

Análisis de Agua Subterránea Transitoria

Un análisis de Agua subterránea transitoria puede ser importante cuando hay un cambio tiempo- dependiente en la presión de poros. Esto tomará lugar cuando cambien las condiciones de límite de agua subterránea y la permeabilidad del material sea baja. En este caso, tomará un monto finito de tiempo para alcanzar las condiciones de flujo de estado estacionario. Las presiones de poros transitorias podrían tener un gran efecto en la estabilidad del talud.

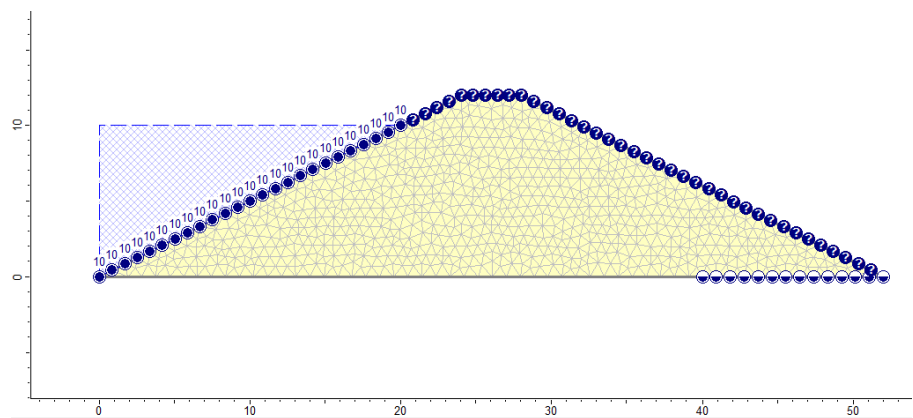
Este tutorial describe cómo llevar a cabo un análisis de agua subterránea transitoria en el *Slide*, al utilizar los elementos finitos. En un tutorial subsecuente se describirán como esto afecta los cálculos de estabilidad del talud.

Se puede encontrar el producto terminado de este tutorial en el archivo de datos **Tutorial 18 Agua Subterránea Transitoria.slim** (“**Tutorial 18 Transient Groundwater.slim**”). Se puede acceder a todos los archivos de los tutoriales instalados con *Slide* 6.0, al seleccionar Archivo > Carpetas Recientes > Carpeta de Tutoriales (“File > Recent Folders > Tutorials Folder”) desde el menú principal del *Slide*.

Temas Desarrollados

- Análisis de filtración de agua subterránea de elemento finito
- Agua subterránea transitoria

Geometría



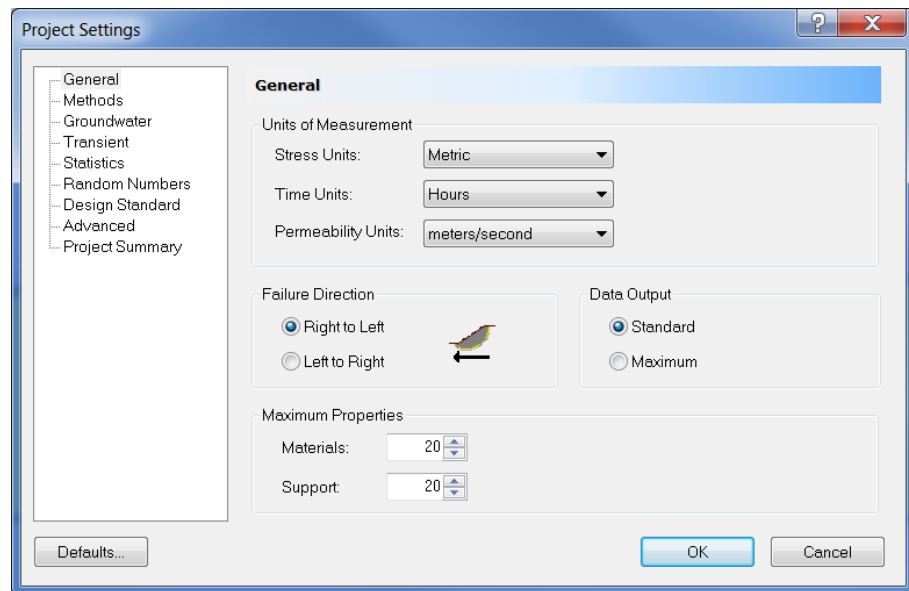
Modelo (“Model”)

Inicie el programa Modelo (“Model”) del *Slide*.

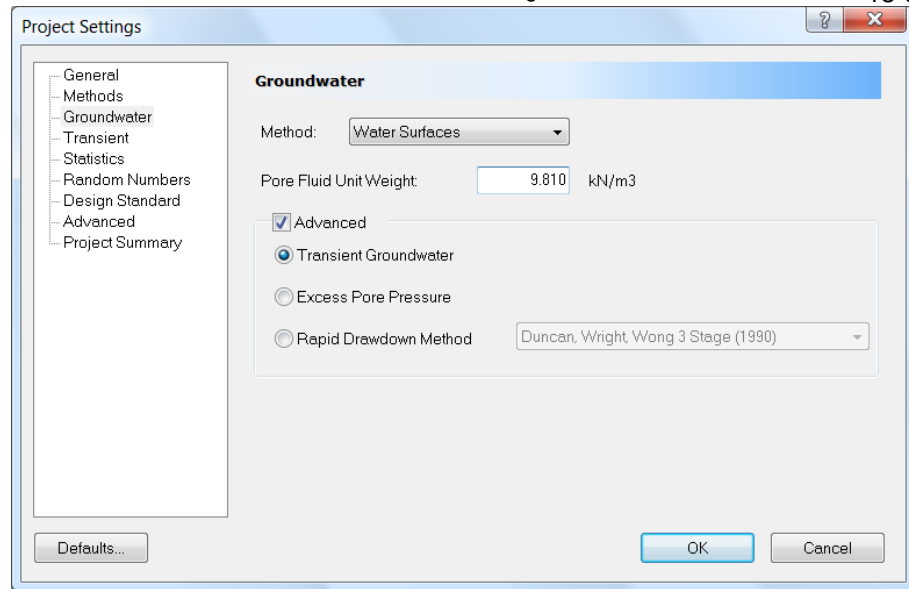
Parámetros del Modelo (“Project Settings”)



Abra la ventana de diálogo **Parámetros del Proyecto** (“**Project Settings**”) desde el menú **Análisis** (“**Analysis**”). Configure las Unidades de Tensión (“**Stress Units**”) a Métrico (“**Metric**”), configure las Unidades de Tiempo (“**Time Units**”) a Horas (“**Hours**”) y las Unidades de Permeabilidad (“**Permeability Units**”) a metros/segundo, tal como se muestra a continuación.

