

ITGE - DMAMI

CONVENIO PARA EL DESARROLLO  
DE METODOS NUMERICOS Y  
PROGRAMAS APLICABLES A LA  
HIDROGEOLOGIA  
1986-1988

GUIA DE PROGRAMAS PARA  
HIDROGEOLOGIA

F. J. ELORZA  
A. IGLESIAS  
T. MARTINEZ

R

37060

## **INDICE GENERAL**

	<b><u>Pág.</u></b>
I. PRESENTACION DE LA GUIA .....	1.0
I.1. Introducción .....	1.1
I.2. Descripción del formato tipo .....	1.2
I.3. Forma de acceder a la guía .....	1.3
II. CODIGOS NUMERICOS PARA HIDROGEOLOGIA .....	2.0
II.1. Modelos hidrogeológicos .....	2.1
II.2. Clasificación de los códigos de la guía .....	2.3
III. INFORMACION SOBRE LOS CODIGOS .....	3.0
IV. DIRECCIONES DE DISTRIBUIDORES .....	4.0
V. BIBLIOGRAFIA .....	5.0
 ANEXO: FORMATO TIPO	
 INDICE ALFABETICO DE PROGRAMAS	

## I.1. Introducción

La modelización numérica en hidrogeología es un campo de las ciencias de la tierra relativamente nuevo, que no fue intensivamente estudiado hasta la mitad de los años 60, pero donde desde entonces se han obtenido importantes progresos en el desarrollo y aplicación de los modelos numéricos para la gestión de las aguas subterráneas. (El término gestión en este caso incluye la planificación, implementación y control adaptativo de políticas y programas relacionados con la exploración, inventario, desarrollo y operación de recursos de agua subterránea). Sin embargo, a pesar de todos los avances, todavía existen lagunas entre las necesidades reales y las posibilidades de los modelos numéricos disponibles.

La presente guía contiene un examen detallado de las características de los códigos más usuales en este area, así como información sobre una variedad de circunstancias que aunque no están relacionadas con los modelos de una forma intrínseca pueden afectar a su uso y aplicación.

La realización de esta guía se ha basado en el análisis de la información obtenida desde 1986 hasta ahora en tres fuentes distintas: la biblioteca de programas propios del ITGE, las bibliotecas de otros grupos de trabajo nacionales y las de los grupos internacionales más conocidos y experimentados en este campo. En el primer dominio se realizó un inventario intensivo de los códigos que se habían adquirido, desarrollado o aplicado, durante los distintos proyectos de investigación de la División de Aguas Subterráneas del ITGE a lo largo de su historia. En el segundo se comenzó elaborando una encuesta tipo, que se envió a los responsables de los diferentes equipos para su relleno con los datos de los programas que hubieran desarrollado particularmente y a continuación se estudiaron las respuestas recibidas, procurando homogeneizar la información ofrecida en cada caso con la de los demás. En cuanto a los datos de los programas de grupos extranjeros, éstos se obtuvieron revisando la información (documentación, guías, folletos publicitarios, etc...) disponible en el ITGE y el DMAMI.

En cualquier caso es posible el olvido de códigos que alguien pudiera considerar fundamentales y de obligada aparición en próximas ediciones de esta guía. Por ello en el Anexo de esta guía se ha incluido un formato para su relleno con los datos de otros o de nuevos programas y su envío a:

F. J. Elorza Tenreiro  
Depto. Matemática Aplicada y Métodos Informáticos.  
E.T.S.I. de Minas de Madrid.  
C/ Rios Rosas, 21  
28003 MADRID

## I.2. Descripción del formato tipo

A la hora de decidir qué tipo de información se debía aportar sobre cada código se busco el aunar concreción con eficacia y así se elaboró un listado de especificaciones mínimas a precisar en el máximo de casos. Este formato está compuesto por los siguientes items:

- a) **Nombre del programa:** En este apartado se ha escrito el nombre de un solo programa, o cuando se tenga que describir un programa con varias versiones las de éstas. Aunque en este último caso, normalmente se ha citado únicamente el nombre de la última versión.
- b) **Objeto:** Bajo este epígrafe se indica el fenómeno físico o técnico relacionado con la hidrogeología a que está dedicado el código y también muchas veces se especifica el método de cálculo que lleva incorporado.
- c) **Lenguaje:** En él se precisan los lenguajes informáticos en que se dispone el código. Por regla general, cuando se especifique FORTRAN y BASIC se podrá deducir que el segundo es la versión del código destinada al sector de la microinformática (IBM-PC y compatibles).
- d) **Procedencia:** En este punto se puede encontrar información, según el caso, sobre:
  - En el caso de códigos extranjeros o de otros equipos nacionales se ha citado únicamente el distribuidor del código.
  - En el caso de códigos desarrollados por el ITGE se han especificado el origen científico del código y el documento del ITGE en el que se puede encontrar su descripción completa.
- e) **Datos de Entrada/Salida:** En él se indican los parámetros fundamentales que es necesario conocer para hacer posible la aplicación del código a un caso particular así como las variables obtenidas de la simulación. Este apartado también puede precisar las características de la ejecución del código: ejecución interactiva o batch, disponibilidad de salidas gráficas, ficheros necesarios, etc. Desgraciadamente en muchos de los programas de origen extranjero este punto ha sido imposible rellenarlo parcial o totalmente debido a la inaccesibilidad de la información sobre dichas cuestiones.

**NOTA:** Algunas veces este apartado aparece desdoblado en dos:

- 1) Datos de Entrada.
- 2) Resultados.

- f) **Campos de aplicación:** En él se describen las posibles funciones que puede tener el código en problemas de gestión hidrológica-hidrogeológica u otros relacionados.
- g) **Compatibilidad:** En este apartado se han descrito los tipos de ordenadores y sistemas operativos necesarios para la ejecución del programa. En muchos casos se dice: "Operativo en VAX 8300" u "Operativo en VAX 11/730" queriéndose indicar entonces que el código está implementado en el ordenador del Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos de la E.T.S.I. Minas de Madrid y a disposición del ITGE.
- h) **Observaciones:** Aquí se destaca alguna característica que se considera importante para la evaluación del código o que no haya sido englobada en los apartados anteriores. También se citan las posibles relaciones con otros programas de cálculo o pre- y post- procesadores.

### I.3. Forma de acceder a la guía

El lector de la guía podrá acceder buscando en ella dos tipos de información diferentes:

- a) Información particular sobre un código: para ello el usuario podrá buscar directamente el código en el capítulo III, donde se incluyen los programas ordenados alfabéticamente, o mirando previamente el índice alfabético situado al final.
- b) Información sobre los códigos aplicables para un problema de simulación en particular: en este caso podrá ser de interés consultar el índice temático, situado al final del capítulo II, que especifica, para una serie de palabras clave descriptivas del tipo de problema, los códigos disponibles en cada caso.

Para aquellos que estén interesados en la adquisición de algún código, se han incluido las direcciones de distribución de cada programa en el capítulo IV. Generalmente también se han incluido estos datos en la descripción de los programas, aunque en cualquier caso se recomienda consultar el capítulo IV.

II. CODIGOS NUMERICOS PARA HIDROGEOLOGIA

## II.1. Modelos hidrogeológicos

Un modelo hidrogeológico puede ser definido como una versión simplificada de un sistema hidrogeológico real, describiendo los procesos esenciales para los que el modelo fue diseñado, e incluyendo varias hipótesis y restricciones relativas al sistema.

Un modelo representará conceptualmente a un sistema estableciendo las relaciones causa-efecto entre los distintos componentes del sistema y entre el sistema y su entorno. Normalmente estas relaciones estarán expresadas mediante relaciones matemáticas que incluyan variables deterministas y estocásticas, de forma tal que se posibilite la simulación del comportamiento del sistema bajo condiciones varias. Tales simulaciones tendrán tres propósitos mayores:

- 1) Predicción de la respuesta del sistema, suponiendo conocidos los parámetros y las entradas.
- 2) Evaluación de los parámetros del sistema cuando se conozca una serie histórica de datos de respuestas y entradas.
- 3) Determinación de las entradas cuando se conozcan los parámetros del sistema y una serie de respuestas.

Los códigos de esta guía se han clasificado de acuerdo con estos propósitos, estableciéndose la siguiente clasificación.

a) Códigos de Predicción: Estos códigos son los que simulan el comportamiento del sistema y su respuesta frente a las entradas. Este tipo de códigos se puede subdividir en cinco categorías principales: flujo, subsidencia, transporte de masa, transporte de calor y geoquímica. Aunque generalmente varias de estas categorías se dan a la vez en un problema real, generándose la categoría de fenómenos acoplados.

Los modelos de flujo utilizan información sobre los parámetros de los acuíferos, condiciones de contorno y acciones del hombre para resolver las ecuaciones matemáticas en función de determinados aspectos cuantitativos del flujo tales como dirección y caudal, cambios en el nivel de agua, interacción, río-acuífero, e interferencias entre los pozos. Aunque la mayoría de los códigos simula el flujo en acuíferos en régimen saturado, existen códigos para simular procesos en la zona no saturada y para el acoplamiento de los sistemas saturado-no saturado-superficial.

Los modelos de subsidencia o de deformación describen el fenómeno de la subsidencia del suelo producida por los descensos de los niveles piezométricos. Estos modelos se pueden utilizar para predecir las deformaciones provocadas por varios programas de bombeo en las áreas afectadas.

Los modelos de transporte de masa tratan fundamentalmente con los aspectos cualitativos del agua. Se utilizan para predecir el movimiento y concentración de contaminantes en un acuífero. Estos contaminantes podrán ser radionúclidos en los alrededores de un depósito de residuos radiactivos, sólidos lixiviados en las zonas de regadío o agua salada en las zonas costeras. Para tratar todo ello, estos códigos incorporan aproximaciones matemáticas del fenómeno del transporte incluyendo convección y dispersión de los contaminantes en el agua subterránea. Los códigos de transporte que describen el movimiento de contaminantes sin reacciones se denominan conservativos y los que tienen en cuenta las reacciones de los contaminantes con la matriz porosa o el decaimiento radiactivo son llamados no conservativos.

Los modelos de transporte de calor acoplan el flujo de calor con el del agua o vapor para los problemas en los que los efectos térmicos sean importantes. En la práctica estos modelos han sido aplicados a problemas asociados a fuentes hidrotermales, acuíferos con geotermismo y a proyectos de almacenamiento de calor en el subsuelo.

Los códigos geoquímicos están dedicados a predecir la evolución de la calidad de las aguas como consecuencia de fenómenos de contaminantes producidos por recargas, irrigaciones, accidentes, etc.

b) Códigos de Identificación: Están dedicados a la determinación de los parámetros o las entradas del sistema. Estos códigos pueden a su vez dividirse en dos subclases: los códigos directos que aplican las técnicas clásicas de cálculo de parámetros en base a ensayos de bombeo o con trazadores y los indirectos que obtienen los valores de los parámetros a través de la comparación de los valores históricos de los niveles piezométricos en una serie de puntos del acuífero con los resultados de un modelo numérico de flujo en esos mismos puntos y para los mismos tiempos.

c) Códigos para el tratamiento de datos hidrológicos: Están dedicados a la evaluación de las entradas naturales de los modelos hidrogeológicos que sean variables hidrológicas, tales como lluvia total, hidrogramas de los ríos, calidad de los ríos, etc. Dichos códigos están diseñados para la recolección de datos, identificación de datos erróneos, restitución de series incompletas, definición de años tipo, etc.

d) Códigos de Gestión: Estos códigos integran predicción hidrogeológica con procedimientos explícitos de decisión, y están dedicados a la definición de programas de acciones que sean consistentes con los objetivos de la gestión y sus restricciones. Los objetivos podrán ser, por ejemplo, maximizar los rendimientos económicos netos, minimizar los costes o asegurar un adecuado suministro de agua en toda una región. Los modelos de gestión suelen emplear técnicas numéricas de simulación y de optimización para obtener sus soluciones. En contraste con los códigos de predicción que están basados fundamentalmente en aspectos físicos, estos incorporan aspectos económicos, tecnológicos, políticos e institucionales en su definición.

e) Códigos para postproceso gráfico de resultados: En este bloque se señalan los programas diseñados para la representación gráfica de los resultados obtenidos en los anteriores.

## II.2. Clasificación de los códigos de la Guía

### INDICE GENERAL:

1. Códigos de predicción en Hidrogeología
2. Códigos de identificación de parámetros
3. Códigos para tratamiento de datos hidrológicos
4. Códigos para gestión de recursos de agua
5. Códigos para postproceso gráfico de resultados.

# 1. CODIGOS DE PREDICCIÓN EN HIDROGEOLOGIA

## 1.1. Flujo de agua subterránea

### 1.1.1. En medio poroso

#### . Saturado

#### . Acuífero monocapa

#### . Análíticos

#### . 1D

GLOVER  
SAHUQUI

#### . 2D

SIBOT

#### . Numéricos

#### . 2D

#### . Horizontal

#### . Estacionarios

HIDROG1  
HIDROG2  
LAPLACE  
MEF2  
POISSON

#### . Transitorios

ADINAT  
ANSYS  
ASAS  
ASKA  
BERSAFE  
CASTEM  
CSEEP  
DESCENSOS  
DOT  
FESDEC  
FEWA  
FINITE/GP  
FLUTA  
MARC  
MIDOGI

MINIMEF  
MSC/NASTRAN  
PAFEC  
SCIA  
SIMACUINF  
SIMULBAS  
TRESCORT  
USGS2D  
WATER-VELL

. Vertical

. Estacionarios

ELFESTRE  
FREESURF-I  
MPRESA

. Transitorios

ADINAT  
BOUSS  
FEMWATER  
UNSAT2  
MINIMEF

. 3D

. Transitorios

ADINAT  
ANSYS  
ASAS  
ASKA  
BERSAFE  
CASTEM  
FE3DGW  
MARC  
MARTHE  
MSC/NASTRAN  
PAFEC  
SCIA  
USGS3D

. Acuífero Multicapa

. Numéricos

MODFLOW  
NEWSAM  
PRI34/PRILOT

. No saturado

. Numéricos

. 2D

FEMWATER

. Analíticos

. 3D

VADOSE

1.1.2. En medio fracturado

. Numéricos

NAMMET

1.2. Transporte de masas en agua subterránea

1.2.1. En medio poroso

. Saturado

. Analíticos

. 1D

AT123D  
ODGMTM1  
ODGMTM2

. 2D

AT123D  
GRDFLX  
HIDROPAL-I  
PLUME  
TDGMTM1  
TDGMTM2  
TDGMTM3

. 3D

AT123D  
GROUND  
GWPHAP  
THDGMTM1  
THDGMTM2

. Numéricos

. 1D

COLUMN

. 2D

FEWA  
HIDROPAL - II  
HYDROGEOCHEM  
KONBRED  
METIS  
RANDOM-WALK  
SATURN  
SEFTRAN  
SUTRA  
TRANSAT

. 3D

NAMSOL  
SANDWICH  
SWICHA  
UNNAMED (PUT)

. No saturado

. Numéricos

. 2D

FEMWASTE  
GS2  
TRANUSAT

. 3D

FLAMINCO  
GS3  
SWANFLOW

1.2.2. En medio fracturado

. Numéricos

FRACPORT  
METIS

1.3. Flujo no isoterma de agua subterránea

1.3.1. En medio poroso

. Numéricos

. 2D

MARIAH  
NAMMU  
SUTRA

. 3D

SHAFT79

1.3.2. En medio fracturado

. Numéricos

UNNAMED (THUNVIK)

1.4. Flujo de agua subterránea y consolidación del medio

1.4.1. En medio poroso

. Saturado

. Numéricos

. 2D

HYMEC

. 3D

TRUST

1.4.2. En medio fracturado

. Numéricos

MECHYD  
ROCMAS  
TRUST

1.5. Fenómenos geoquímicos en agua subterránea

ANALISIS  
HIDROQ-T  
WATEQF

1.6. Fenómenos acoplados en agua subterránea

1.6.1. Flujo, transporte de masa y transferencia de calor

. Numéricos

. 2D

SHALT  
TROUGH

. 3D

CFEST  
SWIFT

1.6.2. Flujo y efectos termomecánicos

. Numéricos

. 2D

TRAITEME

. 3D

TITUS

2. CODIGOS PARA IDENTIFICACION DE PARAMETROS

2.1. Métodos directos

2.1.1. Diseño de ensayos de bombeo

DSPSS  
FASTEP/WELLCOST  
PADADOP  
WELSAMP

2.1.2. Análisis de resultados de ensayos de bombeo

ECOTRAC  
GWAP  
HJ-MATCH  
MATCH2  
PAPADOP  
PROBE  
PTDPS-I/PTDPS-II  
PUMP  
TS-MATCH

2.1.3. Análisis de ensayos con trazadores

CONFL

2.2. Métodos indirectos

2.2.1. Parámetros del flujo de agua subterránea

INVERT  
MIDCAL

2.2.2. Parámetros del transporte de masas en agua subterránea

TRANSIN

2.2.3. Parámetros de modelos de precipitación-  
-escorrentia

MARQ8

3. CODIGOS PARA TRATAMIENTO DE DATOS HIDROGEOLOGICOS

3.1. Análisis estadístico de series temporales climáticas

ANASERIES  
GOODRICH  
GUMBEL  
LOGNORMA  
TIPO

3.2. Completado de series temporales climáticas

CORREORT  
DOBLEMAS  
RECAU  
REPLU  
REST  
RETEM

3.3. Cálculo de precipitaciones mensuales

THIESSEN

3.4. Cálculo de la evapotranspiración (potencial o real)

CLIMA-T  
ETPBLANE  
EVADIA  
THORNTWA  
THORNWAIT  
TURCUOTA

3.5. Cálculo de la reserva de agua en el suelo

BALANCE  
CLIMA1

3.6. Cálculo de lluvia util

CLIMA2  
EVADIA

3.7. Modelos de precipitaciones-escorentia

HEC - 1  
HYDROL  
MEDAN2  
MEDAN4  
MEDAN5  
MEDA  
OVRFL-FEM  
SCS

3.8. Cálculo y análisis de hidrogramas

HEC - 2  
HIDRO

3.9. Modelos de calidad para aguas superficiales

QUAL2E

4. CODIGOS PARA GESTION DE RECURSOS DE AGUA

4.1. Gestión de aguas superficiales

ROENA  
SIM-5

4.2. Gestión conjunta de aguas superficiales y aguas subterráneas

BAHID  
BAHIMED  
CELGLOV  
CELULA  
COMBI-ECO  
COMBI-2  
REGA86

5. CODIGOS PARA POSTPROCESO GRAFICO DE RESULTADOS

CAPTURE  
CONTOUR  
EQUIPLOT  
HERMIT-DM  
HP-FE  
KON.

III. INFORMACION SOBRE LOS CODIGOS

## PROGRAMA ADINAT

### OBJETO

Modelización de flujo en medio poroso saturado mediante elementos finitos.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

ADINA Engineering AB, Vasteras, Suecia.

### CARACTERISTICAS

Sistema de elementos finitos de módulos interactivos.

El módulo dedicado a flujo es aplicable a los casos de linealidad y no linealidad y para régimen estacionario y transitorio.

Permite simular acuíferos libres.

La modelización puede ser uni, bi y tridimensional. Los materiales pueden ser isotrópos o anisótropos.

Dispone de pre y postprocesadores de generación de malla y de representación de resultados.

### COMPATIBILIDAD

IBM, CDC, UNIVAC, VAX, PRIME, BORROUGHS, entre otros.

## PROGRAMA ANALISIS

### OBJETO

Tratamiento de datos de análisis químicos, cálculo de balances y relaciones iónicas, y representaciones gráficas características.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: J. Gonzalo Doblas y publicación IGME. Proyecto para el desarrollo de modelos numéricos aplicados a la hidrogeología IGME. GEOMECANICA (J. Luis Frances).

Documentación en el convenio IGME-UPM, 1985. Documento nº 5.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactiva.

#### ENTRADA

- nº muestra, conductividad, pH, DQO
- Concentraciones de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos, sodio, potasio, magnesio y amoníaco.

#### SALIDA

- Datos en p.p.m.
- Datos en e.p.m.
- Relaciones iónicas
- Diagramas de piper, Stiff modificado
- Matriz de correlación

### CAMPO DE APLICACION

Geoquímica y tratamiento de análisis químicos en general.

## COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, IBM-PC y HP85 en BASIC

## PROGRAMA ANASERIES

### OBJETO

Análisis estadístico de series cronológicas. Incluye Análisis Simple, con cálculo de correlograma simple, variograma y espectro; y de Análisis cruzado con cálculo de correlograma cruzado, Función Amplitud, Función de Fase, Función de Coherencia y Función de Ganancia.

### LENGUAJE

Fortran V

### PROCEDENCIA

Padilla Benítez, A. y Pulido Bosch, A. Dpto. Geodinámica. Universidad de Granada.

### DATOS DE ENTRADA

Series cronológicas. Orientado fundamentalmente para datos de precipitación, caudales y lluvia eficaz a nivel diario.

### CAMPO DE APLICACION

Estudio de las tendencias y estructuras estadísticas de series cronológicas.

### SALIDAS NUMERICAS

Tablas de los cálculos realizados

### SALIDAS GRAFICAS

Diagramas de dos ejes de coordenadas

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre ECLIPSE S/250 de D.G.C.

## PROGRAMA ANSYS

### OBJETO

Modelización por elementos finitos de problemas de flujo en medio poroso saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

P.C. Kohnke  
Swanson Analysis System Inc.  
Houston  
(U.S.A.).

### CARACTERISTICAS

El análisis puede ser uni, bi y tridimensional. Contiene un paquete gráfico con una gran variedad de opciones:

- Geometría en cualquier sistema coordenado
- Secciones
- Mapas de isolíneas

El análisis puede ser lineal o no lineal, en régimen transitorio o permanente.

Permite realizar la descomposición en subestructuras.

Dispone de una gran cantidad de elementos de librería para problemas acoplados: Geotécnica.

Los materiales pueden ser isotrópos y anisótropos.

Facilidad de manejo.

### COMPATIBILIDAD

Amdahl, CDC, Cray, Fujitsu, Honeywell, IBM, Univac, Prime, VAX, Harris.

## PROGRAMA ASAS

### OBJETO

Modelización por elementos finitos de problemas de flujo en medio poroso saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

Atkins Research & Development  
Inglaterra

### CARACTERISTICAS

Es un sistema compuesto de distintos módulos interactivos.

Dispone de un gran número de elementos distintos para simular problemas acoplados.

Resuelve problemas en régimen estacionario y transitorio en dos y tres dimensiones.

Dispone a su vez de pre y post procesadores que permiten la generación de la malla y su posterior representación gráfica.

Existen distintas posibilidades para la solución numérica del problema. También permite la interrupción del proceso para poder reanudarlo posteriormente.

## PROGRAMA ASKA

### OBJETO

Modelización de flujo en medio poroso saturado mediante elementos finitos.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

IKO Software Service  
Aibstadtweg 10  
D 7000 Stuttgart 80  
(GERMANY)

### CARACTERISTICAS

Dispone de una librería de elementos muy amplia para problemas acoplados.

Posibilidad de análisis por subestructuras confiriendo al sistema una gran flexibilidad.

