

**MODELO DE FLUJO DE DIFERENCIA FINITA DE EJES SIMÉTRICOS PARA
SIMULAR CAIDAS DE PRESIÓN DENTRO Y ALREDEDOR DE UN POZO
FLUYENDO**

FIDEL ORLANDO MENDEZ MONTEALEGRE

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2007**

**MODELO DE FLUJO DE DIFERENCIA FINITA DE EJES SIMÉTRICOS PARA
SIMULAR CAIDAS DE PRESIÓN DENTRO Y ALREDEDOR DE UN POZO
FLUYENDO**

FIDEL ORLANDO MENDEZ MONTEALEGRE

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero de Petróleos**

**Director
FREDDY HUMBERTO ESCOBAR MACUALO
Doctor en Ingeniería de Petróleos**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2007**

Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del Evaluador

Firma del Evaluador

Neiva, 02 de Noviembre de 2007

DEDICATORIA

Agradezco a Dios que me dio la vida, la perseverancia, la fe y la esperanza para cumplir mi sueño de ser Ingeniero de Petróleos, a mi madre Islena y a mi hermano Andrés porque siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo hasta el final, a mis amigos, compañeros y profesores en especial al Profesor Freddy Humberto, por haber compartido conmigo todos estos años, darme su ánimo, sus consejos y su comprensión para poder cumplir esta meta.

Fidel Orlando Méndez Montealegre

AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo expresa sus agradecimientos a:

La **UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA** por su aporte en la formación de profesionales en la carrera de Ingeniería de Petróleos.

Al **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PRUEBAS DE POZO (GIPP)** por su aporte y colaboración para el desarrollo y finalización de proyectos de investigación en el área de Ingeniería de Petróleos.

Ph. D. **FREDDY HUMBERTO ESCOBAR MACUALO**, Director del proyecto, por su colaboración, ayuda y orientación en el desarrollo del mismo.

Ing. **RUBEN ALBERTO GONZÁLEZ LÓPEZ**, Miembro del Grupo de Investigación en Pruebas de Pozo (GIPP), por su colaboración y ayuda en el desarrollo del mismo.

Ing. **MELQUESIDEC ROJAS MUÑOZ**, Asistente del Convenio (USCO-ICP) y Evaluador del proyecto.

Ing. **HAYDEE MORALES MONDRAGÓN**, Profesora titular del Programa Ingeniería de Petróleos y Evaluadora del Proyecto.

Documentalista. **AURA LUZ OSORIO ROA**, Asesora en Normas ICONTEC.

A todas las personas que de diferentes formas colaboraron en el desarrollo y finalización del presente proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO	17
1.1.1 Configuración geométrica del modelo	17
1.1.2 Cálculo del flujo en el acuífero	18
1.1.2.1 Flujo horizontal	19
1.1.2.2 Flujo Vertical	22
1.1.3 Tratamiento de las celdas de la parte superior de la capa	23
1.1.4 Cálculo de la caída de presión y las pérdidas hidráulicas en cabeza	24
1.1.4.1 Cálculo de la caída de presión el pozo	24
1.1.4.2 Cálculo de la caída de presión en el acuífero	27
1.1.4.3 Cálculo de la pérdida de cabeza hidráulica dentro del pozo	29
1.1.5 Estabilidad y tiempo de ejecución del modelo	30
1.1.6 Formato de los archivos de datos para entrar al modelo	32
1.1.7 Comparación de los resultados del modelo con las soluciones analíticas	33
1.1.8 Caída de presión en estado estable en un acuífero confinado caso1	33
1.1.9 Caída de presión en estado inestable en un acuífero confinado sin filtración caso 2	33
1.1.10 Caída de presión en acuíferos confinados con filtración e ignorando almacenamiento en los estratos confinados caso 3	34

1.1.11 Caída de presión en acuíferos confinados con filtración considerando almacenamiento en el estrato confinado caso 4	34
1.1.12 Caída de presión inducida por una penetración parcial del pozo en un acuífero no confinado considerando producción retrasada caso 5	34
1.1.13 Caída de presión a lo largo del diámetro del pozo	48
1.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO CON LOS RESULTADOS DE OTROS MODELOS NUMÉRICOS	49
1.3 COMPLICACIONES INDUCIDAS POR LAS CARACTERÍSTICAS DEL POZO	50
2. ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
2.1 CASO 1	56
2.1.1 Caída de presión en estado estable en un acuífero confinado	56
2.2 CASO 2	58
2.2.1 Caída de presión en estado inestable en un acuífero confinado sin filtración	58
2.3 CASO 3	59
2.3.1 Caída de presión en acuíferos confinados con filtración e ignorando almacenamiento en los estratos confinados	59
2.4 CASO 4	60
2.4.1 Caída de presión en acuíferos confinados con filtración considerando almacenamiento en el estrato confinado	60
2.5 CASO 5	61
2.5.1 Caída de presión inducida por una penetración parcial del pozo en un acuífero no confinado considerando producción retrasada	61
2.6 RESULTADOS CASO 1	63
2.7 RESULTADOS CASO 2	68

2.8 RESULTADOS CASO 3	77
2.9 RESULTADOS CASO 4	85
2.10 RESULTADOS CASO 5	92
3. CONCLUSIONES	98
4. RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	102

LISTA DE FIGURAS

	<i>Pág.</i>
Figura 1. Configuración geométrica cercana al pozo del modelo de ejes simétricos	17
Figura 2. Conceptualización del flujo horizontal desde el centro de una celda al centro de la siguiente celda	21
Figura 3. Variables necesarias en el cálculo de la media armónica del espesor compensado de valores de la conductividad hidráulica para dos celdas adyacentes, usadas para calcular el flujo vertical entre dos celdas	23
Figura 4. Procedimiento ejecutado en el modelo durante cada uno de los lapsos de tiempo	26
Figura 5. Configuración del modelo, datos del archivo de entrada, y resultados de la caída de presión determinados de la ecuación Thiem (Lohman,1972) y modelo de ejes simétricos	35
Figura 6. Configuración del modelo, datos del archivo entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de la ecuación de Theis (1935) y del modelo de ejes simétricos	37
Figura 7. Configuración del modelo, datos del archivo de entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de los métodos Hantush-Jacob (Hantush y Jacob, 1955; Hantush, 1956) y modelo de ejes simétricos	41
Figura 8. Configuración del modelo, datos del archivo de entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de los métodos Hantush (Hantush , 1960) considerando almacenamiento en los estratos confinados y el modelo de ejes simétricos	43

Figura 9.	Configuración del modelo, archivo de datos de entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de los métodos Neuman (Neuman, 1974,1975) y el modelo de ejes simétricos	46
Figura 10.	Relación entre la caída de presión y el tiempo dentro y cerca de un pozo fluyendo aquel tiene 0.785398 pies cuadrados de superficie de agua libre	49
Figura 11.	Resultados de la caída de presión calculada por el modelo de Reilly y el modelo de ejes simétricos	52
Figura 12.	Caída de presión en y alrededor de un pozo fluyendo, que penetra totalmente un acuífero confinado, homogéneo e isotrópico bajo condiciones similares a las de Cooley y Cunningham (1979)	53
Figura 13.	Caída de presión dentro y alrededor de un pozo fluyendo, que está abierto a un acuífero no confinado, homogéneo e isotrópico	54
Figura 14.	Caída de presión en y alrededor de un pozo fluyendo que está abierto en 3 zonas diferentes heterogéneas y anisotrópicas de un sistema acuífero	55
Figura 15.	Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 10000 segundos, para el caso 1	63
Figura 16.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 10000 segundos, para el caso 1, en contornos	64
Figura 17.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 10000 segundos, para el caso 1, en barras	65
Figura 18.	Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 500 segundos, para el caso 2	68
Figura 19.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 500 segundos, para el caso 2, en contornos	69
Figura 20.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 500 segundos, para el caso 2, en barras	70

Figura 21.	Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 3000 segundos, para el caso 3	77
Figura 22.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 3000 segundos, para el caso 3, en contornos	78
Figura 23.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 3000 segundos, para el caso 3, en barras	79
Figura 24.	Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 12,5 segundos, para el caso 4	85
Figura 25.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 12,5 segundos, para el caso 4, en contornos	86
Figura 26.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 12,5 segundos, para el caso 4, en barras	87
Figura 27.	Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 5000 segundos, para el caso 5	92
Figura 28.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 5000 segundos, para el caso 5, en contornos	93
Figura 29.	Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 5.000 segundos, para el caso 5, en barras	94

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos para la comparación del modelo de Really (1984) y el modelo de ejes simétricos	50
Tabla 2. Datos de salida para el caso 1	66
Tabla 3. Datos de salida para el caso 2	71
Tabla 4. Datos de salida para el caso 3	80
Tabla 5. Datos de salida para el caso 4	88
Tabla 6. Datos de salida para el caso 5	95

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. LISTADO DEL PROGRAMA DE COMPUTADOR	103

RESUMEN

Se desarrolló un modelo de diferencias finitas de ejes simétricos, para simular caídas de presión en tres dimensiones dentro y alrededor de un pozo fluyendo. Las propiedades del pozo que se pueden simular incluyen: el almacenamiento en el revestimiento del pozo; pérdidas en cabeza hidráulica a través de la malla del pozo y la variación de la cabeza hidráulica a través de la longitud interior del pozo debida a la fricción del flujo en la tubería y a la velocidad no uniforme. El modelo admite penetración parcial del pozo y múltiples intervalos monitoreados. La fracción del flujo interno total hacia el pozo que es aportado por cada capa acuífera es una variable que se calcula en cada paso de tiempo. Las propiedades del acuífero que pueden ser simuladas incluyen condiciones confinadas (con o sin filtración), condiciones no confinadas, no isotropía horizontal-vertical y variaciones verticales en la conductividad hidráulica. El flujo horizontal es calculado de una integración de la ley de Darcy que permite la variación del área de la sección transversal de una celda de diferencia finita a la siguiente. La capa más alta de celdas de diferencias finitas, la cual representa la parte más alta de la zona saturada, contribuye con una producción o rendimiento específico aparente de agua almacenada, mientras que otras celdas contribuyen un almacenamiento específico de agua almacenada. Esta representación permite la simulación del efecto de "rendimiento o producción retrasada". El cálculo del flujo horizontal en la capa más alta de celdas admite la reducción del área de la sección transversal (y de la transmisibilidad) causada por la disminución del nivel de agua freática.

El modelo requiere uniformidad horizontal de la conductividad hidráulica, rendimiento específico y almacenamiento específico. El modelo también requiere que la capa superior de las celdas deba ser más gruesa verticalmente que la máxima caída de presión del nivel de agua freática, y que el frente de filtración no sea simulado. La configuración geométrica requiere que la entrada de la bomba esté encima del tope de la malla del pozo. El modelo requiere límite de paso de tiempo bajo ya que pasos de tiempo grandes hacen que el método explícito resulte en tiempo de ejecución muy largo o que no converja. Varias propiedades diferentes del acuífero y numerosas complejidades en el sistema de flujo que son causadas por las características del pozo, pueden ser simuladas. Todas las características pueden ser simuladas simultáneamente. El modelo fue probado mediante la comparación de sus resultados con los resultados de las soluciones analíticas publicadas y otros modelos matemáticos. Los resultados estuvieron generalmente en un buen grado de concordancia.

ABSTRACT

An axisymmetric finite-difference model was developed that can simulate drawdown in three dimensions in and around a pumped well. Well properties that can be simulated include well-casing storage, hydraulic head loss across the well screen, and hydraulic-head variation along the length of the well bore due to pipe-flow friction and nonuniform velocity. The model allows for partial well penetration and for multiple screened intervals. The fraction of total inflow to the well that is allocated to each aquifer layer is a variable that is calculated in each time step. Aquifer properties that can be simulated include confined conditions (leaky or non leaky), unconfined conditions, vertical-horizontal anisotropy and vertical variations in hydraulic conductivity. Horizontal flow calculated from an integration of Darcy's law to allow for the variation in cross-sectional area from one finite-difference cells, which represents the upper part of the saturated zone, contributes stored water from specific yield, whereas other cells contribute stored water from specific storage. This representation allows for simulation of the "delayed yield" effect. Calculation of horizontal flow in the uppermost layers of cells allows for the reduction in cross-sectional area (and transmissivity) caused by lowering of the water table.

The model requires horizontal uniformity of hydraulic conductivity specific yield and specific storage. The model also requires that the upper layer of cells must be thicker vertically than the maximum drawdown of the water table, and that the seepage face is not simulated. The geometric configuration requires the pump intake to be above the top of the well screen. An upper limit on time-step length required by the explicit method can result in lengthy execution time. Several different aquifer properties and numerous complexities in the flow system that are caused by well characteristics can be simulated. All characteristics can be allowed for simultaneously. The model was tested by comparing its results with results of published analytical solutions and other mathematical models. The results were generally in good agreement.

INTRODUCCIÓN

Un sin número de modelos para agua subterránea, que simulan el flujo en ejes simétricos alrededor de un pozo fluyendo se describen en la literatura. Cooley y Cunningham (1979) describieron un modelo de elemento finito que calcula las pérdidas de la cabeza hidráulica a través de la malla del pozo y a lo largo del diámetro del pozo. Un modelo construido por Davis y Neuman (1983) permite la simulación del almacenamiento en el diámetro del pozo y del frente de la filtración. Reilly (1984) describe un modelo de elementos finitos que simula condiciones limitadas y acuíferos múltiples.

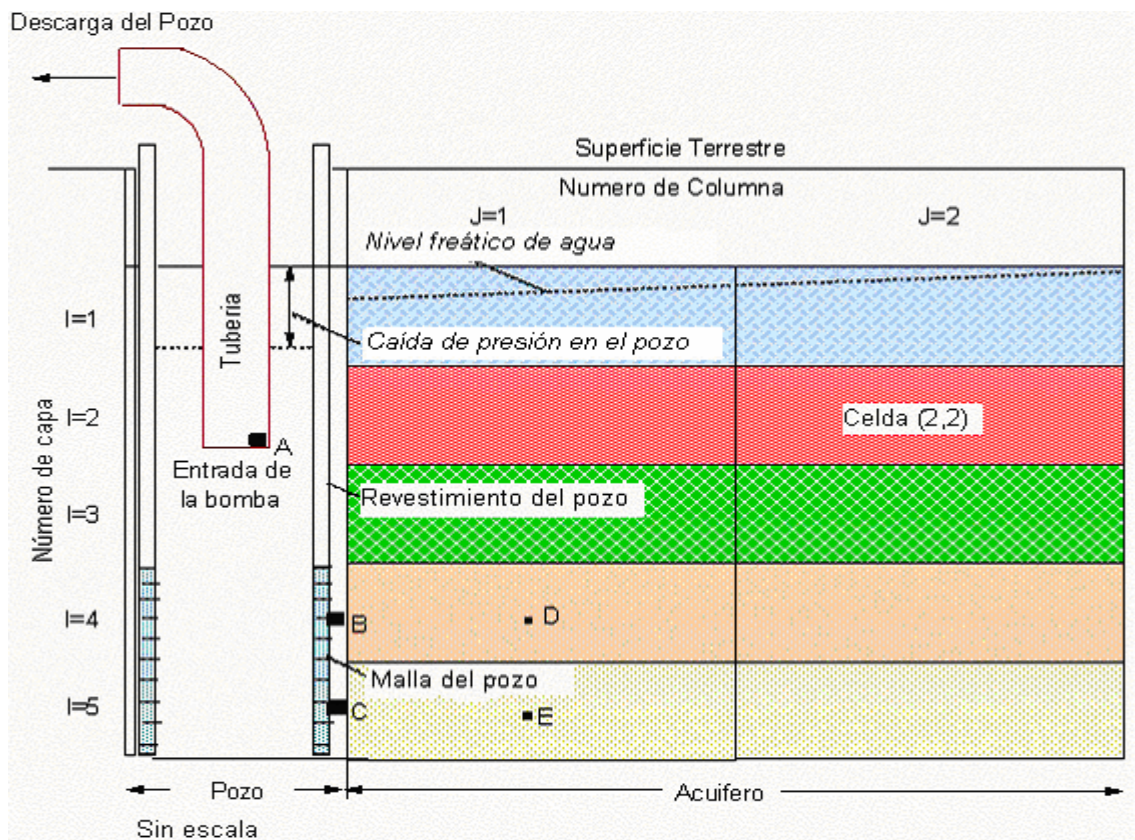
Debido a que los métodos analíticos usados para interpretar los datos de caída de presión de pruebas en acuíferos requieren una o más suposiciones acerca del pozo fluyendo y del sistema acuífero que pueden no ser reales, los modelos numéricos pueden probar que son más útiles. Este trabajo describe un modelo numérico que puede simular: 1) Los efectos de las propiedades del pozo, como la penetración parcial y los múltiples intervalos monitoreados. 2) Los procesos en el pozo, como la producción de agua almacenada en la tubería de revestimiento del pozo, las pérdidas en la cabeza hidráulica a través de la malla del pozo y la variación de la cabeza hidráulica a través de la longitud del pozo debida a la fricción del flujo en la tubería y la velocidad no uniforme. 3) Las propiedades del sistema de agua subterránea, como los acuíferos múltiples, condiciones confinadas (con o sin filtración), condiciones no confinadas, no isotropía horizontal-vertical y variaciones verticales en la conductividad hidráulica. 4) Los procesos en el sistema de agua subterránea, tales como la producción retrasada y la reducción en el espesor saturado causada por la caída de presión del nivel freático de agua. El propósito del modelo es brindar otra herramienta para la interpretación de datos de pruebas en acuíferos que son complicados por una o más de éstas propiedades y procesos.

1. MARCO TEÓRICO

1. 1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

1. 1. 1 Configuración geométrica del modelo. El modelo está descrito por ejes simétricos porque la estructura de las celdas de las diferencias finitas es simétrica con respecto a un eje, el cual es la línea del centro del pozo. La configuración geométrica del modelo del eje simétrico se muestra en la Figura 1. Las filas (I) representan las capas de celdas horizontales del acuífero y las columnas (J) representan las cubiertas cilíndricas que son concéntricas con la línea del centro del pozo. El usuario especifica el espesor vertical de cada capa de celdas, el espesor horizontal de la columna 1, y un multiplicador del espesor de la columna para todas las columnas subsiguientes. Los elementos definidos mediante una combinación de número de filas y columnas son llamados celdas. La forma actual de las celdas en el espacio es similar a un segmento de rueda horizontal.

Figura 1. Configuración geométrica cercana al pozo del modelo de ejes simétricos



Explicación de la figura 1

Letra B, Punto de medición en el cual se calcula la caída de presión con el propósito de obtener la caída de presión dentro del pozo y el flujo del acuífero hacia el pozo.

Consideraciones en el diseño

- La cabeza hidráulica inicial es uniforme
- La caída de presión inicial es cero en todas partes
- El nivel freático de agua inicial es el tope de la capa de celdas 1
- El intervalo monitoreado debe incluir el espesor entero de una o más capas y no puede incluirse la capa 1.
- La entrada de la bomba debe estar por encima de la parte superior de la malla del pozo.
- El frente de filtración no es simulado
- La última columna está a cabeza constante
- La conductividad hidráulica y el almacenamiento específico son uniforme horizontalmente pero pueden variar entre filas de celdas (verticalmente).
- La caída de presión en el acuífero, en la capa 1 de celdas, no puede exceder el espesor de esta capa de celdas.

1.1. 2 Cálculo del flujo en el acuífero. El flujo en el acuífero puede ser identificado como horizontal o vertical entre las celdas adyacentes. Este es generalmente conceptualizado como el flujo entre la sección media de una celda y la sección media de la siguiente (Formulación de Celdas Centradas), donde ambas secciones medias son perpendiculares a la dirección del flujo para ser calculadas y donde las secciones medias definen áreas enteras de la sección transversal de las celdas. Las variaciones leves en esta conceptualización general para flujo cerca al pozo y para flujo cerca al nivel freático de agua se explicarán más adelante.

En la forma más sencilla, el flujo de una celda de diferencias finitas a otra puede ser expresado mediante una adaptación de la ley de Darcy (dado que cero caída de presión en todos los puntos del sistema puede ser comparado con cero gradiente en todo el sistema):

Ecuación 1

$$Q = (K)(A) \frac{d(DD)}{dX}$$

Donde,

Q = Caudal ($L^3 T^{-1}$);

K = Conductividad hidráulica en la dirección del flujo (LT^{-1});

A = Área de la sección transversal de las celdas perpendicular a la dirección de flujo (L^2);

DD = Caída de Presión (L); y

X = Distancia en dirección del flujo (L).

Si el área de la sección transversal de flujo y la conductividad hidráulica son constantes en el espacio, entonces el gradiente $d(DD)/dX$ puede ser considerado uniforme entre las dos celdas, y, considerando esto se tiene una formulación de celda centrada, el flujo puede ser obtenido por sustitución de la diferencia en la caída de presión entre los puntos del centro de las dos celdas por $d(DD)$, y la distancia entre los puntos del centro de las dos celdas por dX .

1. 1. 2. 1 Flujo horizontal. En el modelo de ejes simétricos, el flujo horizontal, es un flujo radial y el área de la sección transversal de flujo (A) varía de una celda a la otra. (Figura 2.). El flujo radial entre las celdas adyacentes puede ser visto como el flujo de un extremo de un prisma trapezoidal a otro, donde los extremos opuestos del prisma trapezoidal representan las secciones medias (líneas punteadas en la Figura 2.) de las celdas y donde el área de la sección transversal de flujo varía linealmente con X (Figura 2.). Para derivar una expresión para el flujo de una celda a la siguiente, se considera $X=0$ a la sección media de la celda 1 y $X=L$ a la sección media de la celda 2. También se considera $DELDD$ como la diferencia entre la caída de presión en el centro de la celda 2 menos la caída de presión en el centro de la celda 1. Debido a que las propiedades hidráulicas son uniformes horizontalmente en este modelo, la conductividad hidráulica (K) es la misma en las dos celdas. Sustituyendo y reemplazando de la ecuación 1, e integrando entre $X=0$ a $X=L$ se tiene:

Ecuación 2

$$Q = \frac{(DELDD)(K)}{\int_{X=0}^{X=L} \frac{dX}{A(X)}}$$

Donde,

L = La distancia horizontal entre la secciones medias de las dos celdas (L); y

$A(X)$ = Una expresión matemática para el área de la sección transversal como una función de X :

Ecuación 3

$$A(X) = A1 + \frac{(A2 - A1)}{(L)} X$$

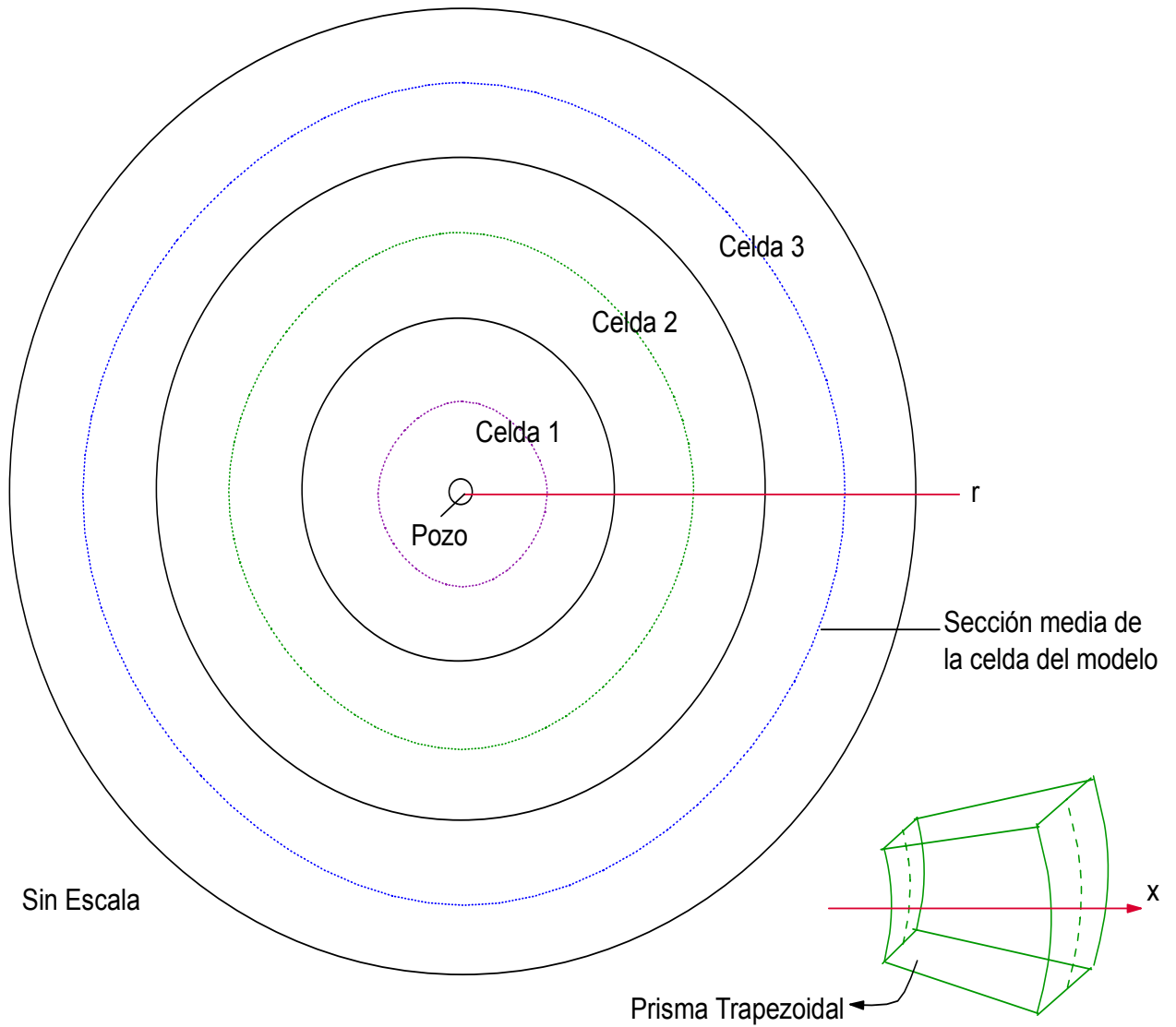
Donde,

A1 = Área de la sección transversal de flujo en la sección media de la celda 1 (L²);

y

A2 = Área de la sección transversal de flujo en la sección media de la celda 2 (L²).

Figura 2. Conceptualización del flujo horizontal desde el centro de una celda al centro de la siguiente celda. El flujo puede considerarse como el flujo a partir de un extremo al otro, de un prisma trapezoidal debido a que el área de la sección transversal de flujo varía linealmente con X .



Sustituyendo la ecuación 3 en la ecuación 2, la solución general de la ecuación 2 es la siguiente, la cual es similar a la ecuación Thiem (Lohman, 1972):

Ecuación 4

$$Q = \frac{(DELDD)(K)(A2 - A1)}{(L)[\ln(A2) - \ln(A1)]}$$

Si el flujo entre una celda en la columna 1 (Figura 1.) y el pozo está siendo calculado, el flujo es conceptualizado para ser de la sección media de la celda en la columna 1 a la pared del pozo y A2 es igual al área de la sección transversal de flujo en la pared del pozo, para esta parte del yacimiento.

1.1.2.2 Flujo vertical. En el flujo vertical entre dos celdas, el área de la sección transversal es una constante, pero el cálculo del flujo puede ser complicado por variaciones en la conductividad hidráulica vertical de una celda a la siguiente (Figura 3.). Considerando que el flujo en un instante de tiempo debe ser el mismo en ambas celdas, el flujo de una celda a la siguiente puede ser calculado usando la media armónica de espesor compensado (\bar{k}) de dos valores de conductividad hidráulica:

Ecuación 5

$$\bar{K} = \frac{L}{\frac{La}{Ka} + \frac{Lb}{Kb}}$$

Donde,

L = Distancia total vertical entre las secciones medias de las dos celdas (L);
Ka = Conductividad hidráulica vertical de la celda a (LT^{-1});
Kb = Conductividad hidráulica vertical de la celda b (LT^{-1});
La = Un medio del espesor vertical de la celda a (L) y ;
Lb = Un medio del espesor vertical de la celda b (L).

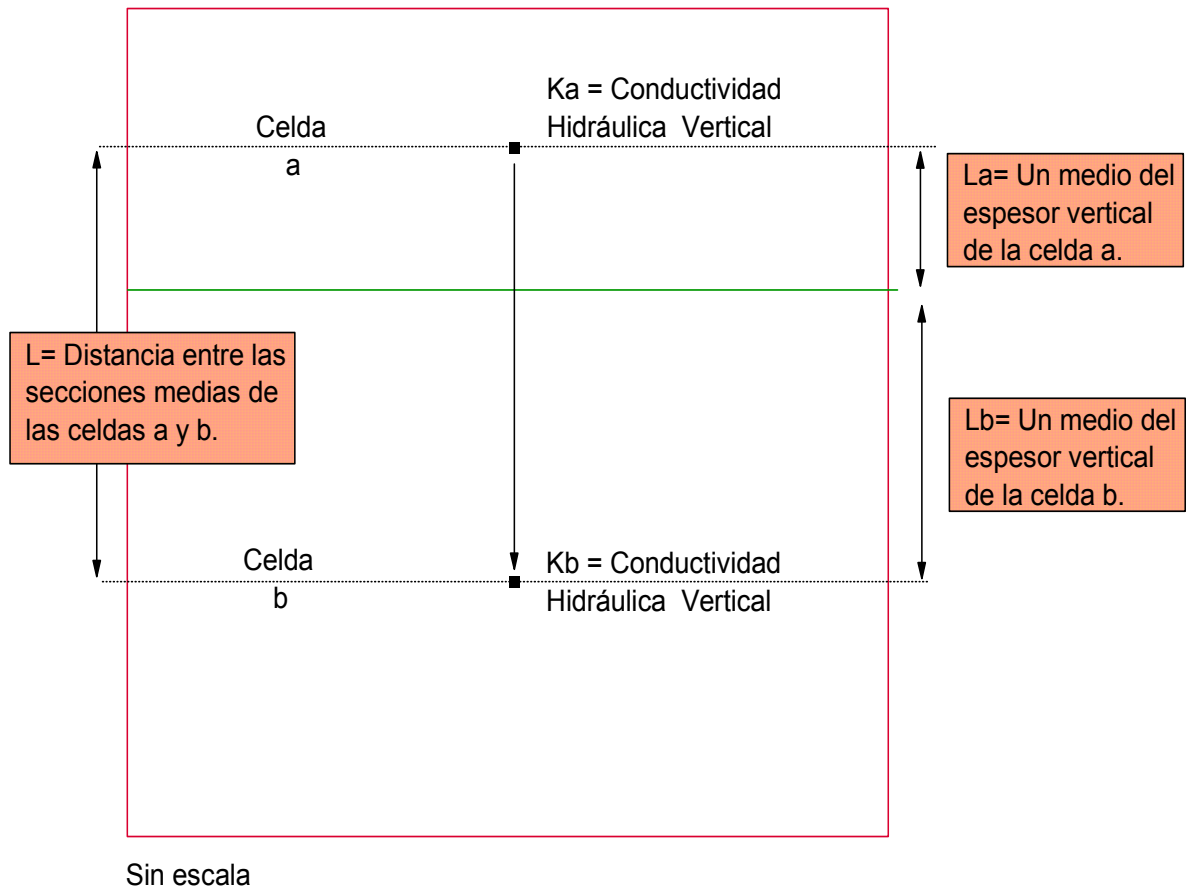
Los cálculos del flujo vertical entre las celdas adyacentes se derivan de:

Ecuación 6

$$Q = (\bar{K} (A)) \frac{(DELDD)}{L}$$

Donde A es el área de la sección transversal de flujo. Si la conductividad hidráulica vertical es cero en cualquiera de las dos celdas, el modelo falla en ambas ecuaciones 5 y 6; y el flujo vertical a colocar será igual a cero.

Figura 3. Variables necesarias en el cálculo de la media armónica de espesor compensado de valores de la conductividad hidráulica para dos celdas adyacentes, usadas para calcular el flujo vertical entre dos celdas.



1. 1. 3 Tratamiento de las celdas en la parte superior de la capa. El tratamiento del flujo en las celdas en la parte superior de la capa acuífera difiere de las otras celdas en dos cosas:

- El área de la sección transversal de flujo horizontal varía con el tiempo porque la caída de presión en esta capa causa que el campo de flujo se comprima. Esto causa un cambio en la transmisibilidad debido a la caída del nivel de agua freática.
- En los cálculos requeridos para determinar el flujo entre una celda en el tope de la capa acuífera y una siguiente celda en la capa inferior (ecuación 5 y 6),

L es la distancia entre el nivel freático de agua y el centro de la capa de celdas 2, en lugar de la distancia entre las secciones medias de las celdas.

1. 1. 4 Cálculo de la caída de presión y las pérdidas hidráulicas en cabeza.

El proceso de modelamiento es dividido en múltiples periodos de tiempo, el número y duración de estos son designados por el usuario. Los procedimientos ejecutados por el modelo durante un periodo de tiempo son diagramados en la figura 4. Para completar la simulación de la caída de presión al final de un periodo de tiempo, el modelo usa un método iterativo.

1. 1. 4. 1 Cálculo de la caída de presión en el pozo. En cada iteración, el primer cálculo es la nueva caída de presión en el pozo, representada por una disminución en el nivel de agua libre en superficie (DDWELL). El valor de DDWELL es igual a la caída de presión a la entrada de la bomba. Considerando la caída de presión en todas las celdas del acuífero constante; la siguiente ecuación es solucionada para DDWELL por un método de ensayo y error:

Ecuación 7

$$QW = \frac{(FWAREA)(DDWELL - BEGINW)}{TSL} + \frac{\sum_{I=1}^{NZ} \left[\left[SCR(I) \right] \left[DELDD(I) \right] \left[KH(I) \right] \left[A2(I) - A1(I) \right] \right]}{\left[(LENGTH) \left[\ln A2(I) - \ln A1(I) \right] \right]}$$

Donde,

QW = Descarga del pozo (L^3T^{-1});

FWAREA = Área de agua libre en superficie en la tubería de revestimiento (L^2);

DDWELL = Nueva caída de presión en el agua libre superficial dentro del pozo al final del periodo de tiempo (L);

BEGINW = Vieja caída de presión en el agua libre superficial dentro del pozo al comienzo del periodo de tiempo (L);

TSL = Extensión del periodo de tiempo (T);

NZ = Número de capas de celdas;

SCR(I)= Factor de corrección, donde SCR(I)=1 si el pozo es abierto a la capa de celdas (I), SCR(I)=0 si es lo contrario;

DELDD(I)= Incremento en la caída de presión entre la sección media de la columna 1 (En la capa de celdas (I)) y un punto sobre la pared del pozo (En la capa de celdas (I)) (L);

KH(I) = Conductividad hidráulica horizontal en la capa (I) de celdas (LT^{-1});

LENGTH = Distancia de la parte externa del pozo a la sección media de la columna 1 (L);

$A2(I)$ = Área de la sección transversal a través de la cual el agua fluye en la parte externa del pozo, en la capa de celdas (I) (L^2); y

$A1(I)$ = Área de la sección transversal a través de la cual el agua fluye en la sección media de la columna 1 (capa de celdas (I)) (L^2).