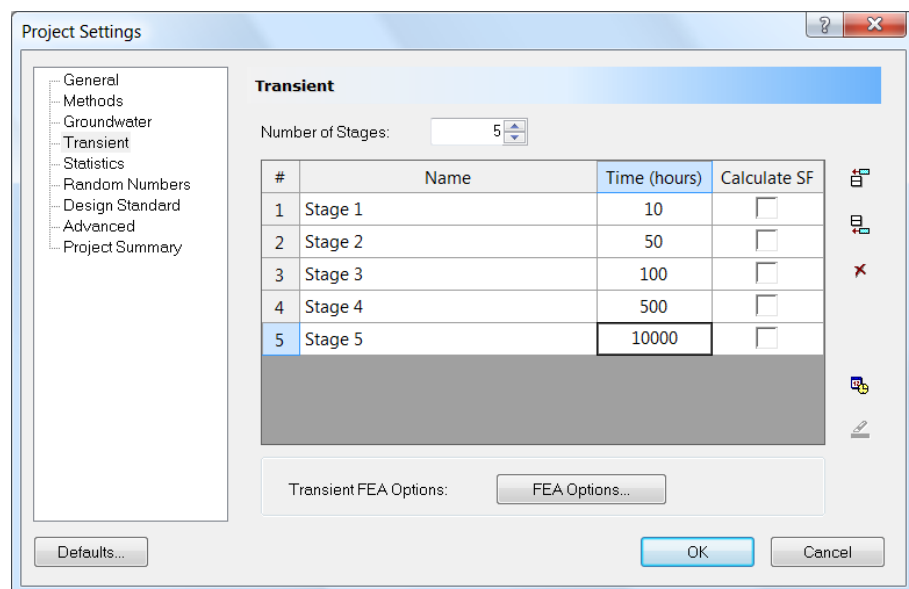


Haga clic en el enlace Agua Subterránea (“**Groundwater**”) en el lado izquierdo. Deje el Método (“**Método**”) como Superficies de Agua (“**Water Surfaces**”). Seleccione la casilla de selección **Advanced** (“**Avanzado**”) y elija Agua Subterránea Transitoria (“**Transient Groundwater**”).



EL Método (“Method”) se refiere al método utilizado para obtener el *estado inicial* para llevar a cabo el análisis de agua subterránea transitoria. En este tutorial especificaremos simplemente una napa freática inicial, pero también es posible especificar una cuadrícula de presiones de poros o llevar a cabo asimismo, un análisis de elemento finito de estado estacionario para obtener el estado inicial. Esto se discute posteriormente en los siguientes tutoriales.

Ahora haga clic en el enlace Transitorio en la izquierda. Aquí necesitamos especificar los tiempos en los cuales deseamos observar los resultados de la presión de los poros. Cambie el Número de Etapas (“Number of Stages”) a 5. Ingrese los tiempos para cada etapa, tal como se muestra.



No coloque check en las casillas para Calcular el SF (“Calculate SF”) (factor de seguridad). En este tutorial, nosotros sólo observaremos al modelado de agua subterránea. Un tutorial subsecuente combinará

esto con el cálculo de estabilidad del talud.

Haga clic en OK para cerrar la ventana de diálogo Parámetros del Proyecto (“Project Settings”).

Ahora, usted verá una pantalla en blanco con dos tabuladores en la parte inferior. Una para la Estabilidad del Talud (“Slope Stability”) y la otra para el Agua Subterránea (“Transient Groundwater”). La primera parte de este tutorial incluye configurar la geometría del modelo. Esto sólo se puede llevar a cabo en el modo Estabilidad del Talud (“Slope Stability”), entonces haga clic en el tabulador para **Estabilidad del Talud (“Slope Stability”)**

Límites (“Boundaries”)

El modelo representa una presa con un pie de drenaje. En esta parte, definiremos la geometría del problema.



Asegúrese que usted se encuentre en la vista Estabilidad del Talud (“Slope Stability”). Seleccione la opción **Añadir Límite Externo (“Add External Boundary”)** en el menú **Límites (“Boundaries”)** e ingrese las siguientes coordenadas:

0 , 0

20 , 10

24 , 12

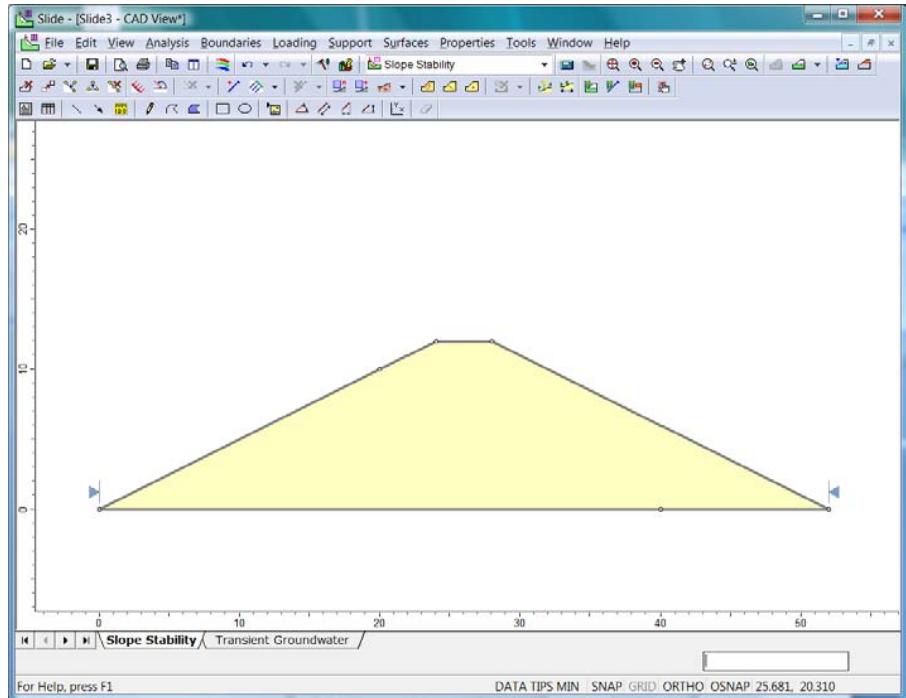
28 , 12

52 , 0

40 , 0

c (para cerrar el límite)

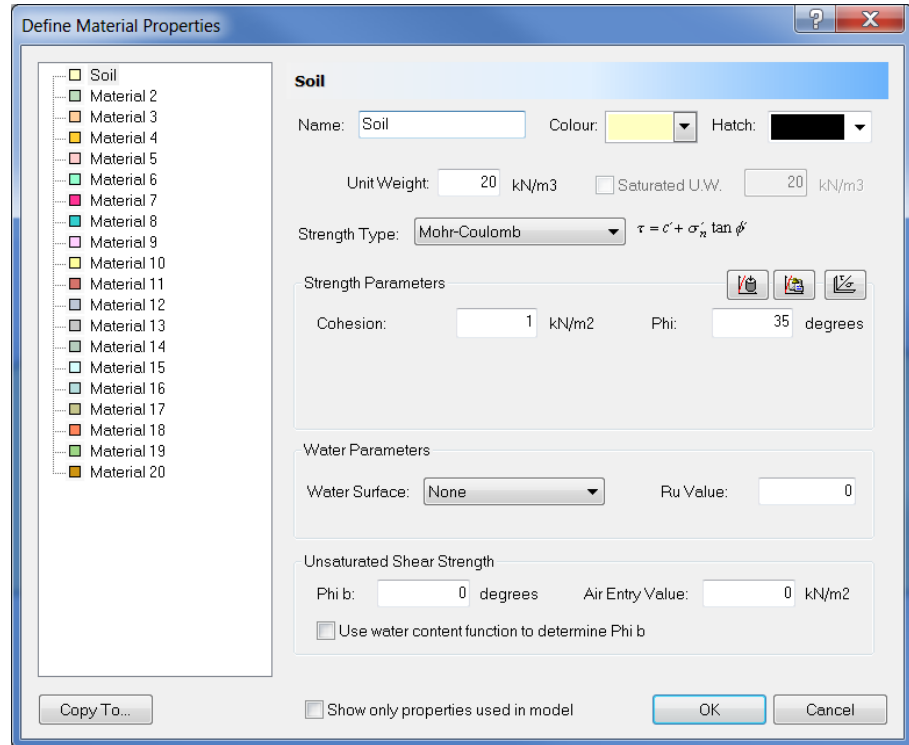
Presione Ingresar (“Enter”) para finalizar la entrada de puntos. Este modelo lucirá así:



Materiales (“Materials”)



Seleccione **Definir Materiales** (“**Define Materials**”) desde el menú **Propiedades** (“**Propiedades**”). Cambie el nombre de Material 1 (“Material 1”) a Suelo (“Soil”). No nos preocupemos por el resto de los materiales, ya que nosotros sólo llevaremos a cabo un análisis de agua subterránea; por lo tanto, déjelos con sus valores por defecto. Seleccionaremos los parámetros de flujo de agua subterránea posteriormente.



Haga clic en OK para cerrar la ventana de diálogo. Por defecto, toda la presa está configurada para Material 1 (Suelo("Soil")), entonces no necesitamos asignar ninguna propiedad de material.

Napa Freática Inicial ("Initial Water Table")

En la vista Estabilidad del Talud ("Slope Stability"), usted también puede especificar la napa freática inicial que tiene lugar antes del análisis de agua subterránea transitoria. Para este tutorial, asumiremos que la napa freática inicial está en la base de la presa, entonces no necesitamos especificarla. Si no se especifica la napa freática posteriormente, todos los puntos tendrán una presión de poros inicial de 0.

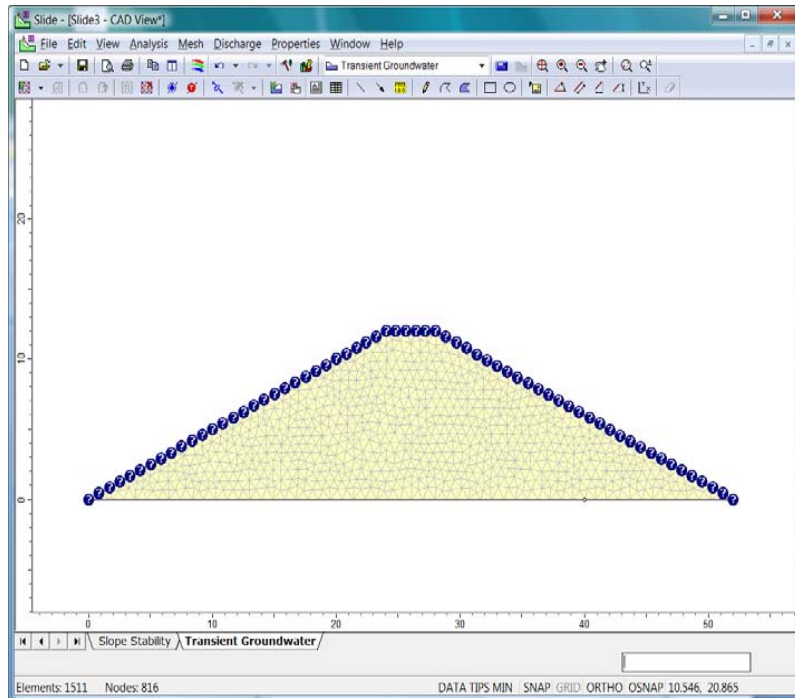
Agua Subterránea ("Groundwater")

Ahora, es tiempo de configurar el modelo de elemento finito para calcular el comportamiento de agua subterránea transitoria; entonces, seleccione el tabulador para el **Agua Subterránea ("Transient Groundwater")** en la parte inferior de la pantalla.