Para los problemas de flujo el estudio puede ser en régimen estacionario o transitorio.

Dispone también de mensajes de errores. Las posibilidades gráficas son muy amplias.

### OTRAS APLICACIONES

- Análisis elasto-plástico
- Análisis dinámico lineal.
- Análisis armónico
- Mecánica de fracturas
- Análisis estático y dinámico de sistemas de tuberías.

### COMPATIBILIDAD

CDC, UNIVAC, CYBER, IBM, ICL, Borroughs, VAX, Honeywell, PRIME, entre otros.

## PROGRAMA AT123D

### OBJETO

Código para modelización del transporte en régimen transitorio de residuos contaminantes en sistemas de agua subterránea en 1, 2 y 3 dimensiones.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

G.T. Yeh  
Environmental Sciences Division  
Oak Ridge National Laboratory  
P.O. Box X  
Oak Ridge, TN 37830  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Dimensiones de la fuente de contaminación y del acuífero
- Propiedades de la roca y del residuo
  - \* Porosidad
  - \* Conductividad hidráulica
  - \* Gradiente hidráulico
  - \* Dispersividad

### RESULTADOS

Distribución de la concentración en cada intervalo de tiempo.

### CAMPOS DE APLICACION

El mecanismo de transporte incluido en el análisis incluye dispersión, adsorción, descomposición y pérdidas a la atmósfera de los residuos.

## PROGRAMA BAHID

### OBJETO

Establecer balances mensuales de tipo hidrogeológicos e hidrológicos a partir de aportaciones y detracciones de distinta naturaleza.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

- Recursos brutos
- Aportaciones aforadas y naturales
- Derivaciones riegos
- Bombeos
- Caudales exteriores
- Fuentes y manantiales
- Etc.

### RESULTADOS

- Variación de almacenamiento en embalses superficiales y subterráneos.
- Variación de las aportaciones en embalses subterráneos y superficiales.
- Cálculo de la desviación del balance.
- Infiltración de regadíos con aguas superficiales y subterráneas.
- Infiltración pluviométrica
- Aportación subterránea real.

## **CAMPO DE APLICACION**

Cálculo automático de balances y simulación  
precipitación-escorrentía.

## **COMPATIBILIDAD**

Operativo sobre Vax 11/730

## **OBSERVACIONES**

Este programa utiliza los resultados de los programas HIDRO, THIESSEN y CLIMA2, pudiendo funcionar encadenadamente. Paquete BALANCE.

## PROGRAMA BAHIMED

### OBJETO

Generar aportaciones anuales a partir de aportaciones aforadas, bombeos desde embalse subterráneo, infiltración de agua de riego de origen superficial o subterráneo, etc.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

- Precipitaciones
- Aforos
- Bombeos
- Riegos
- Aportación de canales
- Etc.

### RESULTADOS

Aportaciones anuales útiles

### CAMPO DE APLICACION

Cálculo automático de balances y simulación precipitación-escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

## OBSERVACIONES

- Realiza un balance hidrológico a nivel anual medio.
- Este programa se encadena con los programas RECAU y THIESSEN. Paquete BALANCE.

**CAMPO DE APLICACION**

Estudio automatizado de balances y simulación de precipitación-escorrentía.

**COMPATIBILIDAD**

Operativo sobre VAX 11/730 e IBM-PC.

## PROGRAMA BERSAFE

### OBJETO

Simulación por elementos finitos de problemas de flujo en medio poroso saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Mr. G. Marshall  
BERSAFE Advisory Group  
C E G B  
Berkeley Nuclear Laboratories  
Berkeley  
Gousc.  
(Inglaterra)

### CARACTERISTICAS

Dispone de pre y postprocesadores de generación de malla y de representación de resultados.

La modelización puede llegar a ser tridimensional.

El régimen estudiado puede ser permanente o transitorio. Se pueden considerar fuentes y sumideros dentro del modelo.

Los tipos de materiales pueden ser tanto isótropos como anisótropos, heterogéneos y homogéneos.

También pueden tenerse en cuenta no linealidades.

### COMPATIBILIDAD

IBM, UNIVAC 1100, ICL 1900, Borroughs, Prime y VAX.

## PROGRAMA BOUSS

### OBJETO

Modelizar la relación acuífero-río mediante la ecuación de Boussinesq en diferencias finitas.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología.

Documentación en el Convenio IGME-UPM 1985. Documento nº 3.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

#### ENTRADA

- Coeficiente de almacenamiento, conductividad, distancia horizontal al borde impermeable, tiempo de estudio, intervalos a considerar en el tiempo e intervalos a considerar en el espacio. Variaciones en el río.

#### SALIDA

- Variación del nivel del río respecto al tiempo
- Variación de la descarga del acuífero al río en función del tiempo.
- Variación de las alturas piezométricas del acuífero en función de la distancia, para distintos valores de tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

Estudio del aporte subterráneo y de la variación de niveles en el acuífero en respuesta a los cambios de nivel en el río.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX 11/730 con salida gráfica para TEKTRONIX 4663.

## PROGRAMA CAPTURE

### OBJETO

Procesado gráfico de las líneas de flujo.

### PROCEDENCIA

Data Services

### CARACTERISTICAS

Dibuja los caminos seguidos por el agua subterránea en un acuífero homogéneo y confinado afectado por bombes y/o con superficies de nivel constante.

### COMPATIBILIDAD

- Ordenadores IBM PC ó compatibles con MS-DOS 2.0 ó posteriores.
- Plotter: Hewlett Packard

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA).  
P.O. Box: 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA CASTEM

### OBJETO

Modelización del flujo lineal y no lineal en medio poroso por elementos finitos.

### PROCEDENCIA

M. Ph. Pasquet  
CISI  
35, Bd. Bruné  
75680 Paris Cedex 14  
FRANCIA

### CARACTERISTICAS

El sistema CASTEM está compuesto por una amplia variedad de módulos, de los cuales existen varios que se pueden aplicar a Hidrogeología.

Existe un preprocesador generador de la malla con elementos finitos que pueden tener 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15 ó 20 nodos.

También permite la reenumeración de nodos para la reducción del ancho de banda.

Puede ser ejecutado en modo BATCH o en interactivo por pantalla.

Las posibilidades gráficas son amplias:

- Dibujo con/sin líneas ocultas
- Efecto zoom
- Efecto ventana
- Distintos tipos de proyecciones

Permite efectuar, modificar o suprimir elementos de la malla.

Dispone de un módulo de análisis de flujo en dos y tres dimensiones en régimen permanente o transitorio. El flujo puede ser tratado con viscosidad y anisotropía.

Existen postprocesadores gráficos que obtienen isolíneas y curvas de variación con el tiempo.

También existe la posibilidad de ensamblado de estructuras para conseguir una macroestructura a partir de los datos obtenidos de los diferentes módulos.

El número de tipos de elementos disponibles es amplio en dos y tres dimensiones.

#### **OTRAS APLICACIONES**

- Elasticidad
- Plasticidad
- Viscosidad
- Interacción fluido-estructura
- No linealidad asociada a deformaciones

#### **COMPATIBILIDAD**

IBM/168 y 3033, CRAY 1, CDC, CYBER, UNIVAC, IRIS 80, VAX, PRIME.

## PROGRAMA CELGLOV

### OBJETO

Simulación de una unidad hidrológica mixta con embalse, acuífero, río y aportaciones y extracciones.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa desarrollado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos de la E.T.S. Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.

### DATOS DE ENTRADA

Ver programa CELULA

### RESULTADOS

Ver programa CELULA

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

### OBSERVACIONES

Es un programa análogo al CELULA, pero utilizando un modelo Glover-Jenkins de relación río-acuífero.

## OBSERVACIONES

- Permite establecer códigos de operación en el nudo.
- Necesita pocos datos: modelo muy simple.
- Realiza una simulación de un año de duración
- Dispone de salidas gráficas.

## PROGRAMA CLIMA-T

### OBJETO

Aplicación destinada al tratamiento de datos climáticos a nivel mensual. Dispone de creación del banco de datos, corrección, completado y cálculo de la Evapotranspiración real por los métodos de Thornthwaite, Turc y Coutagne, así como la infiltración por el método de Kessler.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Padilla Benítez, A. y Pulido Bosch, A., Dpto. Geodinámica, Universidad de Granada.

### DATOS DE ENTRATA

Precipitaciones y temperaturas a nivel mensual

### CAMPO DE APLICACION

Estudios climatológicos y estimación de la lluvia eficaz.

### SALIDAS NUMERICAS

Tablas de los datos introducidos y de los cálculos realizados.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre MPT/100 de D.G.C.

### OBSERVACIONES

Se trata de una aplicación que consta de cinco programas: FICHEROS.1, CE.REGRESION, COM.ESTAC, E.THORN Y EI.TCK.

## PROGRAMA CLIMA1

### OBJETO

Estimación de la reserva útil máxima del suelo para cada estación pluviométrica y por período hidrológico por contraste entre métodos empíricos y aforos reales.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

- Lluvia mensual para el año medio
- Precipitaciones
- Evapotranspiración potencial mensual
- Aportaciones en intercuencas parciales

### RESULTADOS

Reservas del suelo

### CAMPO DE APLICACION

Cálculo automatizado de balances y simulación precipitación - escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

### OBSERVACIONES

Este programa utiliza resultados de los programas REPLU, THIESSEN, THORNTWA y BAHIMED, pudiendo funcionar de forma encadenada. Paquete BALANCE.

## PROGRAMA CLIMA2

### OBJETO

Cálculo de la lluvia útil mensual por estación pluviométrica, intercuenca y cuenca parcial para una serie de años hidrológicos.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

- Reserva máxima del suelo por estación pluviométrica
- Precipitaciones mensuales por estación pluviométrica
- Evapotranspiración potencial mensual

### RESULTADOS

Lluvia útil media mensual y total anual por estación pluviométrica, intercuenca y cuenca.

### CAMPO DE APLICACION

Cálculo automatizado de balances y simulación precipitación-escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

### OBSERVACIONES

Este programa utiliza resultados de los programas CLIMA1, THORNTWA, REPLU y THIESSEN, pudiendo funcionar de forma encadenada. Paquete BALANCE.

## PROGRAMA COLUMN

### OBJETO

Modelo de transporte de solutos en medio poroso, en régimen transitorio y en una dimensión. También tiene en cuenta la desintegración de las series radiactivas, el intercambio iónico y las reacciones químicas homogéneas.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

P. Bo  
Chemistry Department  
Riso National Laboratory  
DK-4000 Roskilde  
Dinamarca

### DATOS DE ENTRADA

- Número de especies químicas
- Perfil de concentraciones inicial de cada especie.
- Velocidad del agua subterránea.

### RESULTADOS

Concentraciones a lo largo de la columna en función del tiempo.

Dispone de salida gráfica.

### CAMPOS DE APLICACION

- Migración de residuos radiactivos en depósitos subterráneos.
- Interpretación de datos experimentales.

### COMPATIBILIDAD

El programa ha sido utilizado en IBM, Borroughs 6700.

## OBSERVACIONES

La solución numérica se basa en una discretización por diferencias finitas, seguida de la aplicación del método de las características.

## PROGRAMA COMBI-ECO

### OBJETO

Gestión conjunta de los recursos hídricos teniendo en cuenta el factor económico.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Regulación-garantía y simulación de alternativas de gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas, considerando factores económicos. IGME 1985.

Desarrollado por Luis Virgós (C.G.S.)

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

- 1) Entrada para la subrutina "COMBI2" (Modelo de gestión).
  - Garantía de suministro, caudal medio turbinado, consumido o bombeado, tipo de nudo, demanda hidroeléctrica, agrícola y urbana o volumen máximo, caudal máximo bombeable, etc.
- 2) Entrada para la subrutina "ECON" (Modelo económico).
  - Tiempo de simulación (de amortización común), propietario común, precio del dinero, precio del Kw/hora vendido/comprado, coste y tiempo de construcción del embalse, canal, etc.
- 3) Entrada para los nudos
  - Datos comunes a todos los nudos, coste de construcción, coste de tiempo de construcción, coste de mantenimiento, etc.
  - De demanda: producción en pts.<sup>3</sup> año, penalización por falta de garantía, coste del Hm<sup>3</sup> bombeado, etc.
  - De control: Coste del Hm<sup>3</sup> que pasa por el canal.
  - Para cada nudo: de demanda (producción de pts.) de embalse subterráneo (altura media del bombeo), de embalse superficial (altura de la presa), de control (coste por metro de canal).

## SALIDA

Para todos los nudos: Coste de construcción, coste de mantenimiento, consumos variables, producción hidroeléctrica, urbana, agrícola, penalizaciones.

Para cada dueño: Precio del metro cúbico, metro cúbico frente al precio del dinero, valor actual neto, sensibilidad frente al precio del dinero, costos, producción neta/inversión, inversión inicial.

## CAMPO DE APLICACION

A cuencas donde la garantía de suministro sea problemática y sea necesaria la orientación hacia explotaciones superficiales y/o subterráneas, teniendo en cuenta dos variables determinantes: garantía de suministro-coste económico.

## COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

## OBSERVACIONES

El programa COMBI-ECO está formado por dos subrutinas una que compone el modelo de gestión COMBI-2 y otras que realiza los cálculos económicos.

## PROGRAMA COMBI-2

### OBJETO

Gestión conjunta de aguas subterráneas y superficiales.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Modelo de Regulación-garantía de la cuenca del río Guadiana. Simulación de alternativas de gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas. IGME 1984.

Desarrollado por Luis Virgós (C.G.S.)

### DATOS DE ENTRADA

- 1ª tarjeta: Título de la simulación.
- 2ª tarjeta: nº de nudos, nº de años de simulación y de salida de resultados.
- 3º grupo tarjetas: Matriz de conexiones
- 4º grupo tarjetas: nº de nudos con aportaciones laterales mes a mes y nº de los nudos.
- 5º grupo tarjetas: Nº de nudos con aportaciones de lluvia mes a mes y nº de los nudos.
- 6º grupo tarjetas: Nº de la simulación en el orden que han de procesarse.
- 7º grupo tarjetas: Datos de los nudos de demanda
- 8º grupo tarjetas: Datos de los nudos de embalse subterráneos
- 9º grupo tarjetas: Datos de los nudos de embalse superficial
- 10º grupo tarjetas: Datos de nudos de control.

### Para cada mes

- 11ª tarjeta: Comentarios
- 12ª tarjeta: Aportaciones laterales en los nudos de demanda.

13ª tarjeta:                   Valores de lluvias sobre los acuíferos  
                                  especificados.

#### **CAMPO DE APLICACION**

Análisis de las alternativas de utilización conjunta de las aguas superficiales y subterráneas. Análisis de la variación de la regulación y garantía de aportaciones en ríos frente a hipótesis simuladas de explotación en acuíferos.

#### **COMPATIBILIDAD**

Operativo sobre VAX 11/730

#### **OBSERVACIONES**

Existe otro modelo de gestión conjunta teniendo en cuenta el factor económico, llamado COMBI-ECO, donde el COMBI2 es una subrutina de aquel.

## PROGRAMA CONFL

### OBJETO

Simulación y calibración de ensayos con trazadores en medios porosos.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

J. Carrera  
ETSI Caminos  
Universidad Politécnica de Catalunya  
Jordi Girona Salgado, 31  
08034 BARCELONA

### DATOS DE ENTRADA

Descripción del medio

### RESULTADOS

Ajuste y simulación (concentración del trazado en cada nodo del mallado)

### CARACTERISTICAS

Simula el transporte con difusión en la matriz rocosa del trazador.

Aplica el método de los elementos finitos para la resolución de la ecuación del transporte.

Se puede encadenar con programas de postproceso para generar salidas gráficas.

### COMPATIBILIDAD

Digital, CDC, Data General.

## PROGRAMA CONTUR

### OBJETO

Dibuja con gran calidad, planos de líneas de isovalores de datos distribuidos regular e irregularmente.

### PROCEDENCIA

In-Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Utiliza la triangulación y la interpolación bivariante.
- Alta fiabilidad
- Flexibilidad en los resultados
- Salidas de datos por plotter

### COMPATIBILIDAD

- Ordenadores: IBM PC, XT, AT ó compatibles.
- Plotters: Hewlett Packard ó Houston Instruments DMP.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box, 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA CORREORT

### OBJETO

Completado y restitución de series de datos hidrológicos por correlación ortogonal. Para series de mismo periodo de tiempo y estaciones de datos homogéneas.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: Programa "CORREL" (IBERGESA) y publicación IGME: PDMNAH, IGME-GEOMECANICA (Juan Luis Francés)

Documentación en el convenio IGME-UPM 1985. Documento nº 5.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactiva

#### ENTRADA

- Datos anuales y/o mensuales.
- Mínimo coeficiente de correlación deseable.

#### SALIDA

- X media, Y media, sigma dos Y, sigma dos X, sigma XY, lambda 1, lambda 2, coeficiente de correlación RO.
- Recta de correlación, desviación típica y bandas de garantía.

### CAMPO DE APLICACION

Correlación ortogonal de estaciones termopluviométricas y de caudales. Correlación en general de series de datos con una ley común.

## COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, IBM-PC y HP85 en BASIC con representaciones gráficas en el último caso.

## OBSERVACIONES

Se está preparando el programa para obtener salidas gráficas mediante plotter.

## PROGRAMA CSEEP

### OBJETO

Análisis de flujo bidimensional en medio poroso.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Distribuido por:

Engineering Services  
901 Douglas Av.  
Suite 206  
Altamonte Springs, FL 32779  
(U.S.A)

### CARACTERISTICAS

El programa es aplicable a acuíferos porosos y confinados. La solución numérica es por medio del método de las diferencias finitas y permite un mallado irregular.

### DATOS DE ENTRADA

- Permeabilidades
- Contornos impermeables
- Niveles piezométricos constantes

### RESULTADOS

- Potenciales en toda la malla
- Ratios de drenaje a través de una sección determinada

### COMPATIBILIDAD

IBM PC

## PROGRAMA DESCENSOS

### OBJETIVO

Calcular el efecto producido en un punto cualquiera de un acuífero por un campo de pozos de extracción o recarga utilizando las deltas de Kernel.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

De la publicación "Un programa digital para el cálculo de efectos en un campo de pozos" de autor J.J. López Palancar y P.E. Martínez Alfaro. Tecniterrae 3-270. Adaptado en convenio IGME-UPM.

Documentación en el convenio UPM-IGME 1985. Documento nº 3.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactiva

#### ENTRADA

- Características generales: nº de pozos, nº de periodos, error máximo, transmisividad conjunto y coeficiente de almacenamiento conjunto.
- Para cada pozo: Abcisa, ordenada, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, radio efectivo y coeficiente de pérdida de carga.
- Cuantía y tipo de caudal (constante o no)
- Coordenadas del punto de observación

#### SALIDA

- Descensos en cada punto de observación para los tiempos en días dados.

## **CAMPO DE APLICACION**

A acuíferos donde se puedan aplicar las hipótesis de Theis.

Bombes con caudal variable en el tiempo teniendo en cuenta las pérdidas de carga, el radio efectivo y las variaciones de transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

## **COMPATIBILIDAD**

Operativo en VAX 11/730 e IBM-PC.

## PROGRAMA DOBLEMAS

### OBJETO

Analiza series de datos con leyes comunes (mismos períodos de tiempo y estaciones termopluviométricas afines) por el método de dobles acumulaciones con el fin de obtener errores de tipo sistemático y/o sustituir datos erróneos.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: programa MASAS (IBERGESA) y publicación IGME: PDMNAH, IGME-GEOMECANICA (Juan Luis Francés).

Documentación en el convenio IGME-UPM 1985. Documento nº 5.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactiva.

#### ENTRADA

- Datos anuales.

#### SALIDA

- Listado de doble acumulación y representación gráfica.

### CAMPO DE APLICACION

Correlación de estaciones termopluviométricas y de caudales. Correlación en general de series de datos con una ley común.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, IBM-PC y HP85 en BASIC.

### OBSERVACIONES

Se está preparando el programa para salida gráfica mediante plotter.

## PROGRAMA DOT

### OBJETO

Resolución de ecuaciones en derivadas parciales en dos dimensiones por el método de los elementos finitos. (Ecuaciones elípticas, parabólicas -lineales y no lineales-).

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Polivka & Wilson. Department of Civil Engineering. University of California. Adaptado y modificado por el Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos de la E.T.S. Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.

### DATOS DE ENTRADA

- Coordenadas globales del modelo
- Tipos de elementos finitos
- Tipo de análisis y condiciones iniciales y de contorno.
- Tiene la posibilidad de generación de datos de mallado.

### RESULTADOS

Niveles piezométricos.

### CAMPO DE APLICACION

- Flujo de fluidos en medios porosos confinados.
- Fronteras de forma irregular
- Problemas estacionarios y evolutivos.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

## PROGRAMA DSPSS

### DOMESTIC SUBMURGIBLE PUMP SELECTION SOFTWARE

#### OBJETO

Dimensionamiento de un sistema de bombeo.

#### PROCEDENCIA

PAWS

#### CARACTERISTICAS

Este programa selecciona para un bombeo el tipo de bomba, tanque, tubería y cable.

#### COMPATIBILIDAD

- Ordenadores portátiles Sharp
- IBM PC ó compatibles

#### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA ECOTRAC

### OBJETO

Sistema modular de programas con distintas utilidades en Hidrología.

### PROCEDENCIA

Solutech Corp.

### CARACTERISTICAS

- El módulo de agua subterránea maneja todos los datos procedentes del módulo de calidad de aguas.
- Trata información de pozos y de sus parámetros
- Calcula test de significancia
- Calcula medias cada cuatro meses de los datos
- Dispone de salidas gráficas
- Permite:
  - \* Efectos ambientales
  - \* Inventario de fuentes
  - \* Control de sustancias tóxicas
  - \* Gestión de residuos radiactivos

### COMPATIBILIDAD

IBM PC-XT

### DISTRIBUCION

National Water Well Association  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA ELFESTRE

### OBJETO

Modelizar por elementos finitos el flujo de agua subterránea en dos dimensiones y en régimen permanente.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Bureau de Recherches Géologiques et Minières  
Service Géologique National  
B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX  
(FRANCIA)

### DATOS DE ENTRADA

- Datos geométricos de la malla
- Condiciones de contorno
- Permeabilidades (según direcciones principales y secundarias).

### RESULTADOS

- Potenciales hidráulicos
- Velocidades
- Posición de la superficie libre

### CAMPO DE APLICACION

Aplicable para el estudio de:

- Drenaje de un talud
- Infiltración a través de un dique de tierra
- Estabilidad de túneles
- Infiltración por debajo de barreras impermeables

- Etc.

#### **OBSERVACIONES**

- Genera datos aplicables al programa HYMEC
- Los elementos utilizados son triángulos
- Considera la heterogeneidad y anisotropía del acuífero
- Dispone de salidas gráficas
- Puede considerar como condiciones de contorno las interfaces aire-agua ó agua dulce-agua salada.
- Puede utilizarse para calcular la piezometría de acuíferos confinados o libres poco variables.
- Dispone de facilidades de generación de malla.
- Las permeabilidades pueden ser calculadas a partir del programa MECHYD.

#### **COMPATIBILIDAD**

BULL, VAX, IBM.