El primer término del lado derecho de la ecuación 7 es el agua obtenida de la disminución en el almacenamiento de la tubería de revestimiento del pozo. El segundo término (adaptado de la ecuación 4) es el flujo interno total al pozo de todas las capas acuíferas abiertas al pozo. $DELDD(I)$ es el incremento en la caída de presión entre el punto D y B para la capa de celdas 4, o entre el punto E y C en la capa de celdas 5 (Figura 1.). Esta es obtenida de:

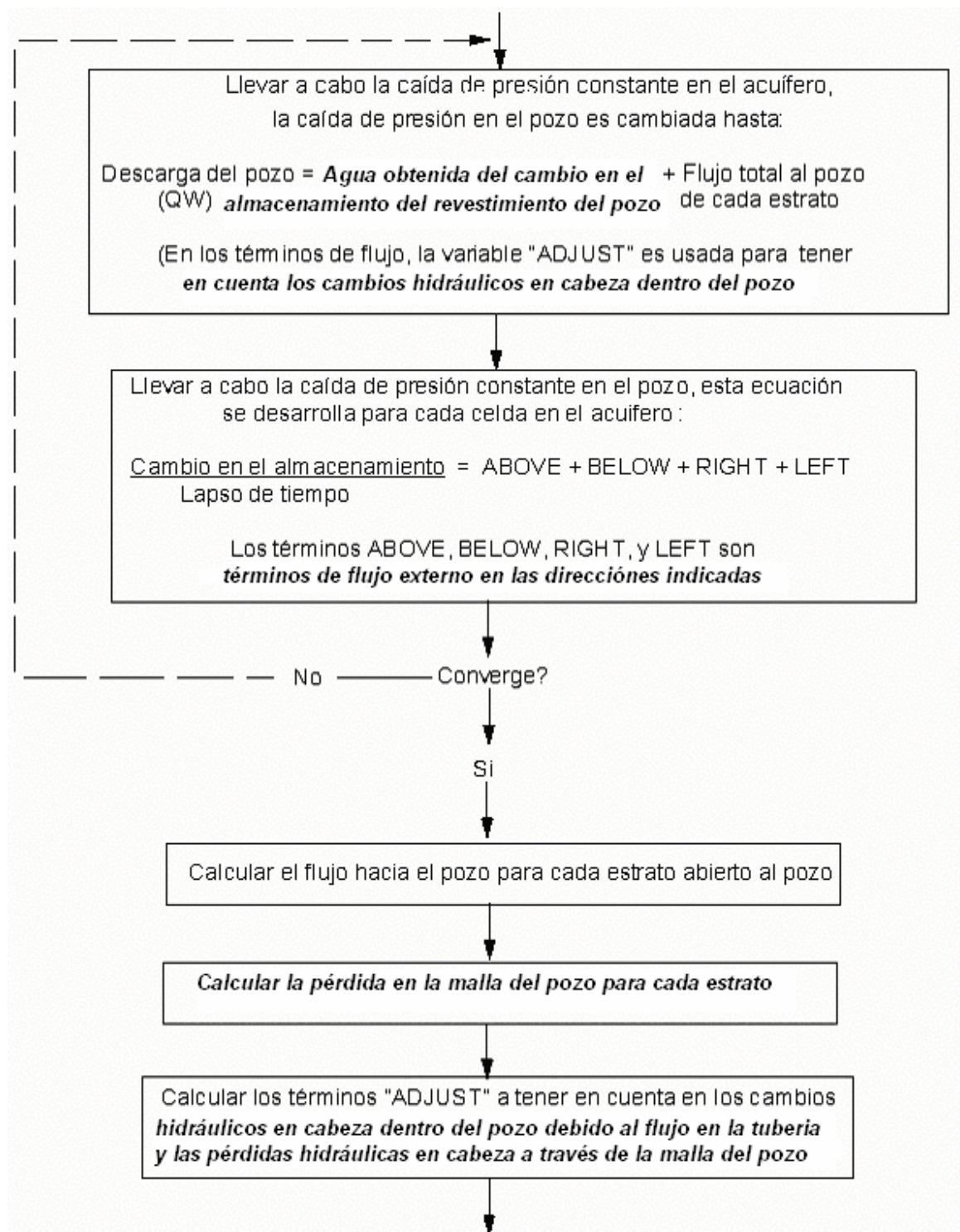
Ecuación 8

$$DELDD(I) = DDWELL - ADJUST(I) - DD(I,1)$$

Donde $ADJUST(I)$ es el incremento en la caída de presión de la parte externa del pozo, para la capa de celdas (I), hacia la entrada de la bomba por ejemplo, del punto B al punto A para la capa 4, o del punto C al punto A para capa 5 (Figura 1.). La caída de presión del agua libre en superficie ($DDWELL$) es igual a la caída de presión en el punto A en la figura 1. Y $DD(I,1)$ es la caída de presión en el centro de las celdas de la columna uno (1).

Los valores para el despliegue “ $ADJUST$ ” son puestos en cero antes del primer periodo de tiempo y son recalculados al final de cada periodo de tiempo por métodos que serán explicados en los siguientes párrafos.

Figura 4. Procedimiento ejecutado en el modelo durante cada uno de los lapsos de tiempo



1.1.4.2 Cálculo de la caída de presión en el acuífero. Cuando se resuelve DDWELL de la ecuación 7, los valores son asignados a la caída de presión solo en la parte externa del pozo para todas las capas de celdas expuestas al acuífero (tales como los puntos B y C en la figura 1.). La caída de presión solo en la parte externa del pozo en la capa (I) (DD) es:

Ecuación 9

$$DD = DDWELL - ADJUST(I)$$

Mientras la caída de presión solo en la parte externa del pozo se mantenga constante, los cálculos de la nueva caída de presión en cada celda del acuífero toman lugar usando las ecuaciones 10 y 11. Ambas ecuaciones de estado disminuyen el agua almacenada en la celda (con los términos del lado izquierdo), son iguales a la suma algebraica de los términos para cada expresión de flujo hacia fuera de la celda (los términos del lado derecho).

Por lo tanto,

Ecuación 10

Si $I = 1$:

$$\frac{[DD(I, J) - BEGIN(I, J)](\pi)(SYA)[(R(J + 1))^2 - (R(J))^2]}{TSL} \\ = BELOW + RIGHT + LEFT$$

Si $I > 1$:

Ecuación 11

$$\frac{[DD(I, J) - BEGIN(I, J)](\pi)(SS(I))(DELZ(I))[(R(J + 1))^2 - (R(J))^2]}{TSL} \\ = ABOVE + BELOW + RIGHT + LEFT$$

Donde,

DD(I,J) = Nueva caída de presión calculada en el centro de la celda (I,J) (L);

BEGIN(I,J) = Caída de presión en el mismo sitio en el comienzo del periodo de tiempo (L);

SYA = La producción o rendimiento específico aparente de la capa (I) de celdas (adimensional);

R(J+1) = Distancia desde el centro del pozo al lado de la celda que está más lejos del pozo (L);

$R(J)$ = Distancia desde el centro de el pozo al lado de la celda que está más cerca al pozo (L);

TSL = Lapso del periodo de tiempo (T);

$SS(I)$ = Almacenamiento específico de la capa de celdas (I) estrato I (L^{-1}); y

$DELZ(I)$ = Espesor vertical de la capa de celdas (I) (L).

Las variables ABOVE y BELOW a las cuales se les asignan valores usando la ecuación 6, son los flujos verticales externos de la celda en las direcciones indicadas. Las variables RIGHT y LEFT a las cuales se les asignan valores usando la ecuación 4, son los flujos horizontales externos de las celdas distantes o lejos del pozo y/o alrededor del pozo, respectivamente. En el cálculo de todas las cuatro variables ABOVE, BELOW, RIGHT y LEFT, este cálculo es la caída de presión de la próxima celda menos la caída de presión de la “celda de trabajo” que es usada para calcular la diferencia hidráulica en cabeza entre las celdas (DELDD en las ecuaciones 4 y 6). El término de almacenamiento para las celdas en el tope de la capa es derivado con el rendimiento o producción específica aparente (SYA, ecuación 10), mientras que el de las otras celdas es derivado o se halla con el almacenamiento específico (SS ecuación 11). La suposición aquí es que el agua hallada o derivada del almacenamiento específico es insignificante en comparación con el agua derivada de la producción específica en el tope de la capa.

El procedimiento iterativo usado para calcular la nueva caída de presión en cada celda del acuífero usando la ecuación 10 y 11 consiste de un recorrido ordenado a través de todo el conjunto de celdas, excepto para las celdas de la última columna. El programa empieza en $I=1$ y $J=1$ y recorre transversalmente de izquierda a derecha (incrementando J) y baja línea por línea (incrementando I) como si se estuviera leyendo una página. En este método explícito de Gauss-Seidel (Wang y Anderson, 1982, p. 26-27), un nuevo valor para la caída de presión de una celda reemplazará el antiguo valor antes que el programa vaya sobre la siguiente celda continua o adyacente.

Cuando la ecuación 7 ha sido solucionada para la nueva caída de presión a la entrada de la bomba, la ecuación 9 ya ha sido resuelta para la nueva caída de presión en la pared del pozo, y ya habrán sido resueltas las ecuaciones 10 y 11 para la nueva caída de presión en todas las celdas del acuífero, es decir una iteración completa. Ahora el modelo se verifica para ver si éste ha convergido a una solución. Si nuevamente la caída de presión es calculada en algún punto diferirá de este valor previo, por más que el usuario diseñe criterios de convergencia, entonces otra iteración se inicializará (Comenzar el diagrama en la figura 4.). Por otra parte, las caídas de presión nuevamente calculadas representan la caída de presión al final del lapso de tiempo.

1.1.4.3 Cálculo de la pérdida de cabeza hidráulica dentro del pozo. Cuando los procedimientos iterativos anteriormente mencionados están completos, el modelo calcula las condiciones al final de cada lapso de tiempo. El flujo total (Q) hacia el pozo para cada lapso de tiempo es:

Ecuación 12

$$Q = QW - \frac{(FWAREA)(DDWELL - BEGINW)}{TSL}$$

Seguidamente se calculan las pérdidas totales en cabeza hidráulica dentro del pozo. El trabajo de Jacob (1947) indica aquellas pérdidas totales de cabeza hidráulica dentro del pozo, las cuales son las sumas de las pérdidas en cabeza hidráulica a través de la malla del pozo y las pérdidas en cabeza debido al flujo ascendente en la tubería de revestimiento del pozo, que son aproximadamente proporcionales al cuadrado de la descarga del pozo. Rorabaugh (1953) estableció que un exponente de 2.5, en lugar de 2, es más apropiado.

El modelo calcula la pérdida de cabeza hidráulica a través de la malla para cada capa de celdas (SCNLOSS(I)) usando la expresión:

Ecuación 13

$$SCNLOSS(I) = (CW) \left[\frac{QL(I)}{[(DELZ(I))(RW)]} \right]^{CN}$$

Donde,

CW y CN son variables que dependen de las características de la malla del pozo; QL (I) el flujo hacia el pozo de la capa de celdas (I), DELZ(I) es el espesor vertical de la capa de celdas y RW es el radio del pozo. Todas son variables definidas por el usuario.

Seguidamente, se determinan las contribuciones relativas hacia el pozo de cada capa de celdas. Estas contribuciones incrementales hacia el pozo permiten al modelo calcular el flujo vertical entre cada capa de celdas y la tubería dentro del pozo, y de esta manera, las pérdidas de cabeza piezométrica incrementales (HL) para cada capa de celdas a lo largo de la tubería se calculan usando la siguiente fórmula, la cual se obtuvo usando un balance de impulso en estado estable,

incluyendo la fórmula de Darcy-Weisbach para pérdida en cabeza debido a la fricción a lo largo de la tubería (Streeter, 1950, p. 402):

Ecuación 14

$$HL = (f) \frac{(L)(V_1)}{D (2g)} + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{g}$$

NOTA: El piezómetro mide la presión en un punto.

Donde,

HL = La pérdida incremental en cabeza piezométrica a lo largo de la tubería (L);
 f = El factor de fricción, usualmente obtenido de experimentos (adimensional);
 L = La longitud de la tubería considerada (L) ;
 V₁ = Velocidad del flujo aguas arriba (LT⁻¹);
 V₂ = Velocidad del flujo aguas abajo (LT⁻¹);
 D = Diámetro de la tubería (L); y
 g = Constante gravitacional (LT⁻²);

NOTA: Esta ecuación se usa para cada estrato o capa de celdas.

Finalmente el modelo calcula nuevos valores de ADJUST(I) para cada capa de celdas a la cual el pozo está abierto (SCR(I)=1), por la combinación de los resultados de las ecuaciones 13 y 14. Estos valores se usan al comienzo de los siguientes periodos de tiempo (ecuación 8).

1.1.5 Estabilidad y tiempo de ejecución modelo. La aproximación explícita en diferencias finitas usada en este modelo es estable si tanto la solución progresivamente avanza a través de cada lapso de tiempo como los errores no aumentan de modo tal que la solución llegue a ser inválida (Wang y Anderson, 1982, p. 70). Para un acuífero áreal de dos dimensiones en el cual el modelo de flujo es hecho en la parte superior de una malla en la cual el espaciamiento de las celdas es el mismo en las dos dimensiones, la estabilidad en el modelo depende de la siguiente condición, adaptada por Rushton y Redshaw (1979):

Ecuación 15

$$TSL \leq \frac{0.25(\alpha (SS))}{(K)}$$

Donde,

TSL = Longitud de cada lapso de tiempo (T);

α = Ancho y largo de las celdas de diferencia finita (L);

SS = Almacenamiento específico (L^{-1}); y

K = Conductividad hidráulica (LT^{-1}).

Para adaptar la ecuación 15 a la geometría del modelo de ejes simétricos, el término α^2 , el cual es el área de las celdas en el modelo areal, se reemplaza por (DELR)(DELZ), los términos que corresponden al modelo de ejes simétricos, donde (DELR) y (DELZ) son las dimensiones de las celdas en el modelo de ejes simétricos en direcciones horizontales y verticales, respectivamente. Sustituyéndolos dentro de la ecuación 15 resulta el siguiente requisito para cada periodo o lapso de tiempo:

Ecuación 16

$$TSL \leq \frac{0.25(DELR)(DELZ)(SS)}{K}$$

Debido a que la estabilidad requiere ser resuelta para todas las celdas, el modelo a usar necesita primero considerar las celdas para las cuales las dimensiones horizontales y verticales de la celda sean las más pequeñas y para las cuales la conductividad hidráulica sea la más alta. En otras palabras, la prueba de estabilidad necesita ser aplicada primero sobre las celdas de la columna 1 más permeables y verticalmente más delgadas posibles. (Figura 1.).

La ecuación 16 fue derivada de los requerimientos de estabilidad para modelos de diferencias finitas reales. Se encontró por experimentos que para modelos de ejes simétricos el requisito de estabilidad para los problemas de las pruebas a considerar es:

Ecuación 17

$$TSL \leq \frac{0.14(DELR)(DELZ)(SS)}{K}$$

Si la duración de cada lapso de tiempo es demasiado larga, el programa debería terminar su ejecución. La finalización del programa ocurre cuando el usuario designa un límite para el número de ensayos en el cálculo de la caída de presión en el pozo o si el número de iteraciones se excede. La finalización del programa debido a la inestabilidad usualmente ocurrirá tempranamente en la simulación

porque la rata de cambio de la cabeza hidráulica es más grande poco después de que el bombeo se inicia. Por lo tanto, el modelo ofrece al usuario la oportunidad de seleccionar dos lapsos diferentes de periodo de tiempo, uno para tiempos tempranos en la simulación y otro para tiempos tardíos en la simulación. El tiempo para cambiar el lapso de cada tiempo es también una variable colocada por el usuario. Generalmente, los lapsos de los periodos de tiempo temprano necesitan ser más pequeños que el límite especificado en la ecuación 17. El usuario puede encontrar por experimentos con un modelo en particular que configuraciones en las longitudes de los periodos de tiempo temprano que ligeramente excedan estos límites, pueden ser usadas. Dependiendo de la configuración del modelo de entrada, los lapsos de los pasos de tiempo para simulaciones tardías, pueden ser considerablemente más largos, que la longitud de los lapsos de tiempo para simulaciones tempranas.

El límite superior en el periodo de tiempo requerido por el método explícito puede dar lugar a un tiempo de ejecución muy largo del modelo. La siguiente ecuación da una estimación del tiempo de ejecución del computador requerido para una simulación, usando un computador PRIME 9955.

Ecuación 18

$$CPU = \frac{(NTS)(NCL)}{(V)},$$

Donde,

CPU = Tiempo de procesamiento de la computadora central, en segundos;
 NTS = Numero de periodos de tiempo;
 NCL = Numero de celdas de diferencia finita; y
 V = Una variable.

Se encontró por experimentos que los rangos del valor de (V). Son de entre 1.700 a 10.000, dependiendo de la simulación. El valor para (V) empieza a ser mayor (aproximándose a 10.000), a medida que el tiempo de la simulación es incrementado.

1.1.6 Formato de los archivos de datos para entrar al modelo. Ejemplos de la entrada al modelo de los archivos de datos son mostrados en las figuras 5 a la 9. Estos archivos de entrada son, evidentemente, de gran tamaño. El usuario puede seguir el formato de estos archivos o hacer modificaciones para permitir la

simulación de una prueba en particular. El uso del modelo de entrada de archivos de datos mostrados en la figura 5 a la 9 es descrito en la siguiente sección.

1.1.7 Comparación de los resultados del modelo con las soluciones analíticas. El modelo de ejes simétricos puede ser comprobado por el ingreso de los datos de entrada al modelo con las correspondientes suposiciones que son hechas, dentro de varias soluciones analíticas y entonces comparar los resultados del modelo de simulación con la solución analítica. Para soluciones analíticas que no toman procesos que acontecen dentro del pozo, los datos de entrada al modelo se especifican para lograr que estos procesos sean insignificativos.

1.1.8 Caso 1: Caída de presión en estado estable en un acuífero confinado. Bajo condiciones de estado estable, la diferencia de caída de presión entre puntos que están localizados a distancias diferentes del pozo fluyendo puede ser expresada por la ecuación de Thiem (Lohman, 1972). En regla, para que la caída de presión en estado estable sea simulada, se debe hacer uso de un factor para que el modelo de ejes simétricos fije automáticamente la última columna para ser “cabeza constante” (constante cero de caída de presión). La corrida de la simulación es bastante larga de modo que la caída de presión deja de cambiar con el tiempo. Usando la caída de presión cero en la última columna como un dato, los resultados de la ecuación de Thiem y el modelo de ejes simétricos deberían coincidir.

La configuración del modelo, el archivo de datos de entrada, los resultados de la ecuación de Thiem y el modelo de ejes simétricos son mostrados en la figura 5. Allí donde no hay diferencias en la caída de presión, en las cuatro cifras significativas.

1.1.9 Caso 2: Caída de presión en estado inestable en un acuífero confinado sin filtración. Bajo condiciones confinadas, donde no hay otra fuente de agua que el almacenamiento, y el acuífero es homogéneo e infinito en la extensión areal, la caída de presión alrededor de un pozo fluyendo que penetra completamente el acuífero puede ser expresada por una formulación matemática desarrollada por Theis (1935). La configuración del modelo, el archivo de datos de entrada, los resultados de la ecuación de Theis y el modelo de ejes simétricos son mostrados en la figura 6. Para evitar la posibilidad de aporte de las celdas de “cabeza constante”, el modelo es configurado para ser bastante extenso horizontalmente, es allí donde es despreciable la caída de presión cerca de la última columna, ya que durante el tiempo de simulación es la caída de presión en esta columna es insignificante. Los resultados de la ecuación de Theis y del modelo de ejes simétricos coinciden razonablemente.

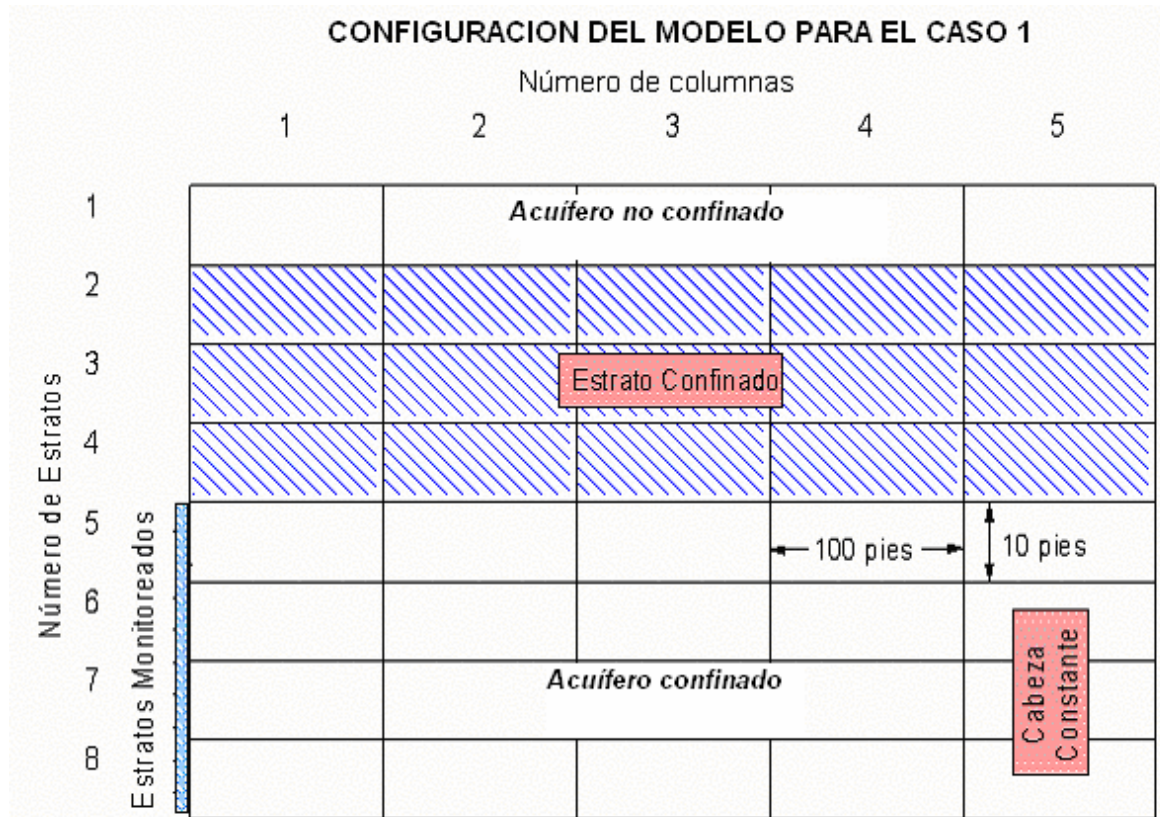
1.1.10 Caso 3: Caída de presión en acuíferos confinados con filtración e ignorando almacenamiento en los estratos confinados. Cuando el bombeo es constante en un acuífero confinado e infinitamente extenso que es cubierto (o soportado) por un estrato confinado a través del cual el agua puede transmitirse al acuífero de una fuente de cabeza constante, sobre el otro lado del estrato confinado, la caída de presión en el acuífero dependerá de la filtración la cual eventualmente será igual al bombeo, y la caída de presión cesará para incrementarse con el tiempo. Un modelo analítico usado para interpretar esto, ignorando almacenamiento en el estrato confinado, hace referencia al método de Hantush-Jacob (Hantush y Jacob, 195; Hantush, 1956).

La configuración del modelo, los datos de entrada, resultados del método de Hantush-Jacob y el modelo de ejes simétricos se presentan en la figura 7. Ambos métodos, el de Hantush-Jacob y el de ejes simétricos muestran una “estabilización” de la caída de presión durante tiempos tardíos.

1.1.11 Caso 4: Caída de presión en acuíferos confinados con filtración considerando almacenamiento en el estrato confinado. Cuando es constante el bombeo de un acuífero infinitamente extenso el cual es cubierto (o soportado) por un estrato confinado el cual almacena agua que puede ser transmitida al acuífero, la caída de presión será derivada substancialmente de la caída de presión predicha por la ecuación de Theis o por el método de Hantush-Jacob. Un método analítico que considera almacenamiento en el estrato confinado fue desarrollado por Hantush (1960). La configuración del modelo, el archivo de datos de entrada, los resultados para el método de Hantush y para el modelo de ejes simétricos son presentados en la figura 8.

1.1.12 Caso 5: Caída de presión inducida por una penetración parcial del pozo en un acuífero no confinado considerando una producción retrasada. Cuando un pozo bombea agua de un acuífero no confinado, la relación entre la caída de presión y los tiempos tempranos puede ser la misma la cual será supuestamente predicha habiendo llegado toda el agua de la presión almacenada, en lugar de la actual desecación del medio poroso. Tiempo después, la caída de presión del manto de agua ocurre, y la relación entre la caída de presión y los tiempos siguientes deberá ser predicha, del proceso de desecamiento. Esta “producción retardada” causa una forma de S en la configuración de la gráfica de caída de presión Vs. tiempo. Neuman (1974; 1975) desarrolló un modelo analítico que considera el proceso de producción retardada y estudia el efecto de una penetración parcial del pozo en el acuífero. La configuración del modelo, los datos de entrada para el modelo de ejes simétricos, una gráfica mostrando los resultados del método de Neuman y el modelo de ejes simétricos se presentan en la figura 9.

Figura 5. Configuración del modelo, datos del archivo de entrada, y resultados de la caída de presión determinados de la ecuación Thiem (Lohman,1972) y modelo de ejes simétricos



DATOS DE ENTRADA PARA THIEM

Número de estratos (en la dirección Z)	8
Número de columnas (en la dirección R)	6
Longitud de la primera celda del acuífero (ft)	100
Multiplicador de longitud en la celda	1
Rendimiento específico	0.2
Descarga del pozo (ft ³ /s)	0.5
Radio del pozo (ft)	1.0
Área del agua libre en superficie dentro del pozo (ft ²)	0.782
Profundidad inicial hacia abajo de la capa o manto de agua a la entrada de la bomba (ft)	13.2
Factor de fricción en la tubería de revestimiento del pozo	0.05
Factor en la ecuación de pérdida en la malla del pozo	0.3

Exponente en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo				1.0
Periodos de tiempos tempranos (segundos)				2.0
Periodos de tiempos tardíos (segundos)				2.0
Cambios en el periodo de tiempo en el tiempo (segundos)				1000.0
Tiempos del listado (segundos)	2.0	4.0		10000.0
Iteraciones permisibles para calcular las nuevas caídas de presión en el acuífero				20
Ensayos permisibles para calcular la nueva caída de presión en el pozo				500
Olvidar las perdidas en el flujo menor que (ft ³ /s)				0.00001
Ignorar las pérdidas de caída de presión menores a (ft)				0.000000001
Criterio de Convergencia (ft)				0.0001

VARIABLES PARA CADA ESTRATO:

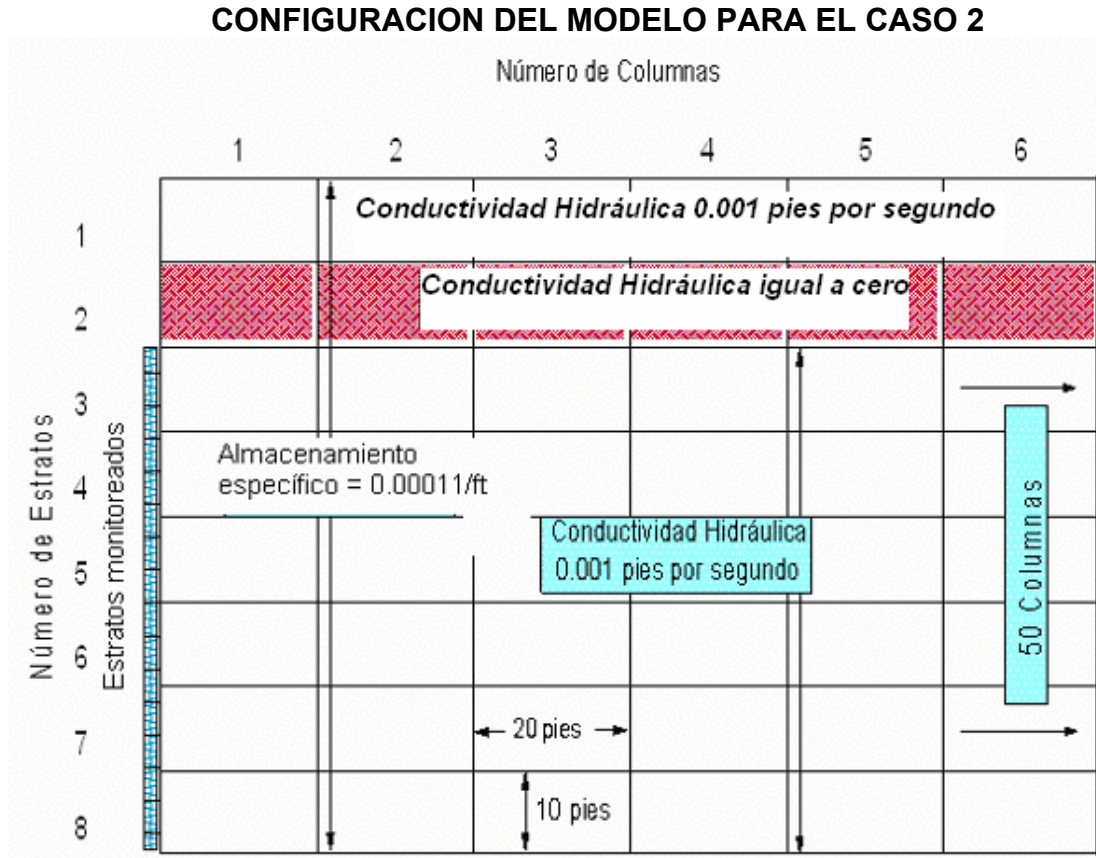
Numero de Estratos	Espesor del estrato (ft)	Malla en este estrato ?	Conductividad Hidráulica Horizontal (ft/s)	Conductividad Hidráulica Vertical (ft/s)	Almacenamiento Específico (1/ft)
1	10	0	0.001	0.0001	0.00001
2	10	0	0.000	0.0000	0.00001
3	10	0	0.000	0.0000	0.00001
4	10	0	0.000	0.0000	0.00001
5	10	1	0.001	0.0001	0.00001
6	10	1	0.001	0.0001	0.00001
7	10	1	0.001	0.0001	0.00001
8	10	1	0.001	0.0001	0.00001

Caída de presión, en ft

	r = 51 ft	r = 151 ft	r = 251 ft	r = 351 ft	r = 451 ft
Ecuación de Thiem	4.336	2.177	1.166	0.499	0.000
Modelo de ejes simetricos	4.336	2.177	1.166	0.499	0.000

Donde r = distancia del centro al pozo

Figura 6. Configuración del modelo, datos del archivo entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de la ecuación de Theis (1935) y del modelo de ejes simétricos.



DATOS DE ENTRADA PARA THEIS

Número de estratos (en la dirección Z)	8
Número de columnas (en la dirección R)	50
Longitud de la primera celda del acuífero (ft)	20
Multiplicador de longitud en la celda	1.0
Rendimiento específico	0.2
Descarga del pozo (ft ³ /s)	1.0
Radio del pozo (ft)	1.0
Área del agua libre en superficie dentro del pozo (ft ²)	0.785
Profundidad inicial hacia abajo de la capa o manto de agua a la entrada de la bomba (ft)	13.5
Factor de fricción en la tubería de revestimiento del pozo	0.02
Factor en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo	0.3
Exponente en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo	1.0

Periodos de tiempos tempranos (segundos)				1.0
Periodos de tiempos tardíos (segundos)				1.0
Cambios en el periodo de tiempo en el tiempo (segundos)				1.0
Tiempos del listado (segundos)	50.0	200.0		500.0
Iteraciones permisibles para calcular las nuevas caídas de presión en el acuífero				20
Ensayos permisibles para calcular la nueva caída de presión en el pozo				500
Olvidar las perdidas en el flujo menor que (ft ³ /s)				0.00001
Ignorar las pérdidas de caída de presión menores a (ft)				0.000000001
Criterio de Convergencia (ft)				0.0001

VARIABLES PARA CADA ESTRATO:

Numero de Estratos	Espesor del estrato (ft)	Malla en este estrato ?	Conductividad Hidráulica Horizontal (ft/s)	Conductividad Hidráulica Vertical (ft/s)	Almacenamiento Específico (1/ft)
1	10	0	0.001	0.001	0.0001
2	10	0	0.000	0.000	0.0001
3	10	1	0.001	0.001	0.0001
4	10	1	0.001	0.001	0.0001
5	10	1	0.001	0.001	0.0001
6	10	1	0.001	0.001	0.0001
7	10	1	0.001	0.001	0.0001
8	10	1	0.001	0.001	0.0001

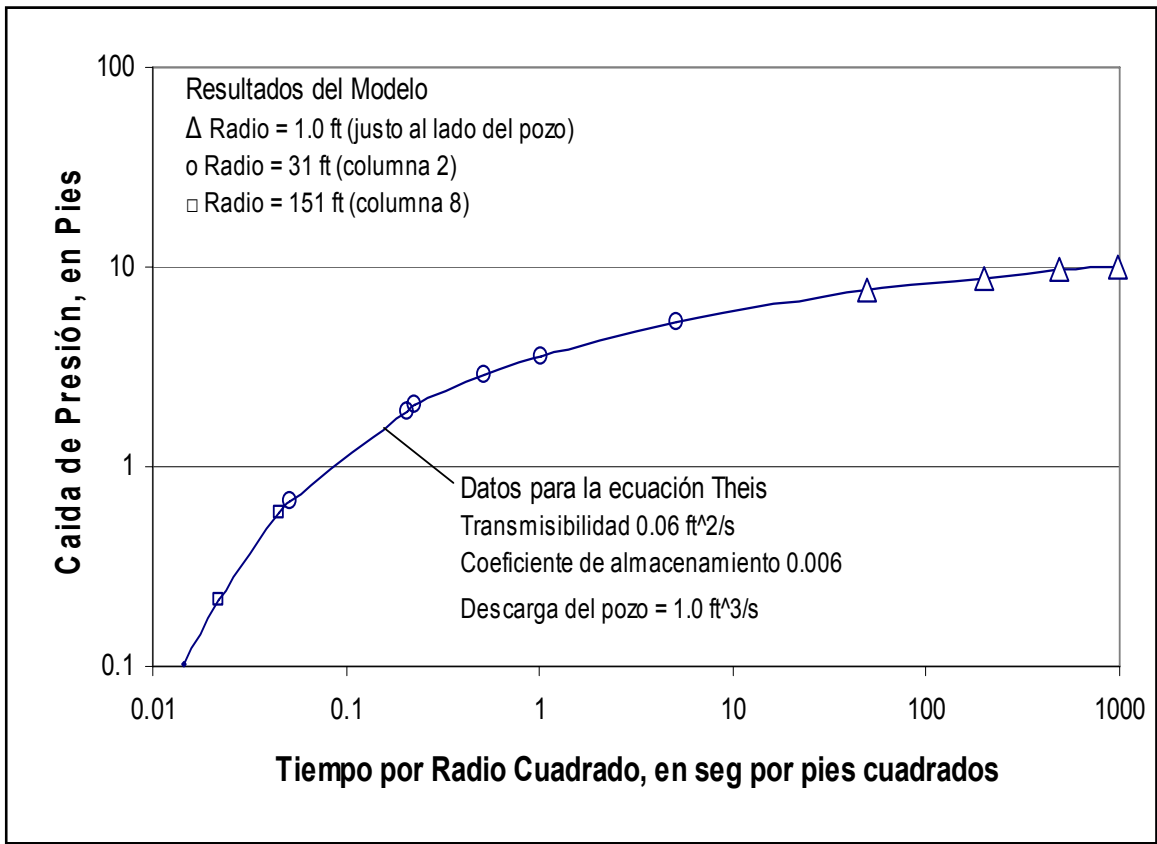
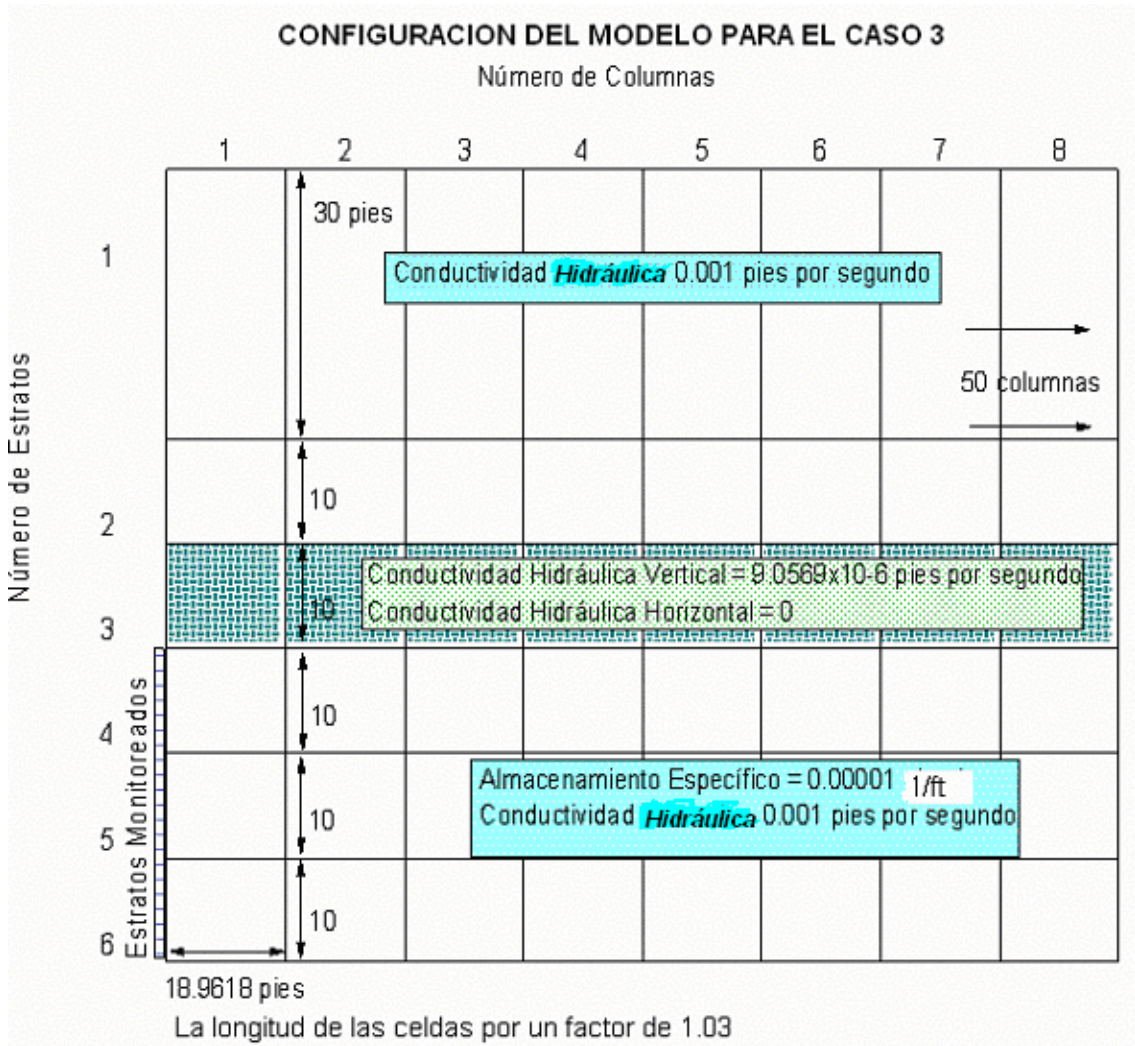


