

# Terraplén - evolución temporal de asentamiento (consolidación)

Programa: MEF - Consolidación

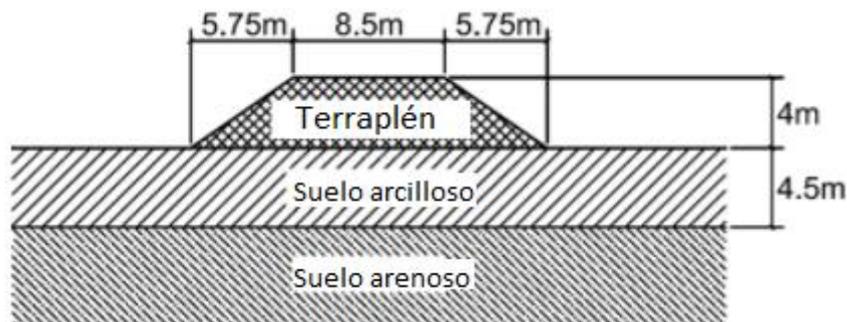
Archivo: Demo\_manual\_37.gmk

## Introducción

Este ejemplo ilustra la aplicación de GEO5 MEF - Módulo Consolidación, para analizar de la evolución temporal de asentamientos causados por la construcción de terraplenes. El objetivo es encontrar la evolución de la deformación del terraplén y del subsuelo causada por una redistribución gradual de la presión de poro. El resultado del análisis es el campo de desplazamiento y el campo de presión de poro en los momentos elegidos después de la instalación del terraplén.

## Tares de entrada

El subsuelo consiste en un suelo arenoso superpuesto por una capa de suelo arcilloso de 4,5 m de espesor. La sección transversal del terraplén tiene una forma trapezoidal, con 20 m de ancho en la base, 8,5 m de ancho en la parte superior y 4 m de altura.



El modelo de material Mohr-Coulomb será utilizado para representar el subsuelo y el comportamiento del terraplén. Los parámetros del modelo – peso propio  $\gamma$ , Módulo de elasticidad  $E$ , coeficiente de Poisson  $\nu$ , ángulo de fricción interna  $\phi$  y cohesión  $c$  – se enumeran en la siguiente tabla. Los parámetros  $k_{h,0,000}$  y  $k_{v,0,000}$  representan los coeficientes de permeabilidad horizontal y vertical de un suelo completamente saturado. La solución numérica implementada se basa suponiendo un suelo completamente saturado. Los valores aproximados del coeficiente de permeabilidad para los suelos seleccionados están disponibles en la ayuda en línea para el programa GEO5 MEF en <http://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/coeficiente-de-permeabilidad-01/>

	$\gamma$	$E$	$\nu$	$\phi$	$c$	$k_{h,0,000}$	$k_{v,0,000}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[MPa]	[-]	[°]	[kPa]	[m/day]	[m/day]
Suelo arcilloso	18.5	10	0.4	28	15	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>
Suelo arenoso	19.5	30	0.3	33	2	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
Terraplen	20	30	0.3	30	10	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>

La napa freática inicial en estado estacionario está 1 m por debajo del terreno. Nuestro objetivo es encontrar el campo de desplazamiento y la presión de poro 7 días, 30 días, 1 año y 10 años después de la construcción del terraplén.

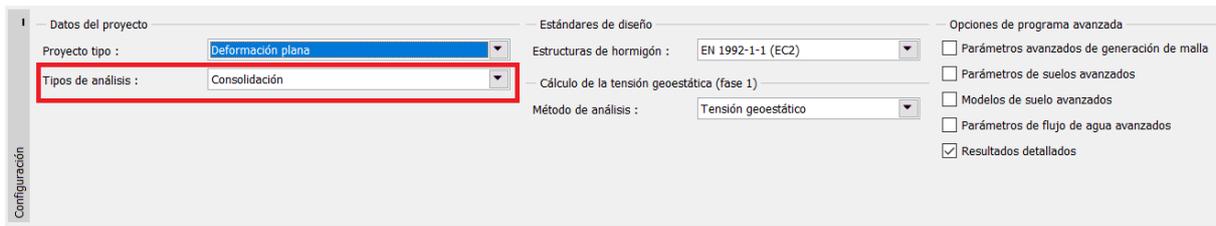
## Análisis– Ingresar los datos de entrada

La configuración del proyecto, la geometría y los parámetros del material se ingresan en la sección de topología [Topo]. La malla de elementos finitos se genera también aquí. Las condiciones de contorno y la construcción del terraplén se introducen posteriormente en las etapas de construcción [1] – [5].