## PROGRAMA EQUIPLOT

### OBJETO

Representación en tres dimensiones de las alturas piezométricas correspondientes a un campo de pozos de bombeo en un acuífero homogéneo y confinado.

### PROCEDENCIA

Data Services

### CARACTERISTICAS

Dispone de salidas gráficas e impresas de los descensos, así como dibujo de las líneas de flujo.

### COMPATIBILIDAD

- Ordenadores: IBM PC ó compatibles con MS-DOS 2.0
- Plotters: Hewlett Packard

### DISTRIBUCION

National Water Well Association  
P.O. Box 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA ETPBLANE

### OBJETO

Calcular la evapotranspiración potencial mensual a partir de las temperaturas medias mensuales, la latitud, los tipos de cultivos y la zona climática, por aplicación de la fórmula de Blaney-Criddle.

### LENGUAJE

BASIC o FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: programa de Gonzalo Doblas y publicación IGME: PDMNAH, IGME-GEOMECANICA (J. Luis Francés).

Documentación en el convenio UPM-IGME 1985. Documento nº 5.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactiva

#### ENTRADA

- % de cada cultivo, año hidrológico y temperatura por mes.

#### SALIDA

- ETP mensual y anual

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, IBM-PC y HP85

### OBSERVACIONES

El programa permite, a voluntad del usuario, encadenarlo al programa BALANCE para el cálculo del balance hídrico con los datos de ETP calculados.

## PROGRAMAS FASTEP/WELLCOST

### OBJETO

FASTEP: Determina los coeficientes de pérdida en la formación, pérdidas en el pozo y curva característica del pozo en un ensayo de bombeo.

WELLCOST: Calcula el bombeo óptimo, la potencia, costes de mantenimiento y de bombeo en un pozo usando electricidad, motor diesel, gas natural o gasolina como fuente de energía.

### PROCEDENCIA

Ulrick & Associates

### COMPATIBILIDAD

IBM PC ó compatible con PC/MS-DOS 2.0 ó posteriores.

Cualquier impresora.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA FEWA

### OBJETO

Modelizar los efectos de las perturbaciones naturales o artificiales sobre la distribución de la concentración y del flujo de residuos radiactivos en sistema de acuífero.

### PROCEDENCIA

G.T. Yeh  
Oak Ridge National Laboratory  
P.O. Box X  
Oak Ridge, TN 37831  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Definición geométrica del dominio
- Para cada acuífero:
  - \* Transmisividad
  - \* Densidad
  - \* Constante de descomposición
  - \* Porosidad efectiva
  - \* Compresibilidades del agua y del medio
  - \* Coeficiente de difusión molecular
  - \* Coeficiente de distribución ó parámetros de Freundlich ó Langmuir
- Concentraciones iniciales
- Flujos y piezometrías del dominio; (pueden provenir del programa FEWA).
- Definición de fuentes y sumideros
- Condiciones de contorno
- Características de filtrado de acuitardos.

## RESULTADOS (En cualquier paso de tiempo)

- Distribución de concentraciones
- Ratio y cantidad de radionúcleidos que atraviesa cualquier frontera.
- Ratio y cantidad de radionucleidos acumulados en el acuífero en fases disueltas o adsorbidas.

## OBSERVACIONES

- Realiza el análisis en régimen transitorio
- El modelo es bidimensional
- El acuífero puede ser desde complementamente confinado hasta completamente libre.
- Las propiedades del acuífero pueden ser heterogéneas y/o anisótropas.
- Se consideran los efectos de advección y de dispersión, adsorción lineal o no lineal, descomposición radiactiva, consolidación y filtración.
- Se utiliza el método de elementos finitos
- Dispone de 24 esquemas numéricos diferentes de resolución.

## COMPATIBILIDAD

IBM, VAX.

## PROGRAMA FEMWASTE

### OBJETO

Programa de elementos finitos para la simulación en dos dimensiones, del transporte de residuos radiactivos en medio poroso saturado y no saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

G.T. Yeh y D.S. Ward  
Environmental Sciences Division  
Oak Ridge National Laboratory  
Oak Ridge, Tennessee 37830  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Datos geométricos.
- Propiedades del fluido
- Coeficiente de distribución
- Densidad
- Dispersividad longitudinal y transversal
- Constante de descomposición
- Porosidad
- Coeficientes de compresibilidad
- Efectos no lineales del contenido en humedad
- Condiciones iniciales y de contorno
- Distribución de alturas piezométricas.

### RESULTADOS

- Distribución de la concentración en el dominio del flujo en cada paso de tiempo.
- Flujos de materia a través de los contornos.

- Balances de materia en toda la región.

Las salidas gráficas son:

- Dibujos de campos vectoriales y escalares
- Perspectiva tridimensional de la concentración.

#### **CAMPOS DE APLICACION**

- Problemas de contaminación de aguas por residuos radiactivos.

#### **COMPATIBILIDAD**

El programa ha sido utilizado en IBM, CDC, UNIVAC

#### **OBSERVACIONES**

Los mecanismos de transporte incluyen difusión, dispersión hidrodinámica, adsorción química, disolución y descomposición de primer orden.

Este programa es compatible con el programa FEMWATER de flujo.

Los procedimientos de solución numérica posibles son muy variados.

## PROGRAMA FEMWATER

### OBJETO

Simulación por elementos finitos del flujo subterráneo dependiente del tiempo en medios porosos saturados y no saturados (bidimensional).

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

G.T. Yeh y D.S. Ward  
Environmental Sciences Division  
Oak Ridge National Laboratory  
Oak Ridge, Tennessee 37830  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Tensor de conductividad hidráulica
- Propiedades del material
- No linealidades del sistema
- Alturas piezométricas iniciales y fijas
- Condiciones de contorno de flujo
- Datos geométricos de la malla.

### RESULTADOS

En cada paso de tiempo:

- Vectores velocidad
- Presión
- Altura piezométrica
- Contenido en humedad
- Flujos a través de todos los tipos de contorno.

También dispone de salidas gráficas como:

- Campos escalares y vectoriales
- Perspectiva tridimensional de variables escalares.

#### **CAMPOS DE APLICACION**

- Simulación en dos dimensiones del flujo de agua subterránea en medios porosos saturados y no saturados con evolución temporal.
- Tiene en cuenta los efectos de la lluvia y de recargas y descargas artificiales o naturales.
- Considera también la infiltración y la escorrentía.

#### **COMPATIBILIDAD**

IBM 360, CDC, UNIVAC.

#### **OBSERVACIONES**

Dispone de varias opciones para la solución numérica.

## PROGRAMA FESDEC

### OBJETO

Simulación de flujo en medio poroso mediante un programa interactivo de elementos finitos.

### LENGUAJE

BASIC de HP

### PROCEDENCIA

H.G. Engineering. Ontario. Canadá.

### CAMPO DE APLICACION

Resolución de problemas de flujo en medio poroso confinado en dos dimensiones en régimen permanente y transitorio. Admite también problemas axisimétricos.

### OBSERVACIONES

- Software no compatible con otros ordenadores.
- Eficiencia y facilidad de uso.
- Dispone de salidas gráficas por Plotter y pantalla.

### COMPATIBILIDAD

HEWLET PACKARD

## PROGRAMA FEWA

### OBJETO

Modelizar los efectos de las perturbaciones naturales o artificiales sobre la distribución del nivel piezométrico y del flujo en un sistema acuífero.

### PROCEDENCIA

G.T. Yeh  
Oak Ridge National laboratory  
P.O. Box X  
Oak Ridge, TN 37831  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Definición geométrica del dominio
- Datos sobre los acuíferos:
  - \* Transmisividades
  - \* Compresibilidades del agua y del medio
  - \* Porosidad efectiva y de drenaje
  - \* Viscosidad del agua
- Condiciones iniciales y de contorno
- Definición de fuentes y sumideros (no tienen por qué ser puntuales)
- Características de filtrado de acuitardos

### RESULTADOS (En cualquier paso de tiempo)

- Piezometría
- Ratio y cantidad de agua que atraviesa cualquier frontera
- Ratio y cantidad de agua acumulada en el acuífero

### OBSERVACIONES

- Realizar el análisis en régimen transitorio

- El modelo es bidimensional
- Cada acuífero puede ser desde completamente confinado hasta completamente libre.
- Las propiedades del acuífero pueden ser heterogéneas y/o anisótropas.
- Se utiliza el método de elementos finitos
- Dispone de doce esquemas numéricos diferentes de resolución.
- Se pueden utilizar elementos cuadrangulares o triangulares.

#### COMPATIBILIDAD

VAX, IBM, UNIVAC.

## PROGRAMA FE3DGW

### OBJETO

Código de elementos finitos para simulación en tres dimensiones del flujo de agua subterránea en medios saturados homogéneos o heterogéneos.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

S.K. Gupta  
Office of Nuclear Waste Isolation  
550 King Avenue  
Columbus, Oh. 4320  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Datos geométricos de la malla
- Conductividad hidráulica
- Coeficiente de almacenamiento específico
- Condiciones de contorno

### RESULTADOS

- Potenciales hidráulicos
- Velocidades en cada nodo y su evolución en el tiempo.

Existen programas auxiliares gráficos para dibujar la discretización del medio e isolíneas de potencial.

### CAMPOS DE APLICACION

Los tipos de acuíferos modelizables son muy amplios (incluso multicapa).

Las condiciones de contorno utilizables pueden modelizar pozos, ríos e infiltraciones a partir de una superficie.

**COMPATIBILIDAD**

PDP-11/45, VAX 8300, IBM

## PROGRAMA FINITE/GP

### OBJETO

Programa de elementos finitos para problemas de flujo en medio poroso confinado.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

COADE

### CAMPO DE APLICACION

Simulación en elementos finitos de problemas bi y tridimensionales.

### OBSERVACIONES

Tiene generación automática de malla y verificación gráfica de la misma.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC y compatibles.

## PROGRAMA FLAMINCO

### OBJETO

Código tridimensional de elementos finitos para simulación de flujo y transporte de contaminantes en medios porosos saturados ó no saturados.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Distribución realizada por:

Computer Model Sales  
Geotrans, Inc.  
Herndon, Virginia  
(U.S.A.)

### COMPATIBILIDAD

PRIME, VAX, IBM, CDC

## PROGRAMA FLUTA

### OBJETO

Modelizar el flujo subterráneo en régimen transitorio por elementos finitos (Dominio discretizado en elementos triangulares).

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

Introduction to groundwater modelling. H.F. Wang, M.P. Anderson. Ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco. Adaptado por J.M. Cueva Lobelle.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

No interactiva.

#### ENTRADA

- Coeficiente de almacenamiento y transmisividad.
- Nº de nodos y nº de elementos.
- Condiciones de contorno

#### SALIDA

- Nivel piezométrico para cada paso de tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

A acuíferos donde se pretende tener una primera aproximación a su funcionamiento con hipótesis de homogeneidad e isotropía, espesor constante con base horizontal y flujo bidimensional cumpliendo la ley de Darcy.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730.

## OBSERVACIONES

- Considera el régimen permanente
- El dominio puede ser uni, bi o tridimensional.
- Los medios porosos pueden ser heterogéneos y anisótropos.
- Las fracturas pueden ser continuas o discontinuas.
- Procesos incluidos:
  - \* Convección
  - \* Dispersión
  - \* Adsorción isotérmica lineal o no lineal
  - \* Descomposición
  - \* Efecto de consolidación
  - \* Degradación

## COMPATIBILIDAD

VAX, IBM, UNIVAC.

## PROGRAMA FREESURF-I

### OBJETO

Modelización de problemas de flujo en acuíferos libres en régimen estacionario.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

S.P. Neuman  
Department of Hydrology and Water Resources  
University of Arizona  
Tucson, Arizona 85721 (USA).

### DATOS DE ENTRADA

- Datos para la generación del mallado en elementos finitos.
- Datos sobre las condiciones de contorno impuestas
- Ratio de infiltración por unidad de longitud
- Permeabilidad principal y secundaria de cada material.

### RESULTADOS

- Situación de la superficie freática
- Descarga en los bordes de potencial constante.

### CAMPO DE APLICACION

Investigación sobre el fenómeno de la infiltración vertical en acuíferos libres en estado estacionario.

### COMPATIBILIDAD

CDC, VAX-8300, IBM-PC.

## OBSERVACIONES

- Procedimiento de operación: el usuario define un mallado bidimensional por elementos finitos del corte vertical del acuífero en la zona de interés, y el programa sigue un algoritmo iterativo en el curso del cual deforma el mallado original hasta que los nodos de su margen superior tengan una altura piezométrica igual a la geométrica.
- Existe un programa similar del mismo autor para la modelización de fenómenos en régimen transitorio denominado UNSAT2.

## PROGRAMA GLOVER

### OBJETO

Cálculo de la detracción producida en el aporte subterráneo de un acuífero a un río, como resultado del bombeo en el primero, basándose en un modelo de Glover-Jenkins.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología, a partir del concepto introducido por Jenkins de "Stream depletion factor" o factor de detracción del río.

Documentación en el Convenio IGME-UPM, 1985. Documento nº 3.

### DATOS DE ENTRADA

- Transmisividad
- Distancia del bombeo al río
- Coeficiente de almacenamiento
- Caudal bombeado
- Duración de los períodos de bombeo

### RESULTADOS

Caudal detraído al río en cada período de tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

A acuíferos donde se puedan hacer las simplificaciones de homogéneo e isótropo con extensión semi-infinita y con relación hidráulica con un río rectilíneo.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, e IBM-PC ó compatibles.

## PROGRAMA GOODRICH

### OBJETO

Ajustar series de datos hidrológicos a la función de distribución de Goodrich con el fin de analizar la variabilidad de la serie y ó definir años tipo.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: programa GOODIS (IBERGESA) y publicación del IGME: PDMAH, IGME-GEOMECANICA (Juan Luis Francés).

Documentación en el convenio IGME-UPM, 1985. Documento nº5.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactivo.

#### ENTRADA

- Año, dato.

#### SALIDA

- Datos observados y probabilidades.
- Valor medio, desviación típica, coeficiente de variación y probabilidad de chi-cuadrado.

### CAMPO DE APLICACION

Estudio de variabilidad de series y definición de años tipo.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, HP 85 en BASIC, IBM-PC y compatibles.

## PROGRAMA GRDFLX

### OBJETO

Consta de dos programas (GRND y FLUX) que realizan respectivamente las siguientes operaciones:

- Cálculo de la concentración media vertical de radionúclidos en puntos de un acuífero uniforme de anchura finita y propiedades del transporte físico constantes.
- Cálculo de los flujos de los líquidos radiactivos a través de un plano perpendicular a la dirección de flujo del agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

R.B. Codell  
US Nuclear Regulatory Commission  
Washington, DC 20555  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

Los dos modelos utilizan el mismo tipo de datos de entrada:

- Descripción del sistema de agua subterránea.
- Coeficientes de la ecuación de transporte
- Descripción de la fuente de radionúclidos.
- Descripción de la cadena de descomposición del radionúclido.

### RESULTADOS

Modelo GRND (Para cada nucleido):

- Concentración
- Productos de la descomposición con los factores de dosis osea y corporal.
- Otros nucleidos que contribuyen a la concentración.

## PROGRAMA GROUND

### OBJETO

El objeto es doble:

- a) Modelo de concentración puntual: Calcula en función del espacio y del tiempo la concentración de un radionúclido que se descompone en un acuífero tridimensional confinado.
- b) Modelo de flujo: Calcula en función del tiempo la porción de la fuente de radionúclidos que poluciona un río relacionado con el acuífero.

### LENGUAJE

Se dispone de versiones Fortran IV y BASIC.

### PROCEDENCIA

R.B. Codell  
US Nuclear Regulatory Commission  
Washington DC 20555  
(U.S.A.).

### DATOS DE ENTRADA

Para ambos modelos:

- Función tabulada descriptiva de la fuente emisora (hasta 39 datos).
- Velocidad del agua
- Período de semidesintegración
- Factor de retardo.
- Dispersividad en la dirección de flujo.

Para el modelo de concentración puntual hay que añadir:

- Espesor del acuífero
- Dispersividad en direcciones normales al flujo.
- Porosidad efectiva.

Hay indicadores de los errores cometidos en las distintas fases del programa (entrada de datos, ensamblado de la matriz, procesos de cálculo de la solución,...).

#### COMPATIBILIDAD

Los programas están pensados para ser utilizados en el sistema CDC 6600/7600.

#### CAMPO DE APLICACION

Simulación de sistemas anisótropos con estratos de espesor y propiedades variables.

#### OBSERVACIONES

Las condiciones de contorno, además de incluir nivel piezométrico y flujo constantes, tienen en cuenta la infiltración, la evaporación y las superficies de rezume.

Se pueden especificar como condiciones de contorno tanto concentración constante como flujo de masa constante.

En GS2 el análisis de transporte de masa incluye los efectos de convección, dispersión, desintegración radiactiva y adsorción. En GS3 se incluyen los efectos de la dispersión.

Los programas pueden modelizar condiciones de contorno no lineales.

Es posible interrumpir la ejecución del programa para luego reanudar el proceso pudiendo variar parámetros.

## COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, HP 85 en BASIC e IBM-PC y compatibles.

**PROGRAMA GWPHAP**  
**GROUNDWATER POLLUTION HIDROLOGY ANALYSIS PACKAGE**

**OBJETO**

Paquete de simulación integrada con modelos de flujo subterráneo y transporte de masas.

**PROCEDENCIA**

Princeton Software Group

**CARACTERISTICAS**

- Dispone de:
  - \* 2 modelos de transporte de masa 1-D
  - \* 3 modelos de transporte de masa 2-D
  - \* 2 modelos de transporte de masa 3-D
  - \* 3 modelos de flujo de agua subterránea 2-D
- Es posible utilizar distintos tipos de fuentes contaminante (punto, línea, franja y con concentraciones variables).
- Existe variedad en los tipos de condiciones de contorno
- Dispone de dibujos de isolíneas.

**COMPATIBILIDAD**

IBM PC, XT, AT ó compatibles.

**DISTRIBUCION**

National Water Well Association (NWWA)  
P.O.Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA HEC-1

### OBJETO

Cálculos de la escorrentía de una cuenca.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Distribuido por:

Gene Thayer, P.E.  
Technical Information System, Inc.  
116 West Plume Street  
P.O. Box 1900  
Norfolk, VA 23501  
(U.S.A.)

### CARACTERISTICAS

- Incluye calibración de modelos lluvia-nieve fundida-escorrentía.
- También calcula hidrogramas de flujo en ríos y evaluaciones económicas.
- Incluye salidas gráficas de los resultados.

### COMPATIBILIDAD

PDP, RSX y VAX

## PROGRAMA HEC-2

### OBJETO

Calcula perfiles de flujo de un río para varias secciones.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Distribuido por:

Lyman Byrd  
Technical Information Systems, Inc.  
116 West Plume Street  
Norfolk, VA 23510  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Flujo
- Altura del agua inicial
- Geometría del río (puede ser variable)
- Rugosidad del lecho.

### RESULTADOS

Perfiles de flujo en las distintas secciones

### CARACTERISTICAS

- Puede considerar puentes, presas y canalizaciones bajo carreteras.
- Puede también llegar a considerar riadas (para cálculo de riesgos)
- Dispone de salidas gráficas

### COMPATIBILIDAD

PDP, RSX, VAX.

## PROGRAMA HERMIT-DM

### OBJETO

Producir salidas de datos en forma de gráficos y tablas de aplicación en hidrogeología.

### PROCEDENCIA

In-Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Produce dibujos en escalas lineales, semilogarítmicas y logarítmicas así como tablas de datos procesados y sin procesar.
- También dispone de:
  - \* Selección automática y manual de los datos
  - \* Transformación de datos para el análisis de otros programas de In Situ Inc.
  - \* Salidas gráficas por pantalla.
- Facilidad de manejo
- Poder de procesamiento de 8000 datos.

### COMPATIBILIDAD

- IBM PC, XT, AT ó compatible
- Plotters: Hewlett-Packard y Houston Instruments

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

En este programa se utilizan los resultados de los programas RECAU y THIESEN, pudiendo funcionar encadenadamente.

## PROGRAMA HIDROG2

### OBJETO

Modelización del flujo irrotacional de fluidos ideales en medio poroso en dos dimensiones, utilizando el método de los elementos finitos.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Desarrollado por F.J. Elorza Tenreiro. Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos. E.T.S. Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.

### DATOS DE ENTRADA

- Datos geométricos del problema para la generación del mallado de elementos finitos.
- Permeabilidades de cada elemento.
- Caudales de cada pozo.
- Condiciones de contorno. Altura piezométrica impuesta o flujo impuesto.

### RESULTADOS

- Velocidad de flujo nodales
- Altura piezométrica en los nodos.

### CAMPO DE APLICACION

Modelización de flujo de agua en medio poroso continuo, heterogéneo y anisótropo, hipótesis de acuífero confinado.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 8300

## OBSERVACIONES

Incluye preprocesador de mallado automático en elementos finitos triangulares lineales.

## PROGRAMA HIDROPAL I e HIDROPAL II

### OBJETO

HIDROPAL I: Contiene 19 programas de soluciones analíticas para problemas de flujo de agua subterránea y transporte de contaminantes.

HIDROPAL II: Contiene 8 programas de modelización numérica para flujo de agua subterránea y transporte de contaminantes.

### PROCEDENCIA

Watershed Research Inc. .

### CARACTERISTICAS

Estos programas son adaptaciones a microcomputadores del modelo PLASM (Prickett y Lonquist, 1971) y del modelo de transporte de contaminantes de Prickett, Naymic y Lonquist (RANDOM WALK).

Se dispone de 4 versiones de PLASM de diferente complejidad, lo mismo ocurre con el transporte de contaminantes.

Permite calcular las velocidades de las partículas y los caminos recorridos.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC ó compatible con tarjeta de gráficos.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA HIDROQ-T

### OBJETO

Aplicación destinada al tratamiento de datos físico-químicos. Dispone de creación del banco de datos, cálculo de parámetros y relaciones iónicas, obtención de diagramas de Piper y de análisis estadísticos: Análisis Cluster, Análisis Factorial y ajuste de polinomios a conjuntos de parejas de valores.

### LENGUAJE

FORTRAN IV.

### PROCEDENCIA

Padilla Benítez, A. y Pulido Bosch, A. Depto. Geodinámica, Universidad de Granada.

### DATOS DE ENTRADA

Análisis físico-químicos.

### CAMPO DE APLICACION

Estudios hidroquímicos con tratamiento estadístico avanzado.

### SALIDAS NUMERICAS

Tablas de los datos introducidos y de los resultados.

### SALIDAS GRAFICAS

Diagrama de Piper y distribuciones estadísticas en diagramas de dos ejes de coordenadas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre MPT/100 de D.G.C.

### OBSERVACIONES

Se trata de una aplicación que consta de siete programas enlazados entre sí: QUIMIC, DPIPER, QESTAD, POLYD, FACTOR y CLUSTER.

## PROGRAMA HJ-MATCH

### OBJETO

Programa de cálculo de los parámetros de un acuífero confinado o semiconfinado mediante análisis del bombeo en un pozo totalmente penetrante.