Figura 7. Configuración del modelo, datos del archivo de entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de los métodos Hantush-Jacob (Hantush y Jacob, 1955; Hantush, 1956) y modelo de ejes simétricos



DATOS DE ENTRADA PARA HANTUSH

Número de estratos (en la dirección Z)	6
Número de columnas (en la dirección R)	50
Longitud de la primera celda del acuífero (ft)	18.9618
Multiplicador de longitud en la celda	1.03
Rendimiento específico	100.0
Descarga del pozo (ft ³ /s)	1.0

Radio del pozo (ft)				1.0
Área del agua libre en superficie dentro del pozo (ft ²)				0.785
Profundidad inicial hacia abajo de la capa o manto de agua a la entrada de la bomba (ft)				30.0
Factor de fricción en la tubería de revestimiento del pozo				0.05
Factor en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo				0.3
Exponente en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo				1.0
Periodos de tiempos tempranos (segundos)				0.1
Períodos de tiempos tardíos (segundos)				0.1
Cambios en el periodo de tiempo en el tiempo (segundos)				100.0
Tiempos del listado (segundos)	400	1000	3000.0	
Iteraciones permisibles para calcular las nuevas caídas de presión en el acuífero				20
Ensayos permisibles para calcular la nueva caída de presión en el pozo				500
Olvidar las pérdidas en el flujo menor que (ft ³ /s)				0.00001
Ignorar las pérdidas de caída de presión menores a (ft)				0.000000001
Criterio de Convergencia (ft)				0.0001

VARIABLES PARA CADA ESTRATO:

Numero de Estratos	Espesor del estrato (ft)	Malla en este estrato?	Conductividad Hidráulica Horizontal (ft/s)	Conductividad Hidráulica Vertical (ft/s)	Almacenamiento Específico (1/ft)
1	30	0	0.001	0.001	0.00001
2	10	0	0.001	0.001	0.00001
3	10	0	0.000	9.0569e-6	0.000001
4	10	1	0.001	0.001	0.00001
5	10	1	0.001	0.001	0.00001
6	10	1	0.001	0.001	0.00001

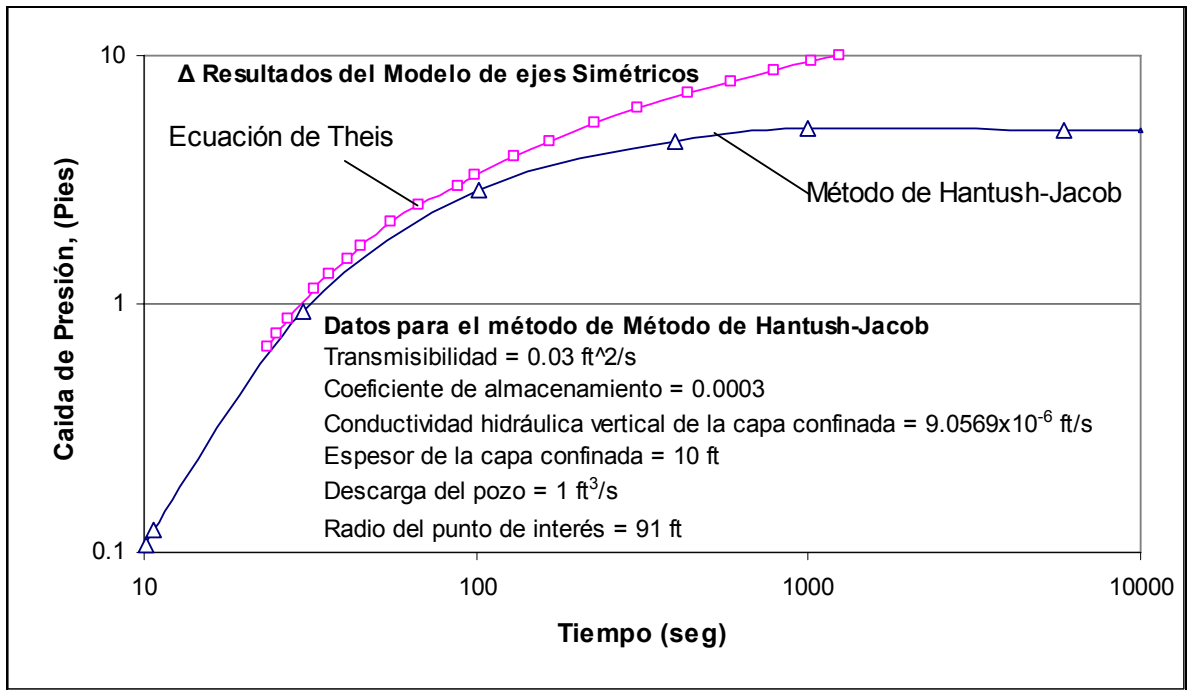
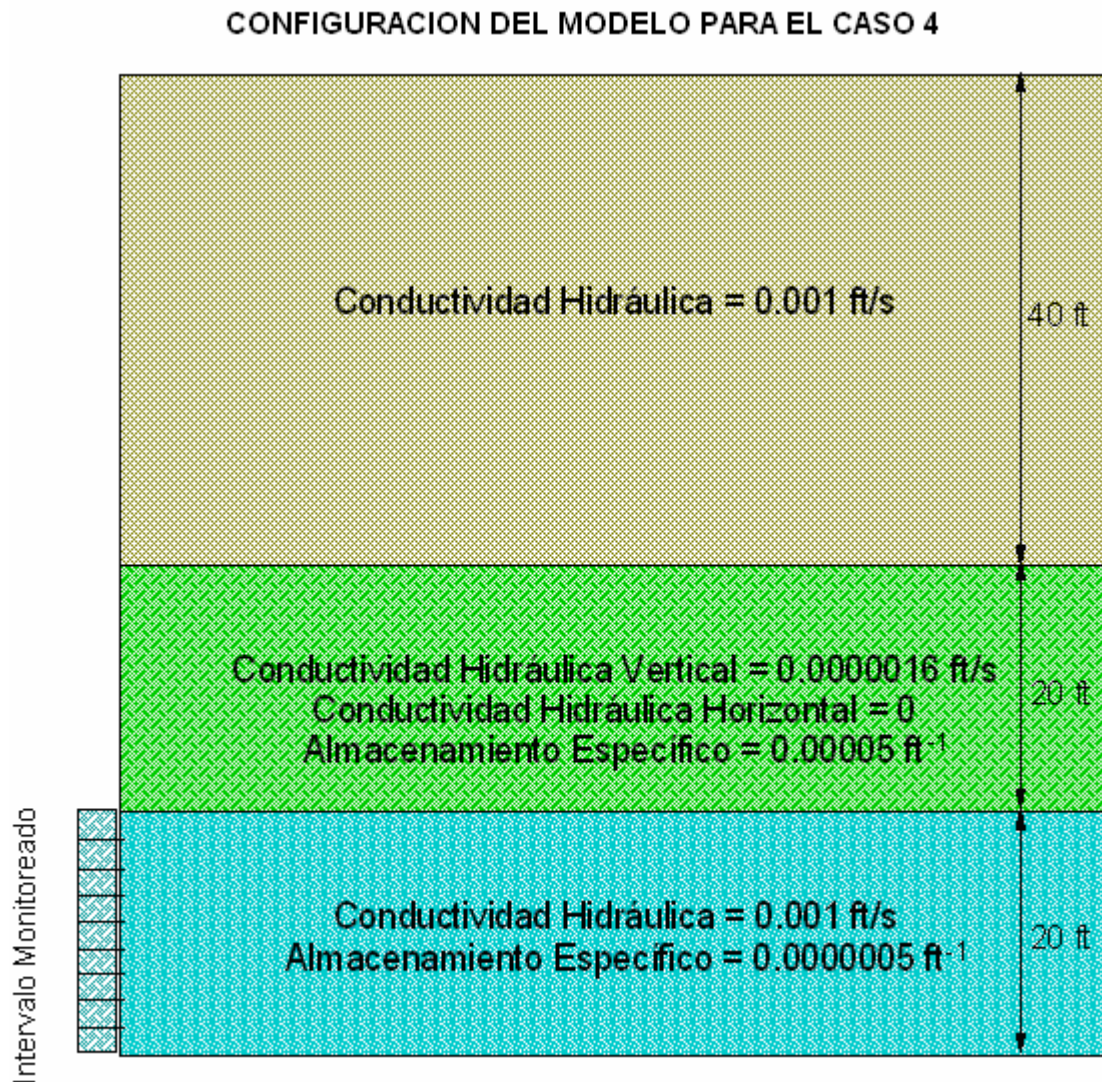


Figura 8. Configuración del modelo, datos del archivo de entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de los métodos Hantush (Hantush , 1960) considerando almacenamiento en los estratos confinados y el modelo de ejes simétricos



La discretización en la horizontal y en la vertical, se mostró en el archivo de datos.

**DATOS DE ENTRADA PARA HANTUSH 2: TENIENDO EN CUENTA
ALMACENAMIENTO EN LA CAPA CONFINADA**

Número de estratos (en la dirección Z)	19
Número de columnas (en la dirección R)	50
Longitud de la primera celda del acuífero (ft)	18.9618
Multiplicador de longitud en la celda	1.0837480
Rendimiento específico	100.0
Descarga del pozo (ft ³ /s)	0.0001
Radio del pozo (ft)	1.0
Área del agua libre en superficie dentro del pozo (ft ²)	0.782
Profundidad inicial hacia debajo de la capa o manto de agua a la entrada de la bomba (ft)	25.0
Factor de fricción en la tubería de revestimiento del pozo	0.05
Factor en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo	0.3
Exponente en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo	1.0
Periodos de tiempos tempranos (segundos)	0.00001
Periodos de tiempos tardíos (segundos)	0.0001
Cambios en el periodo de tiempo en el tiempo (segundos)	0.2
Tiempos del listado (segundos)	1.25 2.5 12.5
Iteraciones permisibles para calcular las nuevas caídas de presión en el acuífero	20
Ensayos permisibles para calcular la nueva caída de presión en el pozo	500
Olvidar las pérdidas en el flujo menor que (ft ³ /s)	0.00001
Ignorar las pérdidas de caída de presión menores a (ft)	0.000000001
Criterio de Convergencia (ft)	0.0001

VARIABLES PARA CADA ESTRATO:

Numero de Estratos	Espesor del estrato (ft)	Malla en este estrato ?	Conductividad Hidráulica Horizontal (ft/s)	Conductividad Hidráulica Vertical (ft/s)	Almacenamiento Específico (1/ft)
1	30.0	0	0.001	0.001	0.00010
2	10.0	0	0.001	0.001	0.00010
3	6.00	0	0.000	1.60e-6	0.00005
4	4.00	0	0.000	1.60e-6	0.00005
5	3.00	0	0.000	1.60e-6	0.00005
6	2.00	0	0.000	1.60e-6	0.00005
7	1.00	0	0.000	1.60e-6	0.00005
8	0.90	0	0.000	1.60e-6	0.00005
9	0.55	0	0.000	1.60e-6	0.00005
10	0.55	0	0.000	1.60e-6	0.00005
11	0.25	0	0.000	1.60e-6	0.00005

12	0.15	0	0.000	1.60e-6	0.00005
13	0.10	0	0.000	1.60e-6	0.00005
14	0.10	1	0.001	0.001	5.0E-7
15	0.30	1	0.001	0.001	5.0E-7
16	0.40	1	0.001	0.001	5.0E-7
17	1.90	1	0.001	0.001	5.0E-7
18	4.90	1	0.001	0.001	5.0E-7
19	12.0	1	0.001	0.001	5.0E-7

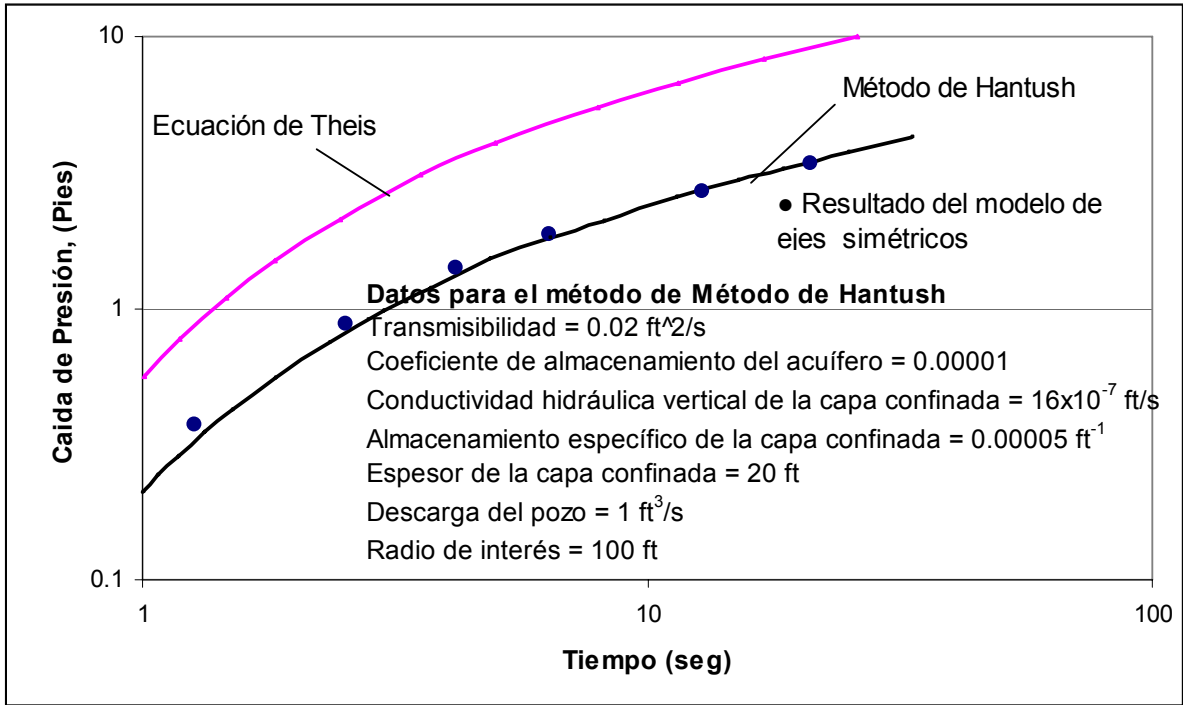
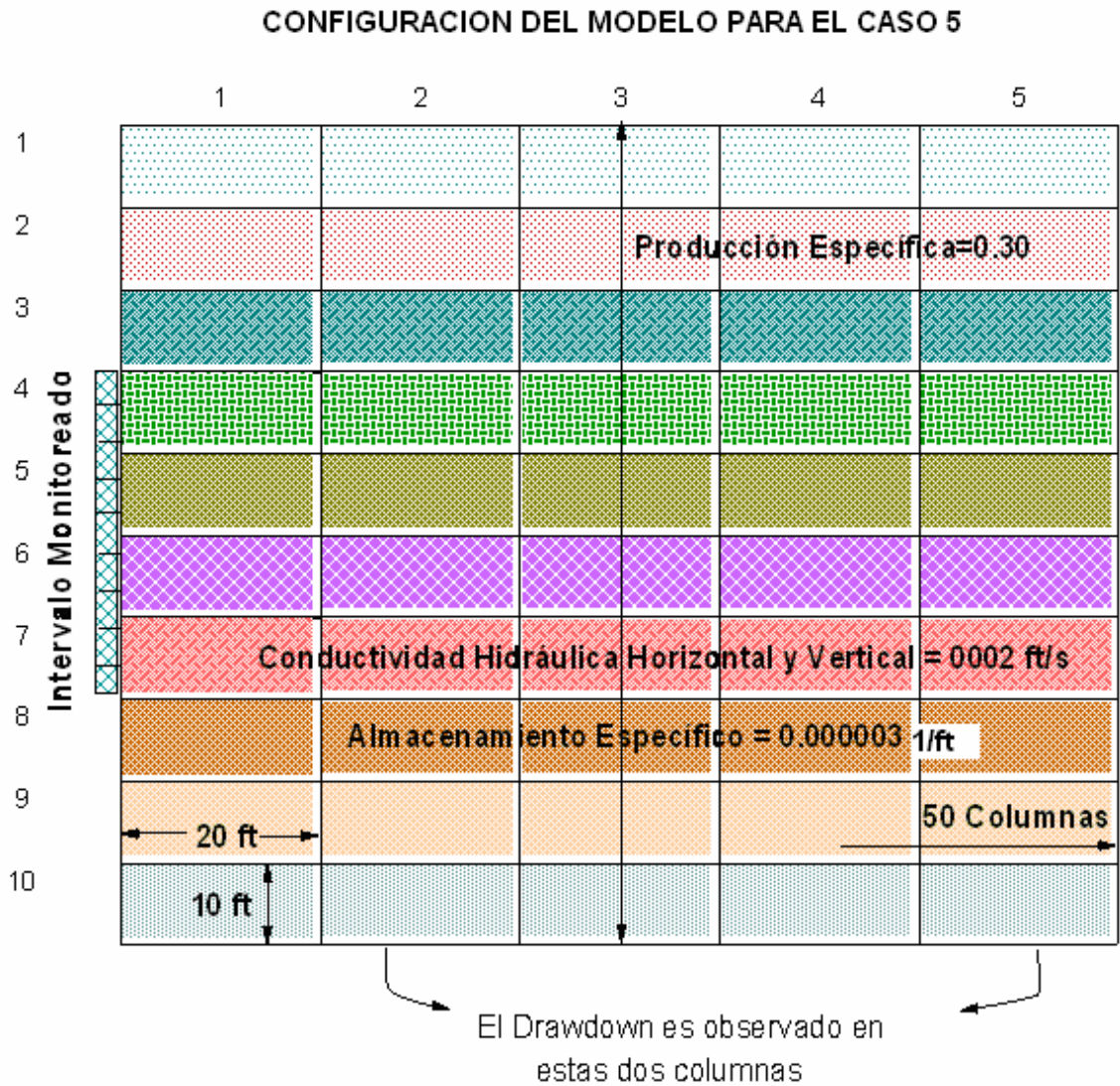


Figura 9. Configuración del modelo, archivo de datos de entrada, y resultados gráficos de la caída de presión determinados de los métodos Neuman (Neuman, 1974,1975) y el modelo de ejes simétricos



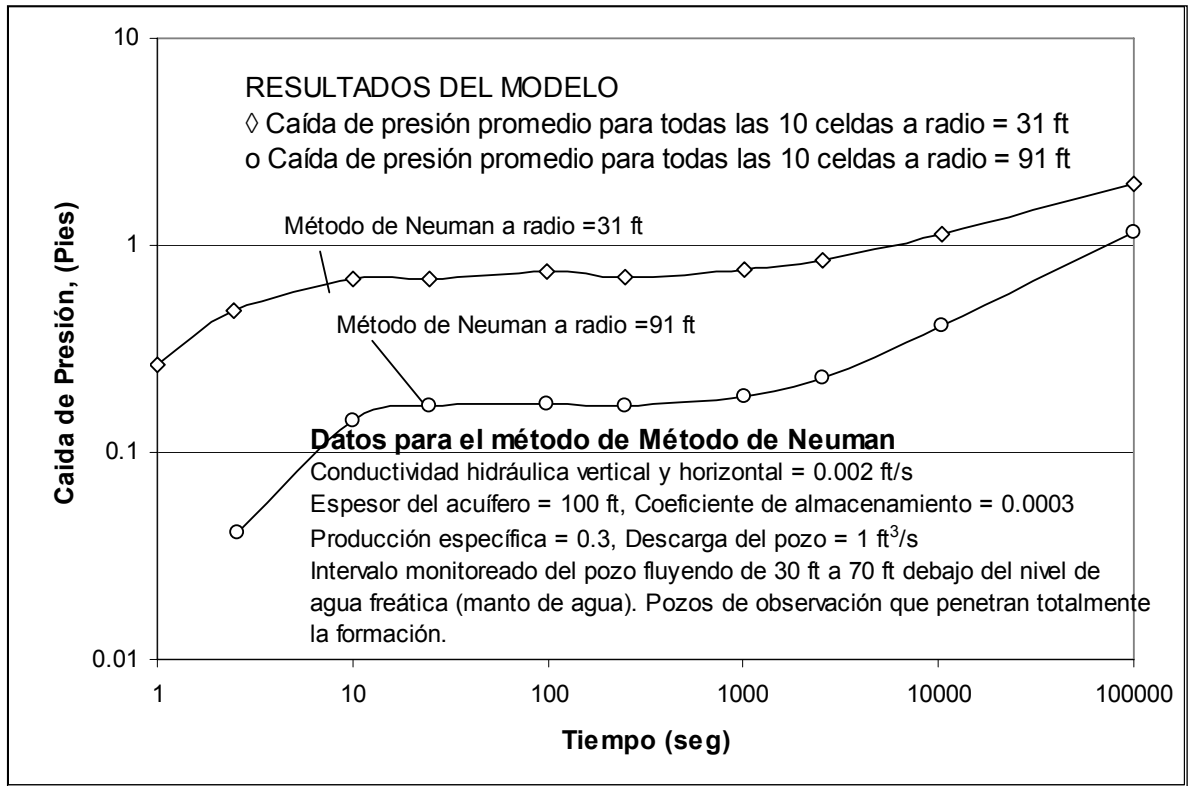
DATOS DE ENTRADA PARA NEUMAN 1

Número de estratos (en la dirección Z)	10
Número de columnas (en la dirección R)	50
Longitud de la primera celda del acuífero (ft)	20
Multiplicador de longitud en la celda	1.0
Rendimiento específico	0.3

Descarga del pozo (ft ³ /s)	1.0
Radio del pozo (ft)	1.0
Área del agua libre en superficie dentro del pozo (ft ²)	0.782
Profundidad inicial hacia debajo de la capa o manto de agua a la entrada de la bomba (ft)	30.0
Factor de fricción en la tubería de revestimiento del pozo	0.01
Factor en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo	0.3
Exponente en la ecuación de la pérdida en la malla del pozo	1.0
Periodos de tiempos tempranos (segundos)	0.040001
Periodos de tiempos tardíos (segundos)	0.100001
Cambios en el periodo de tiempo en el tiempo (segundos)	5100
Tiempos del listado (segundos)	2500 5000 10000
Iteraciones permisibles para calcular las nuevas caídas de presión en el acuífero	20
Ensayos permisibles para calcular la nueva caída de presión en el pozo	500
Olvidar las pérdidas en el flujo menor que (ft ³ /s)	0.00001
Ignorar las pérdidas de caída de presión menores a (ft)	0.000000001
Criterio de Convergencia (ft)	0.0001

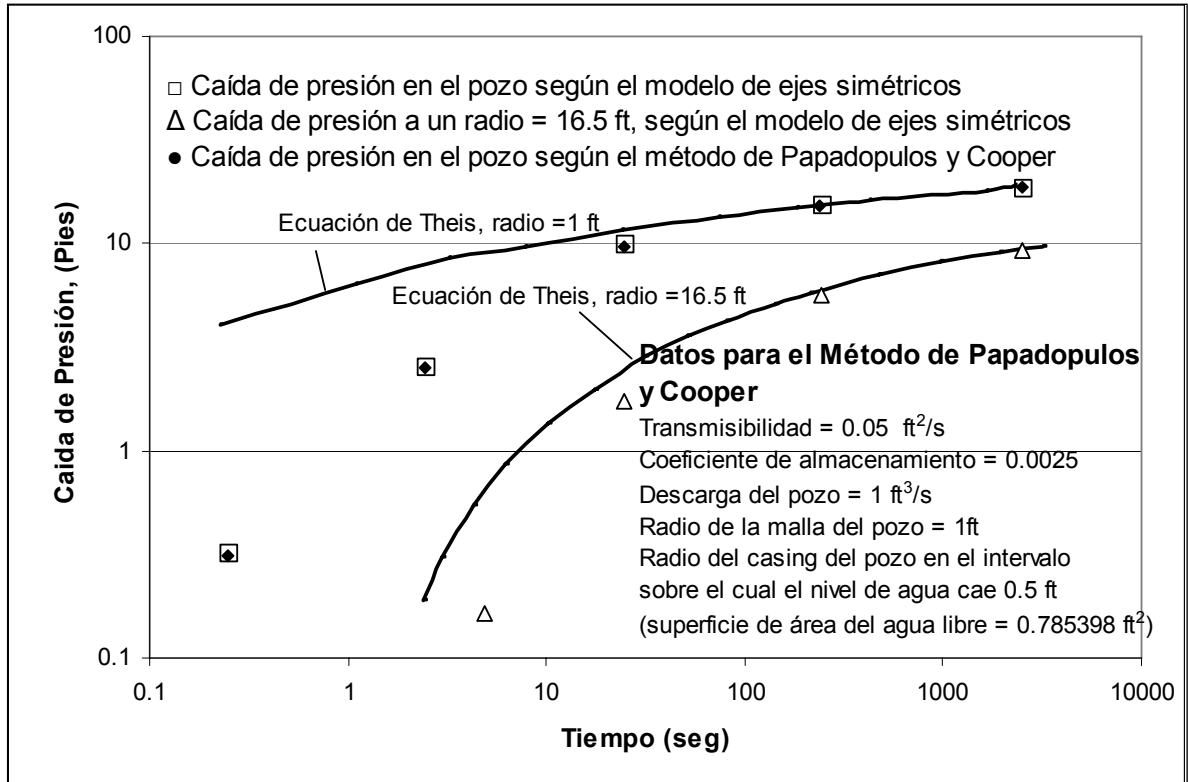
VARIABLES PARA CADA ESTRATO:

Numero de Estratos	Espesor del estrato (ft)	Malla en este estrato ?	Conductividad Hidráulica Horizontal (ft/s)	Conductividad Hidráulica Vertical (ft/s)	Almacenamiento Específico (1/ft)
1	10.0	0	0.002	0.002	0.000003
2	10.0	0	0.002	0.002	0.000003
3	10.0	0	0.002	0.002	0.000003
4	10.0	1	0.002	0.002	0.000003
5	10.0	1	0.002	0.002	0.000003
6	10.0	1	0.002	0.002	0.000003
7	10.0	1	0.002	0.002	0.000003
8	10.0	0	0.002	0.002	0.000003
9	10.0	0	0.002	0.002	0.000003
10	10.0	0	0.002	0.002	0.000003



1. 1. 13 Caída de presión a lo largo del diámetro del pozo. El efecto del almacenamiento en la tubería de revestimiento sobre la caída de presión se ilustra en la figura 10. Las condiciones de la simulación son idénticas para las suposiciones sobre las cuales está basada la ecuación de Theis, excepto que un poco de agua es obtenida del almacenamiento en la tubería de revestimiento. Los resultados de la simulación muestran desviación de la curva Theis para la caída de presión en el pozo y para la caída de presión en un punto a 16.5 pies del pozo. Los resultados de un método analítico hecho por Papadopulos y Cooper (1967) para determinar caídas de presión a lo largo del diámetro del pozo también son mostrados. Todos los resultados muestran una convergencia con la ecuación Theis a tiempos tardíos.

Figura 10. Relación entre la caída de presión y el tiempo dentro y cerca de un pozo fluyendo que tiene 0.785398 pies cuadrados de superficie de agua libre.



1.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO CON LOS RESULTADOS DE OTRO MODELO NUMÉRICO

Reilly (1984) mostró resultados de la simulación de la caída de presión cerca a un pozo el cual fluye desde un acuífero no confinado, el cual cubrió un fino estrato confinado y un acuífero confinado más profundo. La configuración del modelo puede ser resumido como sigue:

Tabla 1. Datos para la comparación del modelo de Reilly(1984) y el modelo de ejes simétricos

	Espesor (ft)	Conductividad Hidráulica Horizontal (ft/s)	Conductividad Hidráulica Vertical (ft/s)
Acuífero más alto	75	0.003125	0.0003125
Estrato confinado	10	0.000000116	0.0000000116
Acuífero mas bajo	190	0.000579	0.000016
Rendimiento específico	0.25		
Almacenamiento	0.000001 ft ⁻¹		
Específico			
Intervalos monitoreados	50 a 75 ft		
Rata de bombeo	1 ft ³ /s		
Tiempo de interés	3197 segundos		

Una comparación de los resultados entre el modelo numérico de Reilly (1984) y el modelo de ejes simétricos se presenta en la figura 11.

1. 3 COMPLICACIONES INDUCIDAS POR CARACTERÍSTICAS DEL POZO

En la mayoría de los modelos matemáticos para la interpretación de los resultados de la simulación de la caída de presión en un acuífero, se hacen ciertas suposiciones acerca de los procesos ocurridos cerca al pozo. Estas suposiciones pueden incluir:

1. El pozo bombeado puede ser considerado como una línea cavada continuamente.
2. El aporte a esta cavidad ocurre por flujo uniforme a lo largo de la cavidad. (Volumen)/ (Tiempo) (longitud)).
3. La cabeza hidráulica a lo largo de esta cavidad es uniforme.
4. La cabeza hidráulica obtenida por la medición del nivel del agua en el pozo representa la cabeza hidráulica a lo largo de esta cavidad; y

5. El agua obtenida del almacenamiento en el pozo es despreciable. El grado por lo cual estas suposiciones no son válidas puede ser bastante grande como para llevar a errores substanciales en los datos de salida de la simulación en el acuífero. Los siguientes ejemplos muestran aquellos caminos que el modelo de ejes simétricos considera complejos en el flujo de agua subterránea causada por el pozo fluyendo.

La caída de presión dentro y cerca de un pozo fluyendo que penetra completamente un acuífero confinado homogéneo e isotrópico, es mostrada en la figura 12. La pérdida hidráulica en cabeza es debido a la fricción en la tubería de revestimiento y a la variación en la velocidad a lo largo del pozo es importante. La caída de presión aumenta de 19.1 a 26.4 pies, del fondo al tope del intervalo en delimitado. Esto induce considerables variaciones verticales en la caída de presión en el acuífero. Las condiciones de la figura 12 son similares a las de Cooley y Cunningham (1979). Presentando resultados razonables.

La caída de presión inducida cerca a un pozo fluyendo que penetra un acuífero no confinado homogéneo e isotrópico, es mostrada en la figura 13. La pérdida hidráulica en cabeza debido a la fricción en la tubería de revestimiento y a la variación en la velocidad a lo largo del pozo es importante. A lo largo de los 100 pies de intervalo monitoreado, hay un incremento en la caída de presión de 3.74 pies. Allí hay un pérdida adicional en cabeza hidráulica de 2.74 pies desde el tope del intervalo monitoreado a la entrada de la bomba. La caída de presión supuestamente obtenida por la medición del nivel de agua en el pozo difiere de la caída de presión a profundidad entre 2.74 a 6.48 pies, dependiendo de la profundidad considerada. Además, la pérdida hidráulica en cabeza dentro del pozo debido a la profundidad no es igual a la pérdida hidráulica en cabeza en la parte exterior del pozo debido a la pérdida en la malla del pozo. La caída de presión en el pozo es más grande en la parte alta del intervalo monitoreado, ahí es donde la fuerza motriz es más grande debido al aporte de flujo hacia el pozo. El flujo interno es aproximadamente 1.94 instantes más grande en el tope que en el fondo.

La caída de presión cerca de un pozo fluyendo que está abierto a tres formaciones acuíferas diferentes que están separadas por capas confinadas es ilustrada en la figura 14. Todos las capas son no anisotrópicas y heterogéneas. Las caídas de presión en los tres intervalos monitoreados son de 21.28, 19.85 y 19.38 pies descendiendo esta con la profundidad. Debido a estas diferencias y a la separación de los intervalos monitoreados, la caída de presión en el sistema acuífero varía considerablemente con la profundidad en la proximidad compacta del pozo. A pesar del efecto de la producción retardada cerca al nivel freático de agua; estas variaciones comienzan a ser insignificantes a una distancia de aproximadamente 150 pies del pozo. El bombeo de la zona acuífera superior es

del 41 por ciento del total, mientras que el bombeo del acuífero inferior es solamente del 28 por ciento.

