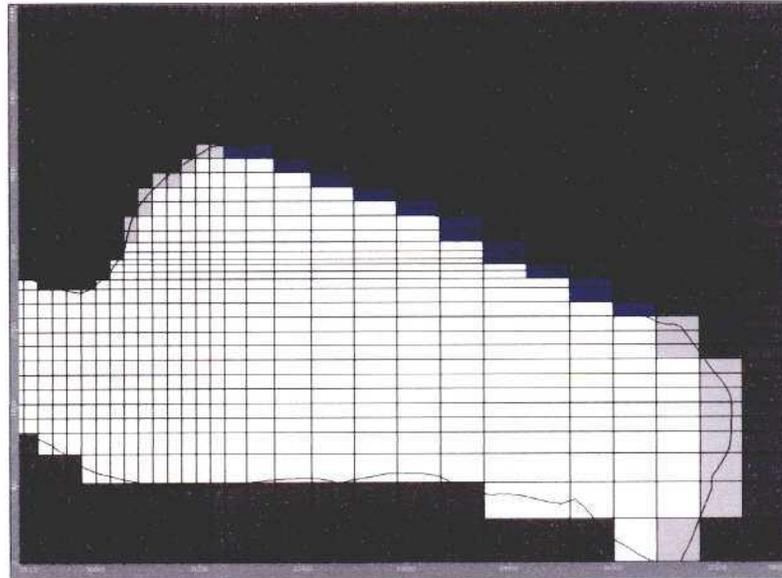
Los resultados obtenidos tras la calibración son los siguientes:

- **Permeabilidad.** La distribución de permeabilidades resultantes del proceso de calibración se muestra en la siguiente figura:



Como se puede observar existen dos barreras principales con baja permeabilidad asociadas con una falla en el sector de Millena y en la franja de Keuper que separa los sectores de Alfaro y Segaria.

- **Celdas dren y río.** La distribución de celdas se muestra en la siguiente figura.



Celdas de río (azul) y dren (gris)

Los valores de conductancia en las celdas dren del sector occidental oscilan entre 400 y 500 m²/día. En el sector oriental son de 100 m²/día. Los valores de conductancia en las celdas de río oscilan entre 1500 y 1300 m²/día, descendiendo progresivamente de oeste a este.

- **Niveles en sondeos.** Los niveles obtenidos en los sondeos de observación, han sido los siguientes:

	Identificación	Nivel real (msnm)	Nivel calculado (msnm)
293240034	Sondeo elénico nº1 -sondeo Tollos-	160-170	159,9
303160007	Sondeo Raconet-Casa del Marqués	3-4	4,26
303160078	Sondeo Peña Roja	6	7,09
303160079	Pozo el Porvenir	7-8	8,28
303170005	Pozo nº4	3-5	4,71
303210021	Pozo Heretats	80-90	90

- **Piezometría calculada.** Las isopiezas obtenidas al final del proceso de calibración en régimen permanente se muestran en la siguiente figura.