Malla (“Mesh”)



Antes que podamos configurar las condiciones de límite, necesitamos crear una malla de elemento finito. Esto se puede hacer fácilmente, seleccionando **Malla → Discretizar y Malla (“Mesh → Discretize and Mesh”)**. El modelo debe lucir como esto:

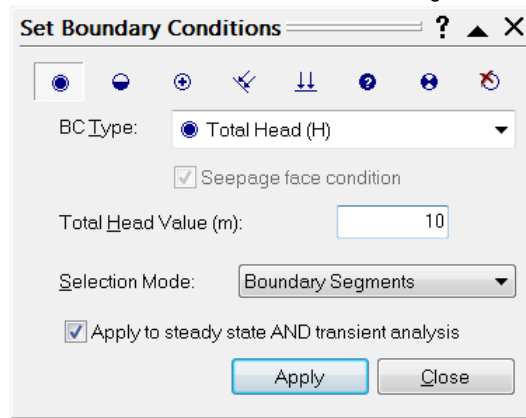


Condiciones de Límite (“Boundary Conditions”)

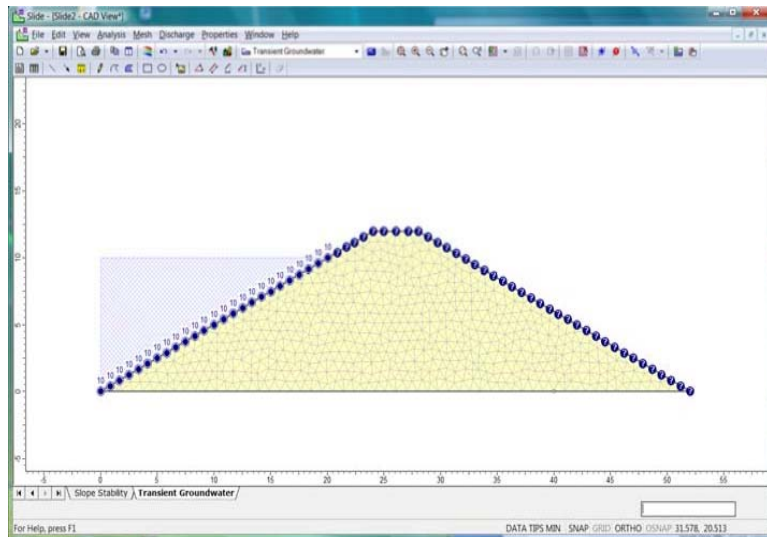
Configuraremos las condiciones del límite para estimular el rápido llenado de la presa en la parte izquierda y drenaje desde el pie del drenaje en la parte inferior derecha.



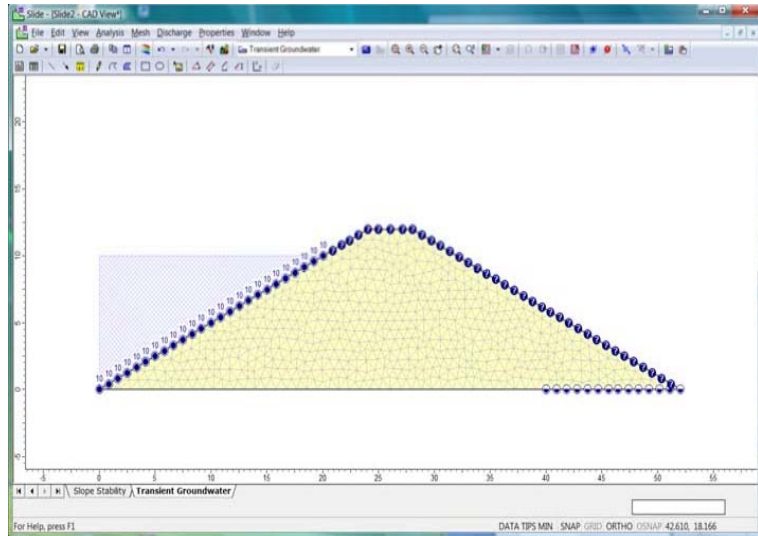
Seleccione **Malla → Configure Condiciones de Límite (“Mesh → Set Boundary Conditions”)**. Para el Tipo BC, elija **Altura Manométrica Total (“Total Head”)** y configure el Valor de la **Altura Manométrica Total (“Total Head Value”)** a 10 m.