Figura 11. Resultados de la caída de presión calculada por el modelo de Reilly y el modelo de ejes simétricos

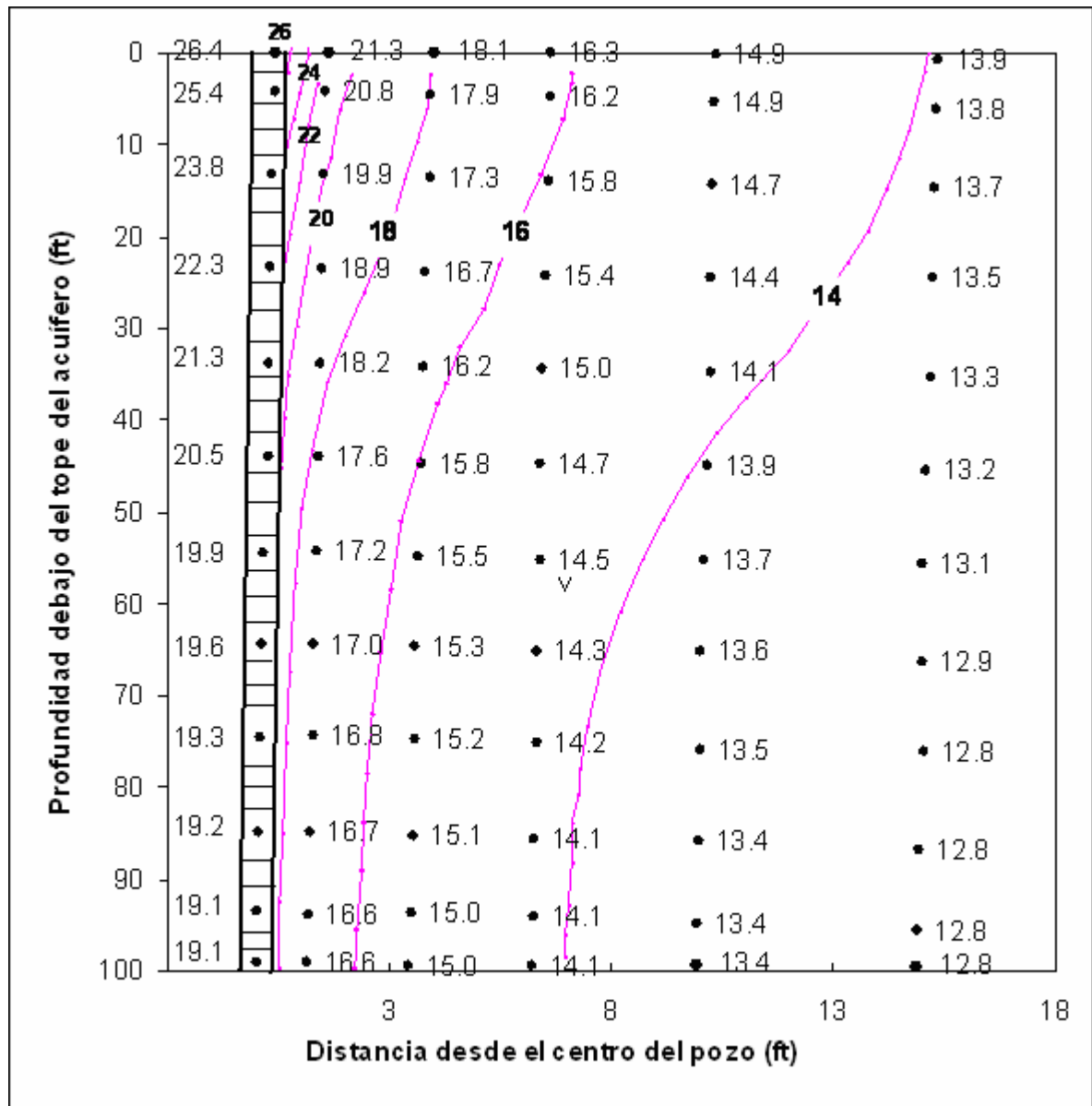


Figura 12. Caída de presión en y alrededor de un pozo fluendo, que penetra totalmente un acuífero confinado, homogéneo e isotrópico bajo condiciones similares a las de Cooley y Cunningham (1979). (Conductividad hidráulica = 0.00116677 pies por segundo; espesor del acuífero 100 pies; intervalo monitoreado = espesor entero del acuífero; radio del pozo = 0.25 pies descarga al pozo 2 pies cúbicos por segundo; factor de fricción en la tubería de revestimiento = 0.05; factor en la ecuación de pérdida en la malla del pozo (CW) = 0.10533; exponente en la ecuación de pérdida en la malla del pozo (CN) = 2; tiempo de bombeo de suficiente duración para equilibrar la caída de presión; distancia a la frontera de cabeza hidráulica onstante = 15.5 pies)

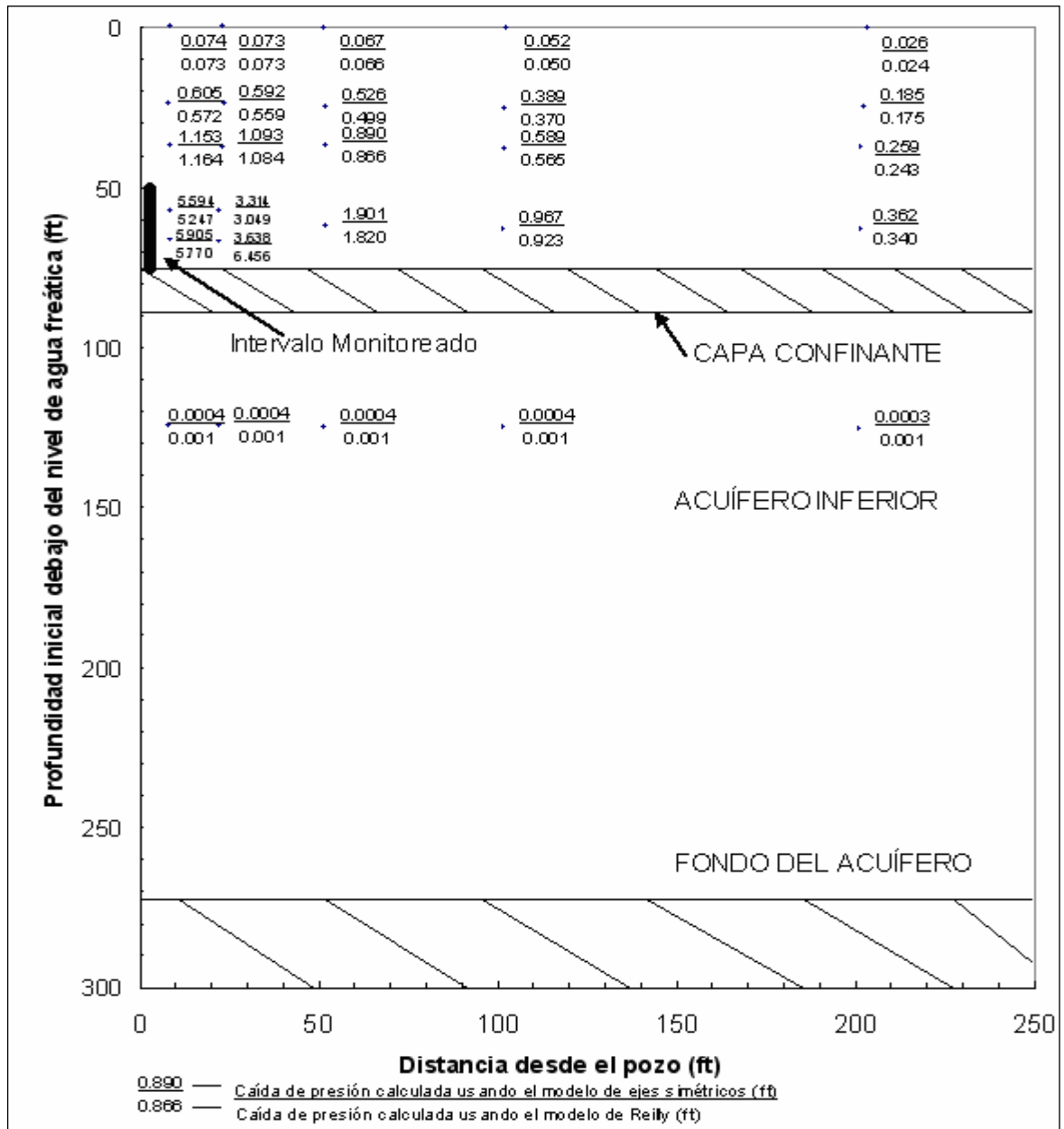


Figura 13. Caída de presión dentro y alrededor de un pozo fluyendo, que está abierto a un acuífero no confinado, homogéneo e isotrópico. (conductividad hidráulica = 0.002 pies por segundo; espesor saturado = 180 pies; almacenamiento específico = 0.00001 pies⁻¹; producción específica aparente = 0.25; radio del pozo = 0.25 pies; intervalo monitoreado = 50 a 150 pies debajo del nivel de agua freática inicial; descarga del pozo = 1.5 pies cúbicos por segundos; factor de fricción (F) en la tubería de revestimiento del pozo = 0.05; factor en la ecuación de pérdida en la malla del pozo (CW) = 4.0; exponente en la ecuación de pérdida en la malla del pozo (CN) = 2.5; tiempo = 500 segundos)

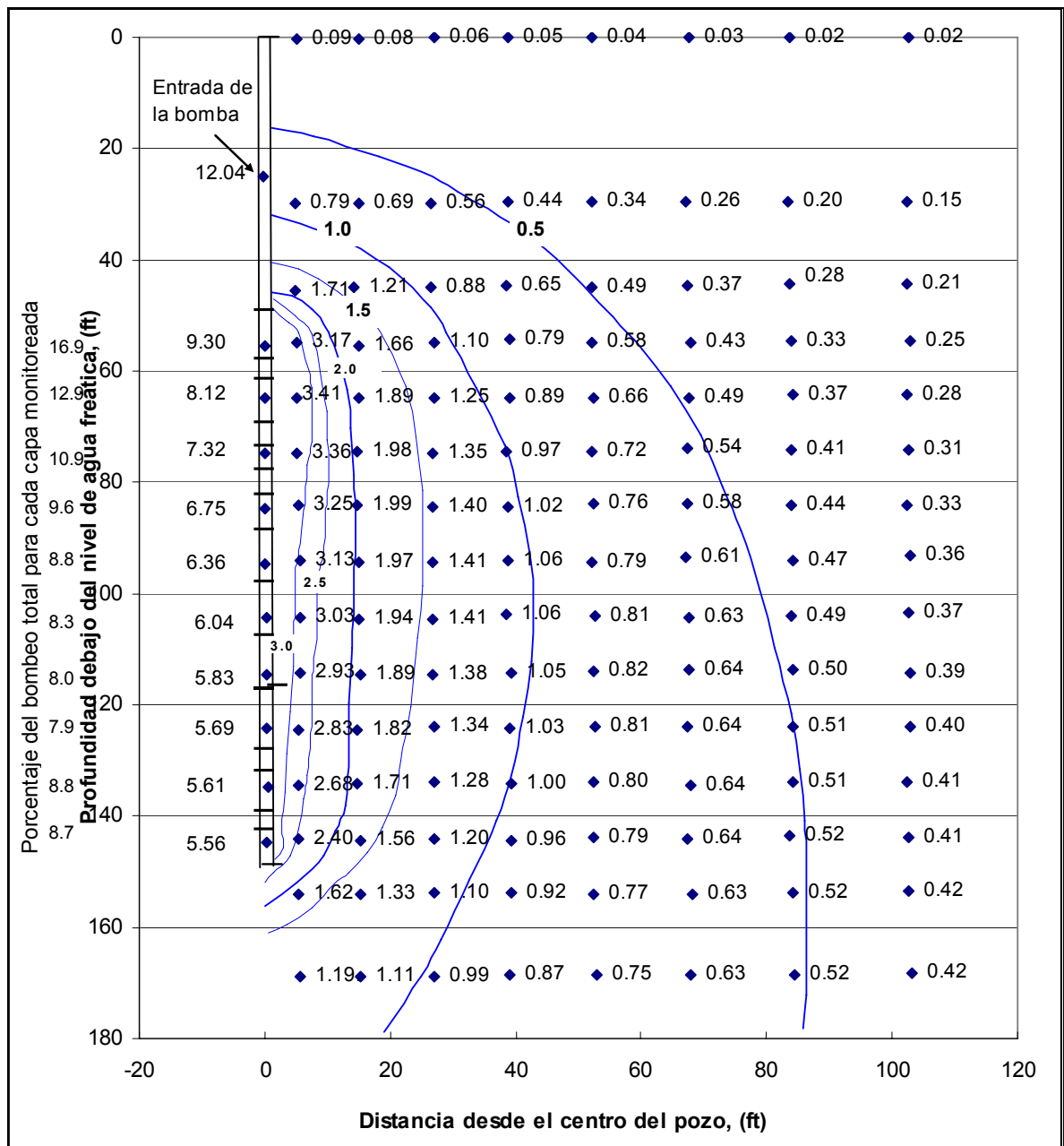
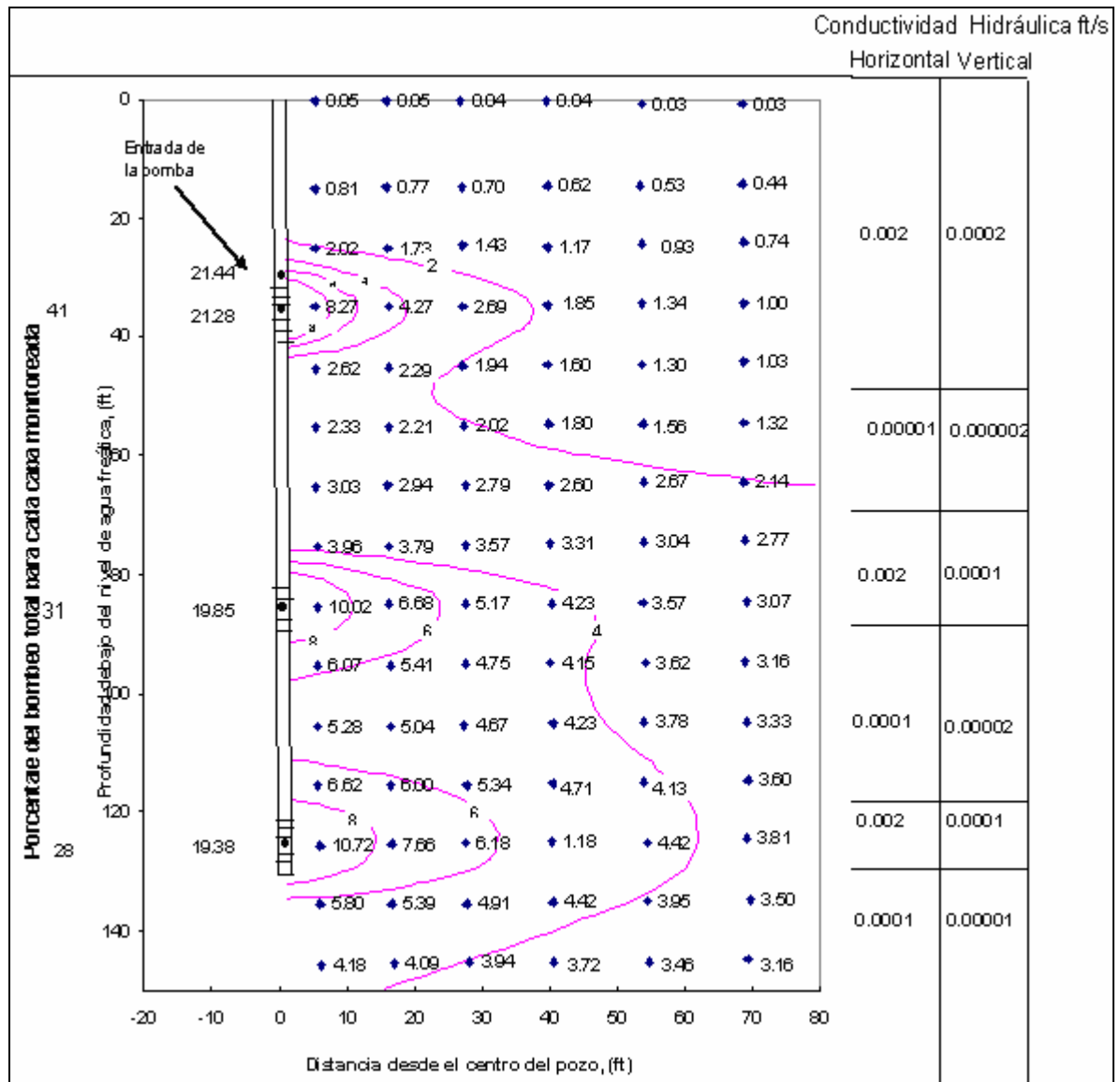


Figura 14. Caída de presión en y alrededor de un pozo fluendo que está abierto en 3 zonas diferentes heterogéneas y anisotrópicas de un sistema acuífero. (almacenamiento específico = 0.00001 pies⁻¹; producción específica aparente = 0.2; radio del pozo = 0.25 pies; descarga del pozo = 1.3 pie cúbicos por segundos; factor de fricción (F) en la tubería de revestimiento = 0.023; pérdida en cabeza hidráulica a través de la malla del pozo= 0; tiempo= 1000 segundos)



2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.1 CASO 1

2.1.1 Caída de presión en estado estable en un acuífero confinado. Se puede observar que para un tiempo de 10000 segundos, cada capa de celdas produce en la cara del pozo un caudal que está especificado en la columna 3, de la tabla de resultados para el caso 1; ya que la p_{wf} para el acuífero confinado es una p_{wf} promedio de las p_{wfs} en las diferentes capas de celdas y se ubica en el punto medio del acuífero para hacer cálculos, o sea para todo el acuífero se considera constante, aunque realmente en las capas de celdas superiores se produce un caudal un poco más grande que en las inferiores debido a que la p_{wf} hacia arriba del pozo es menor que hacia abajo del pozo; también se observa que a mayor tiempo mayor es la caída de presión en la entrada de la bomba que equivale a la caída de presión en el pozo; en todos los puntos rojos de la figura 15 se expresa el caudal en el punto medio de cada capa de celdas monitoreadas desde la capa de celdas 5 hasta la 8; al observar el flujo en la capa de celdas 4 se notó que el flujo en esta capa de celdas y en las que le siguen hacia la parte superior es cero debido a que son capas de celdas del acuífero confinado no abiertas al pozo (capas de celdas revestidas) en producción debido a que la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento es de 40 pies que es la profundidad a la cual la malla está colgada y a partir de allí están ubicadas las capas de celdas abiertas al pozo, estos puntos rojos están unidos por una línea de color café que es la curva de caudal vs la profundidad para cada capa de celdas atravesadas por el pozo.

La columna 4 en la parte superior de la tabla de resultados muestra la pérdida de cabeza hidráulica en psi para cada tiempo simulado en cada punto (de la cara del pozo sobre la malla) medio de las capas de celdas monitoreadas, se observa un valor de cero en la pérdida de cabeza hidráulica al atravesar la malla para las capas de celdas 1,2,3 y 4 ya que no están abiertas al pozo ni cubiertas por la malla filtrante; esta pérdida de cabeza hidráulica al atravesar la malla (línea negra) para las capas de celdas abiertas al pozo es aproximadamente igual a la pérdida de cabeza hidráulica total (Adjust) debido a que la parte del pozo abierta a la producción no presenta turbulencia (bajo caudal) y como resultado las pérdidas por fricción tanto entre la malla y el agua como entre las láminas de agua son despreciables.

En otras palabras solo hay pérdida de cabeza hidráulica en la zona monitoreada al ingreso del agua al pozo, esto porque hay un gasto de energía de presión para poder atravesar la malla filtrante.

La figura 15 muestra para las capas de celdas no abiertas al pozo (capas de celdas revestidas) un valor de Adjust aproximadamente igual a cero ya que en esta zona las pérdidas de cabeza hidráulica por fricción aunque son altas, no se grafican, esto sólo se hace para las capas de celdas abiertas al pozo; además en esta parte el caudal es alto en relación con la parte donde está la malla como resultado de que por allí pasa la producción acumulada de todas las capas de celdas.

Para el caso de las figuras hechas Adjust = pérdida de cabeza en la malla, esto porque no se tienen en cuenta las pérdidas de cabeza hidráulica debido al flujo ni en la malla ni en la tubería de revestimiento; aunque las pérdidas por flujo entre 40 pies y 13.2 pies (parte superior revestida) son significantes.

Las columnas 1 y 2 muestran para un tiempo de 10000 segundos; la caída de presión acumulada con el tiempo en el centro del pozo y en la cara del pozo respectivamente; los datos de caída de presión para las celdas son mostrados en la parte inferior de la tabla 2, donde la columna de la izquierda expresa la profundidad a la que está cada capa de celdas, y la fila superior la distancia desde la cara del pozo al centro de cada columna de celdas, estas son las coordenadas de cada nodo que representa las propiedades de una celda, se observa además que la capa de celdas 1 (que corresponde al acuífero confinado) y las capas de celdas 2,3 y 4 (que corresponden al estrato confinado) no tienen caída de presión, la capa de celda 1 posee conductividad y almacenaje (almacenamiento), y las capas de celdas 2,3 y 4 poseen almacenaje (almacenamiento) pero no presentan filtración (conductividad hidráulica vertical); en las 4 primeras capas de celdas no hay caída de presión ya que la capa de celdas 1 tiene conductividad pero está aislada tanto del pozo como del acuífero confinado.

Son capas sin conductividad vertical y revestidas (aisladas del acuífero confinado y del pozo), los poros de esta capa confinada no están confinados por esto no es considerado como una capa acuífero a pesar de que tiene el mismo almacenaje (almacenamiento), de las capas superior e inferior, también se puede observar para las capas abiertas al pozo, que en las celdas que están más lejos de la cara del pozo la caída de presión es menor, a 10000, 4 y 2 segundos, además se observa que la columna 6 cuyos nodos están a 551 pies de la cara del pozo la caída de presión es cero a 10000 segundos (esta es la última columna la cual debe estar a cabeza constante).

Las figuras 16 y 17 muestran la caída de presión a 10000 segundos en contornos y en barras respectivamente, en estas figuras 3D; X = Profundidad en pies, Y = Distancia de la cara del pozo al centro de las celdas y Z = Caída de presión en psi.

2.2 CASO 2

2.2.1 Caída de presión en estado inestable en un acuífero confinado sin filtración. El Caso 2 es similar al caso 1, la diferencia principal es que en el caso 1 se llega al estado estable debido al poco número de columnas de celdas (se llega a la última columna que está a cabeza constante) en dirección radial (6), y a que el tiempo de corrida de la simulación es largo (10000 segundos); ésto contribuye a que el perfil de presión a lo largo del acuífero deje de cambiar con el tiempo y llegue a ser constante (pwf y presión del acuífero constantes con el tiempo), o sea estado estable.

Para el caso 2 el número de columnas (50 columnas) es mayor y el tiempo de simulación es menor (500 segundos); ésto contribuye a que nunca la onda de presión llegue a la frontera de cabeza constante y por esto el perfil de presión es para estado inestable donde el acuífero es homogéneo e infinito en su extensión areal. Al principio del periodo de flujo para el caso 1 la pwf es variable y llega a disminuir más que en el caso 2 antes de llegar a ser constante, esto se presenta porque en el caso 1 el tiempo de corrida de la simulación es más largo (para llegar al estado estable) y en el caso 2 es más corto (no se llega al estado estable).

La variación de la pwf (presión de pozo fluyente) depende tanto de la descarga del pozo como del comportamiento del acuífero; ya que si el aporte del acuífero es constante la pwf es inversamente proporcional a la descarga, y si la descarga del pozo es constante la pwf será directamente proporcional al aporte del acuífero, de otro lado si los dos varían la pwf será un resultado de su combinación.

También se muestra que así el delta de presión en el acuífero sea constante el caudal varía a medida que el perfil de presión cambia (aumenta el radio de drene). En los resultados obtenidos en la tabla 2 para el caso 1 y en la tabla 3 para el caso 2 se muestra la caída de presión acumulada con el tiempo en el centro del pozo y en la cara del pozo; el caudal instantáneo en la cara del pozo (para cada capa de celdas) para el tiempo que se está corriendo la simulación y la pérdida de cabeza hidráulica al atravesar la malla para cada capa de celdas; que son los datos de la parte superior. En la parte inferior de las tablas de resultados se muestra la caída de presión en todas las celdas para el tiempo en el que se está corriendo la

simulación; allí donde las columnas de datos no se imprimen es porque la caída de presión es la misma a la columna anterior impresa.

Esta simulación me permite predecir las propiedades de los acuíferos y de los pozos, para de esta forma poner a producir los pozos y los acuíferos de forma que se minimizen los costos, se extraiga el agua en el menor tiempo y el factor de recobro sea el máximo.

Los resultados mostrados en las tablas y figuras para todos los modelos de acuíferos simulados presentan una concordancia con el método analítico correspondiente a cada caso y tienen un alto grado de aceptación y concordancia. La forma como se leen los datos en las figuras y tablas es la misma para todos los casos, la cual ya fue explicada en el caso 1; y en los primeros párrafos del caso 2.

El caso 1 se comparó con el método analítico Thiem (Lohman, 1972) y el caso 2 con el método analítico Theis figura 6 que son los métodos analíticos correspondientes a cada caso.

2.3 CASO 3

2.3.1 Caída de presión en acuíferos confinados con filtración e ignorando el almacenamiento en los estratos confinados. En este caso a diferencia de los casos 1 y 2 donde no hay conductividad hidráulica en ninguna dirección; aquí hay conductividad hidráulica, (solo vertical) requisito para que en el estrato confinado haya filtración; en todos los 3 casos el estrato confinado tiene almacenaje (almacenamiento); pero como allí no hay conductividad hidráulica alta y en ambas direcciones, no se consideran como acuíferos activos, en este caso el frente de filtración no es simulado, en otras palabras se simula el flujo entre las capas de celdas que representan el estrato confinado y las celdas superiores e inferiores pero no se simula el flujo de las celdas del estrato confinado (ubicando nodos distribuidos) que es allí donde se presenta el punto de filtración.

A pesar de que hay filtración la presión en el acuífero no confinado no cae porque los tiempos de simulación son pequeños como para que la presión caiga, o sea que cuando la filtración ocurre no cae la presión ni en el acuífero superior ni inferior (filtración igual al bombeo y el acuífero superior produce por presión almacenada), luego comienza la caída de presión en el acuífero confinado (al cesar la filtración debido a que la fuente de cabeza cae), para caer mucho tiempo después en el estrato confinado y en el acuífero no confinado.

La razón por la cual a tiempos tardíos la presión se estabiliza se debe a que el radio de drenaje alcanza la última columna de celdas (la cual está a cabeza constante).

Todas las figuras resultados de la simulación están hechas para un tiempo de 3000 segundos, las figuras todas muestran los mismos parámetros que para los casos 1 y 2 y la forma de lectura e interpretación es la misma.

Se puede observar que el estado en el cual se lleva a cabo la caída de presión es el inestable y que deberá pasar mucho tiempo para llegar al estado estable (presión se estabilice); pero también se debe tener en cuenta que a tiempos de más de 3000 segundos de simulación (sin necesidad de tocar la frontera de cabeza constante), como todas las capas de celdas aportan flujo, la caída de presión es baja con el tiempo y se considere que hay una estabilización prematura de la caída de presión que es diferente a la que ocurre cuando la onda de presión toca la última columna de celdas (la cual está a cabeza constante).

Finalmente, como el número de columnas es grande (50 columnas); para una simulación de 3000 segundos la presión solo cae en las primeras columnas del acuífero.

Los resultados de la simulación son aceptables y coinciden con el método analítico Hantush-Jacob (Hantush y Jacob, 1955; Hantush, 1956) figura 7.

2.4 CASO 4

2.4.1 Caída de presión en acuíferos confinados con filtración considerando almacenamiento en el estrato confinado. Las consideraciones y el análisis que se deben hacer son las mismas que para los casos 2 y 3 a diferencia de que el estrato confinado además de filtrar agua también almacena agua que puede ser transmitida al acuífero inferior. El almacenamiento es mayor en el acuífero superior (de cabeza constante) y disminuye pasando por el estrato confinado (de cabeza constante) hasta llegar a ser menor en el acuífero inferior que es el acuífero monitoreado.

Estos datos de caída de presión son comparados con la ecuación de Theis y con el método de Hantush- Jacob, (métodos analíticos); Hantush (1960) modifica el

modelo hecho inicialmente por Hantush-Jacob para considerar almacenamiento en el estrato confinado.

A diferencia del caso 2 (flujo aportado por el acuífero inferior) y el caso 3 (flujo aportado por el acuífero superior e inferior) en el caso 4 el flujo es aportado por los acuíferos superior e inferior y por el estrato confinado; inicialmente el estrato confinado también aporta agua almacenada y por esto se demora más en caer la presión en el acuífero superior que está a cabeza constante; (tanto cuando cae inicialmente un poco como en el proceso final cuando la presión cae drásticamente).

El estrato confinado al principio también está a cabeza constante la cual inicialmente cae un poco con el tiempo y en el proceso final cae drásticamente de la misma forma que en el acuífero superior, pero primero deberá caer la presión en el estrato confinado para que caiga la presión en el acuífero superior, esto para el proceso final y para el inicial. Las figuras representan la caída de presión para un tiempo de 12.5 segundos.

La presión en el acuífero monitoreado se demora mucho tiempo en caer debido al aporte del estrato confinado (el cual inicialmente está a cabeza constante); ya que este tiene un almacenamiento mayor al del acuífero inferior, debido a esto los resultados de caída de presión son de cero para un tiempo de 12.5 segundos.

En la figura 24 el caudal mostrado en el centro de la capa acuífera inferior es máximo y en los costados es mínimo debido a que se presenta un frente parabólico de avance del caudal como consecuencia de que la capa acuífera es delgada (habrá capa de celdas delgadas); en los casos anteriores las capas de celdas eran gruesas (capas acuíferas gruesas); o sea que allí se mostraba el caudal como dato promedio para las capas de celdas, en este caso el acuífero tiene el espesor de una capa de celdas (20 pies); y además es discretizado en celdas más pequeñas (miniceldas), en otras palabras lo que se observa es la distribución de la presión en la capa acuífera por medio de miniceldas y no la presión promedio de la capa acuífera como si fuera una capa de celdas.

2.5 CASO 5

2.5.1 Caída de presión inducida por una penetración parcial del pozo en un acuífero no confinado considerando una producción retrasada. Neuman

(Neuman 1974, 1975) y el modelo de ejes simétricos coinciden como se muestra en la figura 9.

Lo que se observa es que inicialmente en todas las columnas de celdas (hasta donde llega el radio de drenaje); dependiendo de su distancia a la cara del pozo la presión cae (en menor o mayor grado) para producirse agua almacenada por presión (en la figura 9 la caída de presión inicial a un radio de 31 pies es de 0.05 pies); luego el acuífero produce por un tiempo a presión constante y después de 5000 segundos ya la presión comienza a caer en forma considerable; a este fenómeno se le llama producción retrasada (en la figura 9 se muestra la caída de presión a 31 pies y a 91 pies de la cara del pozo que corresponde a la caída de presión en las columnas de celdas 2 y 5).

A partir de este momento comienza la desecación del medio poroso lo que origina una forma de S en la gráfica de caída de presión vs tiempo para el acuífero.

La comparación del modelo de ejes simétricos se hace con relación al método analítico de Neuman, ya que este es el aplicable a este tipo de casos. En la simulación la presión cae solo en las primeras columnas de celdas para un tiempo de 5000 segundos, la caída de presión es en estado inestable ya que el acuífero superior es horizontalmente muy extenso.

Debido a la penetración parcial del pozo las capas de celdas abiertas a la producción son las 4, 5, 6 y 7; las cuales tienen aproximadamente una producción específica de 0.3, la producción específica es un dato de entrada y expresa cuánto produce del total de la producción cada una de las capas de celdas monitoreadas aunque en realidad la producción específica de cada capa de celdas abierta al pozo no es la misma, porque por aumento de la p_{wf} las capas de celdas inferiores producen menos que las capas de celdas superiores.

El perfil de flujo da menor en el centro debido a las condiciones del acuífero y a las características del pozo.

Finalmente se concluye que la mayor cantidad de agua es producida por la capa de celdas 1, es allí donde la presión cae drásticamente y el nivel de agua freática disminuye (al igual de lo que ocurre en un tanque abierto, donde a medida que se saca agua de la parte inferior del tanque lo que disminuye es el nivel de agua en su superficie).

2.6 RESULTADOS CASO 1

Figura 15. Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 10000 segundos, para el caso 1

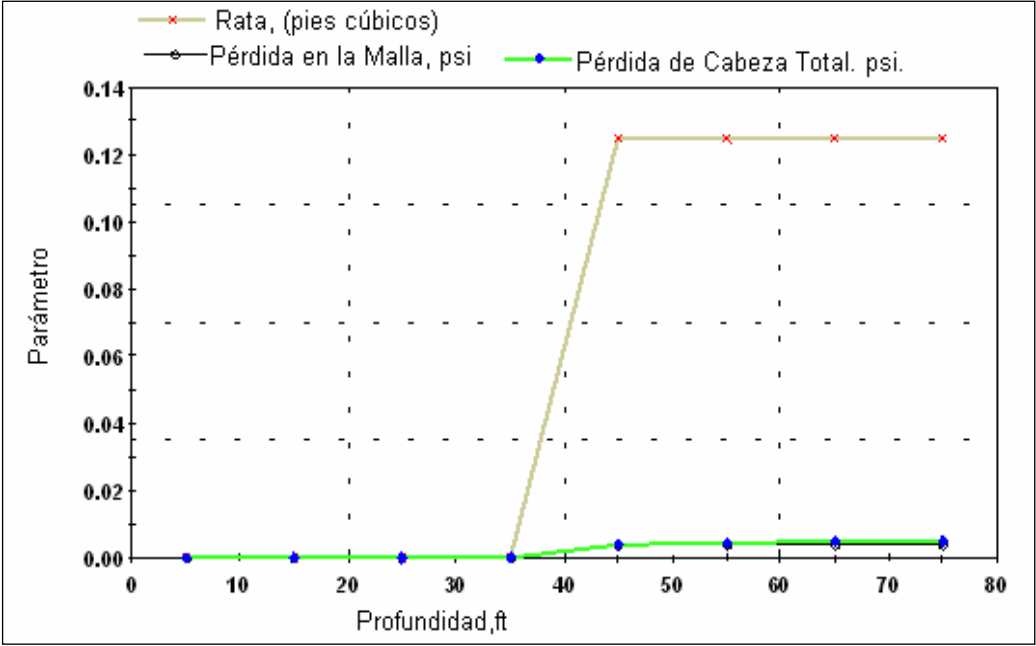


Figura 16. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 10000 segundos, para el caso 1, en contornos

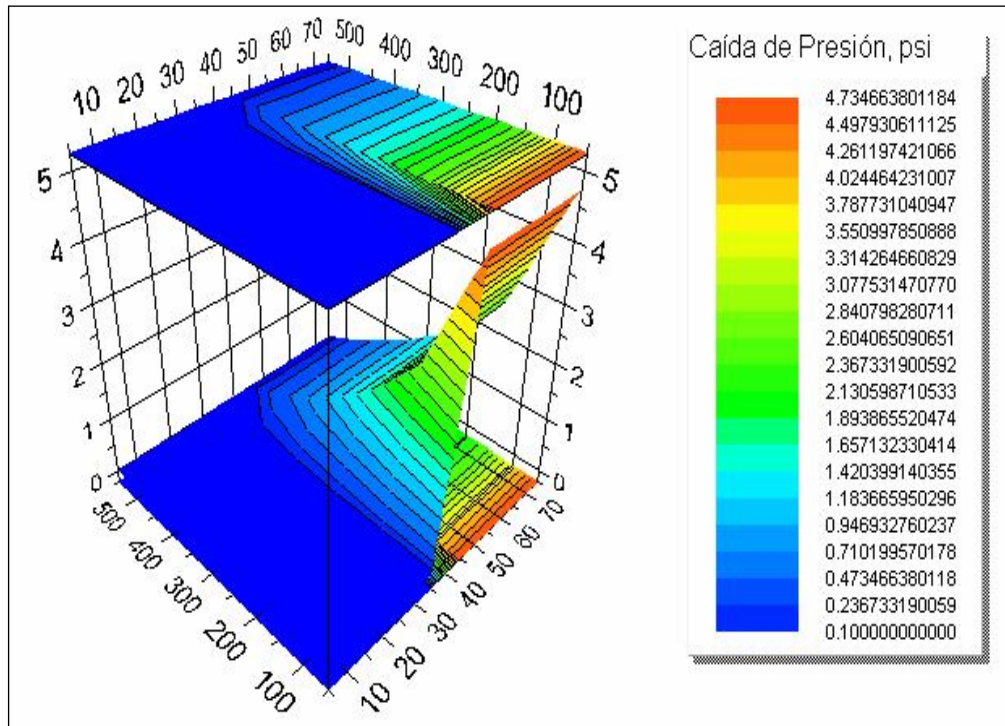
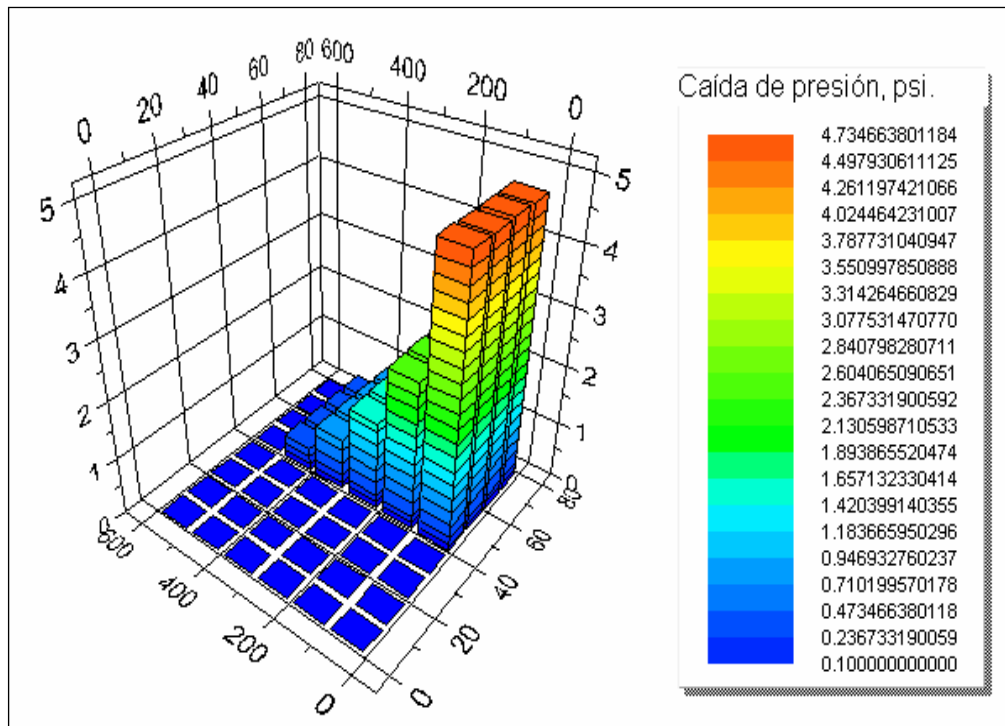


Figura 17. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 10000 segundos, para el caso 1, en barras



ESTE ES EL ARCHIVO DE SALIDA DEL PROGRAMA AXIAL

Resultados de la simulación a tiempo de 2 segundos.

Caída de presión en la bomba = 1.09696, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0

Tabla 2. Datos de salida para el caso 1

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo,psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
1.09695396265819	1.09643308433221	1.73626108658915E-02	5.20878325976746E-04
1.09694624933928	1.09642536072786	1.73629537140515E-02	5.20888611421545E-04
1.09694102820299	1.09642014656958	1.73627211138349E-02	5.20881633415046E-04
1.09693806204578	1.09641719193447	1.73623370458412E-02	5.20870111375237E-04

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	51	151	251	351	451	551	651
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0104608	0.0001230	0.0000019	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0104394	0.0001226	0.0000019	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0104539	0.0001229	0.0000019	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0104779	0.0001234	0.0000019	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Resultados de la simulación a tiempo de 4 segundos.

Caída de presión en la bomba = 2.04301, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0
 Pérdida a través de la malla = 0.0
 Pérdida a través de la malla = 0.0
 Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo,psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
2.04298927105501	2.04202421718048	0.032168462484562	9.65053874536861E-04
2.04296278970466	2.04199774389203	0.032168193754439	9.65045812633169E-04
2.04294486386414	2.04197982414973	3.21679904805912E-02	9.65039714417735E-04
2.0429346785676	2.04196964143677	3.21679043607656E-02	9.65037130822967E-04

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	51	151	251	351	451	551	651
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0294789	0.0004651	0.0000090	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0294880	0.0004649	0.0000090	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0294955	0.0004653	0.0000091	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0294979	0.0004657	0.0000091	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Resultados de la simulación a tiempo de 10.000 segundos.