### PROCEDENCIA

In Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

Los parámetros calculados son:

- Transmisividad (permeabilidad)
- Coeficiente de almacenamiento
- Conductividad hidráulica del acuitardo
- Coeficiente de percolación.

Los parámetros son calculados automáticamente ajustando los datos del test de bombeo con familias de curvas tipificadas mediante ajuste por mínimos cuadrados no lineales.

El programa también permite el cálculo de las transmisividades direccionales utilizando el método de Papadopulos.

### COMPATIBILIDAD

- IBM PC XT, AT ó compatibles con 512K
- Plotters: Hewlett Packard y Houston Instruments.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O.Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA HP-FE

### OBJETO

Procesador gráfico para programas de elementos finitos

### LENGUAJE

BASIC de HP

### PROCEDENCIA

Hewlett-Packard

### RESULTADOS

El trabajo de comprobar un diseño se ve simplificado gracias a las posibilidades de edición interactiva y a la flexible visualización tridimensional del HP-FE.

### CAMPO DE APLICACION

Análisis lineal por elementos finitos en dos y tres dimensiones

### OBSERVACIONES

- Software no compatible con otros ordenadores
- Posibilidades de diseño incluyendo una extensa librería de elementos.
- Se pueden producir dibujos bi y tridimensionales.
- Dispone de generación automática del mallado.
- Puede utilizarse como un sistema complementario para especialistas en elementos finitos.

### COMPATIBILIDAD

HEWLETT PACKARD.

## PROGRAMA HYDROGEOCHEM

### OBJETO

Simular en régimen transitorio y/o permanente la distribución de concentraciones de un reactivo químico en un medio poroso subterráneo.

### PROCEDENCIA

G.T. Yeh y V.S. Tripatni  
Oak Ridge National laboratory  
P.O. Box X  
Oak Ridge, TN 37831  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Definición geométrica del dominio
- Para cada unidad geológica:
  - \* Porosidad efectiva
  - \* Dispersividades
  - \* Coeficiente de difusión molecular
- Datos sobre las especies químicas
- Flujo, contenido en humedad y piezometría (puede ser generado por el programa FEWA).
- Definición de fuentes y sumideros de las especies químicas.
- Condiciones iniciales y de contorno de las concentraciones.

### RESULTADOS (en cualquier paso de tiempo)

- Distribución de concentraciones:
  - \* Total
  - \* de la fase disuelta
  - \* de la fase precipitada
  - \* de iones libres

- Flujo a través de la frontera
- Cálculo de la constante de equilibrio en función del tiempo y la posición.

#### **OBSERVACIONES**

- Modelo bidimensional
- Cada unidad geológica puede ser isótropa o anisótropa
- Los procesos incluidos son:
  - \* Equilibrio geoquímico
  - \* Reducción-oxidación
  - \* Adsorción
  - \* Precipitación y disolución
- El transporte de las especies tiene en cuenta:
  - \* Convección
  - \* Dispersión
  - \* Saturación
- Se utiliza el método de los elementos finitos
- Posibilidad de utilizar elementos cuadrangulares o triangulares.

#### **COMPATIBILIDAD**

IBM, VAX, UNIVAC.

## PROGRAMA HYDROL

### OBJETO

Cálculo de la escorrentía de una tormenta para tres niveles recurrentes simultáneamente. Modelización precipitación -  
- escorrentía.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Distribuido por:

Abacus Computer Services  
P.O. Box 1137  
Sebastopol CA 95472  
(U.S.A.)

N.A.P. Engineering  
Microcomputer Software  
22A Ryders Terrace  
Sr. Johns Wood  
London NW8  
(Inglaterra)

### DATOS DE ENTRADA

El usuario puede utilizar como datos de entrada las intensidades de la lluvia caída o utilizar fórmulas que la calculan automáticamente.

### RESULTADOS

Calcula las medias con funciones de peso según las áreas donde el estudio hidrológico se lleva a cabo.

También calcula la media total.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC

### OBSERVACIONES

Dispone de subrutinas para:

- Tuberías
- Calles

- Canales naturales de montañas
- Canales naturales de valles
- Canales diseñados

## PROGRAMA HYMEC

### OBJETO

Determinar por medio de elementos finitos las fuerzas nodales debidas al flujo de agua subterránea en un macizo rocoso.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

Bureau de Recherches Géologiques et Minières  
Service Géologique National  
B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX  
(FRANCIA)

### DATOS DE ENTRADA

- Definición geométrica del dominio
- Potenciales hidráulicos nodales
- Fuerzas y desplazamientos nodales por efecto mecánico.

### RESULTADOS

- Fuerzas y desplazamientos nodales debidos al flujo.

### CAMPO DE APLICACION

- Estabilidad de taludes
- Respuesta mecánica de un macizo sometido a flujo de agua.

### OBSERVACIONES

- Los elementos finitos son rectangulares
- Este programa está relacionado con los programas STRE, MECHYD y ELFESTRE, existiendo varias posibilidades de utilización conjunta.

### COMPATIBILIDAD

BULL, VAX.

## PROGRAMA INTERPO

### OBJETO

Calcular el valor de un punto por interpolación polinomial de otros conocidos.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Introduction to Groundwater Modelling. H.F. Wang y M.P. Anderson. Ed. W.H. Freeman and Co. Adaptado por J.M. Cueva Lobelle.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

No interactiva.

#### ENTRADA

- Nº de puntos
- Valor a interpolar
- Coordenadas x, y

#### SALIDA

- Valor interpolado.

### CAMPO DE APLICACION

Modelización de acuíferos.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre Vax 11/730

### OBSERVACIONES

Este programa se utiliza como postproceso de los programas LAPLACE, POISSON y FLUTA.

## PROGRAMA INVERT

### OBJETO

Simulación de problemas de flujo en medio poroso incluyendo calibrado automático del modelo.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

J. Carrera  
E.T.S.I. Caminos  
U. Politécnica de Catalunya  
Jordi Girona Salgado, 21  
08034 BARCELONA

### DATOS DE ENTRADA

- Información sobre el medio
- Medidas de niveles (sólo para el modulo de calibración)

### RESULTADOS

- Niveles piezométricos
- Parámetros estimados e incertidumbre de los mismos (sólo con el módulo de calibración).

### CARACTERISTICAS

Es un programa que aplica el método de los elementos finitos para el módulo de simulación y el principio de la máxima verosimilitud para la calibración (problema inverso).

El modelo puede ser bi o tridimensional y estar en régimen estacionario o transitorio. Es aplicable a medios fracturados.

Encadenable con postprocesadores para salidas gráficas.

### COMPATIBILIDAD

Digital, CDC, IBM, CRAY, Data General.

## PROGRAMA KON

### OBJETO

Dibuja las isolíneas del nivel de agua subterránea o de concentraciones químicas.

### PROCEDENCIA

Data Services

### CARACTERISTICAS

Realiza los dibujos interpolando linealmente los niveles de agua ó los logaritmos de las concentraciones, entre pozos adyacentes.

También da información sobre el gradiente y sobre la dirección del flujo.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC ó compatibles

Plotter Hewlett-packard.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA KONBRED

### OBJETO

Simulación en régimen permanente o transitorio de flujo subterráneo y transporte de solutos en una o dos dimensiones.

### LENGUAJE

Programa original: Fortran IV  
Programa revisado: Fortran 77

### PROCEDENCIA

L.F. Konikov y J.D. Bredehoeft  
U.S. Geological Survey  
431 National Center  
Reston, VA 22092  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Tensor de transmisividad
- Grosor del acuífero en cada nodo
- Recarga y descarga en cada nodo
- Nivel piezométrico inicial en cada nodo
- Concentración inicial
- Coeficiente de almacenamiento
- Contornos impermeables
- Porosidad efectiva
- Dispersividad longitudinal y lateral
- Localización de pozos
- Bombeos y sus períodos
- Concentración de solutos en cada pozo de inyección
- Concentración de la recarga.

## RESULTADOS

- Niveles piezométricos
- Concentraciones

Esto lo hace cada paso de tiempo en cinco "pozos de observación" y en todos los nodos cada 50 pasos de tiempo.

Dispone de salidas gráficas.

## CAMPOS DE APLICACION

El programa ha sido utilizado para:

- movimiento de cloruros
- Estudio de sólidos disueltos en un sistema río-acuífero
- Transporte de radionúclidos

El programa también se puede aplicar a:

- Acuíferos heterogéneos
- Consecuencias hidrológicas de inundaciones y en el avance y retroceso de glaciares.

## COMPATIBILIDAD

Honeywell Bull, IBM, DEC, Univac, Harris, CDC.

Operativo sobre VAX 8300. Existe versión IBM-PC.

## OBSERVACIONES

El modelo calcula cambios en la concentración causados por procesos de difusión, dispersión hidrodinámica y mezcla-dilución.

La versión revisada incorpora la descomposición de especies y la adsorción, pero no considera la formación de cadenas de descomposición radiactiva.

La ecuación de flujo se resuelve por diferencias finitas y el transporte de solutos se resuelve por el método de las características.

Existe una versión de este programa para estudiar la intrusión marina en acuíferos costeros.

## PROGRAMA LAPLACE

### OBJETO

Resolución de la ecuación de Laplace por el método de los elementos finitos. Regimen permanente.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Introduction to Groundwater Modelling. Finite Difference and Finite Element Methods. Herbert F. Wang and M.P. Anderson. Ed. W.H. Freeman and Co. San Francisco. Adaptado por J.M. Cueva Lobelle.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

#### ENTRADA

- Nº de nodos y elementos
- Coordenada de los nodos, y tipo de nodo.
- Matriz de conductancias.

#### SALIDA

- Nivel piezométrico para cada nodo .

### CAMPO DE APLICACION

A acuíferos de homogéneos e isótropos, con flujo independiente del tiempo y no existencia de fuentes ni sumideros

### COMPATIBILIDAD

Operativo SOBRE VAX 11/730

### OBSERVACIONES

Existe otro programa idéntico pero en BASIC llamado LAPLACEB

## PROGRAMA MARC

### OBJETO

Modelización por elementos finitos con análisis lineal y no lineal, en régimen estático y dinámico de flujo en medio poroso.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

E. Hulst  
MARC Analysis Research Corporation  
Verrijn Stuartlaan 29  
2288 EK RIJSWIJK  
Holanda

### CARACTERITICAS

El programa dispone de una amplia librería de elementos (cerca de 60) que permite modelizar cualquier geometría y gran variedad de problemas acoplados.

La librería de materiales (35 tipos distintos de material) cubre la mayoría de los comportamientos de materiales en regímenes lineales y no lineales.

Permite una optimización del almacenamiento de los valores vectoriales y matriciales calculados.

Para el postproceso gráfico se pueden obtener dibujos en dos y tres dimensiones. También se dispone de las posibilidades de realizar secciones en dibujos tridimensionales y de dibujos bajo distintos sistemas de referencia.

### OTRAS APLICACIONES

- Viscoplasticidad
- Modelos de comportamiento plástico (criterio de Von Mises).
- Materiales incompresibles y cuasi-incompresibles.
- Análisis de los efectos de grandes desplazamientos.
- Comportamiento anisotrópico elástico y plástico.

- Interacción agua-suelo.

**COMPATIBILIDAD**

CDC, PRIME.

## PROGRAMA MARIAH

### OBJETO

Análisis utilizando elementos finitos del flujo incompresible de un fluido y de la transferencia de calor en un medio poroso saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

David K. Gertling y Charlest E. Hickox  
Fluid Mechanics and Heat Transfer Division 1511  
Sandia National Laboratories  
Albuquerque, New México 87185  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Propiedades del fluido (pueden ser dependientes del tiempo):
  - \* Densidad
  - \* Viscosidad
  - \* Calor específico
  - \* Conductividad térmica
  - \* Coeficiente de expansión volumétrica
- Propiedades del medio poroso (pueden ser dependientes de la temperatura):
  - \* Densidad
  - \* Calor específico
  - \* Tensor de conductividad térmica
  - \* Porosidad
  - \* Tensor de permeabilidad
- Deficini3n del dominio con condiciones de contorno.

## RESULTADOS

- Campo de presiones y temperaturas
- Flujos de masa y de calor

Dispone de salidas gráficas:

- Visualización de la malla
- Isolíneas de presión y temperatura
- Evolución en el tiempo de las variables
- Variación de las variables según la posición.

## CAMPO DE APLICACION

- Flujo isotérmico con rezume
- Convección en un acuífero confinado

## OBSERVACIONES

- El modelo es bidimensional (plano ó axisimétrico)
- El medio poroso se considera homogéneo, rígido, saturado y con una única fase.
- El flujo se considera laminar, no teniendo en cuenta, además los efectos inerciales.
- El fluido se considera incompresible y Newtoniano.

## COMPATIBILIDAD

IBM.

## PROGRAMA MARQ8

### OBJETO

Calcular el valor de los parámetros del modelo MEDAN2.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología.

Documentación en el convenio IGME-UPM. 1984.

### DATOS DE ENTRADA

Caudales, precipitaciones y temperaturas.

### RESULTADOS

Parámetros del modelo MEDAN2

### CAMPO DE APLICACION

Simulación de las descargas mensuales de un acuífero en función de una serie de precipitaciones.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

### OBSERVACIONES

- Es complemento del programa MEDA2.
- Se dispone de salidas gráficas por plotter y pantalla.
- Análogos a este programa son los programas MARQ11 y MARQ12, complementarios de los programas MEDAN4 y MEDAN5 respectivamente.

## PROGRAMA MARTHE

### OBJETO

Modelizar un acuífero tridimensional en régimen transitorio para el cálculo hidrodinámico de flujos.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### OBJETO

Bureau de Recherches Géologiques et Minières  
Service Géologique National  
B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX  
(FRANCIA)

### DATOS DE ENTRADA

- Definición geométrica del dominio
- Parámetros del acuífero
- Condiciones de contorno e iniciales.

### RESULTADOS

- Campo de presiones
- Líneas de corriente
- Superficies equipotenciales.

Dispone de salidas gráficas.

### COMPATIBILIDAD

Puede ser ejecutado en una gran cantidad de ordenadores al ser Fortran 77 estandar el lenguaje utilizado. Desde grandes ordenadores a micros compatibles IBM/PC.

## **CAMPO DE APLICACION**

Los modelos con los que fué validado el programa han sido:

- Modelo anisótropo en régimen transitorio
- Modelo tridimensional con superficie libre.

## **OBSERVACIONES**

- El método utilizado es el de diferencias finitas.
- Existen grandes facilidades para la creación de la malla y su posterior modificación.

## PROGRAMA MATCH2

### OBJETO

Calcula los parámetros correspondientes a un acuífero confinado y homogéneo mediante ensayos de bombeo.

### PROCEDENCIA

Data Services

### CARACTERISTICAS

Los parámetros evaluados son la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.

También calcula la elevación, el gradiente y la dirección de flujo de la superficie piezométrica antes del bombeo.

Este programa se encadena con EQUIPOT y CAPTURE

### COMPATIBILIDAD

IBM PC ó compatibles.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA MECHYD

### OBJETO

Calcula las permeabilidades de un medio fisurado a partir de las tensiones que rodean al medio.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Bureau de Recherches Géologiques et Minières.  
Service Géologique National  
B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX  
(FRANCIA)

### DATOS DE ENTRADA

Para cada zona de permeabilidad y familia de fisuras:

- Abertura efectiva de la fisura (existen varias posibilidades de simulación).
- Angulo de inclinación de la fractura.
- Abertura inicial de la fisura
- Densidad de fracturación

También:

- Módulo de Joung
- Tensión límite elástica
- Tensor de tensiones para cada elemento.

### RESULTADOS

Para cada zona de permeabilidad y para cada familia de fisuras:

- Tensor de tensiones
- Angulo de inclinación

- Tensión normal sobre las fisuras
- Relación entre la abertura con tensión y la inicial
- Permeabilidad equivalente del grupo de fracturas de la familia considerada
- Tensor de permeabilidad

Para toda la simulación:

- Tensor de permeabilidad global diagonalizado.

#### **CAMPO DE APLICACION**

Este modelo está pensado para ser ejecutado conjuntamente con los programas:

- STRE:           Calcula las tensiones y desplazamiento por el método de los elementos finitos.
- ELFESTRE:      Calcula los potenciales en función de las condiciones definidas por los límites hidráulicos y de las permeabilidades.
- HYMEC:         Calcula las fuerzas debidas al flujo a partir de los potenciales.

#### **OBSERVACIONES**

Las hipótesis asumidas son:

- Problema plano
- La matriz rocosa es impermeable
- Las fisuras son continuas
- No se considera el efecto de cizallamiento.

#### **COMPATIBILIDAD**

BULL, IBM, VAX.

## PROGRAMA MEDAN2

### OBJETO

Restitución de descargas de acuíferos por comparación con la precipitación. Modelo precipitación-escorrentía subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa desarrollado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: Programa MEDA. Alfredo Iglesias. BGM (1984). Documentación en el convenio IGME-UPM, 1984.

### DATOS DE ENTRADA

- Caudal inicial y precipitaciones.
- Coeficientes de la correlación.
- Coeficiente de agotamiento
- Coeficiente de disminución mensual.

### RESULTADOS

Evaluación mensual de caudales de una fuente.

### CAMPO DE APLICACION

Simulación de las descargas mensuales de un acuífero en función de una serie de precipitaciones.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX 8300 y HP-85

### OBSERVACIONES

- Dispone de programa de calibración automática (MARQ8) de datos, basado en el algoritmo de Marquardt.

- Dispone de salidas gráficas.
- La curva de agotamiento del acuífero es de forma exponencial.
- En la relación precipitación-descarga se utiliza correlación potencial.

## PROGRAMA MEDAN4

### OBJETO

Restitución de descargas de acuíferos por comparación con la precipitación incluido el efecto de nieve. Modelo precipitación-escorrentía subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa desarrollado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: Programa MEDA. Alfredo Iglesias. BGM (1984). Documentación en el convenio IGME-UPM, 1984.

### DATOS DE ENTRADA

- Caudal inicial, precipitaciones y temperaturas
- Coeficientes de la correlación.
- Coeficientes de agotamiento.
- Coeficientes de disminución mensual.

### RESULTADOS

Evaluación mensual de caudales de una fuente.

### CAMPO DE APLICACION

Simulación de las descargas mensuales de un acuífero en función de una serie de precipitaciones y temperaturas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX 8300.

### OBSERVACIONES

- Dispone de programa de calibración automática (MARQ11) de datos, basado en el algoritmo de Marquardt.

- Dispone de salidas gráficas.
- La curva de agotamiento del acuífero es de forma exponencial.
- Considera la precipitación efectiva (volumen de agua infiltrada) en función de la temperatura.
- En la relación precipitación efectiva-descarga se utiliza correlación potencial.
- Asimismo considera el volumen de agua de lluvia que queda en forma de nieve en función de la temperatura.

## PROGRAMA MEDAN5

### OBJETO

Restitución de descargas de acuíferos por comparación con la precipitación incluido el efecto de nieve. Modelo precipitación-escorrentía subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa desarrollado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: Programa MEDA. Alfredo Iglesias. BGM(1984). Documentación en el convenio IGME-UPM, 1984.

### DATOS DE ENTRADA

- Caudal inicial, precipitaciones y temperaturas.
- Coeficientes de la correlación.
- Coeficiente de agotamiento.
- Coeficiente de disminución mensual.

### RESULTADOS

Evaluación mensual de caudales de una fuente.

### CAMPO DE APLICACION

Simulación de las descargas mensuales en un acuífero.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 8300

### OBSERVACIONES

- Dispone de programa de calibración automática (MARQ12) de datos basado en el algoritmo de Marquardt.

- Dispone de salidas gráficas
- La curva de agotamiento del acuífero es de forma lineal.
- Considera la precipitación efectiva como función de la temperatura.
- En la relación precipitación efectiva-descarga se utiliza correlación potencial.
- Asimismo considera el volumen de agua de lluvia que queda en forma de nieve en función de la temperatura.

## PROGRAMA MEF2

### OBJETO

Análisis por el método de los elementos finitos de problemas de contorno lineales en régimen permanente. Simulación de flujo por elementos finitos en dos dimensiones.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Desarrollado por F. Díez Sacristán. Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos de la E.T.S. Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.

### DATOS DE ENTRADA

- Variables de control
- Información sobre nodos, elementos y materiales.
- Información sobre condiciones de contorno y fuentes puntuales.
- Información sobre la integración numérica.

### RESULTADOS

- Valor de la variable en cada punto nodal
- Valor del flujo en los puntos de integración

### CAMPO DE APLICACION

Problemas de contorno lineales en régimen permanente: Acuíferos confinados en régimen estacionario.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

## OBSERVACIONES

Especialmente preparado para la docencia del método de los elementos finitos.

## PROGRAMA METIS

### OBJETO

Solución de las ecuaciones del movimiento del agua y del transporte de masas en acuíferos en medios fracturados.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### DATOS DE ENTRADA

- Permeabilidad
- Porosidad cinemática.
- Coeficiente de distribución
- Dispersividad
- Periodo de desintegración radiactiva
- Coeficiente de difusión
- Porosidad
- Nivel piezométrico
- Concentraciones
- Malla de fracturación

### RESULTADOS

En cada paso de tiempo prefijado:

- Nivel piezométrico
- Concentración en la fase fluída
- Concentración en la fase adsorbida
- Concentración en la matriz rocosa
- Flujo a través del contorno del modelo.

## CAMPOS DE APLICACION

- Análisis de riesgos en depósitos superficiales de residuos radiactivos.
- Simulación de la transferencia de calor para experimentos de almacenamiento de calor.

## COMPATIBILIDAD

Se ha utilizado en máquinas:

- IRIS 80 y DPS 7 (CII-HB)
- IBM 168.

## OBSERVACIONES

La simulación del movimiento del trazador puede ser tanto en medio poroso continuo como fracturado.

La ecuación de transporte se ha generalizado para tener en cuenta la descomposición en cadena radiactiva, la adsorción y la difusión (en el caso de medio fracturado).

Se utiliza el método de los elementos finitos para la discretización.

En el término de difusión en la roca se aplica un esquema de diferencias finitas unidimensional.

## PROGRAMA MIDCAL

### OBJETO

Calibración de transmisividades a partir de los datos de un acuífero.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa adaptado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: K.W. Mido. Documentación en el convenio IGME-UPM, 1984.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

#### ENTRADA

- Datos de las discretizaciones del acuífero en celdas.
- Alturas piezométricas iniciales y finales para cada celda.
- Factor de almacenamiento de cada celda.
- Transmisividades máxima y mínima de cada celda.
- Intervalo de tiempo de la calibración.

#### SALIDA

- Nº de la última iteración
- Transmisividades calibradas para cada celda.
- Caudales totales en cada celda asociados a los valores de transmisividades.
- Niveles finales calculados con transmisividades calibradas y caudales totales impuesto.
- Niveles finales calculados con transmisividades calibradas y caudales totales asociados.
- Valor del incremento de transmisividad en la última iteración.

- Valor de la diferencia entre los caudales impuestos y los asociados en la última iteración.

#### **CAMPO DE APLICACION**

Calibración automática de los parámetros de un acuífero confinado: ajuste de transmisividades.

#### **COMPATIBILIDAD**

Operativo sobre VAX 11/730

#### **OBSERVACIONES**

La calibración se realiza para unos valores del coeficiente de almacenamiento fijos. El modelista deberá ajustar manualmente estos valores para mejorar la calibración final.