Haga clic en el lado izquierdo del talud, cerca de la parte inferior y haga clic en Aplicar (“Aplicar”). El modelo debe lucir como así:



Ahora para el Tipo BC, elija Presión Cero (“Zero Pressure”). Haga clic en la sección horizontal en la parte derecha inferior del modelo (al pie del drenaje). Haga clic en Aplicar (“Apply”). Haga clic en Cerrar (“Close”) y el modelo debe lucir como esto:



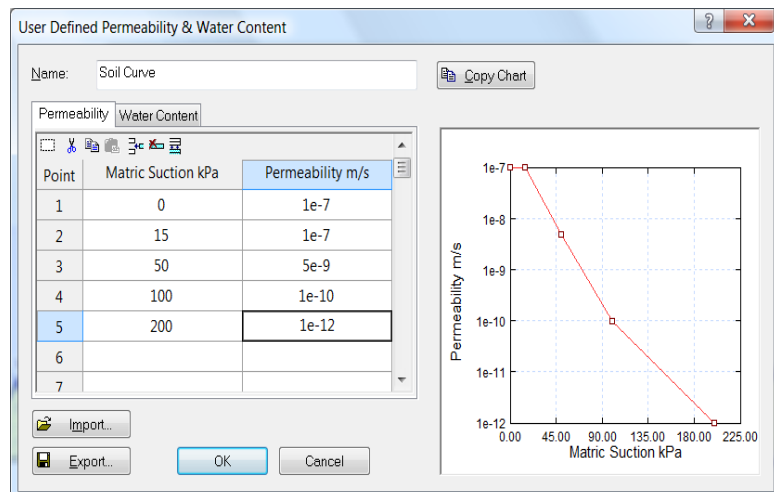
Propiedades del Material (Agua Subterránea) **(“Material Properties (Groundwater)”)**



Seleccione **Propiedades** → **Definir Propiedades Hidráulicas** (“**Properties** → **Define Hydraulic Properties**”). Las propiedades hidráulicas solicitadas para un análisis transitorio son las mismas que para las del análisis de estado estacionario, excepto que se debe especificar ahora una curva de retención de agua (WC).

En esta parte, usted puede seleccionar un número de posibles curvas que relacionan la permeabilidad y retención del agua con la presión de poros negativa (succión). Para este tutorial, definiremos nuestra propia relación.

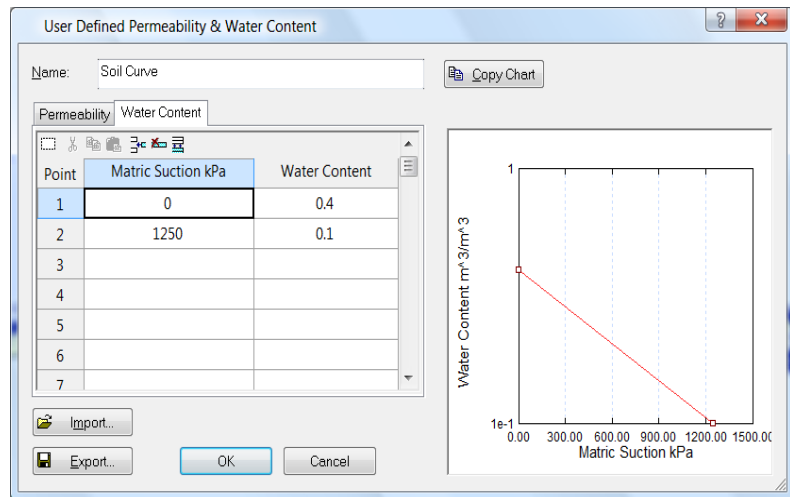
Haga clic en el botón Nuevo (“New”) para definir una nueva función. Cambie el Nombre a Curva de Suelo (Soil Curve). Asegúrese que se haya seleccionado el tabulador de Permeabilidad (“Permeability”) e ingrese los valores, tal como se muestra.



Usted puede ver que la permeabilidad será de $1e-7$ m/s, hasta que la succión exceda 15 kPa, tiempo en el que la permeabilidad descenderá con la succión en aumento.

Ahora, necesitamos definir la relación entre el retención de agua y la succión. La retención del agua volumétrico (θ) es el volumen de agua como una porción de volumen total ($\theta = V_w/V_T$). Usted también puede pensar en eso, ya que la porosidad mide el grado de saturación ($\theta = \phi S_w$), donde el grado de saturación oscila entre 0 (seco) a 1 (saturado).

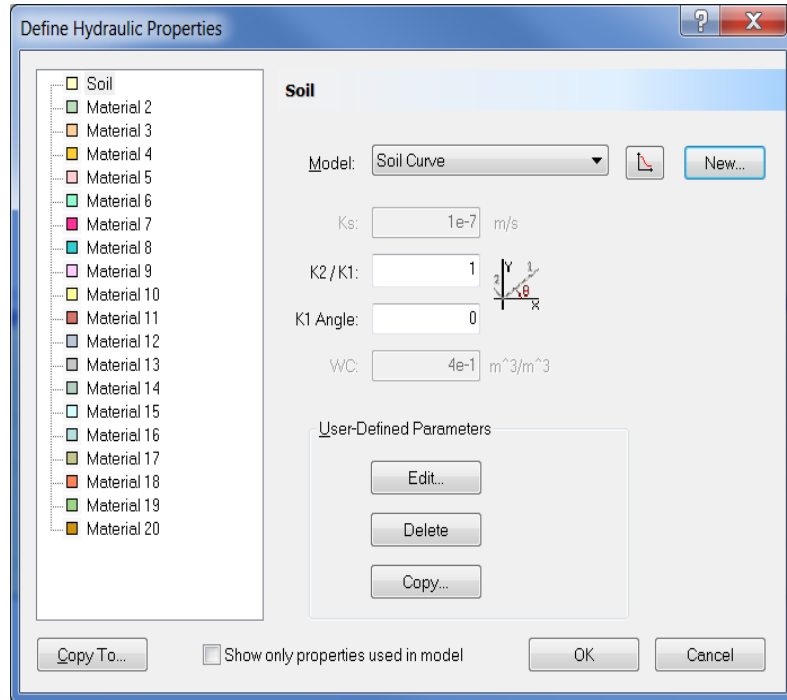
Haga clic en el tabulador **Retención del Agua** (“**Water Content**”). Ingrese los valores tal como se muestra.



Usted puede observar que en una succión matricial 0, la retención del agua es 0.4. Si asumimos que el material está 100% saturado en esta presión, entonces esto sugiere una porosidad de 0.4. Si la succión matricial incrementa, la retención del agua disminuirá, lo que sugiere un descenso en saturación.

Haga clic en OK para cerrar la ventana de diálogo.