Caída de presión en la bomba = 12.5611300000114, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0
Pérdida a través de la malla = 0.0
Pérdida a través de la malla = 0.0
Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo,psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
12.5608170129948	12.5570668765407	0.12500454846868	3.75013645406041E-03
12.5604171577586	12.5566671979181	0.124998661348817	3.7499598404645E-03
12.560146499207	12.5563966544796	0.12499482424494	3.74984472734821E-03
12.5599927187565	12.5562429329197	0.124992861227334	3.74978583682001E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	51	151	251	351	451	551	651
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	4.7346638	2.5752163	1.5642465	0.8971270	0.3984165	0.0000000	0.0000000
055.0	4.7346325	2.5752064	1.5642406	0.8971236	0.3984150	0.0000000	0.0000000
065.0	4.7346021	2.5751963	1.5642347	0.8971202	0.3984134	0.0000000	0.0000000
075.0	4.7345712	2.5751869	1.5642288	0.8971168	0.3984119	0.0000000	0.0000000

2.7 RESULTADOS CASO 2

Figura 18. Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 500 segundos, para el caso 2

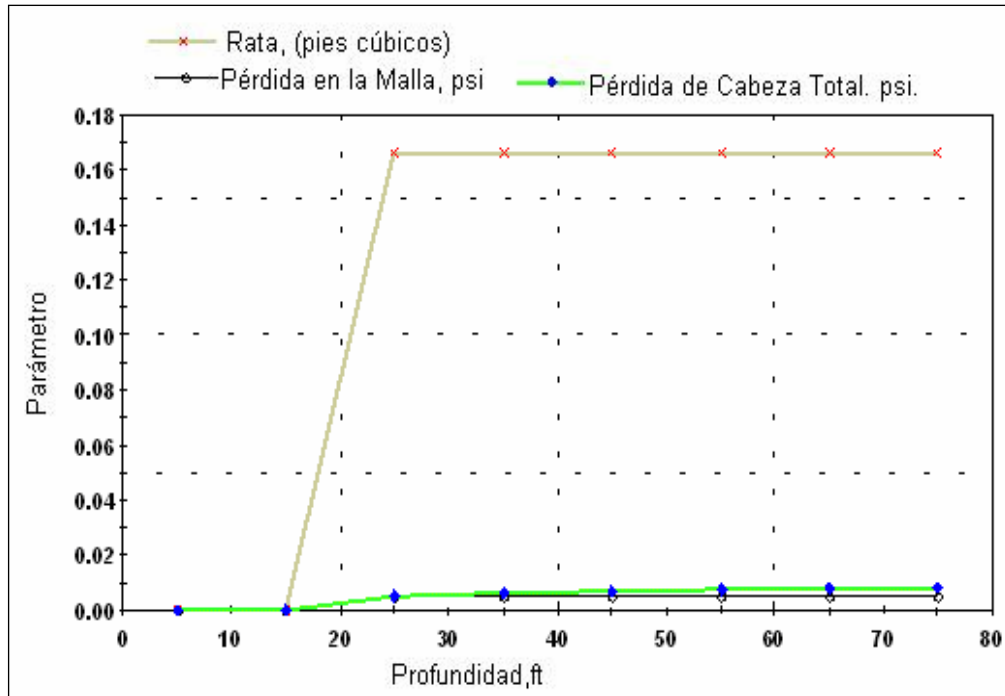


Figura 19. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 500 segundos, para el caso 2, en contornos

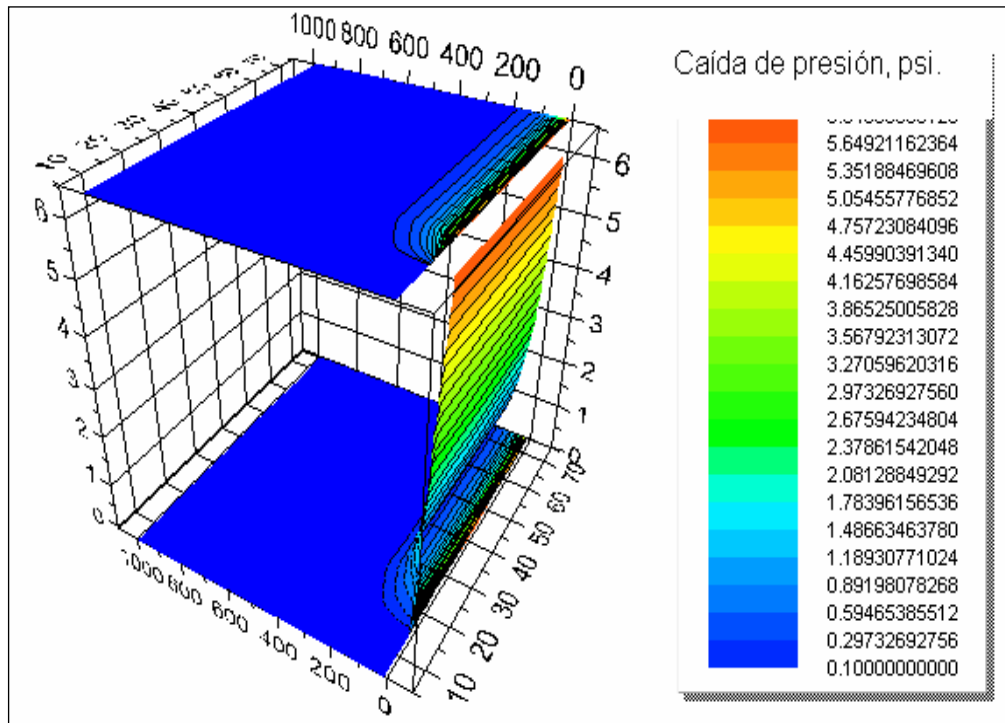
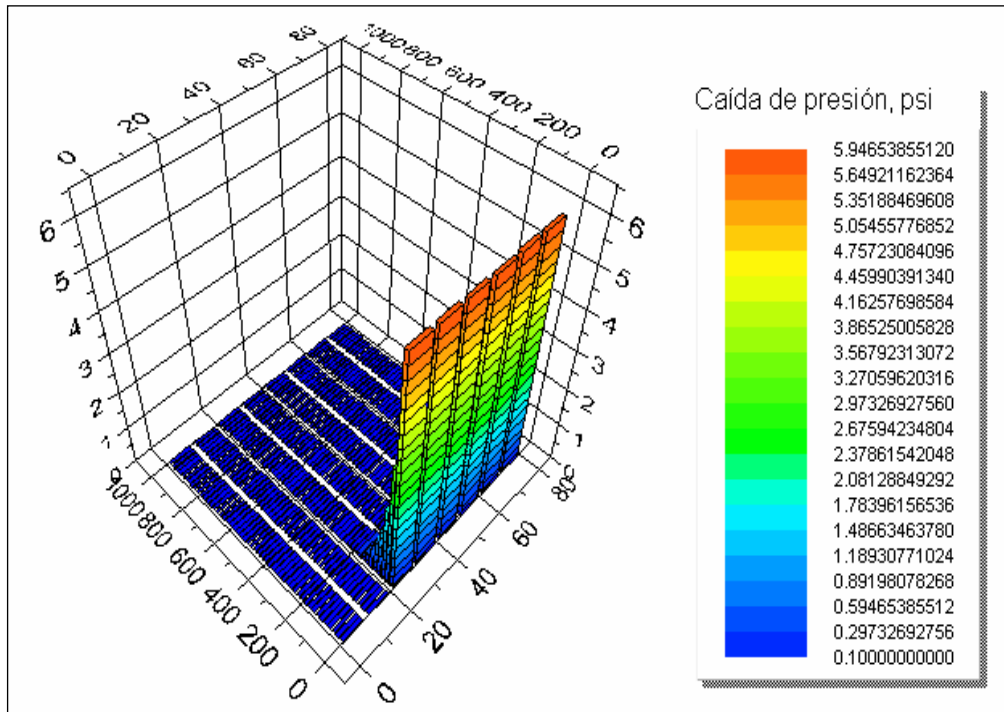


Figura 20. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 500 segundos, para el caso 2, en barras



ESTE ES EL ARCHIVO DE SALIDA DEL PROGRAMA AXIAL

Resultados de la simulación a tiempo de 50 segundos.

Caída de presión en la bomba = 8.76022000000033, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Tabla 3. Datos de salida para el caso 2

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo,psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
8.7600487291247	8.75518509312937	0.162121199844217	4.8636359953265E-03
8.75903497444515	8.75417204123228	0.162097773762252	4.86293321286757E-03
8.75822411088998	8.75336171562967	0.162079842010257	4.8623952603077E-03
8.75760777145532	8.7527457680123	0.162066781434049	4.86200344302146E-03
8.75717761609843	8.75231588541484	0.162057689452792	4.86173068358377E-03
8.75692532779614	8.75206373594877	0.162053061579028	4.86159184737085E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	11	31	51	71	91	111	131
5.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
15.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
25.0	2.5680454	0.6066795	0.1433760	0.0305427	0.0058184	0.0009983	0.0001562
35.0	2.5679277	0.6066645	0.1433776	0.0305441	0.0058188	0.0009984	0.0001562
45.0	2.5678027	0.6066462	0.1433773	0.0305445	0.0058190	0.0009984	0.0001562
55.0	2.5676860	0.6066291	0.1433733	0.0305437	0.0058188	0.0009984	0.0001562
65.0	2.5676036	0.6066123	0.1433686	0.0305427	0.0058186	0.0009984	0.0001562
75.0	2.5675284	0.6065941	0.1433642	0.0305418	0.0058185	0.0009983	0.0001562
	151	171	191	211	231	251	271
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000232	0.0000010	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000232	0.0000010	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000232	0.0000010	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000232	0.0000010	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000232	0.0000010	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000232	0.0000010	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	291	311	331	351	371	391	411
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Caída de presión en la bomba = 10.9869499999998, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo,psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
10.9867710069758	10.9817990209083	0.165732868915838	4.97198606747514E-03
10.9857115588965	10.9807402552285	0.16571012226694	4.97130366800819E-03
10.9848641386127	10.9798933109681	0.165694254820482	4.97082764461447E-03
10.9842200022434	10.9792495094963	0.165683091568942	4.97049274706827E-03
10.9837704421484	10.9788001741331	0.165675600508762	4.97026801526285E-03
10.9835067733453	10.9785366386558	0.165671156318766	4.97013468956297E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	11	31	51	71	91	111	131
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	4.6568217	2.0888731	1.0480812	0.5221925	0.2506739	0.1145851	0.0496298
035.0	4.6566311	2.0888090	1.0480401	0.5221636	0.2506528	0.1145703	0.0496192
045.0	4.6563898	2.0887156	1.0479840	0.5221267	0.2506280	0.1145537	0.0496084
055.0	4.6561720	2.0886275	1.0479349	0.5220972	0.2506094	0.1145409	0.0496000
065.0	4.6560086	2.0885588	1.0478995	0.5220793	0.2506001	0.1145375	0.0495992
075.0	4.6559147	2.0885130	1.0478798	0.5220704	0.2505959	0.1145354	0.0495982
	151	171	191	211	231	251	271
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0203307	0.0078760	0.0028876	0.0010035	0.0003313	0.0001042	0.0000315
035.0	0.0203243	0.0078718	0.0028859	0.0010029	0.0003311	0.0001042	0.0000315
045.0	0.0203170	0.0078688	0.0028848	0.0010026	0.0003310	0.0001041	0.0000315
055.0	0.0203137	0.0078678	0.0028845	0.0010025	0.0003309	0.0001041	0.0000315
065.0	0.0203135	0.0078679	0.0028845	0.0010025	0.0003309	0.0001041	0.0000315
075.0	0.0203130	0.0078677	0.0028845	0.0010024	0.0003309	0.0001041	0.0000315
	291	311	331	351	371	391	411
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

075.0 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000

Resultados de la simulación a tiempo de 500 segundos.

Caída de presión en la bomba =12.3000799999988, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo,psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
12.299899695831	12.2949093205861	0.166345841494187	4.99037524482562E-03
12.2988324519778	12.2938428612665	0.1663196903782	0.004989590711346
12.2979788182015	12.2929898259848	0.166299740554014	4.98899221662043E-03
12.2973299773146	12.2923414239396	0.166285112500962	4.98855337502887E-03
12.2968771436582	12.2918888864933	0.166275238830038	4.98825716490114E-03
12.2966115570172	12.2916234537849	0.166270107741125	4.98810323223374E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	11	31	51	71	91	111	131
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	5.9465386	3.2668776	2.0603083	1.3392143	0.8722799	0.5624179	0.3566322
035.0	5.9464701	3.2669634	2.0604084	1.3393118	0.8723670	0.5624911	0.3566908
045.0	5.9463784	3.2670297	2.0605070	1.3394118	0.8724575	0.5625677	0.3567521
055.0	5.9462883	3.2670538	2.0605772	1.3394883	0.8725287	0.5626286	0.3568010
065.0	5.9462126	3.2670779	2.0606191	1.3395390	0.8725783	0.5626720	0.3568354
075.0	5.9461430	3.2671012	2.0606456	1.3395635	0.8725994	0.5626895	0.3568500
	151	171	191	211	231	251	271
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.2215262	0.1344505	0.0795947	0.0459070	0.0257754	0.0140807	0.0074822
035.0	0.2215709	0.1344830	0.0796172	0.0459215	0.0257847	0.0140874	0.0074873
045.0	0.2216176	0.1345168	0.0796401	0.0459356	0.0257931	0.0140936	0.0074922
055.0	0.2216549	0.1345435	0.0796575	0.0459445	0.0257974	0.0140955	0.0074926
065.0	0.2216817	0.1345624	0.0796690	0.0459481	0.0257995	0.0140966	0.0074932
075.0	0.2216923	0.1345701	0.0796745	0.0459516	0.0258015	0.0140977	0.0074937

	291	311	331	351	371	391	411
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0038666	0.0019441	0.0009512	0.0004531	0.0002101	0.0000947	0.0000415
035.0	0.0038707	0.0019471	0.0009532	0.0004539	0.0002103	0.0000948	0.0000414
045.0	0.0038744	0.0019490	0.0009536	0.0004540	0.0002104	0.0000948	0.0000414
055.0	0.0038743	0.0019488	0.0009535	0.0004540	0.0002104	0.0000948	0.0000414
065.0	0.0038746	0.0019489	0.0009536	0.0004540	0.0002104	0.0000948	0.0000414
075.0	0.0038748	0.0019490	0.0009536	0.0004540	0.0002104	0.0000948	0.0000414
	431	451	471	491	511	531	551
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000176	0.0000074	0.0000003	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000175	0.0000071	0.0000003	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000175	0.0000072	0.0000003	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000176	0.0000074	0.0000005	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000176	0.0000074	0.0000005	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000176	0.0000074	0.0000005	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	571	591	611	631	651	671	691
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	711	731	751	771	791	811	831
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	851	871	891	911	931	951	971
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

2.8 RESULTADOS CASO 3

Figura 21. Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 3000 segundos, para el caso 3

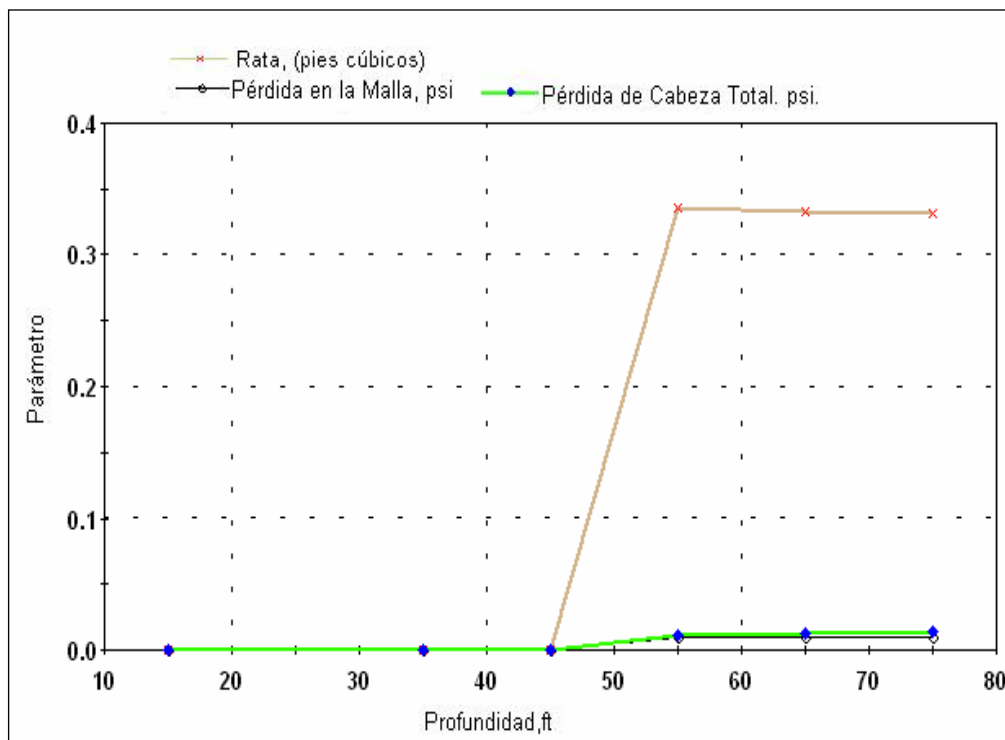


Figura 22. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 3000 segundos, para el caso 3, en contornos

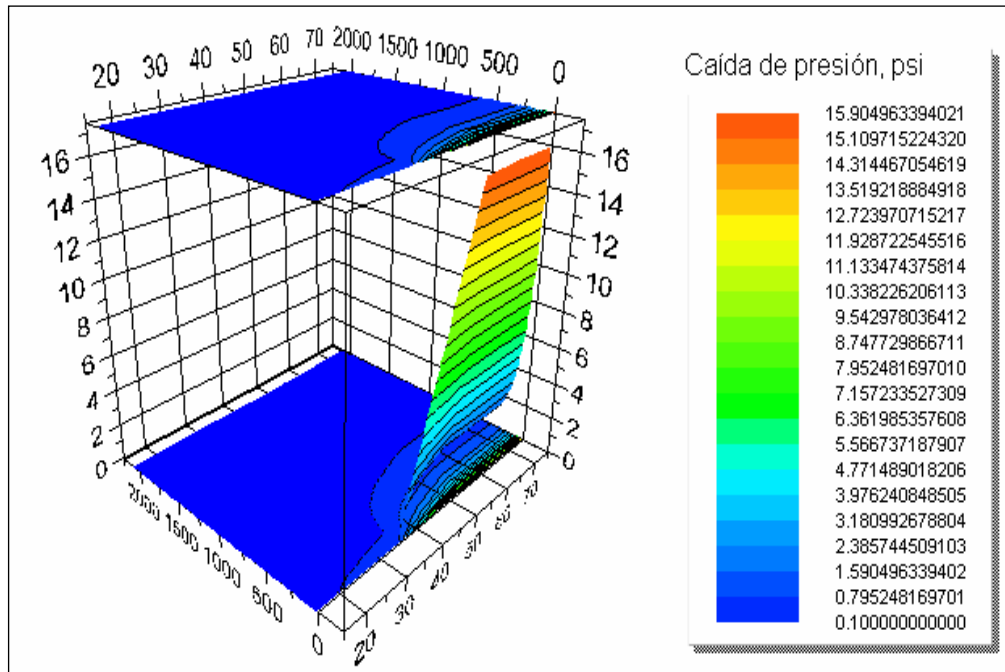
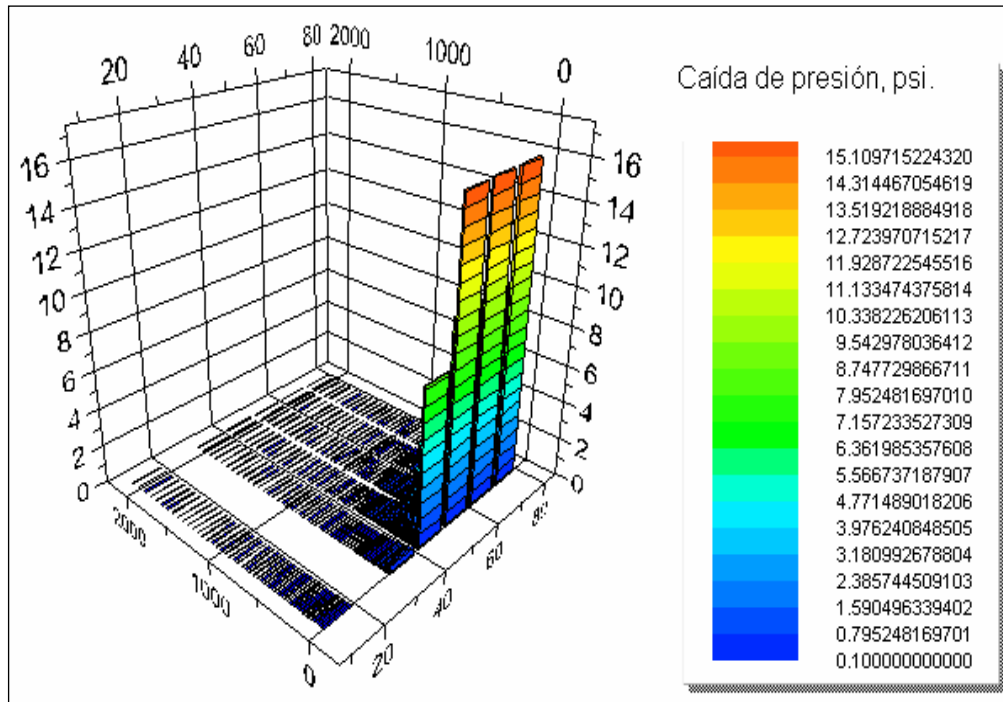


Figura 23. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 3000 segundos, para el caso 3, en barras



ESTE ES EL ARCHIVO DE SALIDA DEL PROGRAMA AXIAL

Resultados de la simulación a tiempo de 400.00000000022 segundos.

Caída de presión en la bomba = 27.753060999856, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Tabla 4. Datos de salida para el caso 3

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo, psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
27.7520810242253	27.7420551173344	0.33419689636554	1.00259068909662E-02
27.7501588201352	27.7401912578104	0.332252077494547	9.96756232483642E-03
27.7490743505131	27.7391325262464	0.331394142223891	9.94182426671672E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	10.48	29.72	49.55	69.97	90.99	112.66	34.97
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.3456155	0.2734403	0.2156481	0.1708660	0.1362676	0.1092343	0.0878147
045.0	7.7915197	5.0509097	3.7453757	2.9017326	2.2946766	1.8335962	1.4722972
055.0	15.244988	9.8357055	7.2822533	5.6395650	4.4598425	3.5644745	2.8630222
065.0	15.315850	9.8911553	7.3243946	5.6723309	4.4857670	3.5851943	2.8796640
075.0	15.346873	9.9181835	7.3453813	5.6887176	4.4987416	3.5955646	2.8879927
	157.95	181.62	206.00	231.11	256.98	283.62	311.06
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0706353	0.0567329	0.0454188	0.0361864	0.0286518	0.0225157	0.0175387
045.0	1.1837497	0.9506116	0.7609860	0.6062819	0.4800368	0.3772265	0.2938383
055.0	2.3027989	1.8500852	1.4817797	1.1812110	0.9358437	0.7359355	0.5737077
065.0	2.3161839	1.8608387	1.4903925	1.1880767	0.9412833	0.7402132	0.5770426
075.0	2.3228822	1.8662196	1.4947016	1.1915114	0.9440042	0.7423526	0.5787101
	339.32	368.43	398.42	429.30	461.12	493.88	527.63
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0135254	0.0103134	0.0077661	0.0057676	0.0042188	0.0030351	0.0021445
045.0	0.2265970	0.1727822	0.1301049	0.0966217	0.0706739	0.0508441	0.0359244
055.0	0.4428126	0.3379797	0.2547750	0.1894341	0.1387443	0.0999600	0.0707399
065.0	0.4453867	0.3399444	0.2562561	0.1905354	0.1395510	0.1005412	0.0711512
075.0	0.4466736	0.3409265	0.2569963	0.1910857	0.1399539	0.1008315	0.0713566
	562.39	598.19	635.07	673.06	712.18	752.48	793.98
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0014859	0.0010081	0.0006685	0.0004326	0.0002727	0.0001671	0.0000994
045.0	0.0248913	0.0168860	0.0111973	0.0072454	0.0045666	0.0027984	0.0016642
055.0	0.0490992	0.0333715	0.0221745	0.0143802	0.0090854	0.0055819	0.0033287
065.0	0.0493848	0.0335656	0.0223034	0.0144639	0.0091382	0.0056144	0.0033480
075.0	0.0495273	0.0336624	0.0223678	0.0145056	0.0091645	0.0056306	0.0033577

	836.73	880.77	926.12	972.84	1020.96	1070.52	1121.56
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000572	0.0000319	0.0000174	0.0000095	0.0000042	0.0000020	0.0000010
045.0	0.0009585	0.0005338	0.0002872	0.0001491	0.0000745	0.0000365	0.0000186
055.0	0.0019230	0.0010742	0.0005794	0.0003015	0.0001517	0.0000745	0.0000378
065.0	0.0019342	0.0010805	0.0005828	0.0003033	0.0001526	0.0000748	0.0000381
075.0	0.0019397	0.0010836	0.0005844	0.0003041	0.0001530	0.0000751	0.0000383
	1174.14	1228.30	1284.08	1341.53	1400.71	1461.67	1524.45
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000056	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000196	0.0000114	0.0000043	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000198	0.0000114	0.0000043	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000199	0.0000115	0.0000044	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	1589.11	1655.72	1724.32	1794.98	1867.76	1942.73	2019.94
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Resultados de la simulación a tiempo de 1000 segundos.

Caída de presión en la bomba = 28.2911899997261, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo, psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
28.2902060419499	28.280158224116	0.334927261132505	1.00478178339752E-02
28.2882758362029	28.2782884817386	0.332911815477477	9.9873544643243E-03
28.2871871093556	28.2772264891146	0.332020674698488	9.96062024095465E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	10.48	29.72	49.55	69.96	90.99	112.66	134.97
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.3612785	0.2888828	0.2308418	0.1857746	0.1508468	0.1234329	0.1015772
045.0	8.0582759	5.3107133	4.0003058	3.1516923	2.5390573	2.0715798	1.7029662
055.0	15.7557805	10.3330365	7.7702544	6.1180877	4.9277388	4.0201905	3.3048111
065.0	15.8292770	10.3913581	7.8152465	6.1536534	4.9564014	4.0435770	3.3240378
075.0	15.8615386	10.4198150	7.8376632	6.1714464	4.9707515	4.0552870	3.3336650
	157.95	181.62	206.00	231.11	256.98	283.62	311.06
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0839044	0.0694513	0.0575316	0.0476427	0.0394064	0.0325310	0.0267859
045.0	1.4061456	1.1637771	0.9640001	0.7982912	0.6602855	0.5450833	0.4488204
055.0	2.7288338	2.2585398	1.8708944	1.5493533	1.2815644	1.0580205	0.8712238
065.0	2.7447115	2.2716830	1.8817836	1.5583727	1.2890266	1.0641826	0.8762995
075.0	2.7526618	2.2782640	1.8872360	1.5628889	1.2927631	1.0672682	0.8788410
	339.32	368.43	398.42	429.30	461.12	493.88	527.63
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0219856	0.0179788	0.0146403	0.0118654	0.0095663	0.0076684	0.0061086
045.0	0.3683898	0.3012539	0.2453146	0.1988200	0.1602963	0.1284964	0.1023605
055.0	0.7151456	0.5848624	0.4763031	0.3860689	0.3113001	0.2495770	0.1988437
065.0	0.7193134	0.5882722	0.4790813	0.3883219	0.3131178	0.2510353	0.2000065
075.0	0.7214004	0.5899796	0.4804725	0.3894501	0.3140280	0.2517655	0.2005887
	562.39	598.19	635.07	673.06	712.18	752.48	793.98
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0048330	0.0037955	0.0029569	0.0022837	0.0017474	0.0013236	0.0009917
045.0	0.0809858	0.0636018	0.0495504	0.0382702	0.0292826	0.0221805	0.0166189
055.0	0.1573487	0.1235970	0.0963123	0.0744051	0.0569471	0.0431488	0.0323408
065.0	0.1582696	0.1243210	0.0968771	0.0748420	0.0572820	0.0434029	0.0325316
075.0	0.1587307	0.1246836	0.0971599	0.0750608	0.0574496	0.0435301	0.0326271
	836.73	880.77	926.12	972.84	1020.96	1070.52	1121.56
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0007343	0.0005369	0.0003873	0.0002753	0.0001926	0.0001325	0.0000896
045.0	0.0123066	0.0089987	0.0064911	0.0046142	0.0032289	0.0022217	0.0015014
055.0	0.0239582	0.0175261	0.0126481	0.0089957	0.0062986	0.0043366	0.0029326
065.0	0.0240997	0.0176299	0.0127232	0.0090493	0.0063362	0.0043626	0.0029502
075.0	0.0241707	0.0176818	0.0127608	0.0090761	0.0063550	0.0043756	0.0029590

	1174.14	1228.30	1284.08	1341.53	1400.71	1461.67	1524.45
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000594	0.0000386	0.0000246	0.0000158	0.0000091	0.0000054	0.0000032
045.0	0.0009952	0.0006464	0.0004109	0.0002558	0.0001554	0.0000928	0.0000548
055.0	0.0019454	0.0012645	0.0008045	0.0005007	0.0003050	0.0001823	0.0001077
065.0	0.0019571	0.0012721	0.0008094	0.0005038	0.0003068	0.0001834	0.0001084
075.0	0.0019630	0.0012760	0.0008118	0.0005053	0.0003078	0.0001839	0.0001087
	1589.11	1655.72	1724.32	1794.98	1867.76	1942.73	2019.94
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000019	0.0000012	0.0000008	0.0000006	0.0000004	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000326	0.0000203	0.0000137	0.0000102	0.0000069	0.0000014	0.0000000
055.0	0.0000642	0.0000399	0.0000267	0.0000199	0.0000136	0.0000073	0.0000012
065.0	0.0000646	0.0000402	0.0000269	0.0000200	0.0000137	0.0000074	0.0000012
075.0	0.0000648	0.0000403	0.0000271	0.0000201	0.0000138	0.0000075	0.0000013

Resultados de la simulación a tiempo de 3000 segundos.

Caída de presión en la bomba = 28.3361059994191, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0
Pérdida a través de la malla = 0.0
Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo, psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
28.3351217635176	28.3250725051029	0.334975280488305	1.00492584146492E-2
28.333191009659	28.3232023821544	0.332954250152535	9.98862750457605E-03
28.3321019851357	28.3221401704033	0.332060491078087	9.9618147323426E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	10.48	29.72	49.55	69.96	90.99	112.66	134.97
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.3626047	0.2901964	0.2321427	0.1870624	0.1521203	0.1246907	0.1028173
045.0	8.0807518	5.3327691	4.0221044	3.1732578	2.5603811	2.0926389	1.7237294
055.0	15.7988991	10.3753420	7.8120665	6.1594535	4.9686421	4.0605875	3.3446417
065.0	15.8726041	10.4338925	7.8572872	6.1952458	4.9975289	4.0841954	3.3640868
075.0	15.9049634	10.4624628	7.8798182	6.2131522	5.0119912	4.0960162	3.3738234

	157.95	181.62	206.00	231.11	256.98	283.62	311.06
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0851246	0.0706493	0.0587045	0.0487878	0.0405210	0.0336120	0.0278304
045.0	1.4265759	1.1838334	0.9836381	0.8174644	0.6789458	0.5631819	0.4663087
055.0	2.7680276	2.2970179	1.9085721	1.5861413	1.3173709	1.0927521	0.9047872
065.0	2.7841201	2.3103720	1.9196679	1.5953626	1.3250297	1.0991050	0.9100474
075.0	2.7921780	2.3170588	1.9252238	1.5999800	1.3288646	1.1022860	0.9126812
	339.32	368.43	398.42	429.30	461.12	493.88	527.63
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0229908	0.0189420	0.0155588	0.0127370	0.0103888	0.0084401	0.0068282
045.0	0.3852200	0.3173802	0.2606938	0.2134128	0.1740679	0.1414175	0.1144086
055.0	0.7474494	0.6158186	0.5058291	0.4140889	0.3377473	0.2743952	0.2219892
065.0	0.7517949	0.6193988	0.5087698	0.4164963	0.3397108	0.2759905	0.2232798
075.0	0.7539707	0.6211915	0.5102423	0.4177017	0.3406940	0.2767892	0.2239260
	562.39	598.19	635.07	673.06	712.18	752.48	793.98
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0054994	0.0044085	0.0035164	0.0027903	0.0022022	0.0017282	0.0013482
045.0	0.0921454	0.0738653	0.0589189	0.0467532	0.0368986	0.0289565	0.0225901
055.0	0.1787915	0.1433224	0.1143215	0.0907163	0.0715952	0.0561850	0.0438322
065.0	0.1798310	0.1441556	0.1149862	0.0912437	0.0720114	0.0565117	0.0440871
075.0	0.1803515	0.1445729	0.1153190	0.0915078	0.0722198	0.0566752	0.0442147
	836.73	880.77	926.12	972.84	1020.96	1070.52	1121.56
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0010454	0.0008054	0.0006164	0.0004685	0.0003536	0.0002649	0.0001969
045.0	0.0175156	0.0134946	0.0103280	0.0078504	0.0059248	0.0044386	0.0032998
055.0	0.0339860	0.0261839	0.0200398	0.0152324	0.0114960	0.0086123	0.0064028
065.0	0.0341836	0.0263362	0.0201563	0.0153209	0.0115629	0.0086624	0.0064401
075.0	0.0342825	0.0264124	0.0202146	0.0153653	0.0115963	0.0086875	0.0064587
	1174.14	1228.30	1284.08	1341.53	1400.71	1461.67	1524.45
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0001453	0.0001063	0.0000771	0.0000554	0.0000395	0.0000279	0.0000199
045.0	0.0024339	0.0017805	0.0012914	0.0009284	0.0006613	0.0004665	0.0003260
055.0	0.0047226	0.0034547	0.0025058	0.0018015	0.0012832	0.0009052	0.0006321
065.0	0.0047500	0.0034748	0.0025204	0.0018120	0.0012907	0.0009105	0.0006357
075.0	0.0047638	0.0034849	0.0025277	0.0018172	0.0012944	0.0009131	0.0006376
	1589.11	1655.72	1724.32	1794.98	1867.76	1942.73	2019.94
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000133	0.0000091	0.0000061	0.0000040	0.0000025	0.0000015	0.0000007

045.0	0.0002248	0.0001532	0.0001028	0.0000674	0.0000426	0.0000248	0.0000113
055.0	0.0004364	0.0002974	0.0001996	0.0001309	0.0000826	0.0000481	0.0000220
065.0	0.0004389	0.0002992	0.0002007	0.0001317	0.0000831	0.0000484	0.0000221
075.0	0.0004402	0.0003000	0.0002013	0.0001321	0.0000834	0.0000485	0.0000222

2.9 RESULTADOS CASO 4

Figura 24. Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 12,5 segundos, para el caso 4

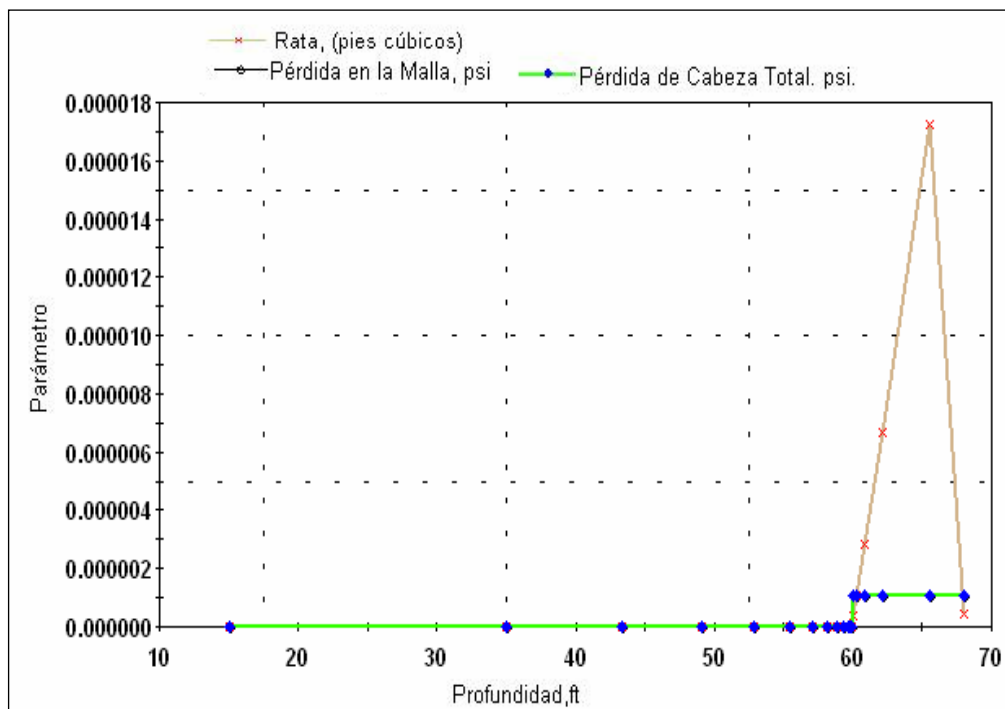


Figura 25. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 12,5 segundos, para el caso 4, en contornos

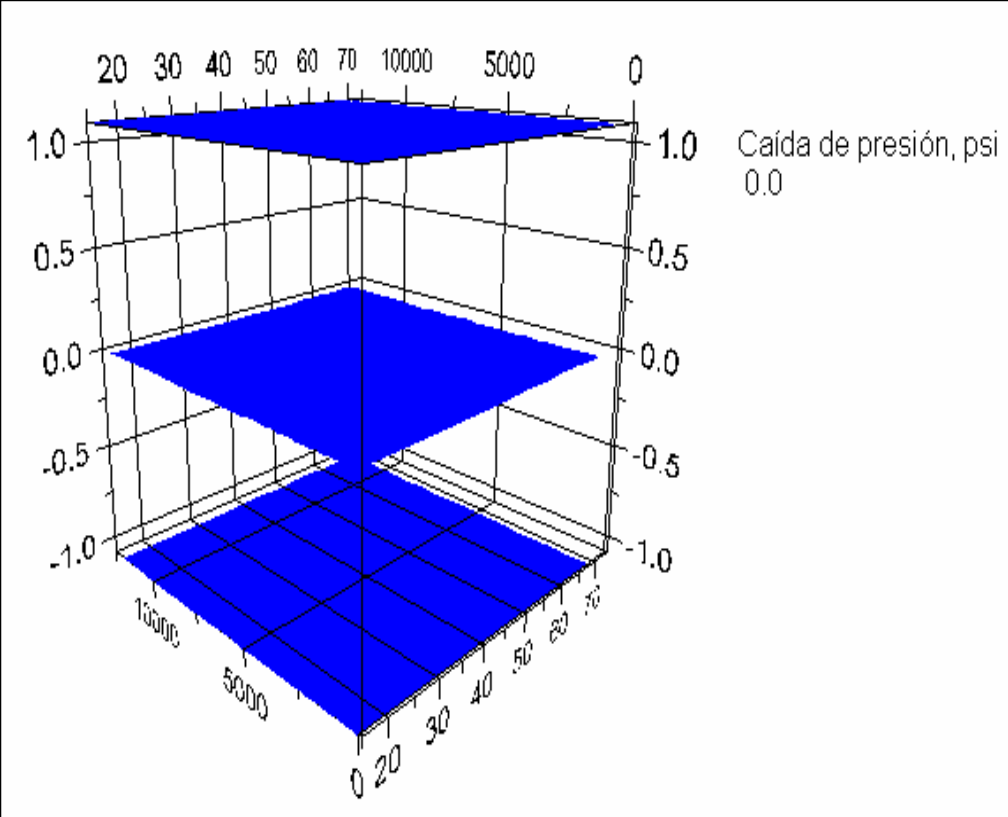
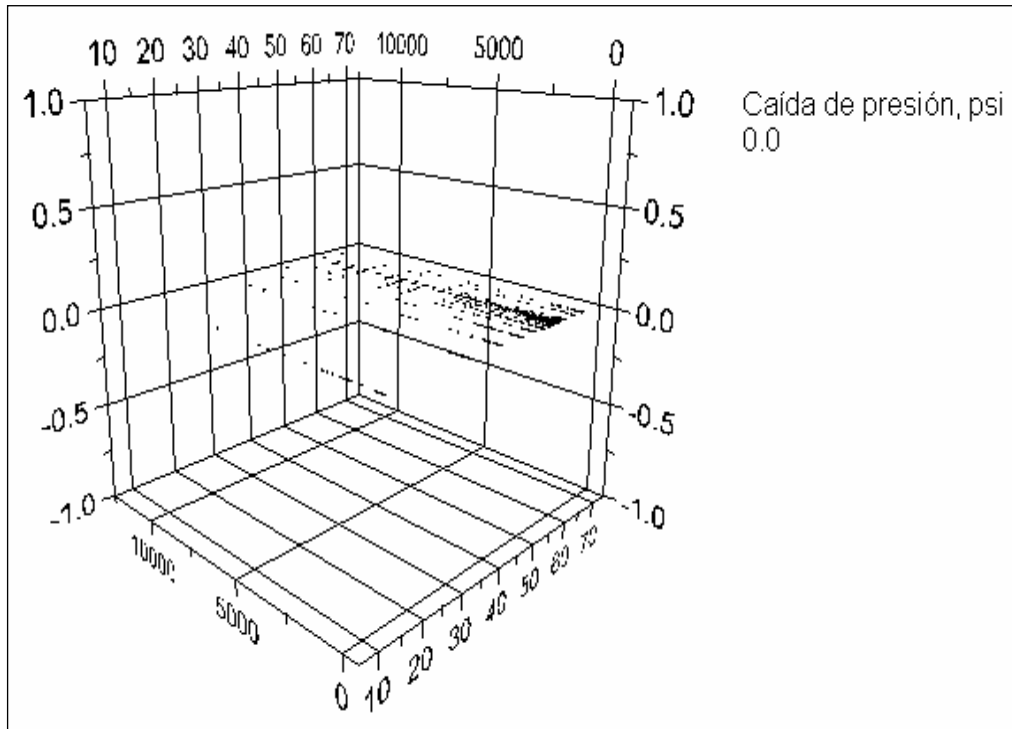


Figura 26. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 12,5 segundos, para el caso 4, en barras



ESTE ES EL ARCHIVO DE SALIDA DEL PROGRAMA AXIAL

Resultados de la simulación a tiempo de 12.5000999999843 segundos.