## PROGRAMA MIDOGI

### OBJETO

Modelizar el flujo de agua en un medio poroso para obtener las variaciones mensuales de los niveles freáticos, debidos a recargas y descargas, mediante el método de diferencias finitas.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

Programa adaptado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: Adaptación del modelo Gijón 4 de A. Iglesias, basado en el programa de K.W. Mido. Documentación en el convenio IGME-UPM, 1984.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

#### ENTRADA

- Ecuaciones de continuidad entre nodos.
- Propiedades de cada celda o nodo: Transmisividad de la celda, recarga anual en el nudo, bombeo anual, coeficiente de almacenamiento y nivel piezométrico en la celda.
- Datos de bombeo: nº de celdas con bombeo y valores mensuales de éstos.

#### SALIDA

- Nº de iteraciones, error relativo medio por nudo.
- Por cada nudo: nº niveles del mes, recarga del mes, bombeos del mes, caudales totales mes.
- Salida por impresora o plotter.

### CAMPO DE APLICACION

Modelización de acuíferos confinados con bombeo, fuente y recarga discretizada mediante el método de diferencias finitas.

## COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730.

## OBSERVACIONES

Las mejoras en el programa original de K.W. Mido son:

- Implementación de un algoritmo de convergencia de tipo error relativo acelerando la simulación unas diez veces.
- Implementación de tratamiento por bombeos independientes.

## PROGRAMA MINIMEF

### OBJETO

Aplicación del método de los elementos finitos a problemas estáticos o dinámicos en una o dos dimensiones, obteniendo curvas de isovalores. Puede trabajar con flujos lineales y no lineales.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

L. Ferragut y F.J. Elorza Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos de la E.T.S. Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Origen de datos: O.C. Zienkiewicz "El Método de los Elementos Finitos".

### DATOS DE ENTRADA

- Características geométricas
- Características físicas de los materiales
- Control de las diversas opciones de cálculo y salidas gráficas.
- Condiciones de Frontera.

### CAMPO DE APLICACION

Flujo en medio poroso lineal y no lineal. Acuíferos confinados y libres.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX 8300

### OBSERVACIONES

- Diversas posibilidades de mallado.
- Posibilidad de mallado automático

- Elementos disponibles:
  - \* Elasticidad lineal
  - \* Transmisión de calor en una y dos dimensiones
  - \* Convección en el contorno
  - \* Torsión elastoplástica
  - \* Elastoplasticidad (2-D)
  - \* Conducción de calor no lineal (2-D)
  - \* Barra de radiación en la frontera
- Dispone de salidas gráficas (Plotter y pantalla gráfica)
- Muy alta fiabilidad.

## PROGRAMA MODFLOW

### OBJETO

Simulación del flujo de agua subterránea en un medio heterogéneo saturado, anisótropo y multicapa.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

M.G. MacDonald, A.W. Harbaugh. U.S. Geological Survey (1984).

### DATOS DE ENTRADA

Conjunto de datos necesarios según los tipos de procesos que se simulan.

### RESULTADOS

Alturas piezométricas en cada paso de tiempo y balance volumétrico de agua en cada celda de cada capa.

### CAMPO DE APLICACION

Modelización de acuíferos confinados en tres dimensiones.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX 8300

### OBSERVACIONES

Es un programa de estructura modular. Existen posibilidades de evaluar:

- Flujo entre acuífero y pozo.
- Recarga por lluvia
- Flujo río-acuífero
- Flujo dren horizontal-acuífero

- Flujo debido a la evapotranspiración.

Además dispone de un preprocesador para la entrada de datos desarrollado en el Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos de la E.T.S. Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid.

Existe una versión para IBM-PC y compatibles que dispone de pre y postprocesadores gráficos.

## PROGRAMA MPRESA

### OBJETO

Calcular el nivel piezométrico en una sección vertical de una presa de tierra filtrante mediante el método de los elementos finitos aplicando la ecuación de Poisson.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

Introduction to Groundwater Modelling. H.F. Wang y M.P. Anderson, 1982. pp. 141-143. Adaptado por J.M. Cueva Lobelle.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactivo.

#### ENTRADA

- Nº de nodos y nº de elementos.
- Coordenadas de los nodos, tipo de nodo y nivel piezométrico.
- Elementos triangulares

#### SALIDA

- Nº de iteraciones
- Nº de nodo y su nivel.

### CAMPO DE APLICACION

Se trata de la aplicación a una presa de la ecuación de Poisson, es decir, acuífero libre en régimen permanente con las hipótesis de Dupuit.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730

**OBSERVACIONES**

Existe otra versión idéntica pero en BASIC llamada MPRESAB.

## PROGRAMA MSC/NASTRAN

### OBJETO

Simulación por elementos finitos de problemas de flujo en medio poroso saturado.

### PROCEDENCIA

Iniciado por la NASA y posteriormente desarrollado por la McNeal-Schwendler Corporation.

### DISTRIBUCION

En Europa: McNeal-Schwendler GmbH  
Prinzregentenstr. 78  
8000 München 80  
WEST GERMANY

### CARACTERISTICAS

Realiza análisis estructural estático y dinámico y considera la no-linealidad geométrica y de materiales.

Las principales características del uso del programa son:

- Aplicabilidad general
- Facilidad de modificación y manejo
- Eficiencia operacional

Módulos de que dispone:

- MSGMESH: Programa de generación del mallado en las tres dimensiones.
- MSGVIEW: Paquete de programas para resultados gráficos.
- NASPLOT y  
TECK: Postprocesos gráficos con plotters.
- MSGSTRESS: Generación de la distribución de tensiones sobre el modelo.

Tipos de elementos disponibles:

- Elementos uni, bi y tridimensionales.

- Elementos escalares
- Elementos axisimétricos
- Elementos de rigidez y de masa.
- Elementos fluídos y de conducción de calor
- Elementos con restricciones
- Elementos concha curvos
- Elementos sólidos

**Características generales:**

- Capacidad de solucionar problemas grandes con más de 100.000 grados de libertad.
- Almacenamiento optimizado de matrices.
- Posibilidad de reducir un problema en subestructuras.
- Considera la simetría cíclica: generación de modelos por rotación.
- Supresión automática de singularidades.
- Chequeo de datos introducidos y análisis del error.
- Posibilidades amplias de tratamiento gráfico

MSC/NASTRAN es un código que está en continuo desarrollo, creándose nuevos paquetes y sufriendo actualizaciones.

Dispone de amplia información sobre su utilización, recogida en distintos manuales y de un preprocesador gráfico denominado PRENASTRAN.

**OTRAS APLICACIONES**

- Análisis estático lineal
- Análisis estático con rigidez diferencial
- Análisis estático con desplazamientos no lineales y material no lineal
- Análisis vibracional
- Análisis de valores propios
- Estudio de flujo

- \* Lineal y estacionario
- \* No lineal y estacionario
- \* Transitorio
- Interacción agua-suelo

#### COMPATIBILIDAD

MSC/NASTRAN es actualmente operativo en una gran cantidad de ordenadores, entre otros: IBM 360/370, ITEL AS, series Fujitsu M, Siemens 7800, CDC, Univac, Digital VAX 8XXX y CRAY-1.

## PROGRAMA NAMMET

### OBJETO

Modelización de flujos en medios porosos fracturados.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

P.C. Robinson  
Theoretical Physics Division  
AERE Harwell  
Oxfordshire  
OX 11 ORA  
(Inglaterra)

### DATOS DE ENTRADA

- Datos estadísticos del sistema de fracturas.
- Tamaño de la región
- Campo de presiones externas (constante)

### RESULTADOS

- Flujos a través del contorno
- Permeabilidades
- Flujos y presiones internas

También existe la posibilidad de dibujo del sistema de fracturas.

### CAMPOS DE APLICACION

- Cálculo del flujo subterráneo y de las permeabilidades en sistemas de rocas duras fracturadas.
- Conectividad de sistemas fracturados en dos y tres dimensiones.
- Análisis de los datos de campo en experimentos con trazadores en rocas fracturadas.

## COMPATIBILIDAD

Este programa ha sido utilizado en los siguientes ordenadores: IBM 3081K, CRAY 1S

## OBSERVACIONES

- Las redes de conexión entre fracturas se definen estadísticamente consiguiéndose un modelo aleatorio en dos dimensiones.
- El régimen estudiado es estacionario y se describe por un sistema de ecuaciones lineales que expresan la continuidad en el flujo y la caída lineal de la presión en el sistema de fracturas.

## PROGRAMA NAMMU

### OBJETO

Simulación por elementos finitos de flujo bidimensional de calor y de agua en medio poroso.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

J. Rae.  
Theoretical Physics Division  
AERE Harwell  
Oxfordshire  
OX11 ORA  
(Inglaterra)

### DATOS DE ENTRADA

- Propiedades de la roca
- Propiedades del fluido
- Condiciones de contorno e iniciales

### RESULTADOS

Se calcula en cada paso de tiempo:

- Temperaturas y Presiones
- Velocidades

Gráficamente se puede obtener:

- Isolíneas de temperaturas y presiones
- Trayectorias
- Líneas de corriente
- Vectores velocidad
- Variación de cualquier variable a lo largo de una línea

### **CAMPOS DE APLICACION**

- Problemas de flujo potencial o de conducción de calor: Geotermismo.
- Diseño de almacenamiento de residuos radiactivos.

### **COMPATIBILIDAD**

Ha sido utilizado en IBM 3033 y CRAY 1S

### **OBSERVACIONES**

- La geometría seguida puede ser radial o cartesiana en dos dimensiones.
- Dispone de varios métodos de resolución numérica.
- La transferencia de calor puede considerar convección y conducción.
- El agua puede cambiar su densidad con la temperatura y la presión.

## PROGRAMA NAMSOL

### OBJETO

Modelizar con elementos finitos problemas de transporte de radionúclidos en aguas subterráneas.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

Theoretical Physics Division  
AERE Harwell  
Oxfordshire  
OX11 0RA (Inglaterra)

### DATOS DE ENTRADA

- Condiciones de contorno e iniciales
- Propiedades físicas:
  - \* Porosidad
  - \* Permeabilidades
  - \* Viscosidad
  - \* Coeficientes de dispersión
  - \* Coeficientes de adsorción
  - \* Constantes de desintegración radiactiva

### RESULTADOS

Se calcula en cada paso de tiempo:

- Presiones y concentraciones.

Gráficamente se puede obtener:

- Isolíneas de presiones y concentraciones
- Trayectorias
- Líneas de corriente

- Vectores velocidad
- Evolución temporal de cualquier nucleido en un punto.

#### **CAMPOS DE APLICACION**

Cálculo del flujo, en régimen permanente, del agua en medio poroso, con migración de radionúclidos dependiente del tiempo.

#### **COMPATIBILIDAD**

IBM y CRAY-1.

#### **OBSERVACIONES**

- La modelización puede ser uni-, bi- y tridimensional, pudiéndose también utilizar la geometría cilíndrica bidimensional.
- Permite el refinamiento local de la malla.
- Dispone de una gran cantidad de tipos de elementos.
- Facilidad de generación de la malla.
- Las condiciones de contorno son muy flexibles.

## PROGRAMA NEWSAM

### OBJETO

Simulación del flujo subterráneo y de materia en un acuífero regional multicapa. En régimen permanente y transitorio.

### LENGUAJE

FORTRAN 77 y C.

### PROCEDENCIA

E. Ledoux  
Centre d'Informatique Geologique  
Ecole des Mines de Paris  
35 rue Saint Honoré  
77305 Fontainebleau  
(FRANCIA)

### DATOS DE ENTRADA

#### 1er. Paso:

- Nº de capas
- Datos para la generación del mallado de cada capa.

#### 2º Paso: (por capa)

- Tipo de simulación.
- Condiciones de contorno.
- Condiciones iniciales.
- Cotas de techo y muro de cada capa.
- Transmisividades.
- Coeficientes de drenaje.
- Coeficientes de transferencia de los drenes.
- Coeficiente de almacenamiento.
- Porosidades.
- Caudales bombeados o inyectados.
- Caudales superficiales.
- Concentraciones impuestas.
- Cotas de los drenes.
- Parámetros del cálculo.
- Parámetros para la edición de resultados.
- Parámetros para salidas gráficas.

### RESULTADOS:

- Niveles piezométricos en cada tiempo.
- Concentraciones en cada tiempo.
- Caudales de los drenes.

- Caudales a través de los límites.

**CAMPO DE APLICACION:**

Simulación de acuíferos regionales.

**COMPATIBILIDAD:**

IBM, BULL, VAX.

**OBSERVACIONES:**

- Aplica un algoritmo de diferencias finitas con malla variable (malla escocesa).
- Es muy polivalente pero a veces artificioso.
- Puede modelizar el transporte de solutos por convección pura a partir de la media de las velocidades obtenidas en cada malla.
- Tiene chequeo de datos..

## PROGRAMA ODGMTM1

### OBJETO

Modelo unidimensional de transporte de masa en agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Robert W, Cleary, Michael J. Unga. Princeton University.

### DATOS DE ENTRADA

- Velocidad
- Coeficiente de dispersión

### RESULTADOS

Variación de la concentración en el tiempo y espacio

### CAMPO DE APLICACION

- Transporte de solutos en aguas subterráneas.
- Problemas de contaminación de aguas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX 8300.

### OBSERVACIONES

Utiliza las condiciones de contorno siguientes:

$$a) \quad c = c_0 e^{-\alpha t}, \quad x = 0$$

$$b) \quad \frac{c}{x} = 0, \quad x \rightarrow +\infty$$

$$c) \quad c = 0 \quad , \quad t = 0$$

donde  $c$  = concentración.

El modelo se basa en la solución analítica de la ecuación convectiva-despersiva del transporte de masa.

## PROGRAMA ODGMTM2

### OBJETO

Modelo unidimensional de transporte de masa en agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Robert W. Cleary, Michael J. Unga. Princeton University.

### DATOS DE ENTRADA

- Velocidad
- Coeficiente de dispersión

### RESULTADOS

Variación de la concentración en el tiempo y espacio

### CAMPO DE APLICACION

- Transporte de solutos en aguas subterráneas
- Problemas de contaminación de aguas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo

### OBSERVACIONES

Utiliza las siguientes condiciones de contorno:

$$\begin{array}{ll} \text{a)} & - D \frac{c}{x} + Vc = VC_0, \quad x = 0 \\ \text{b)} & \frac{c}{x} = 0, \quad x \rightarrow +\infty \\ \text{c)} & c = 0, \quad t = 0 \end{array}$$

donde:  $c$ : Concentración del contaminante

$D$ : Coeficiente de dispersión

$V$ : Velocidad

$C_0$ : Máxima concentración del contaminante en la frontera.

El modelo se basa en la solución analítica de la ecuación convectiva-dispersiva del transporte de masa.

## PROGRAMA OVRFL-FEM

### OBJETO

Determina las relaciones de la escorrentía superficial en cuencas hidrológicas. Modelo de precipitación escorrentía.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Distribuido por:

Engineering Services  
901 Douglas Av.  
Suite 206  
Altamonte Springs FL 32779  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Pendientes y longitudes de las zonas de recogida de aguas.
- Rugosidades
- Precipitaciones.
- Datos del subsuelo.

### RESULTADOS

- Respuesta hidrológica global
- Cálculo de hidrogramas

### COMPATIBILIDAD

IBM PC

## PROGRAMA PAFEC

### OBJETO

Simulación por elementos finitos de problemas de flujo en medio poroso saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

PAFEC Limited  
Strelley Hall  
Strelley  
Nottingham NG8 6PE  
Inglaterra

### DATOS DE ENTRADA

Los datos a introducir son simples y directos existiendo un análisis de errores en dichos datos.

### CATACTERISTICAS

- Dispone de pre y postprocesador de gráficos que permite una conexión eficaz entre el análisis por elementos finitos y el usuario.
- Gran facilidad de uso:
  - \* Generación automática de la malla
  - \* Amplias posibilidades gráficas
- Permite análisis estáticos y dinámicos con condiciones de contorno muy variadas.
- Dispone de una extensa librería de elementos utilizables.
- Dispone de distintas técnicas de resolución aplicables a cada problema específico.
- Los tipos de materiales utilizables pueden ser:
  - \* Lineales y no lineales

- \* Isótropos y anisótropos
- \* Laminados
- \* Con propiedades dependientes de la altura piezométrica.
- Permite la división de un problema de grandes dimensiones en estructuras más pequeñas e independientes, pudiendo ser ensambladas posteriormente.
- Se pueden utilizar sistemas de coordenadas locales para poder simplificar la definición geométrica. Los sistemas pueden ser cartesianos, cilíndricos o esféricos.
- Dispone de un conjunto de módulos gráficos llamados PIGS (Pafec Interactive Graphics Suite) cuyas características más importantes son:
  - \* Gran facilidad de manejo y amplias posibilidades gráficas
  - \* Permite la creación y posterior corrección de la modelización de la estructura.
  - \* Posibilidad de tratamiento de información digitalizada.
  - \* Flexibilidad en la construcción de imágenes gráficas (rotaciones, traslaciones, simetría especular, eliminación de líneas ocultas, etc.)

#### **OTRAS APLICACIONES**

- Interacción agua-suelo
- Mecánica de fracturas
- Lubricación elastodinámica
- Análisis de la respuesta en frecuencia
- Distribución de alturas piezométricas en estado estacionario y transitorio.
- Plasticidad
- Transferencia de calor

#### **COMPATIBILIDAD**

PAFEC ha sido probado en gran cantidad de ordenadores: Prime, IBM, Cray, DEC, Honeywell, CDC, etc.

## PROGRAMA PAPADOP

### OBJETO

Calcula las transmisividades (permeabilidades) direccionales y las direcciones predominantes de la transmisividad (permeabilidades).

### PROCEDENCIA

In Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Puede utilizarse para estudios hidrológicos y ambientales, para diseño de campos de pozos, para proyectos de factibilidad o para desarrollar modelos matemáticos.
- El programa utiliza datos de ensayos de bombeo para obtener la transmisividad direccional y el coeficiente de almacenamiento.
- Usa un método modificado del de Papadopulos.
- El tipo de acuífero o pozos utilizados puede ser cualquiera.
- Realiza un chequeo previo sobre los datos.
- Dispone de salidas gráficas.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC, XT, AT ó compatibles.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA PLUME

### OBJETO

Programa para calcular el transporte de contaminantes en acuíferos, teniendo en cuenta difusión y convección.

### PROCEDENCIA

In Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Calcula la dispersión en función del tiempo, distancia y dirección con respecto al area contaminada.
- Los tipos de fuentes contaminantes pueden ser:
  - \* Instantáneas
  - \* Con ratio constante de contaminación
  - \* Con ratio exponencial de contaminación
- El modelo es bidimensional
- Incluye los efectos de:
  - \* Flujo del agua subterránea
  - \* Dispersión
  - \* Adsorción
  - \* Desintegración radiactiva
- Análisis de datos
- Se pueden obtener líneas de nivel de concentración

### COMPATIBILIDAD

IBM PC, XT, AT ó compatibles  
Plotters: Hewlett Packard y Houston Instruments

**DISTRIBUCION**

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA POISSON

### OBJETO

Modelizar flujo subterráneo en régimen permanente mediante la solución de la ecuación de Poisson por el método de elementos finitos.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

Introduction to Groundwater Modelling. H.F. Wang and M.P. Anderson, 1982. pp.147. Adaptación de J.M. Cueva Lobelle.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactiva

#### ENTRADA

- Nº de nodos y nº de elementos.
- Coordenadas de los nodos
- Tipo de nodo
- Nivel piezométrico
- Recarga
- Transmisividad

#### SALIDA

- Matriz de conductancias
- Niveles Piezométricos.

### CAMPO DE APLICACION

A acuíferos homogéneos e isótropos con espesor saturado constante.

**COMPATIBILIDAD**

Operativo sobre VAX 11/730

**OBSERVACIONES**

Existe otra versión idéntica pero en BASIC, llamado POISSONB.

la 1ª capa. Parámetros del nudo.

6º grupo tarjetas: Igual que el 5º grupo pero para el resto de las capas.

7º grupo tarjetas: Una tarjeta con nº de pasos a efecto de impresión.

8º grupo tarjetas: Parámetros de impresión

9º y 10º grupo tarjetas: Datos de los balances de ríos (nº ríos, coordenada i,j de los ríos, ...).

2) Parámetros para los restantes pasos de tiempo.

1<sup>er</sup> grupo tarjetas: Matriz de recarga por lluvia

2º grupo tarjetas: Matriz de extracciones de agua.

3º grupo tarjetas: Bombeos puntuales en cualquier capa.

#### SALIDA

- Datos de partida: mapas de transmisividad, coeficiente de almacenamiento, etc.
- Cada capa: datos de partida, variación de nivel piezométrico, error, nº de iteraciones, balance de ríos en la 1ª capa por tramos, gráfico descensos, tiempo, piezometría final.

#### CAMPO DE APLICACION

A acuíferos que se considere libre en las celdas superiores y confinado en las inferiores, y con límites irregulares. Se puede simular el efecto de una capa semiconfinante con recarga en el tiempo, manantiales y pozos de recarga y descarga. La malla es variable en las tres direcciones.

#### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730 e IBM 4361.

#### OBSERVACIONES

Esta versión es una ampliación del programa original de Prickett y Longist con el objetivo de simular incrementos de tiempos de cualquier duración, simular recarga variable, bombeos en cada nudo y cualquier capa, variables con el tiempo, tomar la piezometría del 1<sup>er</sup> paso de tiempo como piezometría de partida,

obtener los balances entre capas y de la relación con ríos y manantiales, así como obtener un gráfico de niveles-tiempo para cada capa.

## PROGRAMAS PTDPS I y PTDPS II

### OBJETO

PTDPS I: Tratamiento de datos de ensayos de bombeos para acuíferos confinados.

PTDPS II: Tratamiento de datos de ensayos de bombeos para acuíferos no confinados.

### PROCEDENCIA

Irrisco

### CARACTERISTICAS

#### PTDPS I:

- Estudia la tendencia del acuífero según Cooper/Jacob.
- Gráficas de descensos y recuperación
- Test de Thiem: Análisis distancia-descenso.
- Ecuación de Theis
- Cálculo de transmisividades y coeficiente de almacenamiento por mínimos cuadrados.
- Ajuste de curvas para cada método.

#### PTDPS II:

- Estudia la tendencia del acuífero según Cooper/Jacob.
- Gráficas de descensos y recuperación.
- Test piezométricos de descensos y ascensos.
- Método de Hantush/Jacob para el ajuste con acuífero semiconfinado.
- Cálculo de transmisividades y coeficiente de almacenamiento por mínimos cuadrados.
- Ajuste de curvas para cada método.

## COMPATIBILIDAD

IBM PC ó compatibles.  
Plotters: Hewlett Packard.  
Impresora de matriz de puntos.

## DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA PUMP

### OBJETO

Ajuste de la curva de Theis a los datos de descenso y recuperación de un acuífero mediante el método de análisis de sensibilidad.