En la ventana de diálogo Definir Propiedades Hidráulicas (“Define Hydraulic Properties”), asegúrese que la Curva del Suelo (“Soil Curve”) es el modelo elegido. Deje todos los otros valores tal como se muestran por defecto.



Haga clic en OK para cerrar la ventana de diálogo.

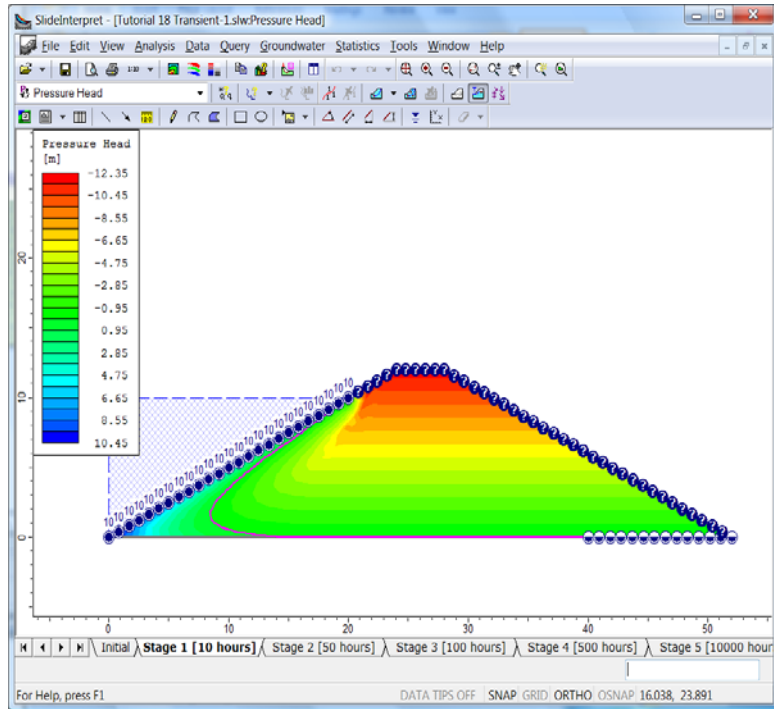
Computar (“Compute”)



Guarde el modelo, utilice la opción Guardar Como (“Save As”) en el menú **Archivo** (“**Archivo**”). Elija **Computar** (“**Compute**”) (**agua subterránea**) desde el menú **Análisis** (“**Analysis**”) para llevar a cabo el análisis. Cuando finalice, elija **Interpret** (“**Interpret**”) (**agua subterránea**) desde el menú **Analysis** (“**Analysis**”) para visualizar los resultados.

Interpretar (“Interpret”)

Usted observará primero el estado inicial. Todas las presiones de los poros son 0. Haga clic en el tabulador para Etapa 1 (“Stage 1”) (10 horas). Ahora, usted verá la presión de cabeza para la Etapa 1 (Stage 1) (10 horas).

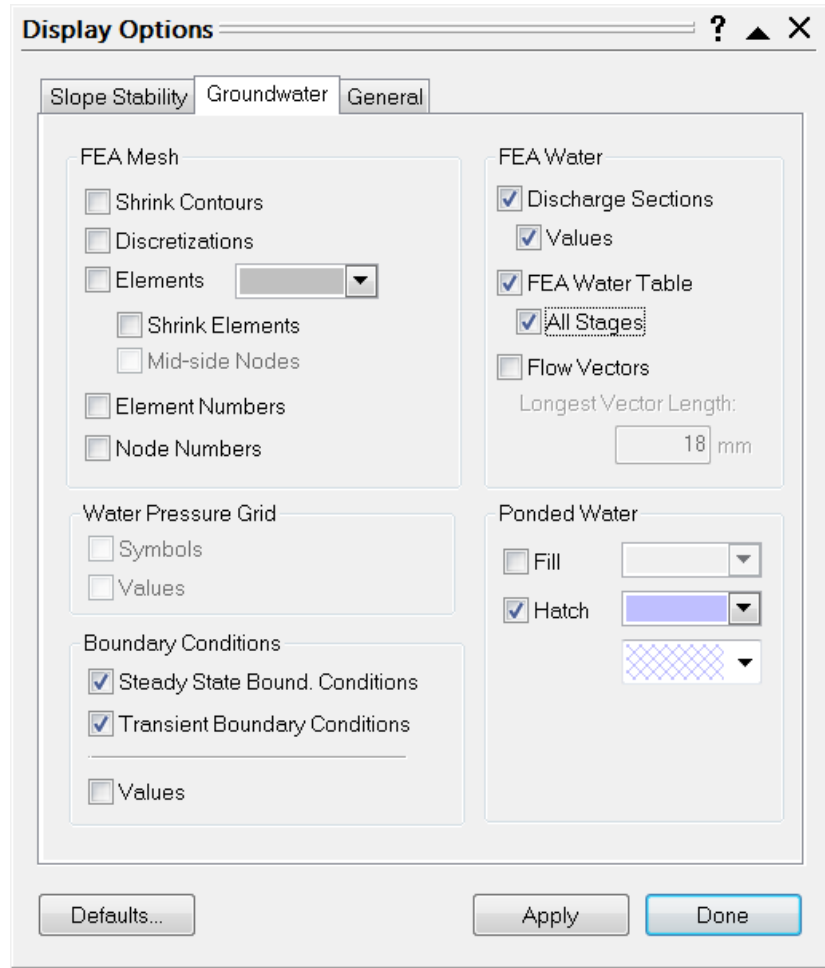


Usted podrá ver cómo el incremento rápido en el nivel del agua en el margen izquierdo ha inducido las presiones de poros altas a lo largo del flanco izquierdo, pero que el agua no ha fluido aún a través de la presa para incrementar las presiones en otro sitio.