Caída de presión en la bomba = 1.31643979542503E-03, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0
- Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0
 Pérdida a través de la malla = 0.0
 Pérdida a través de la malla = 0.0
 Pérdida a través de la malla = 0.0
 Pérdida a través de la malla = 0.0

Tabla 5. Datos de salida para el caso 4

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo,psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft ³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
1.3164397954241E-03	1.31538451392E-03	3.517604991492E-07	1.0552814974478E-06
1.3164397953752E-03	1.31538451385E-03	1.055281497406E-06	1.0552814974065E-06
1.3164397952249E-03	1.31538451372E-03	2.814083992767E-06	1.0552814972871E-06
1.3164397948715E-03	1.31538451337E-03	6.683449481030E-06	1.0552814970048E-06
1.3164397942562E-03	1.31538451275E-03	1.723626444302E-05	1.0552814965116E-06
1.3164397940050E-03	1.31538451250E-03	4.221125985241E-07	1.0552814963102E-06

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	10.48	30.23	51.64	74.85	99.99	127.24	156.78
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
043.4	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
049.1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
052.9	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.4	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
057.1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
058.2	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
058.9	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
059.3	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
059.6	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
059.8	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
060.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
060.1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
060.3	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
060.8	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
062.2	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.6	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
068.1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

2.10 RESULTADOS CASO 5

Figura 27. Gráfica de Pérdida de cabeza total, rata y pérdida en la malla contra profundidad a 5000 segundos, para el caso 5

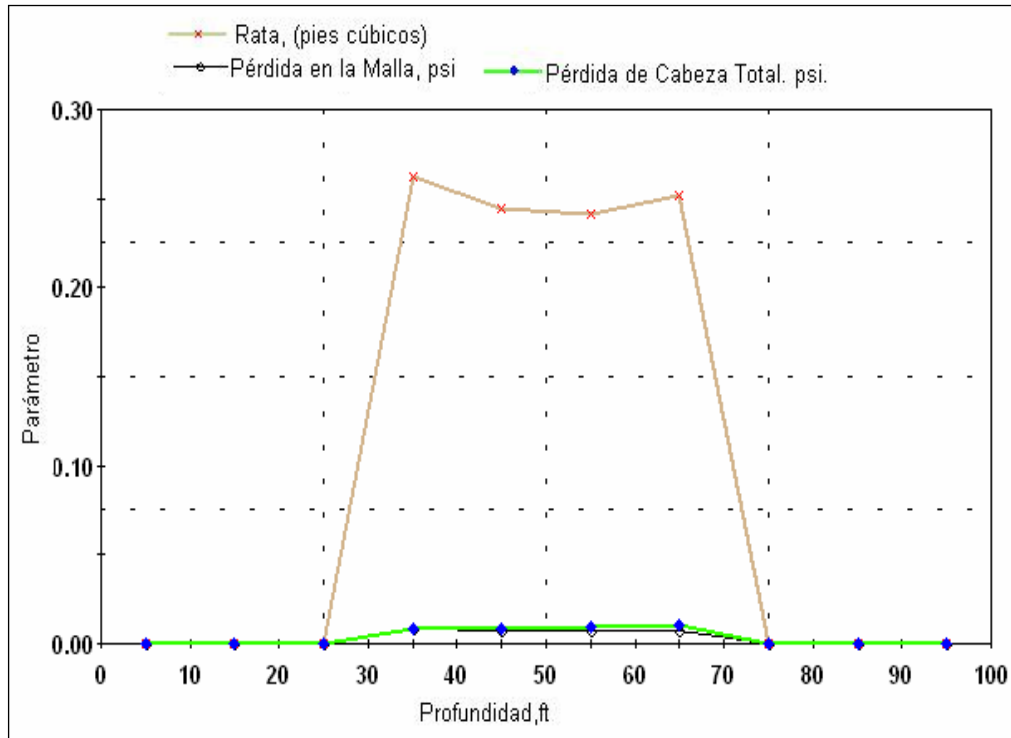


Figura 28. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 5000 segundos, para el caso 5, en contornos

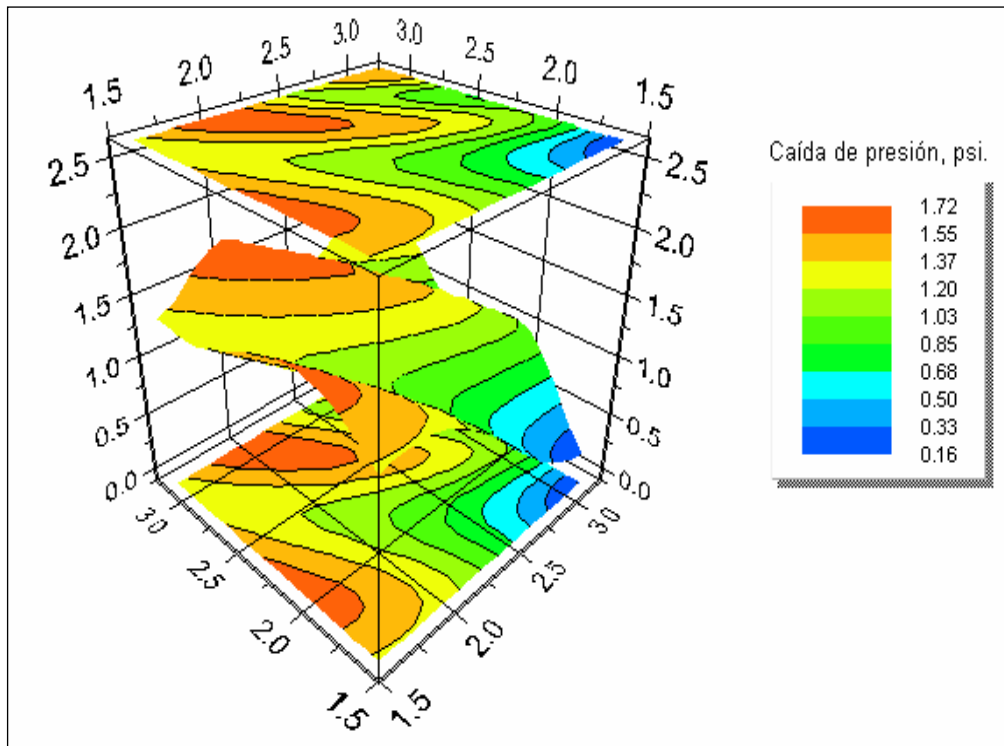
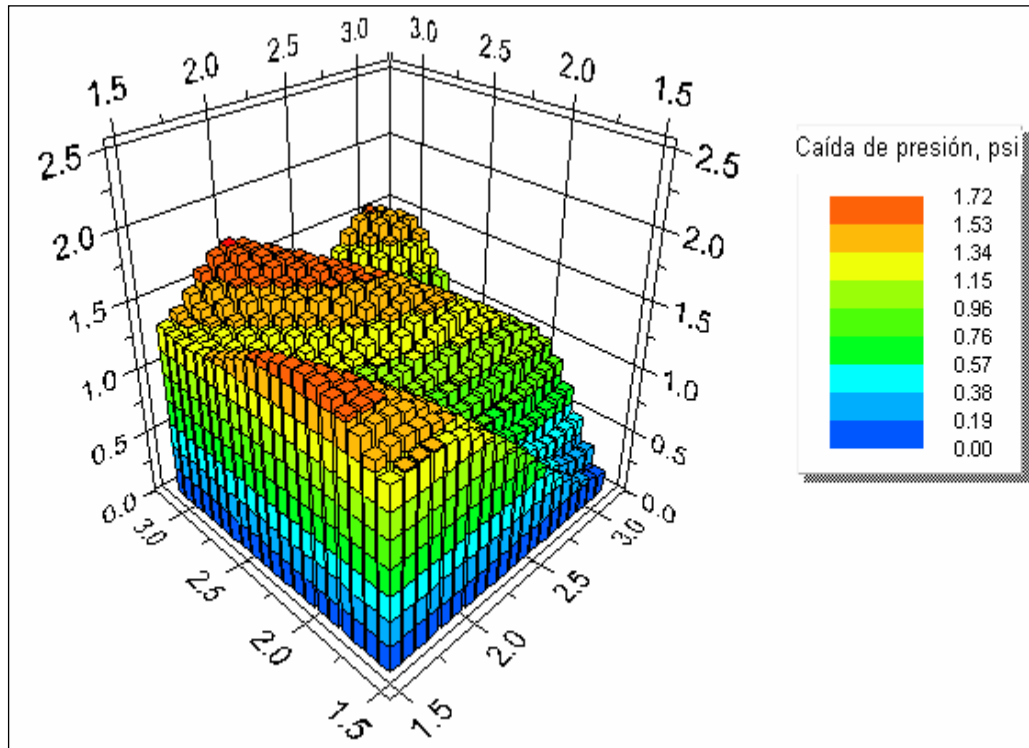


Figura 29. Gráfica de Caída de presión en el acuífero a 5.000 segundos, para el caso 5, en barras



ESTE ES EL ARCHIVO DE SALIDA DEL PROGRAMA AXIAL

Resultados de la simulación a tiempo de 5000 segundos.

Caída de presión en la bomba = 6.9360990002292, psi.

Caída de presión debida a la pérdida de cabeza dentro, fuera y a través de la malla, psi.

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Pérdida a través de la malla = 0.0

Tabla 6. Datos de salida para el caso 5

Pérdida de cabeza acumulada en el centro del pozo, psi.	Pérdida de cabeza acumulada en la cara del pozo, psi.	Caudal en la cara del pozo, ft³	Pérdida de cabeza instantánea por ingreso a la malla, psi.
6.93605963079321	6.92817749911934	0.262737722462367	0.007882131673871
6.93457923535091	6.9272437218287	0.244517117407128	7.3355135222138E-03
6.93361286429831	6.92638098449256	0.241062660191716	7.2318798057548E-03
6.9330426773414	6.92549250148489	0.251672528550369	7.550175856511E-03

Caída de presión en el acuífero, la columna de la izquierda es la profundidad al centro de la celda, la fila superior es la distancia desde el centro del pozo al centro de cada celda.

	11	31	51	71	91	111	131
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.6038376	0.3223694	0.1783804	0.1047823	0.0650001	0.0419961	0.0279048
025.0	1.1298793	0.5401153	0.2907536	0.1702603	0.1058880	0.0686093	0.0456818
035.0	1.9146573	0.7468402	0.3897247	0.2283573	0.1428343	0.0930041	0.0621282
045.0	2.2614062	0.8874676	0.4661858	0.2763749	0.1746277	0.1144961	0.0768126
055.0	2.3264609	0.9506988	0.5159291	0.3128624	0.2005253	0.1326004	0.0893964
065.0	2.1231166	0.9406199	0.5402262	0.3380034	0.2203378	0.1470512	0.0996404
075.0	1.5282079	0.8761797	0.5455969	0.3534896	0.2343685	0.1577766	0.1073973
085.0	1.2193515	0.8173396	0.5427915	0.3618869	0.2432092	0.1648344	0.1125912
095.0	1.0868623	0.7848661	0.5395253	0.3654540	0.2474513	0.1683270	0.1151923
	151	171	191	211	231	251	271
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0188950	0.0129596	0.0089689	0.0062479	0.0043739	0.0030740	0.0021673
025.0	0.0309720	0.0212590	0.0147191	0.0102559	0.0071808	0.0050471	0.0035585
035.0	0.0422067	0.0290040	0.0200946	0.0140067	0.0098090	0.0068951	0.0048618
045.0	0.0523132	0.0360005	0.0249620	0.0174071	0.0121934	0.0085723	0.0060449
055.0	0.0610529	0.0420802	0.0292027	0.0203742	0.0142755	0.0100376	0.0070787
065.0	0.0682378	0.0471041	0.0327166	0.0228363	0.0160047	0.0112550	0.0079378
075.0	0.0737304	0.0509632	0.0354227	0.0247349	0.0173391	0.0121949	0.0086013
085.0	0.0774379	0.0535784	0.0372602	0.0260256	0.0182468	0.0128344	0.0090528
095.0	0.0793044	0.0548985	0.0381891	0.0266785	0.0187061	0.0131581	0.0092813
	291	311	331	351	371	391	411
005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0015320	0.0010854	0.0007705	0.0005479	0.0003902	0.0002783	0.0001987
025.0	0.0025156	0.0017823	0.0012652	0.0008997	0.0006408	0.0004570	0.0003263
035.0	0.0034370	0.0024352	0.0017287	0.0012293	0.0008755	0.0006244	0.0004458
045.0	0.0042735	0.0030279	0.0021495	0.0015286	0.0010886	0.0007764	0.0005544
055.0	0.0050046	0.0035460	0.0025174	0.0017902	0.0012749	0.0009092	0.0006492

065.0	0.0056123	0.0039767	0.0028231	0.0020076	0.0014298	0.0010197	0.0007281
075.0	0.0060816	0.0043093	0.0030593	0.0021756	0.0015494	0.0011050	0.0007890
085.0	0.0064010	0.0045357	0.0032201	0.0022899	0.0016309	0.0011631	0.0008305
095.0	0.0065627	0.0046503	0.0033014	0.0023478	0.0016721	0.0011925	0.0008515

431	451	471	491	511	531	551
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0001421	0.0001017	0.0000728	0.0000522	0.0000375	0.0000269	0.0000194
025.0	0.0002333	0.0001669	0.0001196	0.0000857	0.0000615	0.0000442	0.0000319
035.0	0.0003187	0.0002281	0.0001634	0.0001172	0.0000841	0.0000604	0.0000435
045.0	0.0003963	0.0002836	0.0002032	0.0001457	0.0001046	0.0000752	0.0000541
055.0	0.0004641	0.0003321	0.0002379	0.0001706	0.0001225	0.0000880	0.0000634
065.0	0.0005205	0.0003725	0.0002668	0.0001913	0.0001373	0.0000987	0.0000711
075.0	0.0005641	0.0004036	0.0002891	0.0002073	0.0001488	0.0001070	0.0000770
085.0	0.0005937	0.0004249	0.0003043	0.0002182	0.0001566	0.0001126	0.0000810
095.0	0.0006087	0.0004356	0.0003120	0.0002237	0.0001606	0.0001154	0.0000831

571	591	611	631	651	671	691
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000141	0.0000103	0.0000076	0.0000056	0.0000041	0.0000030	0.0000021
025.0	0.0000230	0.0000168	0.0000123	0.0000092	0.0000067	0.0000049	0.0000036
035.0	0.0000314	0.0000228	0.0000167	0.0000124	0.0000094	0.0000070	0.0000050
045.0	0.0000391	0.0000283	0.0000207	0.0000152	0.0000114	0.0000086	0.0000063
055.0	0.0000457	0.0000331	0.0000241	0.0000177	0.0000132	0.0000099	0.0000074
065.0	0.0000513	0.0000371	0.0000270	0.0000198	0.0000147	0.0000109	0.0000083
075.0	0.0000555	0.0000402	0.0000292	0.0000213	0.0000158	0.0000117	0.0000092
085.0	0.0000585	0.0000423	0.0000307	0.0000224	0.0000167	0.0000124	0.0000097
095.0	0.0000599	0.0000434	0.0000315	0.0000232	0.0000172	0.0000130	0.0000104

711	731	751	771	791	811	831
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000015	0.0000010	0.0000008	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000024	0.0000015	0.0000012	0.0000005	0.0000000	0.0000000	0.0000000
035.0	0.0000034	0.0000021	0.0000017	0.0000009	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000043	0.0000026	0.0000021	0.0000014	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000052	0.0000031	0.0000025	0.0000019	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000057	0.0000038	0.0000030	0.0000023	0.0000003	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000067	0.0000045	0.0000034	0.0000027	0.0000008	0.0000000	0.0000000
085.0	0.0000073	0.0000053	0.0000039	0.0000031	0.0000013	0.0000000	0.0000000
095.0	0.0000078	0.0000056	0.0000043	0.0000035	0.0000015	0.0000000	0.0000000

851	871	891	911	931	951	971
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

005.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
015.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
025.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

035.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
045.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
055.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
065.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
075.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
085.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
095.0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

3. CONCLUSIONES

- Los métodos matemáticos de simulación coincidieron con los datos reales, lo cual fue comprobado por cada autor al desarrollar cada ecuación matemática.
- Los resultados obtenidos fueron comparados con los respectivos métodos analíticos y en todos los casos fueron los mismos.
- La simulación numérica es aplicable a distintos tipos de sistemas acuíferos, y reemplaza muy bien a los métodos analíticos los cuales son más complejos y difíciles de resolver.
- La simulación de caída de presión en y alrededor de un pozo fluyendo, utilizando los métodos numéricos es la forma más rápida, exacta y práctica para evaluar caídas de presión.
- Con este modelo numérico propuesto para predecir caídas de presión en y alrededor de un pozo fluyendo es posible analizar los datos de salida para estimar como será el comportamiento futuro del sistema pozo-acuífero.

4. RECOMENDACIONES

Aquí se pueden hacer varias modificaciones o adiciones para el programa de computador realizado que pueden mejorar los aspectos logísticos en la corrida del modelo y mejorar la exactitud de los resultados del modelo. Algunas de las posibles mejoras que se consideran son detalladas a continuación:

- El remplazo del método numérico explícito para calcular la caída de presión en el acuífero por un método implícito puede reducir la necesidad de pequeños lapsos de tiempo y como resultado obtener un tiempo corto de ejecución,
- Un tratamiento más riguroso de la pérdida en cabeza a través de la malla del pozo puede mejorar la exactitud del modelo. Él puede ser ventajoso por permitir para la zona de flujo turbulento en la parte superior del pozo, la amplitud la cual puede ser función de la descarga específica (Rorabaugh, 1953).
- La utilidad del modelo podría ser mejorada si para la simulación del frente de filtración y de la entrada a la bomba el permitiera estar por debajo del tope de la malla.
- Teniendo en cuenta la variación del caudal bombeado con el tiempo puede mejorarse la aplicabilidad del modelo porque las pruebas de bomba incluyen fluctuación no previsible en el caudal bombeado y monitoreo durante los procesos de recobro.

BIBLIOGRAFÍA

- **BOUWER**, Herman, 1978, **GROUNDWATER** hydrology: NewYork, MacGraw-Hill, 480 p.
- **COOLEY**, R.L., and **CUNNINGHAM**, A.B., 1979, Consideration of energy loss in theory of flow to wells: Journal of Hydrology, v.43, p.161-184.
- **DAVIS**, L.A., and **NEUMAN**, S.P., 1983, Documentation and user guide-UNSAT2- Variably saturated flow model: U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-3390.
- **FREEZE**, R.A: and **CHERRY**, J.A., 1979, Groundwater: Englenwood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, 604 p.
- **HANTUSH**, M.S., Analysis of data from pumping test in leaky aquifers: Transactions of American Geophysical Union, 1956. v.37, p.702-714.
- **JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH**, Modification of the theory of leaky aquifers: Journal of Geophysical Research, 1960. v.65, no. 11, p. 3713-3725.
- **HANTUSH**, M.S., and **JACOB**, C.E., 1955, Non-steady radial flow in an infinite leaky aquifer: Transactions of American Geophysical Union, v. 36, no.1, p.95-100.
- **JACOB**, C.E., 1947, Drawdown test to determine effective radius of artesian well: Transactions of the American Society of Civil Enginners, v. 112,p. 1047-1070.
- **LOHMAN**, S.W., 1972, Ground-water hydraulics: U.S. Geological Survey Professional Paper 708, 70 p.
- **MCWHORTER**, D.B., and **SUNADA**, D.K., 1985, Ground-water hydrology and hydraulics: Fort Collins, Colorado, Water Resources Publications, 290 p.

- **NEUMAN**, S.P., 1974, Effect of partial penetration on flow in unconfined aquifers considering delayed gravity response: *Water Resources Research*, v. 10, no. 2, p. 303-312.

- **PAPADOPULOS**, I.S., and **COOPER**, H.H., 1967, Drawdown in a well of large diameter: *Water Resources Research*, v. 3, p. 241-244.

- **REILLY**, T.E. 1984, A Galerkin finite-element flow model to predict the transient response of a radially symmetric aquifer: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2198, 33 p.

- **RORABAUGH**, M.I., Graphical and theoretical analysis of step-drawdown test of artesian well: *Proceedings of American Society of Civil Engineers*, 1953. v.79, no.362, 23 p.

- **RUSHTON**, K.R., and **REDSHAW**, S.C., Seepage and groundwater flow—Numerical analysis by analog and digital methods: New York, John Wiley and Sons, 1979. 339 p.

- **STREETER**, V.L., Steady flow in pipes and conduits, in Rouse, Hunter, ed., *engineering hydraulics*: New York, John Wiley and Sons, 1950. p. 387-443.

- **THEIS**, C.V. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage: *Transactions of American Geophysical Union*, 1935. v.16, p.519-524.

- **WANG**, H.F., and **ANDERSON**, M.P., 1982, *Introduction to groundwater modeling-Finite difference and finite element methods*: San Francisco, W.

ANEXOS

ANEXO A. LISTADO DEL PROGRAMA DE COMPUTADOR

MODULE1.BAS

```
Public Radius() As Double
Public NumLayer As Integer
Public NumCells As Integer
Public Caudal() As Double
Public NewDDwell As Double
Public Screenloss() As Double
Public Ajuste() As Double
Public Prof() As Double
```

```
Public MaxDD As Double
```

```
'This file contains a list of colors that can be used
' in any VB program. These colors can also be found in
' the property pages of the ComponentOne Chart controls.
```

```
'The HEX values can also be broken down into their
' Red Green Blue (RGB) equivalents by breaking the number
' down by pairs of digits. Here is an example:
'   ocColorTurquoise = &HD0E040
'   Red = &HD0 (208), Green = &HE0 (224), Blue = &H40 (64)
```

```
'ocDefaultColor is the same as "(Automatic)" in the property pages
Public Const ocDefaultColor As Long = &HFFFFFF
```

```
Public Const ocColorAliceBlue As Long = &HFFF8F0
Public Const ocColorAntiqueWhite As Long = &HD7EBFA
Public Const ocColorAquamarine As Long = &HD4FF7F
Public Const ocColorAzure As Long = &HFFFFFF0
Public Const ocColorBeige As Long = &HDCF5F5
Public Const ocColorBisque As Long = &HC4E4FF
Public Const ocColorBlack As Long = &H0
Public Const ocColorBlanchedAlmond As Long = &HCDEBFF
Public Const ocColorBlue As Long = &HFF0000
Public Const ocColorBlueViolet As Long = &HE22B8A
Public Const ocColorBrown As Long = &H2A2AA5
Public Const ocColorBurlywood As Long = &H87B8DE
Public Const ocColorCadetBlue As Long = &HA09E5F
```

cColorChartreuse As Long = &H00FF7F

'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros

Public Const ocColorChartreuse As Long = 65407

Public Const ocColorChocolate As Long = &H1E69D2

Public Const ocColorCoral As Long = &H507FFF

Public Const ocColorCornflowerBlue As Long = &HED9564

Public Const ocColorCornsilk As Long = &HDCF8FF

Public Const ocColorCyan As Long = &HFFFF00

Public Const ocColorDarkGoldenrod As Long = &HB86B8

'ocColorDarkGreen As Long = &H006400

'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros

Public Const ocColorDarkGreen As Long = 25600

Public Const ocColorDarkKhaki As Long = &H6BB7BD

Public Const ocColorDarkOliveGreen As Long = &H2F6B55

Public Const ocColorDarkOrange As Long = &H8CFF

Public Const ocColorDarkOrchid As Long = &HCC3299

Public Const ocColorDarkSalmon As Long = &H7A96E9

Public Const ocColorDarkSeaGreen As Long = &H8FBC8F

Public Const ocColorDarkSlateBlue As Long = &H8B3D48

Public Const ocColorDarkSlateGray As Long = &H4F4F2F

Public Const ocColorDarkTurquoise As Long = &HD1CE00

Public Const ocColorDarkViolet As Long = &HD30094

Public Const ocColorDeepPink As Long = &H9314FF

Public Const ocColorDeepSkyBlue As Long = &HFFBF00

Public Const ocColorDodgerBlue As Long = &HFF901E

Public Const ocColorFirebrick As Long = &H2222B2

Public Const ocColorFloralWhite As Long = &HF0FAFF

Public Const ocColorForestGreen As Long = &H228B22

Public Const ocColorGainsboro As Long = &HDCDCDC

Public Const ocColorGhostWhite As Long = &HFFF8F8

'ocColorGold As Long = &H00D7FF

'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros

Public Const ocColorGold As Long = 55295

Public Const ocColorGoldenrod As Long = &H20A5DA

Public Const ocColorGray As Long = &HBEBEBE

Public Const ocColorGray0 As Long = &H0

Public Const ocColorGray1 As Long = &H30303

Public Const ocColorGray2 As Long = &H50505

Public Const ocColorGray3 As Long = &H80808

Public Const ocColorGray4 As Long = &HA0A0A

Public Const ocColorGray5 As Long = &HD0D0D
Public Const ocColorGray6 As Long = &HF0F0F
Public Const ocColorGray7 As Long = &H121212
Public Const ocColorGray8 As Long = &H141414
Public Const ocColorGray9 As Long = &H171717
Public Const ocColorGray10 As Long = &H1A1A1A
Public Const ocColorGray11 As Long = &H1C1C1C
Public Const ocColorGray12 As Long = &H1F1F1F
Public Const ocColorGray13 As Long = &H212121
Public Const ocColorGray14 As Long = &H242424
Public Const ocColorGray15 As Long = &H262626
Public Const ocColorGray16 As Long = &H292929
Public Const ocColorGray17 As Long = &H2B2B2B
Public Const ocColorGray18 As Long = &H2E2E2E
Public Const ocColorGray19 As Long = &H303030
Public Const ocColorGray20 As Long = &H333333
Public Const ocColorGray21 As Long = &H363636
Public Const ocColorGray22 As Long = &H383838
Public Const ocColorGray23 As Long = &H3B3B3B
Public Const ocColorGray24 As Long = &H3D3D3D
Public Const ocColorGray25 As Long = &H404040
Public Const ocColorGray26 As Long = &H424242
Public Const ocColorGray27 As Long = &H444444
Public Const ocColorGray28 As Long = &H474747
Public Const ocColorGray29 As Long = &H4A4A4A
Public Const ocColorGray30 As Long = &H4D4D4D
Public Const ocColorGray31 As Long = &H4F4F4F
Public Const ocColorGray32 As Long = &H525252
Public Const ocColorGray33 As Long = &H545454
Public Const ocColorGray34 As Long = &H575757
Public Const ocColorGray35 As Long = &H595959
Public Const ocColorGray36 As Long = &H5C5C5C
Public Const ocColorGray37 As Long = &H5E5E5E
Public Const ocColorGray38 As Long = &H616161
Public Const ocColorGray39 As Long = &H636363
Public Const ocColorGray40 As Long = &H666666
Public Const ocColorGray41 As Long = &H696969
Public Const ocColorGray42 As Long = &H6B6B6B
Public Const ocColorGray43 As Long = &H6E6E6E
Public Const ocColorGray44 As Long = &H707070
Public Const ocColorGray45 As Long = &H737373
Public Const ocColorGray46 As Long = &H757575
Public Const ocColorGray47 As Long = &H787878
Public Const ocColorGray48 As Long = &H7A7A7A
Public Const ocColorGray49 As Long = &H7D7D7D

Public Const ocColorGray50 As Long = &H7F7F7F
Public Const ocColorGray51 As Long = &H828282
Public Const ocColorGray52 As Long = &H858585
Public Const ocColorGray53 As Long = &H878787
Public Const ocColorGray54 As Long = &H8A8A8A
Public Const ocColorGray55 As Long = &H8C8C8C
Public Const ocColorGray56 As Long = &H8F8F8F
Public Const ocColorGray57 As Long = &H919191
Public Const ocColorGray58 As Long = &H949494
Public Const ocColorGray59 As Long = &H969696
Public Const ocColorGray60 As Long = &H999999
Public Const ocColorGray61 As Long = &H9C9C9C
Public Const ocColorGray62 As Long = &H9E9E9E
Public Const ocColorGray63 As Long = &HA1A1A1
Public Const ocColorGray64 As Long = &HA3A3A3
Public Const ocColorGray65 As Long = &HA6A6A6
Public Const ocColorGray66 As Long = &HA8A8A8
Public Const ocColorGray67 As Long = &HABABAB
Public Const ocColorGray68 As Long = &HADADAD
Public Const ocColorGray69 As Long = &HB0B0B0
Public Const ocColorGray70 As Long = &HB3B3B3
Public Const ocColorGray71 As Long = &HB5B5B5
Public Const ocColorGray72 As Long = &HB8B8B8
Public Const ocColorGray73 As Long = &HBABABA
Public Const ocColorGray74 As Long = &HDBDBDB
Public Const ocColorGray75 As Long = &HBFBFBF
Public Const ocColorGray76 As Long = &HC2C2C2
Public Const ocColorGray77 As Long = &HC4C4C4
Public Const ocColorGray78 As Long = &HC7C7C7
Public Const ocColorGray79 As Long = &HC9C9C9
Public Const ocColorGray80 As Long = &HCCCCCC
Public Const ocColorGray81 As Long = &HCFCFCF
Public Const ocColorGray82 As Long = &HD1D1D1
Public Const ocColorGray83 As Long = &HD4D4D4
Public Const ocColorGray84 As Long = &HD6D6D6
Public Const ocColorGray85 As Long = &HD9D9D9
Public Const ocColorGray86 As Long = &HDBDBDB
Public Const ocColorGray87 As Long = &HDEDEDE
Public Const ocColorGray88 As Long = &HE0E0E0
Public Const ocColorGray89 As Long = &HE3E3E3
Public Const ocColorGray90 As Long = &HE5E5E5
Public Const ocColorGray91 As Long = &HE8E8E8
Public Const ocColorGray92 As Long = &HEBEBEB
Public Const ocColorGray93 As Long = &HEDEDED
Public Const ocColorGray94 As Long = &HF0F0F0

Public Const ocColorGray95 As Long = &HF2F2F2
Public Const ocColorGray96 As Long = &HF5F5F5
Public Const ocColorGray97 As Long = &HF7F7F7
Public Const ocColorGray98 As Long = &HFAFAFA
Public Const ocColorGray99 As Long = &HFCFCFC

'ocColorGreen As Long = &H00FF00

'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros

Public Const ocColorGreen As Long = 65280

Public Const ocColorGreenYellow As Long = &H2FFFAD

Public Const ocColorHoneydew As Long = &HF0FFF0

Public Const ocColorHotPink As Long = &HB469FF

Public Const ocColorIndianRed As Long = &H5C5CCD

Public Const ocColorIvory As Long = &HF0FFFF

Public Const ocColorKhaki As Long = &H8CE6F0

Public Const ocColorLavender As Long = &HFAE6E6

Public Const ocColorLavenderBlush As Long = &HF5F0FF

'ocColorLawnGreen As Long = &H00FC7C

'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros

Public Const ocColorLawnGreen As Long = 64636

Public Const ocColorLemonChiffon As Long = &HCDFAFF

Public Const ocColorLightBlue As Long = &HE6D8AD

Public Const ocColorLightCoral As Long = &H8080F0

Public Const ocColorLightCyan As Long = &HFFFFFFE0

Public Const ocColorLightGoldenrod As Long = &H82DDEE

Public Const ocColorLightGoldenrodYellow As Long = &HD2FAFA

Public Const ocColorLightGray As Long = &HD3D3D3

Public Const ocColorLightPink As Long = &HC1B6FF

Public Const ocColorLightSalmon As Long = &H7AA0FF

Public Const ocColorLightSeaGreen As Long = &HAAB220

Public Const ocColorLightSkyBlue As Long = &HFACE87

Public Const ocColorLightSlateBlue As Long = &HFF7084

Public Const ocColorLightSlateGray As Long = &H998877

Public Const ocColorLightSteelBlue As Long = &HDEC4B0

Public Const ocColorLightYellow As Long = &HE0FFFF

Public Const ocColorLimeGreen As Long = &H32CD32

Public Const ocColorLinen As Long = &HE6F0FA

Public Const ocColorMagenta As Long = &HFF00FF

Public Const ocColorMaroon As Long = &H6030B0

Public Const ocColorMediumAquaMarine As Long = &HAACD66

Public Const ocColorMediumBlue As Long = &HCD0000

Public Const ocColorMediumOrchid As Long = &HD355BA

Public Const ocColorMediumPurple As Long = &HDB7093
Public Const ocColorMediumSeaGreen As Long = &H71B33C
Public Const ocColorMediumSlateBlue As Long = &HEE687B
Public Const ocColorMediumSpringGreen As Long = &H9AFA00
Public Const ocColorMediumTurquoise As Long = &HCCD148
Public Const ocColorMediumVioletRed As Long = &H8515C7
Public Const ocColorMidnightBlue As Long = &H701919
Public Const ocColorMintCream As Long = &HFAFFF5
Public Const ocColorMistyRose As Long = &HE1E4FF
Public Const ocColorMoccasin As Long = &HB5E4FF
Public Const ocColorNavajoWhite As Long = &HADDEFF
Public Const ocColorNavyBlue As Long = &H800000
Public Const ocColorOldLace As Long = &HE6F5FD
Public Const ocColorOliveDrab As Long = &H238E6B