### PROCEDENCIA

Ulrick & Associates

### CARACTERISTICAS

- Los resultados obtenidos son:
  - \* Transmisividad
  - \* Almacenamiento
  - \* Descenso-recuperación
  - \* Test de error
- Dispone de salidas gráficas en escalas semilogarítmicas y logarítmicas.

### COMPATIBILIDAD

- IBM PC ó compatibles con tarjeta de gráficos
- Impresora de matriz de puntos gráfica
- Plotters: IBM, HP, etc.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA QUAL2E

### OBJETO

Modelo de calidad de agua superficial en una cuenca, empleando diferencias finitas.

### LENGUAJE

Fortran 77

### PROCEDENCIA

Linfield C. Brown  
Thomas O. Barnwell, Jr.  
Environmental Research Laboratory  
Office of Research and Development  
U.S. Environmental Protection Agency  
Athens, Georgia. (U.S.A.).

### DATOS DE ENTRADA

- Definición de la red hidrográfica.
- Latitud y longitud de la zona.
- Exposición solar.
- Evaluación de la cuenca.
- Coeficiente de evaporación
- Características hidráulicas del río.
- Concentraciones.
- Condiciones iniciales de los distintos elementos.
- Coeficientes para el cálculo de las interacciones entre componentes.
- Caudales, velocidad.
- Etc.

## RESULTADOS

Evaluación de la temperatura y concentraciones de los diversos elementos a lo largo del río, crecimiento de algas, concentración de oxígeno disuelto, etc. Admite la posibilidad de recalcular los caudales para mantener la concentración de oxígeno disuelto dentro de unos márgenes señalados.

## COMPATIBILIDAD

Disponible en versión Mainframe y PC.

## CAMPO DE APLICACION

Simulación de períodos de tiempo donde el flujo del río es fundamentalmente constante, debiendo ser las pérdidas de carga asimismo constantes. No permite la existencia de elementos reguladores (embalses) a lo largo de la red.

## OBSERVACIONES

- Los mecanismos de transporte, advección y dispersión sólo son significativos en la dirección del flujo.
- Es posible estudiar el efecto de las pérdidas de carga en las concentraciones.
- El caudal aportado por un acuífero puede considerarse repartido a lo largo del río.
- El modelo puede usarse como estático o dinámico.
- Se puede estudiar el efecto del crecimiento y respiración de las algas en la variación de la concentración de oxígeno disuelto.

## PROGRAMA RANDOM-WALK

### OBJETO

Simulación del transporte de solutos por difusión y convección para el cálculo de concentraciones en aguas subterráneas mediante "pasos aleatorios".

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa de Thomas A. Prickett, Thomas G. Naymyk y Carl G. Lonquist, Illinois State Water Survey. Champaign. U.S.A.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

#### ENTRADA

Parámetros de configuración del sistema, tamaños de la malla, condiciones iniciales de concentración, parámetros de concentración, localización de sumideros, concentración en fuentes de contaminación y datos específicos del nudo.

#### SALIDA

Niveles piezométricos, mapas y resúmenes de la posición de las partículas y distribución de concentraciones.

### CARACTERISTICAS

- Régimen permanente o transitorio.
- Una o dos dimensiones
- Acuíferos heterogéneos libres, confinados o semiconfinados.
- Bombeos, inyecciones, de caudal variable, mediante pasos, recarga natural o artificial.
- Relación aguas superficiales-subterráneas.
- Evapotranspiración
- Caudales de avenida

#### **CAMPO DE APLICACION**

- Inyección de aguas contaminadas mediante pozos.
- Frentes salinos
- Balsas de decantación
- Gestión de aguas subterráneas con problemas de contaminación.

#### **COMPATIBILIDAD**

IBM, VAX, IBM-PC.

## PROGRAMA RECAU

### OBJETO

Genera aportaciones a partir de datos pluviométricos homogeneizados.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

Lluvias homogeneizadas por estaciones de aforo y período (Estan referidas a cuencas totales)

### RESULTADOS

Se obtienen:

- Series completas de aforos,
- Medias mensuales y anuales,
- Desviación típica y coeficiente de desviación.

### CAMPO DE APLICACION

Actualización de balances y modelización precipitación escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730.

### OBSERVACIONES

Este programa puede utilizar los resultados generados por el programa THIESSEN, estando preparados para funcionar encadenadamente.

## PROGRAMA REGA86

### OBJETO

Simulación mensual de una red hidrográfica completa empleando recursos superficiales y subterráneos.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Documentación en el convenio IGME-UPM, 1986.

### DATOS DE ENTRADA

- Estructura de la red hidrográfica
- Datos de los embalses (Capacidades y niveles de Alerta)
- Datos de los acuíferos:
  - \* Transmisividad
  - \* Coeficiente de Almacenamiento
  - \* Distancia Rio-Acuífero
- Aportaciones naturales
- Evaporaciones
- Estructura de la demanda
- Datos sobre prioridades en la satisfacción de la demanda.

### RESULTADOS

- Matriz de la estructura de la red
- Estado de los distintos elementos de la red en cada instante, por ejemplo:
  - \* Volúmen del embalse
  - \* Situación del acuífero

- \* Volúmenes de agua sobre el nivel de alerta
- \* Caudales por cada tramo de la red.
- \* Grado de satisfacción de la demanda y cálculos de garantías (mensual y anualmente).

#### **CAMPO DE APLICACION**

- Establece las garantías de suministro de la demanda solicitada en los distintos puntos de consumo de una red hidrográfica.
- Regula el aprovechamiento conjunto de los recursos superficiales y subterráneos.

#### **OBSERVACIONES**

- Permite establecer una gradación en el tratamiento de la demanda en función de la importancia de la misma.
- Permite una gradación de los recursos.
- Dispone de salidas gráficas.
- Utiliza el modelo Glover-Jenkins.

#### **COMPATIBILIDAD**

Operativo sobre VAX 11/730.

## PROGRAMA REPLU

### OBJETO

Análisis y restitución de precipitaciones.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

Pluviometría de la cuenca por estaciones

### RESULTADOS

Se obtienen:

- Series completas de pluviometrías mensuales y anuales por estación.
- Medias mensuales
- Desviación típica mensual
- Coeficiente de variación
- Valores del año medio, seco y húmedo

### CAMPO DE APLICACION

Tratamiento de series, balances y simulación precipitación-escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730.

## PROGRAMA REST

### OBJETO

Completar series de datos climáticos mensuales atendiendo a una serie de normas de restitución.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología (1986-88).  
Origen de datos: Alfredo Iglesias.

### DATOS DE ENTRADA

Interactivo y por fichero.

### ENTRADA

- Número de estaciones, número de años de la serie a restituir.
- Fichero de normas de restitución (producido por el programa CORT) de cada estación.
- Datos de la estación base.
- Datos de las estaciones a restituir.

### SALIDA

- Serie climática restituida.

### CAMPO DE APLICACION

Restitución y completado de series climáticas.

### COMPATIBILIDAD

IBM-PC

### OBSERVACIONES

- Los datos de las series a restituir se deben disponer en una hoja LOTUS.
- Para la creación del fichero de normas de restitución se dispone de preprocesador interactivo denominado CORT.

## PROGRAMA RETEM

### OBJETO

Análisis y restitución de temperaturas.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

Temperaturas mensuales en las estaciones

### RESULTADOS

Se obtienen:

- Series completas de temperaturas
- Medias mensuales y anuales
- Desviación típica y coeficiente de variación.

### CAMPO DE APLICACION

Tratamiento de series, balances y simulación precipitación escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730.

## PROGRAMA ROCMAS

### OBJETO

Programa de elementos finitos para el análisis del flujo y los desplazamientos en medios rocosos deformables saturados y fracturados.

### PROCEDENCIA

J. Noorishad  
Lawrence Berkeley Laboratory  
University of California  
Berkeley, Ca. 94720  
(U.S.A.)

### CARACTERISTICAS

Es un modelo bidimensional que combina el análisis de la presión hidrostática variable con el tiempo en condiciones isotérmicas y el análisis de tensiones-deformaciones en formaciones rocosas con fracturas y bloques porosos.

También existe un procedimiento que tiene en cuenta el comportamiento térmico-mecánico, incluyendo los efectos de la transferencia de calor (difusión-convección).

### CAMPOS DE APLICACION

Estudio de cementerios de residuos radiactivos, incluyendo el análisis del flujo y las deformaciones producidas.

### COMPATIBILIDAD

IBM, VAX.

## PROGRAMA ROENA

### OBJETO

Realizar una simulación para la definición de reglas operativas de embalses, mediante números adimensionales.

### LENGUAJE

El programa fuente está redactado en lenguaje FORTRAN 77.

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Datos y programa original BASIC: Alfredo Iglesias López. Documentación en el convenio IGME-UPM, 1985.

### DATOS DE ENTRADA

- Capacidad de los embalses ( $\text{Hm}^3$ )
- Aportaciones mensuales ( $\text{Hm}^3$ )
- Evaporaciones mensuales ( $\text{Hm}^3$ )
- Demanda mensual ( $\text{Hm}^3$ )

### RESULTADOS

Halla la combinación óptima de números adimensionales (niveles de embalse), mes a mes durante un año, de entre todas las combinaciones posibles, calculando el déficit y excedente mínimos para cada embalse y fijando las reglas operativas de desembalse.

### CAMPO DE APLICACION

Aplicable para dos embalses en paralelo que deban satisfacer una demanda común.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX11/730

## OBSERVACIONES

El programa sólo admite hasta 9 niveles posibles por embalse.

En el caso de que ambos embalses estén en el mismo número adimensional existen varias posibilidades a elegir por el usuario para satisfacer la demanda.

Proporciona unas reglas operativas coherentes previas que pueden ser útiles para usar correctamente los modelos tipo REGA.

## PROGRAMA SAHUQUI

### OBJETO

Estudio de la relación río-acuífero y su evolución en el tiempo.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

Programa original de Andres Sahuquillo, Universidad Politécnica de Valencia.

Adaptado en el Convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología.

Documentación en el Convenio U.P.M.-I.G.M.E. 1985. Documento nº 3.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactivo

#### ENTRADA

- Transmisividad y coeficiente de almacenamiento o la pendiente de agotamiento de las descargas naturales del acuífero al río.
- Ancho del acuífero y distancia del pozo de bombeo al borde impermeable.

#### SALIDA

- Tiempo en días y relación caudal detráido-caudal bombeado.

### CAMPO DE APLICACION

A acuíferos donde se puedan suponer las simplificaciones de homogéneo, isótropo y rectangular.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730 IBM-PC y compatibles.

## PROGRAMA SANDWICH

### OBJETO

Modelo tridimensional de elementos finitos para analizar el flujo de agua subterránea y transporte de contaminantes en medios porosos saturados.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Distribuido por:

Computer Model Sales  
Geotrans, Inc.  
Herndon, Virginia  
(U.S.A.)

### CARACTERISTICAS

El programa puede calcular el flujo y el transporte de solutos para medios multicapa.

Los materiales pueden ser tanto acuíferos como acuitardos, pudiendo combinarse.

Puede ser utilizado para problemas axisimétricos y quasi-tridimensionales; para éstos últimos se consideran en los acuitardos la porosidad y el almacenamiento.

Los materiales pueden ser heterogéneos y anisótropos y el campo de velocidades puede ser estacionario o transitorio.

Las condiciones de contorno para el análisis del flujo son caudales o alturas piezométricas fijadas, teniendo en cuenta también las recargas por precipitación.

Para el transporte de solutos se fijan los valores nodales de concentración o los flujos máxicos en el contorno.

Las condiciones de contorno pueden ser variantes con el tiempo.

## RESULTADOS

Se obtienen en el análisis del flujo:

- Valores nodales de la altura piezométrica
- Velocidades según Darcy.

En análisis del transporte:

- Valores de la concentración

## CAMPO DE APLICACION

- Predicción de la respuesta de un acuífero a los distintos esquemas de bombeo y recarga.
- Análisis del flujo en los alrededores de pozos, para predecir su comportamiento y para preparar curvas tipo para la evaluación de los datos de un ensayo de bombeo.
- Estudio de la migración de contaminantes en el agua subterránea.
- Estudio de la influencia ambiental de cementerios de materiales radiactivos.

## COMPATIBILIDAD

PRIME, VAX, IBM, CDC

## PROGRAMA SATURN

### OBJETO

Modelo bidimensional de elementos finitos para flujo en medio poroso saturado y no saturado con transporte de radionúclidos.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Distribución realizada por:

Computer Model Sales  
Geotrans, Inc.  
Herndon, Virginia  
(U.S.A.)

### CARACTERISTICAS

- Gran flexibilidad en la modelización del entorno geológico.
- Dispone de un paquete de generación de mallado, pudiendo utilizar coordenadas cartesianas o cilíndricas.
- Permite realizar un balance de masa para los análisis del flujo y del transporte, esto facilita información para comprobar la solución numérica y poder determinar el comportamiento y el impacto de la migración de contaminantes.

Se pueden utilizar materiales con propiedades heterogéneas y anisótropas. Los medios multicapa, así como otras heterogeneidades se tratan de una forma sencilla.

El campo de velocidades puede ser estacionario o transitorio. También se pueden utilizar coeficientes de dispersión hidráulica dependientes de la velocidad.

Para el análisis del flujo con saturación variable se pueden utilizar relaciones (en forma de tablas o de funcional) permeabilidad relativa-saturación y capilaridad-saturación.

Las condiciones de contorno para el flujo subterráneo pueden ser descritos por los valores nodales del nivel piezométrico y

por los valores del flujo. También tiene en consideración la evapotranspiración, la infiltración y la recarga.

Las condiciones de contorno para el transporte de solutos vienen dadas por los valores nodales de la concentración, o por el flujo de masa.

Todas las condiciones de contorno pueden ser dependientes del tiempo.

## RESULTADOS

Se obtienen para el análisis de flujo:

- Valores piezométricos
- Velocidades según Darcy
- Ratios de flujo volumétrico
- Saturación

Para el análisis del transporte de soluto:

- Valores nodales de la concentración
- Ratios de descarga del contaminante
- Balance completo de masa

También se puede obtener para nodos determinados la variación de la concentración con el tiempo.

## CAMPO DE APLICACION

- Simulación del flujo en acuíferos saturados y no saturados.
- Movimiento del agua en medios no saturados
- Investigación de contaminación de aguas subterráneas.
- Investigación de la migración de radionúclidos en cementerios de materiales radiactivos.

## COMPATIBILIDAD

PRIME, VAX, IBM, CDC

## PROGRAMA SCIA

### OBJETO

Modelización por elementos finitos de problemas de flujo en medio poroso saturado.

### LENGUAJE

BASIC para ordenadores WANG.

### PROCEDENCIA

(Comercialización en Francia):  
SCIA  
3, rue Etienne Marcel  
PARIS (FRANCIA)

### RESULTADOS

- Valores del potencial en el dominio
- Velocidades en el dominio

### CARACTERISTICAS

- El sistema permite ser utilizado por operadores no especializados en elementos finitos.
- Se dispone de diferentes módulos de representación de datos y resultados.
- Por su tipo de almacenamiento puede ser utilizado en ordenadores con poca capacidad de memoria.
- Alta velocidad de cálculo

### CAMPO DE APLICACION

Estudio estático y dinámico, lineal y no lineal en dos y tres dimensiones de problemas de flujo en medio poroso.

### OTRAS APLICACIONES

- Análisis estático y dinámico en dos y tres dimensiones de problemas elasto-plásticos no lineales.

- Análisis de esfuerzos en dos y tres dimensiones.
- Cálculo de estructuras
- Interacción agua-suelo.

**COMPATIBILIDAD**

**WANG.**

## PROGRAMA SCS

### OBJETO

Cálculo del hidrograma de escorrentía en una cuenca.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Distribuido por:

Engineering Services  
901 Douglas Av.  
Suite 206  
Altamonte Springs FL 32779  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Factores de forma de la cuenca
- Hidrogramas
- Distribuciones de lluvia.

### RESULTADOS

Hidrogramas de escorrentías en cuencas pequeñas

### COMPATIBILIDAD

IBM PC

### CARACTERISTICAS

Se calcula el exceso de lluvia para obtener posteriormente la escorrentía durante la tormenta.

## PROGRAMA SEFTRAN

### OBJETO

Código bidimensional de flujo y de transporte de contaminantes en medio poroso.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Distribución realizada por:

Computer Model Sales  
Geotrans, Inc.  
Herndon, Virginia  
(U.S.A.)

### COMPATIBILIDAD

PRIME, VAX, IBM, CDC

## PROGRAMA SHAFT79

### OBJETO

Calcular el flujo no isotermico de dos fases en medio poroso utilizando el método de las diferencias finitas.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

K. Pruess y R.C. Schroeder  
Lawrence Berkeley Laboratory  
University of California  
Berkeley, California 94720  
(U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Parámetros de la roca matriz
  - \* Porosidad
  - \* Permeabilidades
  - \* Conductividad térmica
  - \* Calor específico
  - \* Compresibilidades y coeficiente de dilatación
- Definición geométrica del dominio.
- Condiciones de contorno e iniciales
- Parámetros del componente bifásico

### RESULTADOS

Existe una gran cantidad de datos calculados por el modelo, entre los más importantes:

- Balances de volumen, masa y energía.
- Parte convectiva del flujo de calor

- Derivadas de los flujos de masa y calor con respecto a las densidades y las energías.
- Saturación del vapor.

#### **CAMPOS DE APLICACION**

- Esquemas de producción e inyección para reservas geotérmicas con interfases muy marcadas entre el vapor y el agua.
- Estudio del flujo de dos fases cerca de pozos (inyección de agua fría en zonas con dos fases o con vapor recalentado).
- Estudio de la evolución de temperaturas y presiones (a largo plazo) cerca de una fuente de calor fuerte.

#### **OBSERVACIONES**

- Sólo la porosidad (de todas las propiedades de la roca) puede depender de la temperatura y de la presión.
- No se tiene en cuenta la capilaridad
- El estudio es uni, bi y tridimensional con ejes cartesianos o cilíndricos.

#### **COMPATIBILIDAD**

IBM.

## PROGRAMA SHALT

### OBJETO

Simulación por medio de elementos finitos del movimiento del agua subterránea (en régimen transitorio), y de los transportes de solutos y de calor, en dos dimensiones.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

J.F. Pickens y G.E. Grisak  
GTC Geologic Testing Consultants Ltd.  
785 Carling Avenue (4th. floor)  
Ottawa  
Ontario K1S 5H4  
(CANADA)

### DATOS DE ENTRADA

- Geometría de la malla
- Niveles piezométricos iniciales en los contornos
- Temperaturas y concentraciones iniciales
- Condiciones de contorno
- Densidad del fluido
- Porosidad
- Compresibilidad del fluido y del medio poroso
- Tensor de permeabilidades
- Viscosidad
- Densidad del soluto
- Coeficientes caloríficos de las fases líquida y sólida.
- Tensor de conductividad térmica
- Tensor de dispersividad térmica
- Tensor de dispersividad hidrodinámica

- Coeficiente de reacción de primer orden
- Coeficiente de distribución
- Densidad de la fase sólida.

## RESULTADOS

En cada paso de tiempo:

- Distribución de presiones
- Distribución de velocidades (según Darcy)
- Distribución de temperaturas
- Distribución de concentraciones.

## CAMPOS DE APLICACION

- Análisis de presiones
- Transferencia de calor en una fractura
- Transferencia de calor en lugares de almacenamiento de residuos.
- Simulación del transporte de líquido, calor y solutos en una sección vertical coincidente con la dirección principal de flujo.

## COMPATIBILIDAD

CDC, IBM, VAX

## OBSERVACIONES

- La viscosidad se considera como función de la temperatura.
- La densidad de la fase líquida se considera como una función dependiente de la temperatura y de la concentración total del soluto.
- No se consideran las relaciones entre la permeabilidad y los esfuerzos y deformaciones.
- Las propiedades materiales del medio poroso pueden variar espacialmente.

## PROGRAMA SIBOT

### OBJETO

Cálculo analítico del descenso de la altura piezométrica en todo punto de un acuífero confinado producido por el bombeo a caudal constante en varios pozos.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología (1986-88). Origen de datos: Alfredo Igleasis.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactivo.

#### ENTRADA

- Transmisividad, coeficiente de almacenamiento.
- Datos de la discretización temporal.
- Número de pozos, situación y radio de cada uno.
- Número de piezómetros y situación geométrica de cada uno.
- Coeficiente de corrección para pozos con pérdidas de carga en la rejilla.

#### SALIDA

- Descensos en cada piezómetro.

### CAMPO DE APLICACION

Estudios de influencias entre bombeos y descensos.

### COMPATIBILIDAD

IBM-PC.

## PROGRAMA SIMACUINF

### OBJETO

Modelización de acuíferos confinados con infiltración inducida desde un río.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

T.A. Prickett, C.G. Lonquist. Illinois State Water Survey, 1971.

### DATOS DE ENTRADA

- Transmisividades
- Coeficientes de almacenamiento
- Nivel piezométrico inicial
- Caudales de bombeo
- Niveles de agua en el río
- Factores de recarga del río
- Cotas del fondo del caude

### RESULTADOS

Variación del nivel piezométrico en el tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

Aplicable a un acuífero confinado heterogéneo con pozos de bombeo a caudal constante.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX.

## OBSERVACIONES

Se considera la recarga inducida como la producida por arroyos, ríos, lagos, etc., cuando los niveles del agua del acuífero descienden por debajo de las aguas superficiales.

## PROGRAMA SIMULBAS

### OBJETO

Modelización de acuíferos confinados.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

T.A. Prickett, C.G. Lonquist. Illinois State Water Survey, 1971.

### DATOS DE ENTRADA

- Transmisividades
- Coeficientes de almacenamiento
- Nivel piezométrico inicial
- Caudales de Bombeo

### RESULTADOS

Variación del nivel piezométrico en el tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

Aplicable a un acuífero confinado heterogéneo con pozos de bombeo a caudal constante.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX.

## PROGRAMA SIM-5

### OBJETO:

Simular y optimizar la operación de un sistema interconectado de embalses, plantas hidroeléctricas, canales con bombeo, tuberías y sectores de ríos en condiciones hidráulicas y de demanda estacionarias.

### LENGUAJE

Fortran 77

### PROCEDENCIA

Quentin W. Martin  
Texas Department of Water Resources  
P.O. Box 13087  
Austin, Texas 78711 (U.S.A.)

### DATOS DE ENTRADA

- Datos de la topología de la red.
- Datos sobre los nodos de la red.
- Datos sobre las ramas de la red.
- Datos sobre los costos de cada operación.
- Datos hidrológicos para cada período de tiempo.
- Datos específicos de la simulación:
  - . Período de tiempo a simular.
  - . Agua importable.
  - . Estado inicial del sistema.
  - . Demandas al sistema.
  - . Etc.

### CAMPO DE APLICACION

Util para determinar:

- 1) Política de operación de mínimo costo para un sistema de embalses sobre un horizonte temporal finito.
- 2) Dimensiones de embalses o canales a construir en un sistema de embalses existente para optimizar económicamente el proyecto.

## COMPATIBILIDAD

IBM, UNIVAC, VAX, etc.

## OBSERVACIONES

. El programa puede ser concatenado con el programa AL-5, del mismo Departamento, para el estudio de problemas evolutivos.

. Analiza sistemas de hasta 50 nodos y 75 ramas.