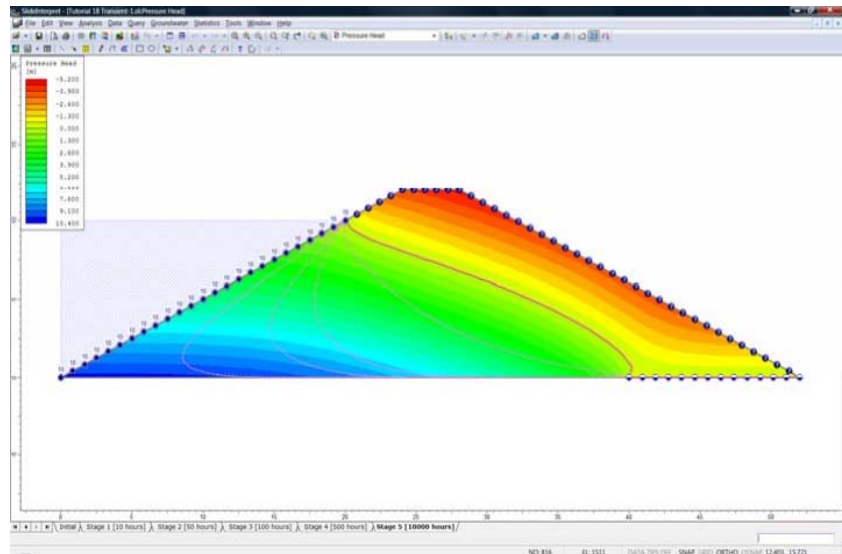
Haga clic en otras etapas, utilizando los tabuladores inferiores. Usted verá que la progresión del agua subterránea con el tiempo y particularmente el cambio de napa freática (línea rosada).



Haga clic en el tabulador para la Etapa 5 (10000 horas). Esto representa esencialmente el estado estacionario. Usted puede ver la progresión de la napa freática con el tiempo, al dirigirse a **Visualizar** → **Mostrar Opciones** (“**View** → **Display Options**”). Seleccione el tabulador **Agua Subterránea** (“**Groundwater**”) y mediante el agua de FEA, seleccione Todas las Etapas (“**All Stages**”) tal como se muestra.



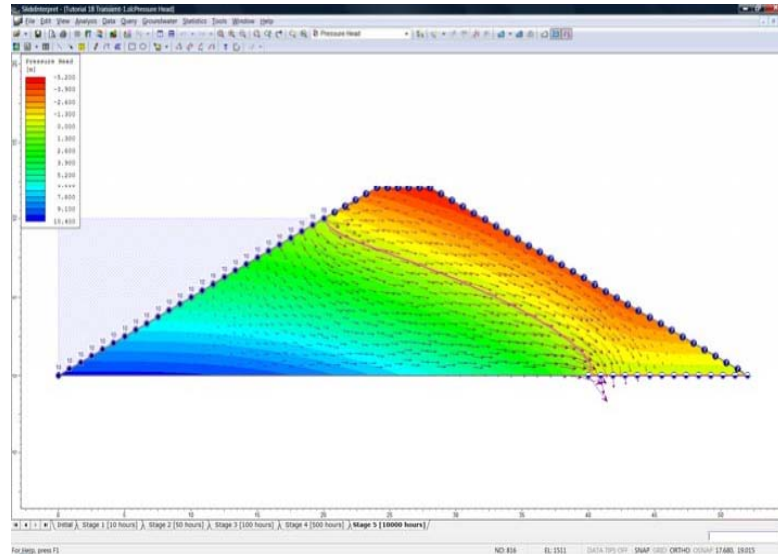
Haga clic en Hecho (“Done”). El gráfico lucirá como esto:



Usted puede ver que la línea rosada sólida representa la napa freática en 10,000 horas y que las líneas rosadas y punteadas representan la napa freática en otras etapas. Diríjase a Mostrar Opciones (“Display Options”) y desactive las napas freáticas.



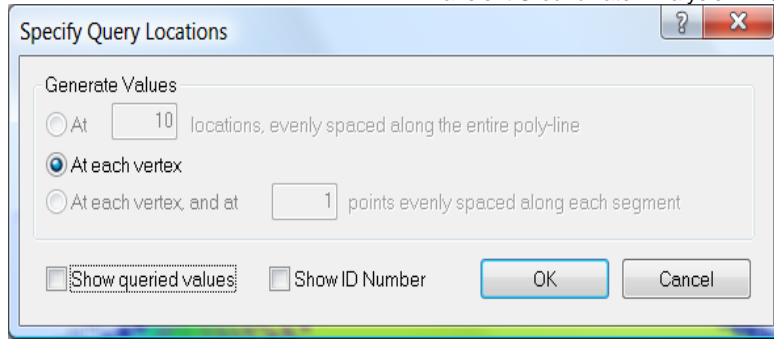
Muestre los vectores, al hacer clic en la parte inferior de la barra de herramientas, Mostrar los Vectores de Flujo (“Show Flow Vectors”). El gráfico lucirá como de esta manera.



Usted puede ver que el flujo del agua hacia el pie de drenaje en la parte inferior derecha. Si usted hace clic en los tabuladores de la etapa nuevamente, usted verá la progresión de flujo a través de la presa con el tiempo.