'ocColorOrange As Long = &H00A5FF

'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros

Public Const ocColorOrange As Long = 42495

'ocColorOrangeRed As Long = &H0045FF

'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros

Public Const ocColorOrangeRed As Long = 17919

Public Const ocColorOrchid As Long = &HD670DA

Public Const ocColorPaleGoldenrod As Long = &HAAE8EE

Public Const ocColorPaleGreen As Long = &H98FB98

Public Const ocColorPaleTurquoise As Long = &HEEEEEAF

Public Const ocColorPaleVioletRed As Long = &H9370DB

Public Const ocColorPapayaWhip As Long = &HD5EFFF

Public Const ocColorPeachPuff As Long = &HB9DAFF

Public Const ocColorPeru As Long = &H3F85CD

Public Const ocColorPink As Long = &HCBC0FF

Public Const ocColorPlum As Long = &HDDA0DD

Public Const ocColorPowderBlue As Long = &HE6E0B0

Public Const ocColorPurple As Long = &HF020A0

Public Const ocColorRed As Long = &HFF

Public Const ocColorRosyBrown As Long = &H8F8FBC

Public Const ocColorRoyalBlue As Long = &HE16941

Public Const ocColorSaddleBrown As Long = &H13458B

Public Const ocColorSalmon As Long = &H7280FA

Public Const ocColorSandyBrown As Long = &H60A4F4

Public Const ocColorSeaGreen As Long = &H578B2E

Public Const ocColorSeashell As Long = &HEEF5FF

Public Const ocColorSienna As Long = &H2D52A0

Public Const ocColorSkyBlue As Long = &HEBCE87

```
Public Const ocColorSlateBlue As Long = &HCD5A6A
Public Const ocColorSlateGray As Long = &H908070
Public Const ocColorSnow As Long = &HFAFAFF
Public Const ocColorSpringGreen As Long = &H7FFF00
Public Const ocColorSteelBlue As Long = &HB48246
Public Const ocColorTan As Long = &H8CB4D2
Public Const ocColorThistle As Long = &HD8BFD8
Public Const ocColorTomato As Long = &H4763FF
Public Const ocColorTurquoise As Long = &HD0E040
Public Const ocColorViolet As Long = &HEE82EE
Public Const ocColorVioletRed As Long = &H9020D0
Public Const ocColorWheat As Long = &HB3DEF5
Public Const ocColorWhite As Long = &HFFFFFF
```

```
'ocColorYellow As Long = &H00FFFF
```

```
'The above would be true, but Visual Basic removes the leading zeros
```

```
Public Const ocColorYellow As Long = 65535
```

```
Public Const ocColorYellowGreen As Long = &H32CD9A
```

```
,
```

```
' This file contains constants used to assist in programming  
' with the ComponentOne Chart controls.
```

```
' HugeValue is returned in some API calls when the control  
' can't determine an appropriate value.
```

```
,
```

```
Public Const ocHugeValue As Double = 1E+308
```

```
' Windows messages, taken out of the WINAPI.TXT file
```

```
,
```

```
' Constants for dealing with mouse events
```

```
Public Const WM_MOUSEFIRST = &H200
```

```
Public Const WM_MOUSEMOVE = &H200
```

```
Public Const WM_LBUTTONDOWN = &H201
```

```
Public Const WM_LBUTTONUP = &H202
```

```
Public Const WM_LBUTTONDBLCLK = &H203
```

```
Public Const WM_RBUTTONDOWN = &H204
```

```
Public Const WM_RBUTTONUP = &H205
```

```
Public Const WM_RBUTTONDBLCLK = &H206
```

```
Public Const WM_MBUTTONDOWN = &H207
```

```
Public Const WM_MBUTTONUP = &H208
```

```
Public Const WM_MBUTTONDBLCLK = &H209
```

```

Public Const WM_MOUSELAST = &H209

' Flags set when one of the mouse events is triggered
Public Const MK_LBUTTON = &H1
Public Const MK_MBUTTON = &H10
Public Const MK_RBUTTON = &H2

' Keyboard events for when a key is pressed/released
Public Const WM_KEYDOWN = &H100
Public Const WM_KEYUP = &H101

' Flags set when a keyboard event is triggered
Public Const MK_ALT = &H20
Public Const MK_CONTROL = &H8
Public Const MK_SHIFT = &H4

' The Virtual Key codes
Public Const VK_ESCAPE = &H1B 'The <Esc> key (ASCII Character 27)
Public Const VK_SHIFT = &H10 'The <Shift> key
Public Const VK_CONTROL = &H11 'The <Ctrl> key

```

FORMULARIO 1

```

Option Explicit
'
'      PUBLIC VARIABLES FOR FORM1
'
Dim NZ As Integer, myFile As String
Dim numero_libre As Integer
Dim path As String, path_guardar As String
Private Sub Form_Load()
'
'      DEFINITION OF SOME GRID PROPERTIES
'
Dim I As Integer
For I = 1 To 5
    Grid1.ColWidth(I) = 2000
Next I
Grid1.ColWidth(0) = 400
Grid1.ColWidth(2) = 900
Grid1.Row = 0
Grid1.Col = 0
Grid1.Text = "No."

```

```

Grid1.Col = 1
Grid1.Text = "Thickness, ft."
Grid1.Col = 2
Grid1.Text = "Screen"
Grid1.Col = 3
Grid1.Text = "Htal. Hydr. Cond., ft/sec"
Grid1.Col = 4
Grid1.Text = "Vcal. Hydr. Cond., ft/sec"
Grid1.Col = 5
Grid1.Text = "Specif storage, /1ft"
For I = 0 To 5
    Grid1.ColAlignment(I) = 3
Next I
End Sub
Private Sub mnuAbout_Click()
    Form4.Show vbModal
End Sub
Private Sub mnuDPlot_Click(Index As Integer)
    Select Case Index
        Case 0
            Form3.Show vbModal
        Case 1
            Form2.Show vbModal
    End Select
End Sub
Private Sub MnuShowResults_Click()
Dim Abrir As Boolean
    Abrir = Shell("notepad.exe " & App.path & "\" & path_guardar, 1)
End Sub
'
'
'           MAIN SUBROUTINE: READS AND PROCESS DATA
'
'
Private Sub mnuSimula_Click()
    Dim DD(30, 100) As Double, BEGIN(30, 100) As Double, DELZ(30) As Double,
KH(30) As Double, KV(30) As Double, R(100) As Double, SCR(30) As Double
    Dim QW As Double, LEFT1 As Double, KBAR As Double, NEGLECT As
Double, PIPE As Double, L As Double, Q As Double, LLAST As Double, QWW As
Double
    Dim ADJUST(30) As Double, QS(30) As Double, SS(30) As Double,
SCNLOSS(30) As Double, KBARDN(30) As Double
    Dim area(100) As Double, ROUT(100) As Double, WELARAY(30) As Double,
HFLARAY(100) As Double, DEPTH(30) As Double

```

```

Dim LENGTH As Double, PRINT1 As Double, PRINT2 As Double, PRINT3 As
Double
Dim DDWELL As Double
Dim OLDVAL As Double
Dim BEGINW As Double
Dim TOPSCRN As Double
Dim DELR1 As Double, DELRX As Double, SYA As Double, RW As Double,
FWAREA As Double, F As Double, CW As Double, CN As Double
Dim T1 As Double, T2 As Double, TEARLY As Double, ITMAXAQ As Double,
ITMAXWL As Double
Dim TOSS As Double, CONVERG As Double, CheckPrint As Integer
Dim PorcProgress As Integer
Dim DDorder() As Double, Cnt As Integer
Dim Mylevel As Double
Dim I As Integer, J As Integer, NP As Integer, IS1 As Integer, PP As Integer, NR
As Double
Frame3.Visible = True
If path <> "" Then
    '
    '   A FREE NUMBER IS ASSIGNED TO OPEN A FILE
    '
    numero_libre = FreeFile()
    '
    '
    '   Open path For Input As #numero_libre
    '
    '   READS LAYER NUMBER, NZ, AND CELL NUMBERS, r
    '
    Input #numero_libre, NZ, NR
    CheckPrint = 0
    If NZ > 30 Or NR > 100 Then
        MsgBox "Error de dimensiones", vbCritical, "Error"
        Close #numero_libre
        Exit Sub
    End If
    Grid1.Rows = NZ + 1
    Grid1.Col = 0
    '
    '   LAYER NUMBERING
    '
    For I = 2 To NZ + 1
        Grid1.Row = I - 1
        Grid1.Text = Val(I - 1)
    Next I
    '
    '

```



```

'      '      READ REMAINING DATA
'      '
'      Input #numero_libre, DELR1, DELRX, SYA, QW, RW, FWAREA, PIPE, F,
CW, CN
'      Input #numero_libre, T1, T2, TEARLY, PRINT1, PRINT2, PRINT3,
ITMAXAQ, ITMAXWL
'      Input #numero_libre, NEGLECT, TOSS, CONVERG
'      '
'      '      READ DATA FOR EACH LAYER
'      '
'      For I = 1 To NZ
'          Input #numero_libre, DELZ(I), SCR(I), KH(I), KV(I), SS(I)
'      Next I
'      Close #numero_libre
'
'
'      '      PUT READ INFO INTO TEXT BOXES
'
NZ = Val(Text1.Text)
NR = Val(Text2.Text)
DELR1 = Val(Text3.Text)
DELRX = Val(Text4.Text)
SYA = Val(Text5.Text)
QW = Val(Text6.Text)
RW = Val(Text7.Text)
FWAREA = Val(Text8.Text)
PIPE = Val(Text9.Text)
F = Val(Text10.Text)
CW = Val(Text11.Text)
CN = Val(Text12.Text)
T1 = Val(Text13.Text)
T2 = Val(Text14.Text)
TEARLY = Val(Text15.Text)
PRINT1 = Val(Text16.Text)
PRINT2 = Val(Text17.Text)
PRINT3 = Val(Text18.Text)
ITMAXAQ = Val(Text19.Text)
ITMAXWL = Val(Text20.Text)
NEGLECT = Val(Text21.Text)
TOSS = Val(Text22.Text)
CONVERG = Val(Text23.Text)
'
'      '      PUT READ INFO INTO GRID
'

```

```

For I = 2 To NZ + 1
  Grid1.Row = I - 1
  Grid1.Col = 1
  DELZ(I - 1) = Val(Grid1.Text)
  Grid1.Col = 2
  SCR(I - 1) = Val(Grid1.Text)
  Grid1.Col = 3
  KH(I - 1) = Val(Grid1.Text)
  Grid1.Col = 4
  KV(I - 1) = Val(Grid1.Text)
  Grid1.Col = 5
  SS(I - 1) = Val(Grid1.Text)
Next I

'
' *****
' CALCULATE SIMULATION CONSTANTS
' *****
'
Dim OUTI As Double
OUTI = 1
I = 1
Dim CASING As Double
CASING = 5.5
While SCR(I) = 0
  CASING = CASING + DELZ(I)
  I = I + 1
Wend
TOPSCRN = I
If (PIPE > CASING) Then
  MsgBox "PUMP INTAKE IS BELOW TOP OF SCREEN. ", vbCritical,
"Error"
  Exit Sub
End If
'
DEPTH(1) = DELZ(1) / 2
For I = 2 To NZ
  DEPTH(I) = DEPTH(I - 1) + (DELZ(I - 1) + DELZ(I)) / 2
Next I
'
ROUT(1) = RW + DELR1
area(1) = 3.1415927 * (ROUT(1) ^ 2 - RW ^ 2)
R(1) = (ROUT(1) + RW) / 2
Dim CIRCUML As Double

```

```

CIRCUML = 6.2831854 * RW
Dim CIRCUMC As Double
CIRCUMC = 6.2831854 * R(1)
LENGTH = DELR1 / 2
HFLARAY(1) = (CIRCUML - CIRCUMC) / (LENGTH * (Math.Log(CIRCUML) -
Math.Log(CIRCUMC)))
Dim DELR As Double
DELR = DELR1
For J = 2 To NR
    DELR = DELR * DELRX
    ROUT(J) = ROUT(J - 1) + DELR
    R(J) = (ROUT(J - 1) + ROUT(J)) / 2
    CIRCUML = CIRCUMC
    CIRCUMC = 6.2831854 * R(J)
    LENGTH = R(J) - R(J - 1)
    HFLARAY(J) = (CIRCUML - CIRCUMC) / (LENGTH *
(Math.Log(CIRCUML) - Math.Log(CIRCUMC)))
    area(J) = 3.1415927 * ((ROUT(J)) ^ 2 - (ROUT(J - 1)) ^ 2)
Next J
LENGTH = DELR1 / 2
Dim ARIGHT As Double
Dim ACENTER As Double
For I = 1 To NZ
    ARIGHT = 6.2831854 * DELZ(I) * R(1)
    ACENTER = 6.2831854 * DELZ(I) * RW
    WELARAY(I) = SCR(I) * KH(I) * (ACENTER - ARIGHT) / (LENGTH *
(Math.Log(ACENTER) - Math.Log(ARIGHT)))
Next I
KBARDN(1) = 0
KBARDN(NZ) = 0
For I = 2 To NZ - 1
    If ((KV(I) = 0) Or (KV(I + 1) = 0)) Then
        KBARDN(I) = 0
    Else
        KBARDN(I) = (DELZ(I) + DELZ(I + 1)) / (DELZ(I) / KV(I) + DELZ(I + 1) /
KV(I + 1))
    End If
Next I
'
' INITIALIZE FLOW TO THE WELL FROM EACH AQUIFER LAYER
' (ARRAY QS) AND
' VERTICAL ADJUSTMENTS AN HEAD DROP WITHIN WELL BETWEEN
DROP PIPE AND
' EACH LAYER (ARRAY ADJUST) TO ZERO
'

```

```

For I = 1 To NZ
  QS(I) = 0
  ADJUST(I) = 0
Next I
'
' *****
'
'          INITIALIZE DRAWDOWN
' *****
'
'
DDWELL = 0
For I = 1 To NZ
  For J = 1 To NR
    DD(I, J) = 0
  Next J
Next I
Dim TIME As Double
TIME = 0
Dim TSL As Double
TSL = T1
Dim ISTEP As Double
ISTEP = 0
'
'   START TIME STEPS
'
'
path_guardar = Text25.Text
path_guardar = path_guardar + ".txt"
'
'   A FREE NUMBER FRO A FILE IS ASSIGNED
'
numero_libre = FreeFile()
If path_guardar <> "" Then
  Dim BELOW As Double
  Dim GRAD As Double
  Dim ABOVE As Double
  Dim RIGHT1 As Double
  Open path_guardar For Output As #numero_libre
  Print #numero_libre, "THIS IS THE OUTPUT FILE OF AXIAL PROGRAM"
  Do
    PorcProgress = TIME / PRINT3
    ProgressBar1 = PorcProgress * 100
    Label26 = ProgressBar1
  '
  '   STORE HEAD BEGINNING OF TIME STEP
  '

```

```

BEGINW = DDWELL
For I = 1 To NZ
  For J = 1 To NR
    BEGIN(I, J) = DD(I, J)
  Next J
Next I
TIME = TIME + TSL
ISTEP = ISTEP + 1
Dim NUMITER As Integer
NUMITER = 0
'
'   START ITERATION
'
Dim ERRMAX As Double
ERRMAX = 0
Do
  NUMITER = NUMITER + 1
  If (NUMITER > ITMAXAQ) Then
    MsgBox "Error en la simulación, consulte el output", vbCritical,
"Error"
    Print #numero_libre, "MAXIMUM ALLOWABLE ITERATIONS
EXCEEDED"
    Print #numero_libre, "IN AQUIFER CALCULATIONS"
    Print #numero_libre, "AT TIME STEP" & ISTEP & " ITERATION " &
NUMITER
    Close #numero_libre
    Exit Sub
  End If
'
'   FIND WELL WATER LEVEL THAT INDUCES TOTAL INFLOW
(TO WELL) PLUS RATE OF
'   WATER STORAGE DECLINE (IN WELL) TO BE EQUAL QW.
THIS WATER LEVEL IS
'   FOUND BY TRIAL AND ERROR, HOLDING AQUIFER HEAD
CONSTANT
'
  OLDVAL = DDWELL
  Dim CHANGE As Double
  CHANGE = 0.1
  Dim ITERWEL As Integer
  ITERWEL = 0
  Dim FLOW As Double
  FLOW = 0
  For I = 1 To NZ
    FLOW = FLOW + (DDWELL - ADJUST(I) - DD(I, 1)) * WELARRAY(I)

```

```

Next I
Dim TRY1 As Double
TRY1 = FLOW + (FWAREA * (DDWELL - BEGINW) / TSL)
Dim DIFF1 As Double
DIFF1 = QW - TRY1
DDWELL = DDWELL + CHANGE
Dim DIFF2 As Double
Dim salir As Boolean
Do
    salir = True
    FLOW = 0
    For I = 1 To NZ
        FLOW = FLOW + (DDWELL - ADJUST(I) - DD(I, 1)) *
WELARAY(I)
    Next I
    TRY1 = FLOW + (FWAREA * (DDWELL - BEGINW) / TSL)
    DIFF2 = QW - TRY1
    If (ITERWEL > ITMAXWL - 3) Then
        Print #numero_libre, "ITERATION NUMBER FOR WELL CALCS:
" & ITERWEL
        Print #numero_libre, "FLOW=" & FLOW
        Print #numero_libre, "TRY=" & TRY1
        Print #numero_libre, "DIFF1=" & DIFF1
        Print #numero_libre, "DIFF2=" & DIFF2
        Print #numero_libre, "DDWELL=" & DDWELL
        Print #numero_libre, "CHANGE=" & CHANGE
        Print #numero_libre, "-----"
    End If
    If (Math.Abs(DIFF2) > NEGLECT) Then
        If ((DIFF1 < 0) And (DIFF2 < 0) And (DIFF2 > DIFF1)) Then
        Elseif ((DIFF1 > 0) And (DIFF2 > 0) And (DIFF1 > DIFF2)) Then
        Elseif ((DIFF1 < 0) And (DIFF2 > 0)) Then
            CHANGE = CHANGE * (-0.1)
        Elseif ((DIFF1 > 0) And (DIFF2 < 0)) Then
            CHANGE = CHANGE * (-0.1)
        Elseif ((DIFF1 < 0) And (DIFF2 < 0) And (DIFF1 > DIFF2)) Then
            CHANGE = CHANGE * (-0.1)
        Elseif ((DIFF1 > 0) And (DIFF2 > 0) And (DIFF2 > DIFF1)) Then
            CHANGE = CHANGE * (-0.1)
        Else
        End If
        DDWELL = DDWELL + CHANGE
        ITERWEL = ITERWEL + 1
        If (ITERWEL > ITMAXWL) Then

```

```

"Error"           MsgBox "Error en la simulación, consulte el output", vbCritical,
                  Print #numero_libre, "MAX ALLOWABLE ITERATIONS
EXCEEDED IN WELL CALC"
                  Print #numero_libre, "DDWELL=" & DDWELL & " DIFF1=" &
DIFF1 & "DIFF2=" + DIFF2
                  Print #numero_libre, "CHANGE=" & CHANGE & " TRY=" &
TRY1
                  Close #numero_libre
                  Exit Sub
                  End If
                  DIFF1 = DIFF2
                  salir = False
                  End If
                  Loop While salir = False
                  ERRMAX = Math.Abs(DDWELL - OLDVAL)
                  '
                  '
                  '   HOLDING HEADS WELL AT THEIR NEW VALUES, START
CALCULATIONS TO
                  '   DETERMINE NEW DRAWDOWN FOR ALL AQUIFER CELL.
THE VARIABLES ABOVE,
                  '   RIGHT, BELOW, AND LEFT. EACH REPRESENT NET
OUTFLOW FROM THE NODE IN THE
                  '   DESIGNATED DIRECTION
                  '
                  '
                  For I = 2 To NZ
                  For J = 1 To NR - 1
                  If Not ((KV(I) = 0) And (KH(I) = 0)) Then
                  '
                  '   CALCULATE GEOMETRIC CONSTANTS FOR THIS CELL
                  '
                  Dim ATOP As Double
                  ATOP = area(J)
                  Dim GRADUP As Double
                  GRADUP = 2 * (DD(I - 1, J) - DD(I, J)) / (DELZ(I) + DELZ(I - 1))
                  Dim GRADDN As Double
                  GRADDN = 2 * (DD(I + 1, J) - DD(I, J)) / (DELZ(I) + DELZ(I +
1))
                  '
                  '
                  OLDVAL = DD(I, J)
                  '
                  'CALCULATE ABOVE, RIGHT, BELOW, AND LEFT FOR
THE CELL IF I>2,J>2,I<NZ
                  '

```

```

If ((I > 2) And (J > 1) And (I < NZ)) Then
  If ((KV(I) = 0) Or (KV(I - 1) = 0)) Then
    ABOVE = 0
  Else
    ABOVE = KBARDN(I - 1) * ATOP * GRADUP
  End If
  If ((KV(I) = 0) Or (KV(I + 1) = 0)) Then
    BELOW = 0
  Else
    BELOW = KBARDN(I) * ATOP * GRADDN
  End If
  RIGHT1 = (DD(I, J + 1) - DD(I, J)) * KH(I) * HFLARAY(J + 1)
* DELZ(I)

  LEFT1 = (DD(I, J - 1) - DD(I, J)) * KH(I) * HFLARAY(J) *
DELZ(I)
Else
  '
  '   CALCULATE ABOVE FOR THE CELL IF OTHERWISE
  '
  If (I = 1) Then
    ABOVE = 0
  Else
    If ((KV(I) = 0) Or (KV(I - 1) = 0)) Then
      ABOVE = 0
    Else
      If (I > 2) Then
        ABOVE = KBARDN(I - 1) * ATOP * GRADUP
      Else
        KBAR = (DELZ(I - 1) - DD(I - 1, J) + DELZ(I) / 2) /
(((DELZ(I - 1) - DD(I - 1, J)) / KV(I - 1)) + (DELZ(I) * 0.5 / KV(I)))
        GRAD = (DD(I - 1, J) - DD(I, J)) / (DELZ(I - 1) - DD(I
- 1, J) + DELZ(I) / 2)
        ABOVE = KBAR * ATOP * GRAD
      End If
    End If
  End If
  '
  '   CALCULATE RIGHT FOR THE CELL IF OTHERWISE
  '
  RIGHT1 = (DD(I, J + 1) - DD(I, J)) * KH(I) * HFLARAY(J + 1)
* DELZ(I)

  If (I = 1) Then
    RIGHT1 = RIGHT1 * (DELZ(I) - DD(I, J) + DD(I, J + 1)) /
2# / DELZ(I)

```



```

End If
'
OTHERWISE
'
' CALCULATE BELOW FOR THE CELL IF
'
If (I = NZ) Then
    BELOW = 0
Else
    If ((KV(I) = 0) Or (KV(I + 1) = 0)) Then
        BELOW = 0
    Else
        If ((I < NZ) And (I > 1)) Then
            BELOW = KBARDN(I) * ATOP * GRADDN
        Else
            KBAR = (DELZ(I) - DD(I, J) + DELZ(I + 1) / 2) /
            (((DELZ(I) - DD(I, J)) / KV(I)) + (0.5 * DELZ(I + 1) / KV(I + 1)))
            GRAD = (DD(I + 1, J) - DD(I, J)) / (DELZ(I) - DD(I, J)
            + DELZ(I + 1) / 2)
            BELOW = KBAR * ATOP * GRAD
        End If
    End If
End If
'
' CALCULATE LEFT FOR THE CELL IF OTHERWISE
'
If J > 1 Then
    LEFT1 = (DD(I, J - 1) - DD(I, J)) * KH(I) * HFLARAY(J) *
    DELZ(I)
    If (I = 1) Then
        LEFT1 = LEFT1 * (DELZ(I) - (DD(I, J) + DD(I, J - 1)) /
        2) / DELZ(I)
    End If
    ElseIf ((J = 1) And (SCR(I) = 0)) Then
        LEFT1 = 0
        'sw.WriteLine("Cuarto calculo left1= " & LEFT1)
    Else
        LEFT1 = (DDWELL - ADJUST(I) - DD(I, J)) * KH(I) *
        HFLARAY(1) * DELZ(I)
        'sw.WriteLine("Quinto calculo left1= " & LEFT1)
    End If
End If
If (Math.Abs(ABOVE) < NEGLECT) Then ABOVE = 0
If (Math.Abs(RIGHT1) < NEGLECT) Then RIGHT1 = 0
If (Math.Abs(BELOW) < NEGLECT) Then BELOW = 0
If (Math.Abs(LEFT1) < NEGLECT) Then LEFT1 = 0

```

```

      '
      '
      '    CALCULATE NEW DRAWDOWN AT THIS CELL, USING
4 COMPONENTS OF FLOW PLUS
      '    A STORAGE TERM DEPENDENT UPON CELL
LOCATION
      '
      '
      '    If (I > 1) Then
      '        DD(I, J) = BEGIN(I, J) + (TSL * (ABOVE + RIGHT1 +
BELOW + LEFT1)) / (SS(I) * DELZ(I) * ATOP)
      '    Elseif (I = 1) Then
      '        DD(I, J) = BEGIN(I, J) + (TSL * (ABOVE + RIGHT1 +
BELOW + LEFT1)) / (SYA * ATOP)
      '    Else
      '        DD(I, J) = 0
      '    End If
      '    If (DD(I, J) < TOSS) Then DD(I, J) = 0
      '
      '    CALCULATE CHANGE IN HEAD FOR THIS NODE, AND
SET ERRMAX EQUAL TO IT IF
      '    IT EXCEEDS ALL HEAD CHANGES CALCULATED FOR
PREVIOUS NODES:
      '        Dim Error1 As Double
      '        Error1 = (DD(I, J) - OLDVAL)
      '        If (Math.Abs(Error1) > ERRMAX) Then ERRMAX =
Math.Abs(Error1)
      '    End If
      '    Next J
      '    Next I
      '
      '
      '    Loop While ERRMAX > CONVERG
      '
      '    END OF ITERATION
      '    CHECK FOR EXCESSIVE DRAWDOWN AT CRITICAL CELLS
      '
      '    Dim DECLINE As Double
      '    DECLINE = 0
      '    For J = 1 To NR
      '        If (DD(1, J) > DECLINE) Then DECLINE = DD(1, J)
      '    Next J
      '    If (DECLINE > DELZ(1)) Then

```

```

        MsgBox "SIMULATION ERROR, CHECK THE OUTPUT FILE",
vbCritical, "ERROR!"
        Print #numero_libre, "TOP LAYER DEWATERED IN TIME STEP" +
ISTEP
        Close #numero_libre
        Exit Sub
    End If
    If (DDWELL > PIPE) Then
        MsgBox "SIMULATION ERROR, CHECK THE OUTPUT FILE",
vbCritical, "ERROR"
        Print #numero_libre, "HEAD IN WELL BECOMES LOWER THAN
PUMP INTAKE IN TIME STEP", ISTEP
        Close #numero_libre
        Exit Sub
    End If
    '
    '    CALCULATE Q TO WELL FROM EACH AQUIFER LAYER (ARRAY
QS) AND CALCULATE
    '    SCREEN LOSS AT EACH LAYER (ARRAY SCNLOSS)
    '
    For I = 1 To NZ
        QS(I) = (DDWELL - ADJUST(I) - DD(I, 1)) * WELARAY(I)
        SCNLOSS(I) = (CW * QS(I) ^ CN) / ((DELZ(I) * RW) ^ CN)
    Next I
    '
    '
    '    CALCULATE ADJUSTMENTS IN HEAD DROP ("ADJUST") IN
WELL FROM EACH SCREENED LAYER (OUTSIDE WELL)
    '    TO DROP PIPE. EQUATIONS DERIVED USING A MOMENTUM
BALANCE APPROACH, THUS ALLOW FOR HEAD LOSS
    '    DUE TO PIPE FRICTION (DARCY-WEISBACH EQ) AND FOR
CHANGES IN HEAD DUE TO CHANGES IN WATER VELOCITY.
    '    SCREEN LOSS IS ALSO CALCULATED. DATA USED IS ARRAY
QS (THE Q TO THE WELL FROM EACH AQUIFER LAYER).
    '
    '
    Q = QW - (FWAREA * (DDWELL - BEGINW) / TSL)
    L = 0
    LLAST = PIPE
    Dim VLAST As Double
    VLAST = Q / (3.1415927 * RW ^ 2)
    Dim TOTAL As Double
    TOTAL = 0
    For I = 1 To NZ
        If (I = 1) Then

```

```

        L = DELZ(1) / 2#
    Else
        L = L + DELZ(I) / 2 + DELZ(I - 1) / 2
    End If
    If (SCR(I) = 0) Then
        ADJUST(I) = 0
    Else
        Dim VHERE As Double
        VHERE = Q / (3.1415927 * RW ^ 2)
        TOTAL = TOTAL + (F * (L - LLAST) * VHERE ^ 2) / (4# * RW *
32.17) + (VLAST ^ 2 - VHERE ^ 2) / 32.17
        ADJUST(I) = TOTAL + SCNLOSS(I)
        Q = Q - QS(I)
        LLAST = L
        VLAST = VHERE
    End If
Next I
If (TIME >= TEARLY) Then TSL = T2
If (TIME >= PRINT1 And OUTI = 1) Or (TIME >= PRINT2 And OUTI = 2)
Or (TIME >= PRINT3 And OUTI = 3) Then OUTI = OUTI + 1
CheckPrint = 0
If TIME + 0.01 >= PRINT1 And TIME - 0.01 <= PRINT1 Then CheckPrint
= 1
If TIME + 0.01 >= PRINT2 And TIME - 0.01 <= PRINT2 Then CheckPrint
= 1
If TIME + 0.01 >= PRINT3 And TIME - 0.01 <= PRINT3 Then CheckPrint
= 1
If CheckPrint = 1 Then
    Print #numero_libre, "Simulation results at time = " & TIME; " sec"
    '
    '          DATA OUTPUT
    '
    Print #numero_libre,
    Print #numero_libre,
    Print #numero_libre, "Time = " & TIME; " sec"
    Print #numero_libre, "DRAWDOWN AT PUMP = " & DDWELL
    Print #numero_libre,
    Print #numero_libre, "DRAWDOWN CONTRIBUTION BY HEAD
LOSS"
    Print #numero_libre, "INSIDE SCREEN OUTSIDE SCREEN BY
LAYER ACROSS SCREEN"
    For I = 1 To NZ
        If (SCR(I) = 0) Then
            Print #numero_libre, " Screen Loss = 0.0"
        Else

```

```

        Print #numero_libre, DDWELL - ADJUST(I) + SCNLOSS(I); " ";
DDWELL - ADJUST(I); Tab; QS(I); " "; SCNLOSS(I)
    End If
Next I
NP = Math.Round(NR / 7)
Dim NL As Double
NL = NR - NP * 7
IS1 = -6
Print #numero_libre,
Print #numero_libre,
Print #numero_libre, " DRAWDOWNS IN AQUIFER: "
Print #numero_libre, " LEFT COL.=DEPTH TO CELL CENTER. TOP
ROW=DISTANCE FROM WELL CENTER TO CELL CENTER."
Print #numero_libre,
Print #numero_libre,
For PP = 1 To NP
    IS1 = IS1 + 7
    Print #numero_libre, " ";
    For J = IS1 To IS1 + 6
        Print #numero_libre, R(J) & " ";
        If J = IS1 + 6 Then
            Print #numero_libre, " "; R(J);
        End If
    Next J
    Print #numero_libre,
    Print #numero_libre, "-----"
----": Print #numero_libre,
    For I = 1 To NZ
        Print #numero_libre, Format$(DEPTH(I), "000.0") & " ";
        For J = IS1 To IS1 + 6
            Print #numero_libre, Format$(DD(I, J), "0.0000000"); " ";
        Next J
        Print #numero_libre,
    Next I
    Print #numero_libre,
Next PP
IS1 = IS1 + 7
If (IS1 > NR) Then
Else
    For J = IS1 + 1 To NR
        Print #numero_libre, R(J) & " "
        If J = NR Then
            Print #numero_libre, R(J)
        End If
    Next J

```

```

        Print #numero_libre, "-----"
        For I = 1 To NZ
            Print #numero_libre, DEPTH(I), Tab
            For J = IS1 To NR
                Print #numero_libre, DD(I, J)
            Next J
        Next I
    End If
End If
Loop While TIME < PRINT3
Close #numero_libre
NumLayer = NZ
NumCells = NR
ReDim Radius(1 To NR), Prof(1 To NZ)
ReDim Screenloss(1 To NZ), Caudal(1 To NZ), Ajuste(1 To NZ), DDorder(1
To NZ * NR)
NewDDwell = DDWELL
Cnt = 0
For I = 1 To NZ
    For J = 1 To NR
        Cnt = Cnt + 1
        DDorder(Cnt) = DD(I, J)
    Next J
Next I
,
,
LOOKS FOR THE HOGHEST VALUE OF DRAWDOWN TO CREATE
COUNTOUR LEVELS
,
For I = 1 To NZ * NR - 1
    For J = I To NZ * NR
        If DDorder(I) <= DDorder(J) Then
            MaxDD = DDorder(I)
            DDorder(I) = DDorder(J)
            DDorder(J) = MaxDD
        End If
    Next J
Next I
MaxDD = DDorder(1)
Mylevel = MaxDD / 20
,
,
GENERATES A FILE WITH THE LEVELS TO CONTOUR
,
Open "levels.lvl" For Output As #1
Print #1, "0.1"
For I = 1 To 21

```

```

        Print #1, Mylevel * I
    Next I
    Close #1
,
,
GENERATES A FILE WITH CONTOURS
,
    Open "contour.con" For Output As #1
    Print #1, "IRGRID", NZ, NR
    Print #1, "-0.1"
    For I = 1 To NZ
        Print #1, DEPTH(I);
    Next I
    Print #1, ""
    For I = 1 To NR
        Print #1, R(I);
    Next I
    Print #1, ""
    For I = 1 To NZ
        Prof(I) = DEPTH(I)
        Caudal(I) = QS(I)
        Screenloss(I) = SCNLOSS(I)
        Ajuste(I) = ADJUST(I)
        For J = 1 To NR
            Print #1, DD(I, J);
        Next J
        Print #1, ""
    Next I
    Close #1
    For J = 1 To NR
        Radius(J) = R(J)
    Next J
    MsgBox "SIMULATION SUCCESSFULLY COMPLETED", vbExclamation,
"READY!!!"
        MnuShowResults.Enabled = True
        mnuPlot.Enabled = True
    End If
End If
End Sub
,
,
PUT DATA INTO GRID
,
Private Sub Grid1_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = 46 Then
        Grid1.Text = ""
    End If

```

```

End Sub
Private Sub Grid1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If (KeyAscii >= 32) And (KeyAscii <= 255) Then
    Grid1.Text = Grid1.Text + Chr$(KeyAscii)
End If
If (KeyAscii = 8) And Len(Grid1.Text) > 0 Then
    Grid1.Text = Left$(Grid1.Text, Len(Grid1.Text) - 1)
End If
End Sub
'
'          PROGRAM TERMINATION
'
Private Sub mnuExit_Click()
    Unload Me
End Sub
'
'    READ DATA FILE
'
Private Sub mnuRead_Click()
    Dim DELR1 As Double, DELRX As Double, SYA As Double, RW As Double,
    FWAREA As Double, F As Double, CW As Double, CN As Double
    Dim T1 As Double, T2 As Double, TEARLY As Double, ITMAXAQ As Double,
    ITMAXWL As Double
    Dim TOSS As Double, CONVERG As Double, NR As Double, QW As Double
    Dim SCR(30) As Double, DELZ(30) As Double, KH(30) As Double, KV(30) As
    Double, R(100) As Double
    Dim I As Integer, J As Integer, NEGLECT As Double, PIPE As Double, SS(30)
    As Double
    Dim LENGTH As Double, PRINT1 As Double, PRINT2 As Double, PRINT3 As
    Double
    '
    '    OPENS DIALOG BOX TO INOUT FILE NAME
    '
    dialogos.ShowOpen
    '
    '    GETS THE FILE NAME
    '
    path = dialogos.FileName
    '
    If path <> "" Then
        '
        '    ASSIGNE A FREE NUMBER
        '
        numero_libre = FreeFile()
    End If
End Sub