. El horizonte temporal máximo es de 50 años.

. Puede operar de forma interactiva con el usuario (optimización manual).

. Utiliza un algoritmo de optimización no lineal con descomposición.

## PROGRAMA SUTRA

### OBJETO

Simulación del movimiento de fluidos y del transporte de solutos o energía en medio poroso saturado y no saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Clifford Voss.  
U.S. Geological Survey 1984.

### DATOS DE ENTRADA

Datos propios de cada simulación, con posibilidades varias.

### RESULTADOS

Los propios de cada simulación con un amplio tratamiento de la variable tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

#### Simulación de flujo

- Modelización de superficies y secciones de sistemas de flujo de aguas subterráneas saturadas y no saturadas.

#### Simulación de transporte de soluto

- Transporte de productos químicos.
- Procesos de adsorción de solutos, producción y extinción
- Análisis de problemas de transporte de contaminantes en agua subterránea.
- Diseños de restauración de acuíferos
- Modelización de movimientos de lixiviación con densidad variable.
- Intrusión marina.

### Simulación de transporte de energía

- Regímenes térmicos en acuíferos: Fluidos con densidad dependiente de la temperatura.
- Conducción de calor subsuperficial
- Sistemas de almacenamiento de energía hidrotérmica
- Reservas geotérmicas
- Polución térmica de acuíferos
- Sistemas de convección hidrogeológica natural.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX.

### OBSERVACIONES

- Gran versatilidad
- Utiliza un método bidimensional híbrido (elementos finitos-diferencias finitas)
- Difícil utilización
- Existe una versión para IBM-PC y compatibles que incluye pre y post procesadores.

## PROGRAMA TDGMTM2

### OBJETO

Modelo bidimensional de transporte de masa en agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Robert W. Cleary, Michael J. Unga. Princeton University.

### DATOS DE ENTRADA

- Dispersiones en las direcciones X e Y
- Velocidades en las direcciones X e Y.

### RESULTADOS

Variación de la concentración en el tiempo y en el espacio

### CAMPO DE APLICACION

- Transporte de solutos en aguas superficiales
- Problemas de contaminación de aguas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX, IBM 4341.

### OBSERVACIONES

El modelo utiliza condiciones de contorno del tipo "franja", con acuífero de ancho ilimitado.

El modelo se basa en la solución analítica de la ecuación convectiva-dispersiva del transporte de masa.

Se utiliza el esquema de Gauss-Legendre para la integración numérica.

## PROGRAMA TDGMTM1

### OBJETO

Modelo bidimensional de transporte de masa en agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Robert W. Cleary, Michael J. Unga. Princeton University.

### DATOS DE ENTRADA

- \_ Dispersión en las direcciones X e Y
- Velocidad en la dirección X
- Datos geométricos del acuífero.

### RESULTADOS

Variación de la concentración en el tiempo y espacio.

### CAMPO DE APLICACION

- Transporte de solutos en aguas subterráneas
- Problemas de contaminación de aguas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX, IBM 4341.

### OBSERVACIONES

El modelo utiliza condiciones de contorno con fuente del tipo "franja", con acuífero de ancho finito.

El modelo se basa en la solución analítica de la ecuación convectiva-dispersiva del transporte de masa.

## PROGRAMA TDGMTM3

### OBJETO

Modelo bidimensional de transporte de masa en agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Robert W. Cleary, Michael J. Unga. Princeton University.

### DATOS DE ENTRADA

- Dispersiones en las direcciones X e Y
- Velocidades en las direcciones X e Y

### RESULTADOS

Variación de la concentración en el tiempo y espacio.

### CAMPO DE APLICACION

- Transporte de solutos en aguas subterráneas
- Problemas de contaminación de aguas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX, IBM 4341.

### OBSERVACIONES

El modelo utiliza condiciones de contorno de tipo fuente Gaussiana, con acuífero de ancho infinito.

El modelo se basa en la solución analítica de la ecuación convectiva-dispersiva del transporte de masa.

Se utiliza el esquema de Gauss-Legendre para la integración numérica.

## PROGRAMA THDGMTM1

### OBJETO

Modelo tridimensional de transporte de masa en agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Robert W. Cleary, Michael J. Unga. Princeton University

### DATOS DE ENTRADA

- Dispersiones en las direcciones X, Y y Z.
- Velocidad en la dirección X.
- Datos geométricos del acuífero.

### RESULTADOS

Variación de la concentración en el tiempo y en el espacio.

### CAMPO DE APLICACION

- Transporte de solutos en aguas subterráneas.
- Problemas de contaminación de aguas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX, IBM 4341.

### OBSERVACIONES

El modelo utiliza condiciones de contorno con frente rectangular, con acuífero de ancho y profundidad finitas.

Se basa en la solución analítica de la ecuación convectiva-dispersiva del transporte de masa.

## PROGRAMA THDGMTM2

### OBJETO

Modelo tridimensional de transporte de masa en agua subterránea.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Robert W. Cleary, Michael J. Unga. Princeton University.

### DATOS DE ENTRADA

- Dispersiones en las direcciones X, Y y Z.
- Velocidades en las direcciones X, Y y Z.

### RESULTADOS

Variación de la concentración en el tiempo y en el espacio.

### CAMPO DE APLICACION

- Transporte de solutos en aguas subterráneas.
- Problemas de contaminación de aguas.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX, IBM 4341.

### OBSERVACIONES

El modelo utiliza condiciones de contorno con fuente Gaussiana bivariante, con acuífero de ancho y profundidad infinitos.

Se utiliza el esquema de Gauss-Legendre para integración numérica.

Se basa en la solución analítica de la ecuación convectiva-dispersiva del transporte de masa.

## PROGRAMA THIESSEN

### OBJETO

Cálculo de precipitaciones mensuales en intercuenas y cuencas a partir de datos puntuales de estaciones pluviométricas.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

Valores pluviométricos en estaciones de aforo.

### RESULTADOS

- Precipitaciones mensuales
- Medias mensuales
- Desviación típica y coeficiente de variación

### CAMPO DE APLICACION

Engarza con modelo BALANCE de precipitación escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX, IBM.

### OBSERVACIONES

Se utiliza el método de Thiessen modificado. Este programa puede utilizar los resultados del programa REPLU, pudiendo funcionar encadenadamente.

## PROGRAMA THORNTWA

### OBJETO

Calcular la evapotranspiración potencial y mensual por estaciones y latitud.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

EPTISA

### DATOS DE ENTRADA

- Temperaturas mensuales en la estación
- Latitud y longitud de la estación.

### RESULTADOS

- Evapotranspiración potencial mensual
- Media, desviación típica y coeficiente de variación de la muestra por estación y mes.

### CAMPO DE APLICACION

Engarza con modelo BALANCE de precipitación escorrentía.

### COMPATIBILIDAD

Operativo en VAX, IBM.

### OBSERVACIONES

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial corregida se contemplan dos zonas de temperaturas.

## PROGRAMA THORNWAIT

### OBJETO

Calcular la evapotranspiración potencial mensual en función de las temperaturas medias mensuales y la latitud según el método de Thornthwaite.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: Programa Thornwait (González Doblas).

Documentación en el convenio UPM-IGME 1985. Documento nº 5.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactivo.

#### ENTRADA

- Temperatura diaria mensual media y latitud del lugar.

#### SALIDA

- Parámetros I y A
- ETP mensual y anual

### CAMPO DE APLICACION

A latitudes medias con precipitaciones abundantes en verano; consecuentemente suele dar resultados por defecto para los meses de verano en los climas áridos y semiáridos de precipitaciones esencialmente en invierno.

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730 , HP85 e IBM-PC.

## OBSERVACIONES

El programa permite, a voluntad del usuario, encadenarlo con el programa BALANCE para el cálculo del balance hídrico con la ETP calculadas.

## PROGRAMA TIPO

### OBJETO

Definir los años tipo secos, medios y húmedos, dando los valores mensuales de precipitación característicos de cada uno de ellos.

### LENGUAJE

BASIC

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología (1986-88). Origen de datos: Alfredo Iglesias.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactivo o por fichero.

### ENTRADA

- Número de estaciones.
- Número de años.
- Precipitaciones mensuales.
- Valores máximo y mínimo admisibles de la precipitación.

### SALIDA

- Características de los años tipo.

### CAMPO DE APLICACION

Análisis de precipitaciones.

### COMPATIBILIDAD

IBM-PC.

## PROGRAMA TITUS

### OBJETO

Sistema de elementos finitos que permite estudiar problemas de transferencia de calor y termo-mecánicos. También es aplicable a problemas de flujo de agua en medios porosos.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

P. Bdugrille  
FRAMATOME  
Centre de Calcul  
BP 13  
71380 Saint Marcel  
(FRANCIA)

### ESTRUCTURA DEL CODIGO

Esta compuesto de módulos que permite:

- Una estructuración eficiente de todo el sistema.
- Flexibilidad de manejo y modificación

El esquema de la estructura sería:

- A) Supervisor: Procedimiento general que organiza las diferentes operaciones a realizar.
- B) Librería de subrutinas de computación específica: Está adaptado al tipo de problema específico a resolver.
- C) Preprocesadores: Conjunto de rutinas diseñadas para facilitar la labor del usuario en la introducción de datos.

Las características de los preprocesadores serían:

- \* Existe un gran número de preprocesadores para la generación de mallas con todo tipo de elementos.
- \* Los modelos pueden ser dibujados tanto en plotter como en pantalla gráfica.
- \* Se puede modificar la imagen gráfica: efecto de zoom, cortes, ventanas, etc.

\* Se pueden obtener distintas perspectivas.

\* Dibujo con/sin líneas ocultas.

\* Numeración automática de nodos y elementos.

La entrada de datos de gran flexibilidad y eficacia, permitiendo el diálogo entre ordenador y operador. Los datos introducidos son comprobados antes de ser procesados.

D) Postprocesadores: Presentación de los resultados para su mejor interpretación, incluyendo salidas gráficas.

Los resultados que van siendo obtenidos son sometidos a procesos de valoración.

### CAMPO DE APLICACION

- Problemas en una, dos y tres dimensiones.
- Permite análisis lineales y no lineales, estáticos y dinámicos (combinables entre sí).
- La librería de elementos disponible es muy amplia (en tres dimensiones).
- Permite la combinación de distintos análisis no lineales (casos de no linealidad geométrica, no linealidad de las propiedades del material, etc.)
- El análisis dinámico puede ser de una gran variedad.
- Utiliza el concepto de "Super-elementos", permitiendo el análisis estático con un número no limitado de grados de libertad.
- Las posibilidades de tipos de material y de condiciones de contorno son grandes.
- Las soluciones a los sistemas de ecuaciones lineales, no lineales y problemas de valores propios pueden ser hallados por distintos métodos.

### COMPATIBILIDAD

- Es compatible con macro y microcomputadores (CDC, CYBER, VAX, etc.)
- Puede ser instalado en módulos, desde versiones simples hasta llegar al sistema completo.

## PROGRAMA TRAITEME

### OBJETO

Análisis por elementos finitos en régimen transitorio de problemas hidráulicos, térmicos y mecánicos en medio poroso.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

A. Peano  
ISMES  
Viale Giulio Cesare 29  
2410 Bergamo  
Italy

### DATOS DE ENTRADA

- Geometría de la malla
- Distribución inicial de presión de poro, temperatura, desplazamientos y estado de tensiones.
- Condiciones de contorno de presión y temperatura.
- Propiedades hidráulicas, térmicas y mecánicas del fluido y del macizo rocoso.

### RESULTADOS

- Temperaturas, presiones, desplazamientos y velocidades del fluido en cada paso de tiempo.
- Gradientes de temperaturas y tensiones.

### CAMPOS DE APLICACION

- Simulación de campos dominados por aguas geotermales.
- Problemas de ensayos en pozos geotermales.
- Estudios de cementerios nucleares.

## COMPATIBILIDAD

El programa ha sido desarrollado en un VAX 11/780.

## OBSERVACIONES

Las posibilidades gráficas son variadas:

- Evolución en el tiempo.
- Mapas de isolíneas
- Campos vectoriales

El medio modelizado se considera poroso y saturado.

Se tiene en cuenta:

- Viscosidad dependiente de la temperatura.
- Permeabilidad dependiente de las tensiones
- Interacción campo mecánico-sólido.

Es un modelo bidimensional, pudiendo utilizarse geometría axisimétrica.

También pueden modelizarse (opcionales) efectos como:

- Problemas de conducción y/o convección de calor
- Escorrentía
- Termoelasticidad
- Elasticidad
- Consolidación
- Etc.

Posee muy buenas referencias internacionales.

- Suma de la masa de soluto en porciones seleccionadas o en todo el sistema.

#### CAMPOS DE APLICACION

- Transporte de solutos en medios fracturados.
- Transporte de un trazador salino en un medio poroso.
- Determinación de los parámetros físicos de transporte de contaminantes en un acuífero poroso.
- Estudios de cantidad y calidad del agua subterránea.
- Estudio de la dispersión en un acuífero poroso.
- Simulación numérica del movimiento de residuos en aguas subterráneas.

#### COMPATIBILIDAD

IBM 360/75, CDC, UNIVAC

#### OBSERVACIONES

Los medios deben ser saturados, también se consideran los medios heterogéneos y anisotropos.

Para el esquema de transporte de solutos se incluyen los efectos de difusión, adsorción, dispersión hidrodinámica y las reacciones de primer orden incluyendo la descomposición radioactiva.

## PROGRAMA TRANSAT

### OBJETO

Resuelve por el método de los elementos finitos, en dos dimensiones, el flujo de agua subterránea (régimen estacionario y transitorio) y el transporte de soluto en régimen transitorio.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

J.F. Pickens y G.E. Grisak  
GTC Geologic Testing Consultants Ltd.  
785 Carling Avenue (4th. floor)  
Ottawa  
Ontario K15 5H4  
(CANADA)

### DATOS DE ENTRADA

- Geometría del mallado
- Condiciones iniciales y de contorno
- Conductividades hidráulicas
- Porosidades
- Coeficientes de distribución
- Constante de desintegración
- Densidades
- Coeficientes de difusión y dispersión en medio poroso

### RESULTADOS

- Distribución de presiones
- Distribución de velocidades (según Darcy)
- Distribución de concentraciones (y su variación en el tiempo)

## PROGRAMA TRANSIN

### OBJETO

Simulación de problemas de flujo y transporte de contaminantes en medio poroso incluyendo calibración automática del modelo.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

J. Carrera  
E.T.S.I. Caminos  
Universidad Politécnica de Catalunya  
Jordi Girona Salgado, 31  
08034 BARCELONA

### DATOS DE ENTRADA

- Información sobre el medio y el contaminante.
- Niveles y concentraciones medidas (para calibración)

### RESULTADOS

- Niveles piezométricos
- Concentración de solutos
- Información sobre el medio (resultado de la calibración).

### CARACTERISTICAS

Es un programa que aplica el método de los elementos finitos para la simulación y el principio de la máxima verosimilitud para la calibración (problema inverso).

El módulo de simulación es aplicable en régimen estacionario y transitorio pero el de la calibración sólo es estacionario.

Encadenable con procesadores para salidas gráficas.

### COMPATIBILIDAD

Vax.

## PROGRAMA TRANUSAT

### OBJETO

Código de elementos finitos para la simulación bidimensional del movimiento de agua y solutos en régimen permanente. El medio puede ser poroso (no uniforme) saturado o parcialmente saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

J.F. Pickens y G.E. Grisak  
GTC Geologic Testing Consultants Ltd.  
785 Carling Avenue (4th. floor)  
Ottawa  
Ontario K15 5H4  
(CANADA)

### DATOS DE ENTRADA

- Relación presión-contenido en humedad.
- Relación conductividad hidráulica-contenido en humedad.
- Coeficiente de almacenamiento específico.
- Dispersividades
- Coeficientes de distribución
- Constante de reacción de primer orden (desintegración).
- Relación coeficiente de difusión-contenido en humedad.
- Densidades
- Condiciones de contorno iniciales
- Geometría del mallado.

### RESULTADOS

Distribución de presiones, de la velocidad (Darcy) y concentraciones.

## CAMPOS DE APLICACION

- Transporte de agua y solutos en terrenos drenados.
- Transporte de contaminantes en lugares de almacenamiento de residuos.

## COMPATIBILIDAD

IBM 360/75, CDC

## OBSERVACIONES

Para el modelo de flujo se toman las siguientes consideraciones con respecto al medio:

- Ligeramente compresible
- Saturado/no saturado
- Heterogéneo
- Anisótropo.

En el modelo de transporte (en régimen transitorio) se incluye la difusión, adsorción, dispersión hidrodinámica y las reacciones de primer orden (incluyendo la descomposición radiactiva).

## PROGRAMA TRECORT

### OBJETO

Simulación de flujo subterráneo en dos dimensiones por el método de diferencias finitas.

### LENGUAJE

FORTRAN

### PROCEDENCIA

P.C. Trescott, G.F. Pinder, S.P. Larson  
Finite difference model for aquifer simulation in two dimensions with results of numerical experiments.  
United States Geological Survey  
Washington 1976.

Incluidas modificaciones efectuadas en el proyecto: Actualización de datos hidrogeológicos en los acuíferos de Almonte-Marismas y mioceno de base. IGME 1982. C.G.S., S.A.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

No interactivo.

#### ENTRADA

- Tipo de acuífero, tamaño y modelización a escoger (método de resolución, etc.)
- Parámetros escalares (escala, nº pasos de tiempos, períodos de bombeo, etc.)
- Matrices de datos (indicadores de valores constantes o variables, indicador de impresión ó no...)
- Parámetros variables en cada período de bombeo (nº de períodos de bombeo, nº de pozos, nº de días, recarga, etc.)

#### SALIDA

- Matriz de potencial hidráulico y diferencia con el potencial hidráulico inicial.
- Planos a escala de la distribución de potencial hidráulico (y diferencias con el potencial hidráulico de partida)

- Balances detallados de entradas y salidas de agua al acuífero.

#### **CAMPO DE APLICACION**

El acuífero a modelizar puede ser libre, confinado o con posibilidad de pasar de libre a confinado o viceversa. Puede tener evaporación en zonas donde la piezometría está cercana a la superficie, puede tener una recarga superficial uniforme en el tiempo, permite la simulación de ríos y manantiales, percolación a través de un lecho semiconfinado de coeficiente de almacenamiento no nulo, recarga por los bordes del modelo y pozos de bombeo e inyección.

El mallado es rectangular de dimensiones variables, con relación entre dimensiones vecinas de 1,5 máximo.

#### **COMPATIBILIDAD**

Operativo en VAX 11/730 e IBM 4361

#### **OBSERVACIONES**

Ampliaciones del programa USGS2D original para poder variar en cada periodo de bombeo la recarga superficial (generalmente lluvia), que el modelo calcule los caudales ordenados por tramos de ríos separadamente, que dibuje las evoluciones de niveles en pautas seleccionadas con o sin evoluciones reales y la posibilidad de introducir los datos de extracciones, no celda a celda sino por grupos.

## PROGRAMA TROUGH

### OBJETO

Resuelve (en dos dimensiones) las ecuaciones de presiones, del flujo y del transporte de especies químicas y de la energía térmica en medio poroso.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

R.J. Hopkirk, D.J. Gilby, I. Schwammer  
Polydynamics  
Schaffhauserstrasse, 24  
CH-8006 Zurich  
(SUIZA)

### DATOS DE ENTRADA

Según el tipo de análisis:

- \* Definición del campo de flujos
  - Presiones hidráulicas en el contorno.
  - Ratios de flujos a través del contorno o en el dominio.
  - Conductividad hidráulica
  - Dispersión hidrodinámica
  - Porosidades
  - Coeficiente de almacenamiento
- \* Definición de la transferencia de calor
  - Distribución inicial de temperaturas
  - Flujos de calor a través del contorno
  - Fuentes y sumideros de calor en el dominio
  - Coeficiente de intercambio de calor superficial
  - Areas de intercambio de calor fluido-sólido.

- Calores específicos de los sólidos y fluidos
- Conductividades térmicas de sólidos y fluidos.
- Densidades de sólidos y fluidos.

\* Definición del transporte químico/nucleido

- Distribución inicial de concentraciones
- Flujos de concentraciones a través del contorno
- Fuentes y sumideros en el dominio
- Nivel de saturación
- Peso molecular
- Constante de equilibrio de distribución en cada punto.
- Coeficiente de intercambio de masa
- Coeficiente de difusión efectivo
- Porosidad

**RESULTADOS**

Concentración de nucleidos en cada nodo y en cada paso de tiempo.

- Dispone de salidas gráficas:
- Dibujo del campo vectorial de flujo
- Líneas de corriente
- Isopotenciales
- Curvas de nivel de temperaturas

**CAMPOS DE APLICACION**

- Estudios de migración de radionúclidos
- Problemas generales de polución de aguas subterráneas.

**COMPATIBILIDAD**

CYBER 170 y CRAY-1S

## OBSERVACIONES

El medio puede ser tanto poroso como fracturado, pudiendo ser este último generado estadísticamente.

Todas las propiedades de los materiales pueden ser variables con la temperatura.

El algoritmo numérico se basa en un esquema de diferencias finitas, con distintas posibilidades de resolución.

## PROGRAMA TRUST

### OBJETO

Modelización (3D) del movimiento del agua en terrenos porosos total o parcialmente saturados con consolidación unidimensional.

### PROCEDENCIA

T.N. Narasimhan  
Lawrence Berkeley Laboratory  
University of California  
Berkeley, Ca. 94720  
(U.S.A.)

### CARACTERISTICAS

Además del análisis del flujo realiza una simulación de la compactación del medio causada por la extracción de agua.

El modelo teórico es tridimensional combinado con un campo unidimensional vertical de deformaciones.

La solución numérica se basa en el método de las diferencias finitas.

### CAMPOS DE APLICACION

- Es útil para sistemas multidimensionales heterogéneos con materiales isotrópicos.
- Se puede utilizar como modelo de flujo en situaciones donde la subsidencia puede ser significativa.
- El medio puede ser fracturado o poroso-fracturado.

### COMPATIBILIDAD

VAX.

## PROGRAMA TS-MATCH

### OBJETO

Caracterización de un acuífero confinado sin infiltración y con un pozo totalmente penetrante.

### PROCEDENCIA

In Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Calcula los mejores valores de la transmisividad y del coeficiente de almacenamiento ajustando la curva de tipo Theis con los datos de ensayos de bombeo.
- Utiliza el ajuste por mínimos cuadrados no lineal.
- Calcula las transmisividades direccionales utilizando el método de Papadopulos
- Incluye chequeo de los datos
- Genera gráficos sobre los resultados.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC, XT, AT ó compatibles

Plotters: Hewlett Packard y Houston Instruments.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA TURCUOTA

### OBJETO

Calcular la evapotranspiración real anual por los métodos de Turc y/o Coutagne.

### LENGUAJE

BASIC o FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Programa realizado en el convenio IGME-UPM para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Origen de datos: Programa de J. Gonzálo Doblas.

Documentación en el convenio UPM-IGME 1985. Documento nº 5.