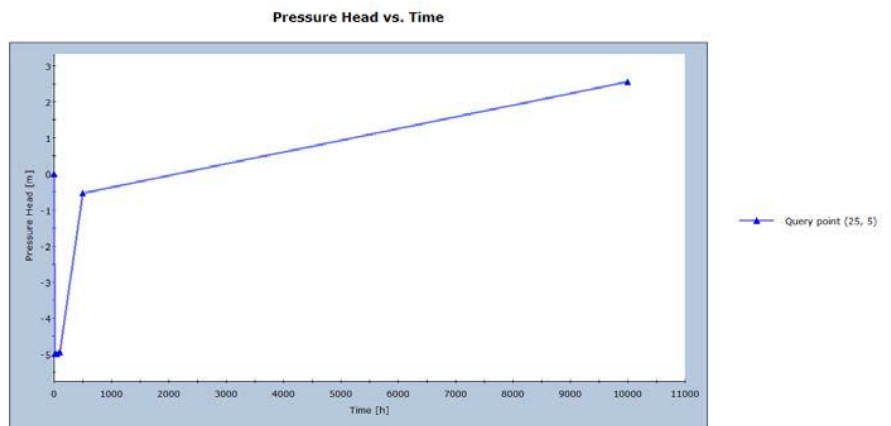


Podemos observar con mayor detalle el cambio en la presión con el tiempo, al utilizar una búsqueda. Diríjase a **Agua Subterránea** → **Búsqueda** → **Añadir Búsqueda de Material** (“**Groundwater** → **Query** → **Add Material Query**”). Queremos examinar un punto cercano único de la presa; por lo tanto, ingrese las coordenadas 25,5. Presione Ingresar (“Enter”) para finalizar con los puntos de entrada. No haga clic en Mostrar Valores de Búsqueda (“Show Queried Values”), tal como se muestra.

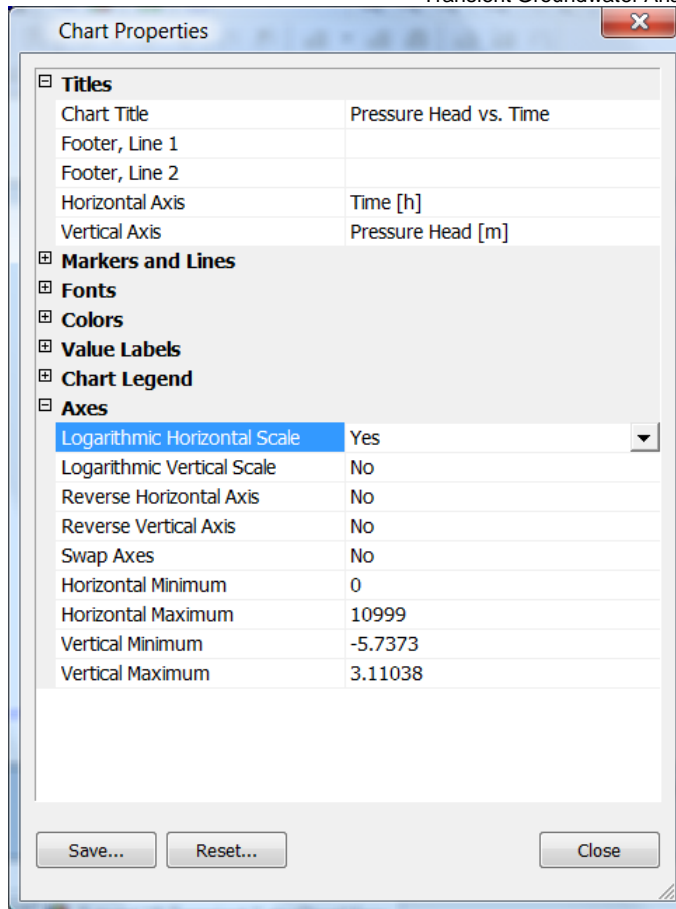


Haga clic en OK.

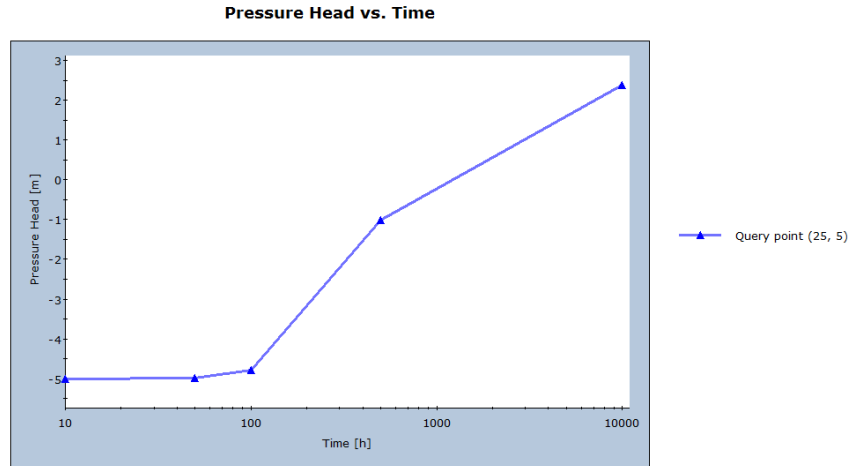
Ahora, verá un + cerca del medio de la presa, lo que indica que el punto de búsqueda (usted quizás necesitará desactivar los vectores de flujo para ver esto). Haga clic derecho en el + y seleccione **Datos de Gráfico (“Graph Data”) vs. Tiempo (“Tiempo”)**. Ahora, usted observará un gráfico de presión de cabeza versus tiempo en la ubicación.



A menudo es más informativo utilizar el logaritmo de tiempo. Para hacer esto, diríjase a **Tabla → Propiedades de la Tabla (“Chart → Chart Properties”)**. Expanda el elemento de **Ejes (“Ejes”)** y cambie la Escala Horizontal Logarítmica (“Logarithmic Horizontal Scale”) a Sí (“Yes”), tal como se muestra.



Haga clic en Cerrar (“Close”). Ahora, la tabla lucirá así:



Usted puede observar que la presión no alcanzó el punto hasta 100 horas después aproximadamente, después de alcanzado el nivel de agua, y eso después de 100 horas, la presión de cabeza alcanzó a su valor de estado estacionario de ~2.4 m en 10,000 horas.

Esto concluye este tutorial.

Ejercicio Adicional

Usted queriendo ver si las 10,000 horas representan el verdadero estado estacionario. Usted puede hacer esto de dos formas:

1. Añada otra etapa en algún otro lugar (decir 20,000 horas) y observe si existe algún cambio.
2. Ejecute un análisis de estado estacionario (no estacionario) y observe si usted obtiene los mismos resultados.