```



```

Open path For Input As #numero_libre
Input #numero_libre, NZ, NR
If NZ > 30 Or NR > 100 Then
    MsgBox "Error de dimensiones", vbCritical, "Error"
    Close #numero_libre
    Exit Sub
End If
'
'     GRID IS NUMBERED
'
Grid1.Rows = NZ + 1
Grid1.Col = 0
For I = 2 To NZ + 1
    Grid1.Row = I - 1
    Grid1.Text = Val(I - 1)
Next I
'
'     READ INPUT DATA
'
Input #numero_libre, DELR1, DELRX, SYA, QW, RW, FWAREA, PIPE, F,
CW, CN
Input #numero_libre, T1, T2, TEARLY, PRINT1, PRINT2, PRINT3, ITMAXAQ,
ITMAXWL
Input #numero_libre, NEGLECT, TOSS, CONVERG
'
'     READ DATA BY LAYER
'
For I = 1 To NZ
    Input #numero_libre, DELZ(I), SCR(I), KH(I), KV(I), SS(I)
Next I
End If
'
'     PUT READ INFO INTO TEXT BOXES
'
Text1.Text = Val(NZ)
Text2.Text = Val(NR)
Text3.Text = Val(DELR1)
Text4.Text = Val(DELRX)
Text5.Text = Val(SYA)
Text6.Text = Val(QW)
Text7.Text = Val(RW)
Text8.Text = Val(FWAREA)
Text9.Text = Val(PIPE)
Text10.Text = Val(F)
Text11.Text = Val(CW)

```

```

Text12.Text = Val(CN)
Text13.Text = Val(T1)
Text14.Text = Val(T2)
Text15.Text = Val(TEARLY)
Text16.Text = Val(PRINT1)
Text17.Text = Val(PRINT2)
Text18.Text = Val(PRINT3)
Text19.Text = Val(ITMAXAQ)
Text20.Text = Val(ITMAXWL)
Text21.Text = Val(NEGLECT)
Text22.Text = Val(TOSS)
Text23.Text = Val(CONVERG)
,
:   PUT READ INFO INTO GRID
,
For I = 2 To NZ + 1
  Grid1.Row = I - 1
  Grid1.Col = 1
  Grid1.Text = DELZ(I - 1)
  Grid1.Col = 2
  Grid1.Text = SCR(I - 1)
  Grid1.Col = 3
  Grid1.Text = KH(I - 1)
  Grid1.Col = 4
  Grid1.Text = KV(I - 1)
  Grid1.Col = 5
  Grid1.Text = SS(I - 1)
Next I
Close #numero_libre
mnuSave.Enabled = True
mnuSimula.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Command2.Enabled = True
End Sub

,
:   SAVE THE INPUT FILE (NEW OR OLD)
,
Private Sub mnuSave_Click()
  Dim DELR1 As Double, DELRX As Double, SYA As Double, RW As Double,
  FWAREA As Double, F As Double, CW As Double, CN As Double
  Dim T1 As Double, T2 As Double, TEARLY As Double, ITMAXAQ As Double,
  ITMAXWL As Double
  Dim TOSS As Double, CONVERG As Double, NR As Double, QW As Double

```

```

Dim SCR(30) As Double, DELZ(30) As Double, KH(30) As Double, KV(30) As
Double, R(100) As Double
Dim I As Integer, J As Integer, NEGLECT As Double, PIPE As Double, SS(30)
As Double
Dim LENGTH As Double, PRINT1 As Double, PRINT2 As Double, PRINT3 As
Double
NZ = Val(Text1.Text)
NR = Val(Text2.Text)
DELR1 = Val(Text3.Text)
DELRX = Val(Text4.Text)
SYA = Val(Text5.Text)
QW = Val(Text6.Text)
RW = Val(Text7.Text)
FWAREA = Val(Text8.Text)
PIPE = Val(Text9.Text)
F = Val(Text10.Text)
CW = Val(Text11.Text)
CN = Val(Text12.Text)
T1 = Val(Text13.Text)
T2 = Val(Text14.Text)
TEARLY = Val(Text15.Text)
PRINT1 = Val(Text16.Text)
PRINT2 = Val(Text17.Text)
PRINT3 = Val(Text18.Text)
ITMAXAQ = Val(Text19.Text)
ITMAXWL = Val(Text20.Text)
NEGLECT = Val(Text21.Text)
TOSS = Val(Text22.Text)
CONVERG = Val(Text23.Text)
myFile = Text24.Text
For I = 2 To NZ + 1
    Grid1.Row = I - 1
    Grid1.Col = 1
    DELZ(I - 1) = Val(Grid1.Text)
    Grid1.Col = 2
    SCR(I - 1) = Val(Grid1.Text)
    Grid1.Col = 3
    KH(I - 1) = Val(Grid1.Text)
    Grid1.Col = 4
    KV(I - 1) = Val(Grid1.Text)
    Grid1.Col = 5
    SS(I - 1) = Val(Grid1.Text)
Next I
myFile = myFile + ".txt"
Open myFile For Output As #numero_libre

```

```

        Print #numero_libre, NZ, NR
        Print #numero_libre, DELR1, DELRX, SYA, QW, RW, FWAREA, PIPE, F,
CW, CN
        Print #numero_libre, T1, T2, TEARLY, PRINT1, PRINT2, PRINT3, ITMAXAQ,
ITMAXWL
        Print #numero_libre, NEGLECT, TOSS, CONVERG
        For I = 1 To NZ
            Print #numero_libre, DELZ(I), SCR(I), KH(I), KV(I), SS(I)
        Next I
    Close #numero_libre
End Sub
Private Sub Text1_Change()
Dim I As Integer
    mnuSave.Enabled = True
    mnuSimula.Enabled = True
    NZ = Val(Text1.Text)
    Grid1.Rows = NZ + 1
    Grid1.Col = 0
    For I = 2 To NZ + 1
        Grid1.Row = I - 1
        Grid1.Text = Val(I - 1)
    Next I
End Sub
'
'   BRING INFOFROM CLP
'
Private Sub Command2_Click()
    Dim msg As String
    msg = Clipboard.GetText
    msg = Replace(msg, vbCrLf, vbCr)
'
'   PASTE DATA
'
    Grid1.Clip = msg
End Sub
'
'   COPY INFO TO CLP
'
Private Sub Command1_Click()
    Clipboard.Clear
'
'   COPY DATA
'
    Clipboard.SetText Grid1.Clip
End Sub

```

FORMULARIO 2

```
Option Explicit
'
Dim OldLegendFilterIndex As Integer
Dim HScrollStarted As Boolean
Dim VScrollStarted As Boolean
Dim HScrollValue As Long
Dim VScrollValue As Long
'
Dim C3DTop As Integer
Dim C3DLeft As Integer
Dim C3DHeight As Integer
Dim C3DWidth As Integer
Dim C3Height As Long
Dim C3Width As Long
'
'
Dim Result As Boolean
'
'   Action Constant
'
Dim CurrentAction As Integer
Dim ScaleMethod As Integer
Dim SelectedFormat As Integer
Dim SelectedPrintLocation As Integer
'
'   Constants for the Common Dialog Box
'
Const cdiOFNLongNames = &H200000
Const cdiOFNPathMustExist = &H800&
Const cdiOFNOverWritePrompt = &H2&
Const cdiOFNHideReadOnly = &H4&
'
'
Private Sub Form_Load()
'
'   This is where it all begins!
'   Start with the form in the top-left corner
'
Me.Top = 1000
Me.Left = 1000
HScroll.Visible = False
VScroll.Visible = False
SetupTheChart
```

```

'
'   Load a Data Set based on the user's selection.
'   Set the Mouse Cursor to an Hourglass
'
Me.MousePointer = vbHourglass
Chart3D1.ChartArea.Axes(3).Min = 0
Chart3D1.ChartArea.Axes(3).Max = MaxDD * 1.1
Chart3D1.ChartGroups(1).ElevationData.Load "contour.con"
Chart3D1.ChartGroups(1).Elevation.IsMeshed = False
'
'   Set the Mouse Cursor back to its default state
'
HScroll.Visible = False
VScroll.Visible = False
Me.MousePointer = vbDefault
'
'   Clear all the currently selected action maps
'
ClearEvents
'
'   Prevent the user from bringing up the property pages at run-time
'
Chart3D1.AllowUserChanges = False
'
'   Setup the horizontal scroll bar
'
With HScroll
    .Min = Chart3D1.ChartArea.Location.Left
    .Max = .Min + Chart3D1.ChartArea.Location.Width - 1
    .Value = (.Max - .Min) / 2
    .SmallChange = 5
    .LargeChange = 30
    HScrollValue = .Value
End With
'
'   Setup the vertical scroll bar
'
With VScroll
    .Min = Chart3D1.ChartArea.Location.Top
    .Max = .Min + Chart3D1.ChartArea.Location.Height - 1
    .Value = (.Max - .Min) / 2
    .SmallChange = 5
    .LargeChange = 30
    VScrollValue = .Value
End With

```

```

'
'   Clear any currently selected action
'
CurrentAction = oc3dActionNone
C3DTop = Chart3D1.Top / Screen.TwipsPerPixelY
C3DLeft = Chart3D1.Left / Screen.TwipsPerPixelX
C3DWidth = Chart3D1.Width / Screen.TwipsPerPixelX
C3DHeight = Chart3D1.Height / Screen.TwipsPerPixelY
'
'   Set default values into the text boxes
'
C3Height = Chart3D1.Height
C3Width = Chart3D1.Width
End Sub
Private Sub Form_Resize()
'
'   Resize the Chart to match the form.
'
With Chart3D1
    If (Me.WindowState = vbNormal) Or (Me.WindowState = vbMaximized) Then
        .IsBatched = True
        .Height = Me.ScaleHeight - Chart3D1.Top
        .Width = Me.ScaleWidth
        .IsBatched = False
    End If
End With
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
'End the program.

    End
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
'End the program.

    Unload Me
End Sub

```

```
Private Sub SetupTheChart()  
'Setup how the Chart looks.
```

```
'Batch all the updates to the Chart so all the changes occur at once  
Chart3D1.IsBatched = True
```

```
'Turn on some visual settings so we get a Legend  
With Chart3D1.ChartGroups(1)  
    .Elevation.IsMeshed = True  
    .Elevation.IsShaded = True  
    .Contour.IsContoured = True  
    .Contour.IsZoned = True  
End With
```

```
'Swith to True Type fonts  
Chart3D1.UseTrueType = True  
'Select the True Type Font to use  
Chart3D1.ChartArea.Axes("X").AnnotationFont.TrueType.Name = "Arial"  
Chart3D1.Interior.BackgroundColor = RGB(255, 255, 255)  
Chart3D1.ChartArea.Axes("X").MajorGrid.Style.Color = RGB(255, 0, 0)  
Chart3D1.ChartArea.Axes("Y").MajorGrid.Style.Color = RGB(255, 0, 0)  
Chart3D1.ChartArea.Axes("X").TitleFont.Size = 100  
Chart3D1.ChartArea.Axes("Y").TitleFont.Size = 100  
Chart3D1.ChartArea.Axes("Z").TitleFont.Size = 100  
Chart3D1.ChartArea.Axes("X").Title = "Depth, ft"  
Chart3D1.ChartArea.Axes("Y").Title = "Radial distance, ft"
```

```
'Change the size of the font  
'SPECIAL NOTE:  
' The Axis font size is measured in units which are each 1/1000 of the  
' unit cube length. The default axis font size is 80, which means the  
' characters are 8% of the length of hte unit cube high.  
'UNIT CUBE DEFINITION:  
' The unit cube is defined to be the smallest cube which encloses the  
' entire 3D scene (including axis).  
Chart3D1.ChartArea.Axes("X").AnnotationFont.Size = 90
```

```
'Change the color of the Chart  
With Chart3D1.Interior  
    .BackgroundColor = ocColorWhite  
    .ForegroundColor = ocColorBlack  
End With
```



```

'Setup the Header
With Chart3D1.Header
    .Text = "3D Plot of Drawdown Contribution by headloss"
    .Font.Name = "Arial"
    .Interior.ForegroundColor = RGB(255, 0, 0)
    .Interior.BackgroundColor = RGB(255, 255, 255)
    .Font.Size = 16
    .Border = oc3dBorderBevel
    .Border.Width = 4
End With

```

```

'Setup the Legend
With Chart3D1.Legend
    .Text = "Drawdown, psi"
    .Font.Name = "Arial"
    .Font.Size = 8
    .Border = oc3dBorderShadow
    .Border.Width = 4
    .Interior.ForegroundColor = ocColorBlack
End With

```

```

'Add some styled grid lines to the Chart
With Chart3D1.ChartArea
    ToggleGridLines True
    .Axes("X").MajorGrid.Style.Color = ocColorBlack
    .Axes("Y").MajorGrid.Style.Color = ocColorBlack
    .Axes("Z").MajorGrid.Style.Color = ocColorBlack
End With

```

```

'Load the Distribution Levels
Chart3D1.ChartGroups(1).Contour.Levels.Load "levels.lvl"

```

```

'Resume regular updates to the Chart
Chart3D1.IsBatched = False

```

```

'Set the starting value for this holding value
OldLegendFilterIndex = 0
End Sub

```

```

Private Sub ToggleGridLines(Visible As Boolean)
'Toggle whether Grid Lines are visible.

```

```

With Chart3D1.ChartArea
    .Axes("X").MajorGrid.IsOnXYPlane = Visible
    .Axes("X").MajorGrid.IsOnXZPlane = Visible
    .Axes("Y").MajorGrid.IsOnXYPlane = Visible
    .Axes("Y").MajorGrid.IsOnYZPlane = Visible
    .Axes("Z").MajorGrid.IsOnXZPlane = Visible
    .Axes("Z").MajorGrid.IsOnYZPlane = Visible
End With
End Sub

```

```

Private Sub ClearEvents()
'Remove all of the currently defined Action Maps from the ActionMap structure.

```

```

    Chart3D1.ActionMaps.RemoveAll
End Sub

```

```

Private Sub EventPrint(msg As Integer, modf As Integer, key As Integer, action As Integer)
'Debugging output for the ActionMaps. Uncomment in chart_Click to view these.

```

```

    Dim Output As String

```

```

Select Case msg
    Case WM_MOUSEMOVE
        Output = "MouseMove"
    Case WM_LBUTTONDOWN
        Output = "LButtonDown"
    Case WM_LBUTTONUP
        Output = "LButtonUp"
    Case WM_LBUTTONDBLCLK
        Output = "LButtonDbl"
    Case WM_RBUTTONDOWN
        Output = "RButtonDown"
    Case WM_RBUTTONUP
        Output = "RButtonUp"
    Case WM_RBUTTONDBLCLK
        Output = "RButtonDbl"
    Case WM_MBUTTONDOWN
        Output = "MButtonDown"
    Case WM_MBUTTONUP
        Output = "MButtonUp"
    Case WM_MBUTTONDBLCLK
        Output = "MButtonDbl"
    Case WM_KEYDOWN
        Output = "KeyDown"

```

```
Case WM_KEYUP
    Output = "KeyUp"
End Select
```

```
Output = Output & ", "
If (modf And MK_ALT) = MK_ALT Then Output = Output & "ALT+"
If (modf And MK_MBUTTON) = MK_MBUTTON Then Output = Output &
"MBUTTON+"
If (modf And MK_CONTROL) = MK_CONTROL Then Output = Output &
"CONTROL+"
If (modf And MK_SHIFT) = MK_SHIFT Then Output = Output & "SHIFT+"
If (modf And MK_RBUTTON) = MK_RBUTTON Then Output = Output &
"RBUTTON+"
If (modf And MK_LBUTTON) = MK_LBUTTON Then Output = Output &
"LBUTTON+"
```

```
Output = Output & ", "
```

```
If key <> 0 Then Output = Output & Chr(key)
```

```
Output = Output & " = "
```

```
Debug.Print Output
End Sub
```

```
Private Sub ResetScrollbars(hflag As Boolean, vflag As Boolean)
'Reset the scrollbars. Move the value to the middle, and
' make them enabled/disabled. Note how the global *value is
' set before the .value - this makes sure the scroll.changed
' event does nothing.
```

```
With HScroll
```

```
    'The if...endif here is to prevent the scroll bar from flickering as it is updated
```

```
    If hflag = True Then
```

```
        HScrollValue = (.Max - .Min) / 2
```

```
        .Value = HScrollValue
```

```
        .Enabled = hflag
```

```
    Else
```

```
        .Enabled = hflag
```

```
    End If
```

```
End With
```

```
With VScroll
```

```
    'The if...endif here is to prevent the scroll bar from flickering as it is updated
```

```

    If vflag = True Then
        VScrollValue = (.Max - .Min) / 2
        .Value = VScrollValue
        .Enabled = vflag
    Else
        .Enabled = vflag
    End If
End With
End Sub

```

```

Private Sub Chart3D1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
'If there are no actions, then beep.

```

```

    If Chart3D1.ActionMaps.Count = 0 Then
        Beep
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Chart3D1_View3DModify(XRotation As Double, YRotation As Double,
ZRotation As Double, IsOK As Boolean)
'Implement the rotation constraints. Note that the constraints
' are also in effect when using the scrollbars.

```

```

    With Chart3D1
        YRotation = 0
        If XRotation < 0 Then XRotation = 0
        If XRotation > 90 Then XRotation = 90
    End With
End Sub

```

```

Private Sub cmdExit_Click()
'Exit the program.

```

```

    Unload Me
End Sub

```

```

Private Sub cmdReset_Click()
'Reset the view, and the scrollbars.

```

```

    Chart3D1.CallAction oc3dActionReset, 0, 0

```

```

    ResetScrollbars HScroll.Enabled, VScroll.Enabled

```

End Sub

Private Sub HScroll_Change()

'Called when the value of the scrollbar has changed. This could
' be preceded by a series of HScroll_Scroll() calls, depending on
' how the user is changing the scrollbar. The Scroll event always
' sets the HScrollStarted flag to True.

With Chart3D1

If HScroll <> HScrollValue Then

If Not HScrollStarted Then

'Start a scroll from the old value to the current value

HScrollStarted = True

.PreviewMethod = oc3dPreviewFull

.CallAction oc3dActionModifyStart, HScrollValue, VScroll

.CallAction CurrentAction, HScroll, VScroll

End If

.CallAction oc3dActionModifyEnd, HScroll, VScroll

.PreviewMethod = oc3dPreviewCube

HScrollStarted = False

HScrollValue = HScroll 'Save current value

End If

End With

End Sub

Private Sub HScroll_Scroll()

'Called when the user drags the scrollbar. On the first drag,
' start the actions rolling. HScrollValue is the previous value,
' before the drag started. Its reset in HScroll_Change.

With Chart3D1

If Not HScrollStarted Then

.CallAction oc3dActionModifyStart, HScrollValue, VScroll

HScrollStarted = True

End If

.CallAction CurrentAction, HScroll, VScroll

End With

End Sub

```

Private Sub mnu3Dplot_Click()
    Chart3D1.ChartArea.Axes("X").Title = "Depth, ft"
    Chart3D1.ChartArea.Axes("Y").Title = "Radial distance, ft"
    mnuContour.Checked = False
    mnu3Dplot.Checked = True
    With Chart3D1.ChartGroups(1)
        .Elevation.IsMeshed = True
        .Elevation.IsShaded = True
        .Contour.IsContoured = True
        .Contour.IsZoned = True
    End With
End Sub

```

```

Private Sub mnuBack_Click()
    Form2.Hide
End Sub

```

```

Private Sub mnuContour_Click()
    mnuContour.Checked = True
    mnu3Dplot.Checked = False
    With Chart3D1.ChartGroups(1)
        .Elevation.IsMeshed = False
        .Elevation.IsShaded = False
        .Contour.IsContoured = True
        .Contour.IsZoned = True
    End With
    Chart3D1.ChartArea.Axes("Y").Title = ""
    Chart3D1.ChartArea.Axes("X").Title = "Depth, ft"
End Sub

```

```

Private Sub mnuHide_Click()
    Chart3D1.Legend.IsShowing = False
    mnuHide.Enabled = False
    mnuUnhide.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub mnuPrint_Click()
    SelectedFormat = oc3dFormatEnhMetafile
    ScaleMethod = oc3dScaleToFit
    Result = Chart3D1.PrintChart(SelectedFormat, ScaleMethod, C3DLeft, C3DTop,
    C3DWidth, C3DHeight)
End Sub

```

```

Private Sub mnuCopyClp_Click()
    SelectedFormat = oc3dFormatEnhMetafile
    Chart3D1.CopyToClipboard (SelectedFormat)
    MsgBox ("The chart is copied to the clipboard")

End Sub

Private Sub mnuSave_Click()
    SelectedFormat = oc3dFormatEnhMetafile
    ScaleMethod = oc3dScaleToFit
    cdFileOp.DialogTitle = "Save Current 3D Graph Image"
    cdFileOp.DefaultExt = ".WMF"
    cdFileOp.Filter = "WMF Files (*.WMF)|*.WMF"
    cdFileOp.FileName = "*.WMF"
    cdFileOp.Flags = cdiOFNLongNames + cdiOFNPathMustExist +
    cdiOFNOverWritePrompt + cdiOFNHideReadOnly
    cdFileOp.action = 2

    If Len(cdFileOp.FileTitle) <> 0 Then
        Result = Chart3D1.DrawToFile(cdFileOp.FileName, SelectedFormat)
    End If

End Sub

Private Sub mnuUnhide_Click()
    mnuHide.Enabled = True
    mnuUnhide.Enabled = False

    Chart3D1.Legend.IsShowing = True
End Sub

Private Sub mnuType_Click(Index As Integer)
    With Chart3D1.ChartGroups(1)
        .Elevation.IsMeshed = True
        .Elevation.IsShaded = True
        .Contour.IsContoured = True
        .Contour.IsZoned = True
    End With
    Select Case Index
        Case 0
            Chart3D1.ChartGroups(1).ChartType = oc3dTypeSurface
        Case 1
            Chart3D1.ChartGroups(1).ChartType = oc3dTypeBar
        Case 2
            Chart3D1.ChartGroups(1).ChartType = oc3dTypeScatter
    End Select
End Sub

```

End Select

End Sub

```
Private Sub OptionNoAction_Click()  
'Clear any previous ActionMaps.  
'Make the rotation constraints inaccessible, and reset the scrollbars.  
    HScroll.Visible = False  
    VScroll.Visible = False
```

```
    Chart3D1.CallAction oc3dActionReset, 0, 0
```

```
    ResetScrollbars HScroll.Enabled, VScroll.Enabled
```

```
    If OptionNoAction Then  
        ClearEvents  
        ResetScrollbars False, False  
        CurrentAction = oc3dActionNone  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub OptionMove_Click()  
'Clear any previous ActionMaps, and construct the new ones.  
'Make the rotation constraints inaccessible, and reset the scrollbars.
```

```
    HScroll.Visible = False  
    VScroll.Visible = False
```

```
    If OptionMove Then  
        ClearEvents
```

```
        With Chart3D1.ActionMaps  
            .Add WM_LBUTTONDOWN, 0, 0, oc3dActionModifyStart  
            .Add WM_MOUSEMOVE, MK_LBUTTON, 0, oc3dActionTranslate  
            .Add WM_LBUTTONUP, 0, 0, oc3dActionModifyEnd  
            .Add WM_KEYDOWN, MK_LBUTTON, VK_ESCAPE,  
oc3dActionModifyCancel
```



```

End With

ResetScrollbars True, True
CurrentAction = oc3dActionTranslate
End If
End Sub

Private Sub OptionRotate_Click()
'Clear any previous ActionMaps, and construct the new ones.
'Make the rotation constraints accessible, and reset the scrollbars.

HScroll.Visible = True
VScroll.Visible = True

If OptionRotate Then
ClearEvents

With Chart3D1.ActionMaps
.Add WM_LBUTTONDOWN, 0, 0, oc3dActionModifyStart
.Add WM_MOUSEMOVE, MK_LBUTTON, 0, oc3dActionRotate
.Add WM_LBUTTONUP, 0, 0, oc3dActionModifyEnd
.Add WM_KEYDOWN, MK_LBUTTON, VK_ESCAPE,
oc3dActionModifyCancel
End With

ResetScrollbars True, True
CurrentAction = oc3dActionRotate
End If
End Sub

Private Sub OptionScale_Click()
'Clear any previous ActionMaps, and construct the new ones.
'Make the rotation constraints inaccessible, and reset the scrollbars.
HScroll.Visible = False
VScroll.Visible = False

If OptionScale Then
ClearEvents

With Chart3D1.ActionMaps
.Add WM_LBUTTONDOWN, 0, 0, oc3dActionModifyStart
.Add WM_MOUSEMOVE, MK_LBUTTON, 0, oc3dActionScale
.Add WM_LBUTTONUP, 0, 0, oc3dActionModifyEnd

```

```

        .Add WM_KEYDOWN, MK_LBUTTON, VK_ESCAPE,
oc3dActionModifyCancel
    End With

    ResetScrollbars False, True    'Vertical scrollbar only
    CurrentAction = oc3dActionScale
End If
End Sub

Private Sub OptionZoom_Click()
'Clear any previous ActionMaps, and construct the new ones.
'Make the rotation constraints inaccessible, and reset the scrollbars.
    HScroll.Visible = False
    VScroll.Visible = False

    If OptionZoom Then
        ClearEvents

        With Chart3D1.ActionMaps
            .Add WM_LBUTTONDOWN, 0, 0, oc3dActionZoomStart
            .Add WM_MOUSEMOVE, MK_LBUTTON, 0, oc3dActionZoomUpdate
            .Add WM_LBUTTONUP, 0, 0, oc3dActionZoomEnd
            .Add WM_KEYDOWN, MK_LBUTTON, VK_ESCAPE,
oc3dActionZoomCancel
        End With

        ResetScrollbars False, False    'Scrollbars can't be used
        CurrentAction = oc3dActionZoomStart
    End If
End Sub

Private Sub resetearZoom_Click()
    Chart3D1.CallAction oc3dActionReset, 0, 0
End Sub

Private Sub VScroll_Change()
'Called when the value of the scrollbar has changed. This could
' be preceded by a series of VScroll_Scroll() calls, depending on
' how the user is changing the scrollbar. The Scroll event always
' sets the VScrollStarted flag to True.

    With Chart3D1
        If VScrollValue <> VScroll Then
            If Not VScrollStarted Then
                'Start a scroll from the old value to the current value
            End If
        End If
    End With
End Sub

```

```

        VScrollStarted = True
        .PreviewMethod = oc3dPreviewFull
        .CallAction oc3dActionModifyStart, HScroll, VScrollValue
        .CallAction CurrentAction, HScroll, VScroll
    End If
    .CallAction oc3dActionModifyEnd, HScroll, VScroll
    .PreviewMethod = oc3dPreviewCube

    VScrollStarted = False
    VScrollValue = VScroll      'Save current value
End If
End With
End Sub

```

```

Private Sub VScroll_Scroll()
'Called when the user drags the scrollbar. On the first drag,
' start the actions rolling. VScrollValue is the previous value,
' before the drag started. Its reset in VScroll_Change.

```

```

    With Chart3D1
        If Not VScrollStarted Then
            .CallAction oc3dActionModifyStart, HScroll, VScrollValue
            VScrollStarted = True
        End If

        .CallAction CurrentAction, HScroll, VScroll
    End With
End Sub

```

FORMULARIO 3

```

Dim HoldP As Double
Const Closeness As Integer = 3
'
'   Storage for tracking the mouse
'
Dim px As Long
Dim py As Long
'
'   Storage for user interaction values
'
Dim Series As Long
Dim pnt As Long

```

```

Dim distance As Long
Dim Region As Long
Dim XVal As Double
Dim YVal As Double
'
'   Storage for Min and Max axes values
'
Dim Xmin As Single, XMax As Single, Ymin As Single, YMax As Single
'
'   Storage for Min and Max Data values
'
Dim XminD As Single, XMaxD As Single, YminD As Single, YMaxD As Single
'
'   Characteristic points
'   HugeValue is returned in some API calls when the control can't determine an
appropriate value.
'
Private Const ocHugeValue As Double = 1E+308
'
'   Windows messages, taken out of the WINAPI.TXT file. Constants for dealing
with mouse events
'
Private Const WM_MOUSEFIRST = &H200
Private Const WM_MOUSEMOVE = &H200
Private Const WM_LBUTTONDOWN = &H201
Private Const WM_LBUTTONUP = &H202
Private Const WM_LBUTTONDBLCLK = &H203
Private Const WM_RBUTTONDOWN = &H204
Private Const WM_RBUTTONUP = &H205
Private Const WM_RBUTTONDBLCLK = &H206
Private Const WM_MBUTTONDOWN = &H207
Private Const WM_MBUTTONUP = &H208
Private Const WM_MBUTTONDBLCLK = &H209
Private Const WM_MOUSELAST = &H209
'
'   Flags set when one of the mouse events is triggered
'
Private Const MK_LBUTTON = &H1
Private Const MK_MBUTTON = &H10
Private Const MK_RBUTTON = &H2
'
'   Keyboard events for when a key is pressed/released
'
Private Const WM_KEYDOWN = &H100
Private Const WM_KEYUP = &H101

```

```

'
'   Flags set when a keyboard event is triggered
'
Private Const MK_ALT = &H20
Private Const MK_CONTROL = &H8
Private Const MK_SHIFT = &H4
'
'   The Virtual Key codes
'
Private Const VK_ESCAPE = &H1B 'The <Esc> key (ASCII Character 27)
Private Const VK_SHIFT = &H10 'The <Shift> key
Private Const VK_CONTROL = &H11 'The <Ctrl> key
'
'
Private Sub copyClp_Click()
    SelectedFormat = oc2dFormatEnhMetafile
    Chart2D1.CopyToClipboard (SelectedFormat)
    MsgBox ("The chart is copied to the clipboard")
End Sub
'
'
'
Private Sub Form_Load()
    Me.Top = 1000
    Me.Left = 1000
'
'   Batch the updates to the Chart so all the changes will occur at once
'
    Chart2D1.IsBatched = True
'
'   Prevent the user from bringing up the property pages at run-time
'
    Chart2D1.AllowUserChanges = True
'
'   Specify actions for zooming within the chart
'
    With Chart2D1.ActionMaps
        .RemoveAll          'Remove all of the currently defined Action Maps from the
ActionMap structure.
        .Add WM_LBUTTONDOWN, 0, 0, oc2dActionZoomStart
        .Add WM_MOUSEMOVE, MK_LBUTTON, 0, oc2dActionZoomUpdate
        .Add WM_LBUTTONUP, 0, 0, oc2dActionZoomEnd
        .Add WM_KEYDOWN, MK_LBUTTON, VK_ESCAPE,
oc2dActionZoomCancel
    End With

```

```

    CurrentAction = oc2dActionZoomStart
,
'   Define the type of Chart
,
    Chart2D1.ChartGroups(1).ChartType = oc2dTypePlot
,
'   Resume normal updating of the Chart
,

    Chart2D1.ChartArea.Axes("X").IsLogarithmic = False
    Chart2D1.ChartArea.Axes("y").IsLogarithmic = False
    Chart2D1.ActionMaps.Remove WM_LBUTTONDOWN, 0, 0 'oc2dActionZoomEnd
    Chart2D1.ActionMaps.Add WM_LBUTTONDOWN, 0, 0, oc2dActionZoomAxisEnd
    Chart2D1.IsBatched = False
Chart2D1.IsBatched = True
Chart2D1.ChartGroups(1).SeriesLabels.RemoveAll
mnuPlot
End Sub
Private Sub Form_Resize()
    Chart2D1.Width = Me.Width - 3 * Chart2D1.Left
    Chart2D1.Height = Me.Height - 5 * Chart2D1.Top
End Sub
Private Sub mnuPlot()
    Chart2D1.ChartGroups(1).Data.Layout = oc2dDataGeneral
    Chart2D1.ChartGroups(1).Data.NumSeries = 3
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(1).Line.Pattern = oc2dLineSolid
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(1).Symbol.Shape = oc2dShapeCircle
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(1).Symbol.Size = 7
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(1).Symbol.Color = RGB(0, 0, 0)
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(1).Line.Width = 1
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(1).Line.Color = 2
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(2).Line.Pattern = oc2dLineSolid
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(2).Line.Width = 2
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(2).Symbol.Shape =
oc2dShapeDiagonalCross
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(2).Symbol.Size = 5
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(2).Symbol.Color = RGB(255, 0, 0)
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(3).Line.Pattern = oc2dLineSolid
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(3).Line.Width = 2
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(3).Symbol.Shape = oc2dShapeDiamond
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(3).Symbol.Size = 5
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(3).Symbol.Color = RGB(0, 0, 255)
    Chart2D1.ChartGroups(1).Styles(4).Line.Pattern = oc2dLineSolid
    For I = 1 To 3
        Chart2D1.ChartGroups(1).Data.NumPoints(I) = NumLayer
    Next I

```

```

Chart2D1.ChartArea.Axes("X").Font.Bold = True
Chart2D1.ChartArea.Axes("X").Font.Size = 14
Chart2D1.ChartArea.Axes("Y").Font.Size = 14
Chart2D1.ChartArea.Axes("Y").TitleRotation = oc2dRotate90Degrees
Chart2D1.ChartGroups(1).Data.CopyXVectorIn 1, Prof
Chart2D1.ChartGroups(1).Data.CopyYVectorIn 1, Screenloss
Chart2D1.ChartGroups(1).Data.CopyXVectorIn 2, Prof
Chart2D1.ChartGroups(1).Data.CopyYVectorIn 2, Caudal
Chart2D1.ChartGroups(1).Data.CopyXVectorIn 3, Prof
Chart2D1.ChartGroups(1).Data.CopyYVectorIn 3, Ajuste
Xmin = Chart2D1.ChartArea.Axes("X").Min
XMax = Chart2D1.ChartArea.Axes("X").Max
Ymin = Chart2D1.ChartArea.Axes("Y").Min
YMax = Chart2D1.ChartArea.Axes("Y").Max
Chart2D1.ChartArea.Axes("X").MajorGrid.Spacing = XMax / 4
Chart2D1.ChartArea.Axes("Y").MajorGrid.Spacing = YMax / 4

```

```

,
'   Add some SeriesLabels so we get a Legend
,

```

```

With Chart2D1.ChartGroups(1).SeriesLabels
    .Add "Screen Loss"
    .Add "Rate"
    .Add "Adjust"
End With

```

```

,
'   Setup the Legend
,

```

```

With Chart2D1.Legend
    .Text = "Parameter"
    .Location.Height.Value = 2
    .Location.Top.Value = 2
    .Location.Left.Value = 2
    .Location.Width.Value = 2
    .Font.Name = "Arial"
    .Font.Size = 8
    .Font.Bold = True
    .Border = oc2dBorderShadow
    .Border.Width = 4
    .Interior.BackgroundColor = RGB(255, 255, 255)
End With

```

```

,
'   Setup the Header
,

```

```

With Chart2D1.Header
    .Text = "SCREEN LOSS PLOT WITH DEPTH"

```

```

        .Border = oc2dBorderShadow
        .Border.Width = 4
        .Font.Name = "Arial"
        .Interior.ForegroundColor = RGB(255, 0, 0)
        .Font.Size = 12
        .Font.Bold = True
        .Interior.BackgroundColor = RGB(255, 255, 255)
    End With
    '
    '     Setup the footer
    '
    With Chart2D1.Footer
        .Border = oc2dBorderShadow
        .Border.Width = 4
        .Font.Name = "Arial"
        .Font.Size = 10
        .Font.Bold = False
        .Interior.BackgroundColor = RGB(255, 255, 255)
    End With
    '
    '     Make some changes to the X-Axis
    '
    With Chart2D1.ChartArea.Axes("X")
        .Font.Name = "Arial"
        .Font.Size = 10
        .Font.Bold = True
        .AxisStyle.LineStyle.Width = 1
        .AxisStyle.TickLength = 2
    End With
    Chart2D1.ChartArea.Axes("Y").Title.Text = "Parameter"
    Chart2D1.ChartArea.Axes("X").Title.Text = "Depth, ft"
    Chart2D1.Interior.BackgroundColor = RGB(255, 255, 255)
    Chart2D1.ChartArea.PlotArea.IsBoxed = True
Chart2D1.IsBatched = False
Chart2D1.Visible = True
End Sub
Private Sub goback_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub resetzoom_Click()
    Chart2D1.CallAction oc2dActionReset, 0, 0
End Sub
Private Sub printchart_Click()
    Chart2D1.printchart oc2dFormatBitmap, oc2dScaleToMax, 0, 0, 0, 0
End Sub

```



```
Private Sub savechart_Click()  
    Dim abc As String  
    abc = InputBox("File name (no extension)")  
    abc = abc + ".bmp"  
    Chart2D1.DrawToFile abc, oc3dFormatEnhMetafile  
End Sub  
Private Sub mnuBack_Click()  
    Form3.Hide  
End Sub
```

FORMULARIO 4

```
Private Sub Command1_Click()  
    Form4.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
    Me.Top = 1000  
    Me.Left = 1000
```

```
End Sub
```