### DATOS DE ENTRADA/SALIDA

Interactiva

#### ENTRADA

- Año, temperatura media anual y pluviometría anual

#### SALIDA

- ETP real anual

### COMPATIBILIDAD

Operativo sobre VAX 11/730, HP85 e IBM-PC

## PROGRAMA UNNAMED (PUT)

### OBJETO

Migración en régimen transitorio y tridimensional de radionúclidos solubles.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

M. Put  
Laboratories du CENISCK  
Boeretang 200  
B 2400 Mol  
(Bélgica)

### DATOS DE ENTRADA

- Periodo de semidesintegración
- Velocidad del agua
- Factor de retardo
- Coeficientes de difusión en los tres ejes coordenados
- Concentración y geometría de la fuente
- Concentración máxima permisible

### RESULTADOS

En cada paso de tiempo:

- Concentración máxima
- Lugar donde se presenta la concentración máxima.
- Lugar donde la concentración se iguala a la máxima permisible.

También calcula el lugar y el momento donde todas las concentraciones están por debajo de la máxima permisible.

## **CAMPOS DE APLICACION**

Problemas generales de dispersión en medios porosos no confinados.

## **COMPATIBILIDAD**

El programa ha sido utilizado en IBM 370.

## **OBSERVACIONES**

El programa ha sido específicamente diseñado para el estudio de la migración en una formación arcillosa en Mol, Bélgica.

Incluye los efectos de difusión, dispersión hidrodinámica y retención.

El medio es infinito y de propiedades homogéneas.

## PROGRAMA UNNAMED (THUNVIK)

### OBJETO

Modelo matemático bi o tridimensional de elementos finitos para la simulación de problemas hidrotermales en rocas consolidadas.

### LENGUAJE

FORTRAN IV

### PROCEDENCIA

R. Thunvik  
Departament of Agriculture and Technology  
Royal Institute of Technology (KTH)  
S-100 44 Stockholm  
(SUECIA)

### DATOS DE ENTRADA

Propiedades del fluido:

- Densidad
- Viscosidad
- Compresibilidad
- Volúmen térmico de expansión
- Capacidad calorífica específica
- Conductividad térmica
- Coeficiente de transferencia de calor.

Propiedades de la roca:

- Densidad
- Porosidad
- Permeabilidad
- Compresibilidad
- Volúmen térmico de expansión

- Capacidad calorífica específica
- Conductividad térmica

#### RESULTADOS

- Temperaturas y presiones (en régimen estacionario o permanente) en nodos seleccionados o sobre todo el dominio.
- Trayectorias, tiempos de recorrido y flujos.
- También se pueden obtener dibujos de flujos y mapas de isotermas.

#### CAMPOS DE APLICACION

- Flujo subterráneo alrededor de cementerios nucleares.
- Problemas geotérmicos.

#### COMPATIBILIDAD

IBM, CRAY.

#### OBSERVACIONES

La roca fracturada se puede tratar como:

- Dos medios continuos en el que uno representa la red de fractura y otro los bloques sólidos.
- Un único medio equivalente.

## PROGRAMA USGS2D

### OBJETO

Programa de diferencias finitas para simulación de un acuífero en dos dimensiones saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

United States Geological Survey (P.C. Trescott, G.F. Pinder, S.P. Larson).

### DATOS DE ENTRADA

- Parámetros de control.
- Coeficiente de almacenamiento
- Evapotranspiración-Infiltración
- Transmisividad
- Recargas y descargas
- Bombeos
- Niveles iniciales.

### RESULTADOS

- Realiza un balance de masa del sistema
- Calcula los descensos y la altura piezométrica en cada paso de tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

Para simulación de flujo subterráneo en medios porosos anisótropos y heterogéneos.

### COMPATIBILIDAD

Operativo VAX, IBM, IBM-PC.

## OBSERVACIONES

Dispone de salidas gráficas por plotter

Permite el estudio de acuíferos donde se consideran los fenómenos de infiltración (transitoria y estacionaria) desde acuíferos confinados, recargas, bombeos y evaporación.

## PROGRAMA USGS3D

### OBJETO

Programa de diferencias finitas para simulación de un acuífero en tres dimensiones saturado.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

United States Geological Survey (P.C. Trescott)

### DATOS DE ENTRADA

- Parámetros de control.
- Transmisividad
- Coeficiente de Almacenamiento
- Conductividad hidráulica
- Recargas y descargas
- Bombeos
- Niveles iniciales.

### RESULTADOS

- Realiza un balance de masa del sistema
- Calcula los descensos piezométricos y la altura piezométrica en cada paso de tiempo.

### CAMPO DE APLICACION

Para simulación de flujo subterráneo en medios porosos anisótropos y heterogéneos.

### COMPATIBILIDAD

Operativo VAX.

## OBSERVACIONES

- El modelo permite un espaciado de mallado variable.
- Considera la infiltración vertical para relacionar unas capas con otras.

## PROGRAMA VADOSE

### OBJETO

Modelo analítico tridimensional para el flujo en un medio poroso, no saturado, isótropo o anisótropo.

### PROCEDENCIA

In Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Puede utilizarse para la predicción de la dispersión de una solución tóxica en el terreno.
- La saturación y/o la velocidad de flujo pueden ser calculadas como una función del tiempo y de la posición para una infiltración especificada por el usuario.
- Se aplica el principio de superposición para problemas compuestos.
- Se pueden incluir condiciones de contorno de borde impermeable horizontales o verticales.
- El modelo calcula la saturación, la presión capilar y las velocidades en los puntos deseados.
- Dibuja curvas de nivel de saturación, capilaridad y velocidades.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC, XT, AT ó compatibles.

Plotters: Hewlett Packard y Houston Instruments.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh., 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA WATEQF

### OBJETO

Modelo de calidad de aguas por balance de masa.

### LENGUAJE

FORTRAN 77

### PROCEDENCIA

Alfred H. Truesdell y Blair F. Jones. U.S. Geological Survey.

### DATOS DE ENTRADA

- Parámetros físico-químicos de los espacios a estudiar así como parámetros generales del tipo de solución obtenidos del análisis. Ej.: Actividad, temperatura, potencial redox, concentraciones, pH, etc.

### RESULTADOS

- Actividad iónica
- Potencial Redox
- Presiones parciales de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$
- Total de sólidos disueltos
- Concentración de cada especie
- Ratios molares
- Saturación y actividad total
- Etc.

### CAMPO DE APLICACION

Predicción de los efectos químicos en el agua subterránea producidos por recargas, irrigación, etc.

### COMPATIBILIDAD

Operativo VAX, IBM.

## OBSERVACIONES

Se basa en un balance de masa en los cationes, resolviendo las ecuaciones de acción de masas y balance de masas.

## PROGRAMA WATER-VELL

### OBJETO

Predicción del movimiento del agua subterránea en acuíferos confinados.

### PROCEDENCIA

In Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Calcula el movimiento utilizando las medidas del nivel piezométrico y de las propiedades del acuífero (permeabilidad).
- Puede tener en cuenta la anisotropía.
- Se obtiene el gradiente hidráulico a partir del ajuste por mínimos cuadrados de las medidas piezométricas.
- Calcula el flujo y la dirección utilizando la ley de Darcy.
- No dispone de salidas gráficas.

### COMPATIBILIDAD

IBM PC, XT, AT ó compatibles.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box. 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

## PROGRAMA WELSAMP

### OBJETO

Programa para asesorar en la obtención de muestras de calidad de agua.

### PROCEDENCIA

In Situ Inc.

### CARACTERISTICAS

- Permite al usuario determinar la duración del bombeo necesario para obtener una muestra conteniendo un porcentaje deseado del agua del acuífero. Calcula el porcentaje (instantáneo o acumulativo) de descarga de agua del acuífero como función del tiempo.
- Adecuado para acuíferos sin infiltración vertical y con pozo totalmente penetrante.
- Genera gráficas sobre los resultados.

### COMPATIBILIDAD

- IBM PC ó compatibles
- Plotters: Hewlett Packard o Houston Instruments.

### DISTRIBUCION

National Water Well Association (NWWA)  
P.O. Box 182039  
Dept. 017  
Columbus, Oh. 43218  
(U.S.A.)

IV. DIRECCIONES DE DISTRIBUIDORES

DISTRIBUIDOR

PROGRAMAS

ADINA Engineering AB  
Stangjarnasgatan 227  
S 72473 Vasteras  
SUECIA

-ADINAT

Atkins Research & Development  
Woodcote Grove  
Ashley Road  
Epson  
Surrey KY18 5BW  
REINO UNIDO

-ASAS

Bureau de Recherches Geologiques et  
Minières BRGM  
Service Géologique National  
B.P. 6009 - 45060 Orleans Cedex  
FRANCIA

-ELFESTRE  
-HYMEC  
-MARTHE  
-MECHYD

BERSAFE Advisory Group  
CEGB  
Berkeley Nuclear Laboratories  
Berkeley  
Gousc.  
REINO UNIDO

-BERSAFE

Centre d'Informatique Geologique  
Ecole des Mines de Paris  
35 rue Saint Honoré  
77305 Fontainebleau  
FRANCIA

-NEWSAM  
-METIS

CISI  
35, Bd. Bruné  
75680 Paris Cedex 14  
FRANCIA

-CASTEM

Compañía General de Sondeos, S.A.  
CGS  
Corazón de María, 15  
28002 Madrid  
ESPAÑA

-COMBI-ECO  
-COMBI 2  
-PRI34/PRILOT1  
-TRESCORT

Chemestry Department  
Riso National Laboratory  
DK-4000 Roskilde  
DINAMARCA

-COLUMN

DISTRIBUIDOR

PROGRAMAS

Department of Agriculture and  
Technology  
Royal Institute of Technology (KTH)  
S-100 44 Stockholm  
SUECIA

-UNNAMED  
(THUNVIK)

Departamento de Matemática Aplicada  
y Métodos Informáticos.  
DMAMI  
E.T.S. Ingenieros de Minas  
Rios Rosas, 21  
28003 Madrid  
ESPAÑA

-HIDROG1  
-HIDROG2  
-MEF2  
-MINIMEF

Department of Hydrology and Water  
Resources  
University of Arizona  
Tucson, Arizona 85721  
USA

-FREESURF1  
-UNSAT2

Engineering Services  
901 Douglas AV.  
Suite 206  
Altamonte Springs, FL 32779  
USA

-CSEEP  
-OVRFL-FEM  
-SCS

EPTISA  
Vallehermoso, 30  
28015 Madrid  
ESPAÑA

-BAHID  
-BAHIMED  
-CLIMA1  
-CLIMA2  
-HIDRO  
-RECAU  
-REPLU  
-RETEM  
-THIESSEN  
-THORNTWA

E.T.S.I. Caminos  
Universidad Politécnica de Catalunya  
Jordi Girona Salgado, 31  
08034 Barcelona

-CONFL  
-INVERT  
-TRANSIN

Fluid Mechanics and Heat  
Transfer Division  
Sandia National Laboratories  
Albuquerque, New México 87185  
USA

-MARIAH

DISTRIBUIDOR

PROGRAMAS

FRAMATOME  
Centre de Calcul  
BP 13  
71380 Saint Marcel  
FRANCIA

- TITUS

GEOTRANS, Inc.  
250 Exchange Place, Suite A  
Herndon, VA 22070  
USA

- FLAMINCO  
- SANDWICH  
- SATURN  
- SEFTRAN  
- SWANFLOW  
- SWICHA

Geologic Testing Consultants Ltd.  
GTC  
785 Carling Avenue (4 yh. floor)  
Ottawa  
Ontario K155H4  
CANADA

- SHALT  
- TRANSAT  
- TRANUSAT

H.G. Engineering  
Ontario  
CANADA

- FESDEC

IGME-DMAMI  
C/ Rios Rosas, 23  
28003 Madrid  
ESPAÑA

- ANALISIS  
- BALANCE  
- BOUSS  
- CELGLOV  
- CELULA  
- CORREORT  
- DESCENSOS  
- DOBLEMAS  
- ETPBLANE  
- FLUTA  
- GAUSS  
- GLOVER  
- GOODRICH  
- GUMBEL  
- HIDROG1  
- HIDROG2  
- INTERPRO  
- LOGNORMA  
- MARQ8  
- MEDAN2  
- MEDAN4  
- MEDAN5  
- MIDCAL  
- MIDOGI  
- MPRESA

DISTRIBUIDOR

PROGRAMAS

IKO Software Service  
Aibstadtweg, 10  
D7000 Stuttgart 80  
R.F. ALEMANIA

Illinois State Water Survey  
Champaign  
USA

ISMES  
Viale Giulio Cesare, 29  
2410 Bergamo  
ITALIA

Laboratories du CENISCK  
Boeretang 200  
B2400 Mol  
BELGICA

Lawrence Berkeley Laboratory  
University of California  
Berkeley, Ca. 94720  
USA

MARC Analysis Research Corporation  
Verrijn Stuartlaan 29  
2288 EK Rijswijk  
HOLANDA

McNeal-Schwendler GmbH  
Prinz regentenst 78  
8000 München 80  
R.F. ALEMANIA

- POISSON  
- REGA86  
- REST  
- ROENA  
- SAHUQUI  
- SIBOT  
- SIMACUINF  
- SIMULBAS  
- SOPAL  
- THORNWAIT  
- TIPO  
- TURCUOTA

- ASKA

- RANDOM-WALK

- TRAITEME

- UNNAMED (PUT)

- ROCMAS  
- TRUST  
- SHAFT79

- MARC

- MSC/NASTRAN

DISTRIBUIDOR

National Water Well Association  
NWWA  
P.O. Box: 182039  
Dept. 017  
Columbus, OH. 43218  
USA

Oak Ridge National Laboratory  
P.O. Box X  
Oak Ridge, TN 37831  
USA

Office of Nuclear Waste Isolation  
550 King Avenue  
Columbus, Oh. 4320  
USA

PAFEC Limited  
Strelley Hall  
Strelley  
Nottingham NG8 6PE  
REINO UNIDO

Polydynamics  
Schaffhauserstrasse, 24  
CH-8006 Zurich  
SUIZA

SCIA  
3, rue Etienne Marcel  
Paris  
FRANCIA

PROGRAMAS

-CAPTURE  
-CONTUR  
-DSPSS  
-ECOTRAC  
-EQUIPLOT  
-FATEP/WELLCOST  
-GWAP  
-GWPHAM  
-HERMIT-DM  
-HIDROPAL-I  
-HIDROPAL-II  
-HJ-MATCH  
-KON  
-MATCH2  
-PAPADOP  
-PLUME  
-PTDPS-I/  
PTDPS-II  
-PUMP  
-TS-MATCH  
-VADOSE  
-WATER-WELL  
-WELSAMP

-AT123D  
-FEMA  
-FEMWASTE  
-FEMWATER  
-FEWA  
-FRACPORT  
-HYDROGEOCHEM

-FE3DGW  
-CFEST

-PAFEC

-TROUGH

-SCIA

DISTRIBUIDOR

PROGRAMAS

Scientific Software-Intercomp.  
1801 California Street  
Denver, Co. 80209  
USA

- PROBE

Swanson Analysis System Inc.  
Johnson Road, Po Box 65  
Houston, PA 15342  
USA

- ANSYS

Technical Information Systems, Inc.  
116 West Plume Street  
Norfolk, VA 23510  
USA

- HEC-1

- HEC-2

Theoretical Physics Division  
AERE Harwell  
Oxfordshire  
OX 11 0RA  
REINO UNIDO

- NAMMU

- NAMMET

- NAMSOL

Departamento de Geodinámica  
Universidad de Granada  
Campus Fuentenueva  
18071 Granada  
ESPAÑA

- ANASERIES

- CLIMA-T

- EVADIA

- HIDROQ-T

U.S. Geological Survey USGS  
Reston, Virginia 22092  
USA

- KONBRED

- MODFLOW

- SUTRA

- USGS2D

- USGS3D

- WATEQF

U.S. Nuclear Regulatory Commision  
Washington, DC 20555  
USA

- GRDFLX

- GROUND

- GS2 y GS3

- SWIFT I, II y  
III

Water Resources Program  
Princeton University  
Princeton, NJ 08540  
USA

- ODGMTM1

- ODGMTM2

- TDGMTM1

- TDGMTM2

- THDGMTM1

- THDGMTM2

V. B I B L I O G R A F I A

- [1] C.A. BREBBIA (1981): "Finite Element Systems. A Handbook". 2ª Ed. Springer Verlag.
- [2] T.W. BROYD, R.B. DEAN, G.D. HOBBS, N.C. KNOWLE, J.M. PUTNEY and J. WRIGLEY (1983): "A directory of Computer Programs for Assessment of Radioactive Waste Disposal in Geological Formations". Atkins Research and Development. CEC.
- [3] P.S. HUYAKORN, G.F. PINDER (1983): "Computational methods in subsurface flow". Ed. Academic Press.
- [4] IGME (1983): "Informe sobre el convenio con la Universidad Politécnica de Madrid para el desarrollo de métodos numéricos aplicables a la utilización integrada de las aguas subterráneas".
- [5] IGME (1984): "Informe sobre el convenio con la Universidad Politécnica de Madrid para el desarrollo de métodos numéricos aplicables a la utilización integrada de las aguas subterráneas".
- [6] IGME (1985): "Informe sobre el convenio con la Universidad Politécnica de Madrid para el desarrollo de métodos numéricos aplicables a la utilización integrada de las aguas subterráneas".
- [7] P. VAN DER HEIJDE y otros (1985): "Groundwater Management: The use of Numerical Models". 2ª Ed. Water Resources Monograph 5. American Geophysical Union.
- [8] S. DE VICENTE, L. GAVETE y F. AYALA (1985): "Guía de programas de ordenador para Geotecnia y Minería". IGME.

A N E X O

F O R M A T O   T I P O

**PROGRAMA:**

**OBJETO:**

**LENGUAJE:**

**PROCEDENCIA Y DOCUMENTACION:**

**DATOS DE ENTRADA/SALIDA:**

**CAMPOS DE APLICACION:**

**COMPATIBILIDAD:**

**OBSERVACIONES:**

## INDICE ALFABETICO DE PROGRAMAS

<u>PROGRAMA</u>	<u>PAGINA</u>
ADINAT .....	3.1.
ANALISIS .....	3.2.
ANASERIES .....	3.4.
ANSYS .....	3.5.
ASAS .....	3.6.
ASKA .....	3.7.
AT123D.....	3.8.
BAHID .....	3.10.
BAHIMED .....	3.12.
BALANCE .....	3.14.
BERSAFE .....	3.16
BOUSS .....	3.17
CAPTURE .....	3.18
CASTEM .....	3.19
CELGLOV .....	3.21
CELULA .....	3.22
CFEST .....	3.24
CLIMA-T .....	3.25
CLIMA1 .....	3.26
CLIMA2 .....	3.27
COLUMN .....	3.28
COMBI-ECO .....	3.30
COMBI-2 .....	3.32
CONFL .....	3.34
CONTUR .....	3.35
CORREORT .....	3.36
CSEEP .....	3.38
DESCENSOS .....	3.39
DOBLEMAS .....	3.41
DOT .....	3.42
DSPSS .....	3.43
ECOTRAC .....	3.44
ELFESTRE .....	3.45
EQUIPLOT .....	3.47
ETPBLANE .....	3.48
EVADIA .....	3.49
FASTEP/WELLCOST .....	3.50
FEMA .....	3.51
FEMWASTE .....	3.53
FEMWATER .....	3.55

PROGRAMA

PAGINA

FESDEC .....	3.57
FEWA .....	3.58
FE3DGW .....	3.60
FINITE/GP .....	3.62
FLAMINCO .....	3.63
FLUTA .....	3.64
FRACPORT .....	3.65
FREESURF-I .....	3.67
GLOVER .....	3.69
GOODRICH .....	3.70
GRDFLX .....	3.71
GROUND .....	3.73
GS2 Y GS3 .....	3.75
GUMBEL .....	3.77
GWAP .....	3.79
GWPHAP .....	3.80
HEC-1 .....	3.81
HEC-2 .....	3.82
HERMIT-DM .....	3.83
HIDRO .....	3.84
HIDROG1 .....	3.86
HIDROG2 .....	3.87
HIDROPAL-I/HIDROPAL II .	3.89
HIDROQ-T .....	3.90
HJ-MATCH .....	3.91
HP-FE .....	3.92
HYDROGEOCHEM .....	3.93
HYDROL .....	3.95
HYMEC .....	3.97
INTERPO .....	3.98
INVERT .....	3.99
KON .....	3.100
KONBRED .....	3.101
LAPLACE .....	3.103
LOGNORMA .....	3.104
MARC .....	3.105
MARIAH .....	3.107
MARQ8 .....	3.109
MARTHE .....	3.110

PROGRAMA

PAGINA

MATCH2 .....	3.112
MECHYD .....	3.113
MEDAN2 .....	3.115
MEDAN4 .....	3.117
MEDAN5 .....	3.119
MEF2 .....	3.121
METIS .....	3.123
MIDCAL .....	3.125
MIDOGI .....	3.127
MINIMEF .....	3.129
MODFLOW .....	3.131
MPRESA .....	3.133
MSC/NASTRAN .....	3.135
NAMMET .....	3.138
NAMMU .....	3.140
NAMSOL .....	3.142
NEWSAM .....	3.144
ODGMTM1 .....	3.146
ODGMTM2 .....	3.148
OVRFL-FEM .....	3.150
PAFEC .....	3.151
PAPADOP .....	3.153
PLUME .....	3.154
POISSON .....	3.156
PRI34/PRILOT1 .....	3.158
PROBE .....	3.161
PTDPS-I/PTDPS-II .....	3.162
PUMP .....	3.164
QUAL2E .....	3.165
RANDOM-WALK .....	3.167
RECAU .....	3.169
REGA86 .....	3.170
REPLU .....	3.172
REST .....	3.173
RETEM .....	3.174
ROCMAS .....	3.175
ROENA .....	3.176
SAHUQUI .....	3.178
SANDWICH .....	3.179
SATURN .....	3.181
SCIA .....	3.183

PROGRAMA

PAGINA

SCS .....	3.185
SEFTRAN .....	3.186
SHAFT79 .....	3.187
SHALT .....	3.189
SIBOT.....	3.191
SIMACUINF .....	3.192
SIMULBAS .....	3.194
SIM-5 .....	3.195
SUTRA .....	3.197
SWANFLOW .....	3.199
SWICHA .....	3.200
SWIFT I, II, III .....	3.201
TDGMTM1.....	3.202
TDGMTM2 .....	3.203
TDGMTM3 .....	3.204
THDGMTM1 .....	3.205
THDGMTM2 .....	3.206
THIESSEN .....	3.207
THORNTWA .....	3.208
THORNWAIT .....	3.209
TIPO.....	3.211
TITUS .....	3.212
TRAITEME .....	3.214
TRANSAT .....	3.216
TRANSIM .....	3.218
TRANUSAT .....	3.219
TRESCORT .....	3.221
TROUGH .....	3.223
TRUST .....	3.226
TS-MATCH .....	3.227
TURCUOTA .....	3.228
UNNAMED (PUT) .....	3.229
UNNAMED (THUNVIK) .....	3.231
USGS2D .....	3.233
USGS3D .....	3.235
VADOSE .....	3.237
WATEQF .....	3.238
WATER-VELL .....	3.240
WELSAMP.....	3.241