### Configuración del proyecto

En la sección [Topo]->Configuración, configuramos el tipo de proyecto como *Deformación plana* y el tipo de Análisis *Consolidación*.

*Nota: Para permitir la visualización de todas las variables calculadas, también seleccionamos el ítem Resultados detallados. En tal caso, el programa traza, además del desplazamientos, las presiones de poro y las velocidades de flujo, los valores de las componentes de tensión y deformación juntos con sus invariantes.*



Cuadro „Configuración“

### Modelo geométrico

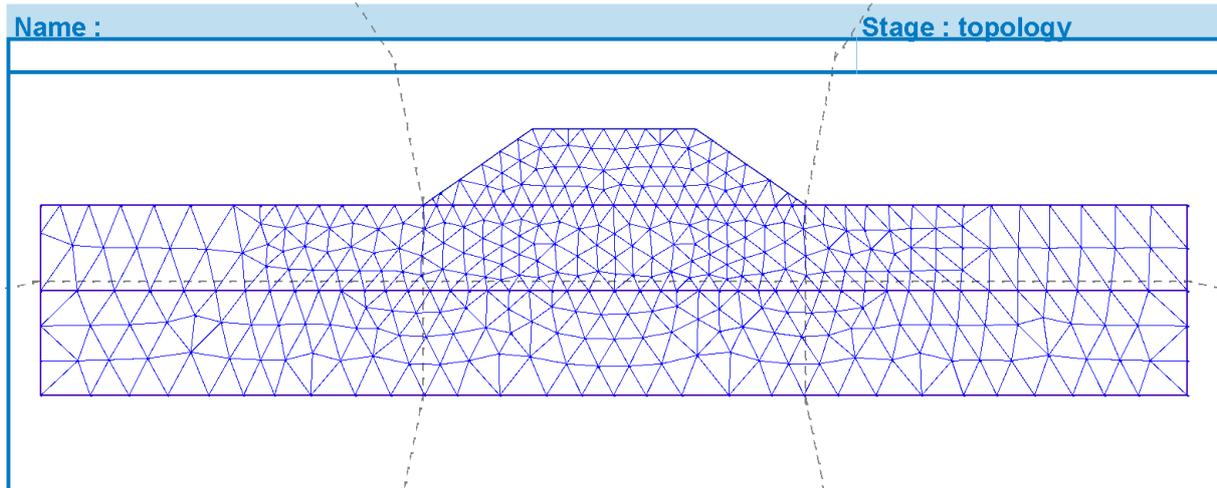
Las dimensiones del modelo y las interfaces entre los suelos se introducen en la sección [Topo] -> cuadro Interfaz. Horizontalmente, el modelo varía de -30 a 30 m y tiene tres interfaces. La primera interfaz ubica el terreno original. En este ejemplo, está definido por puntos que tienen coordenadas [-30, 0], [-10, 0], [10, 0] y [30, 0]. La segunda interfaz separa las dos capas en el subsuelo. Está definida por los puntos [-30, -4.5] y [30, -4.5]. La tercera interfaz define la forma del terraplén mediante puntos de coordenadas [-10, 0], [-4.25, 4], [4.25, 4] y [10, 0]. Finalmente, establecemos, en el cuadro Rangos, la profundidad del modelo debajo de la interfaz más baja a 4.5 m.

### Material

El análisis de consolidación es un problema acoplado controlado por las leyes mecánicas e hidráulicas. Debido a esto, debemos ingresar los parámetros de materiales utilizados en el análisis de tensión estándar y los parámetros utilizados en el análisis de flujo. Los parámetros del material se ingresan en la sección [Topo] -> Suelos. Aquí creamos tres materiales adoptando el modelo de material Mohr-Coulomb y asignamos los valores de la tabla en la sección "Tarea de entrada" a los parámetros individuales de modelo. Consideramos un ángulo de dilatación cero para todos los materiales,  $\psi = 0^\circ$ . Una vez creados, los materiales se asignan a sus regiones en la sección [Topo] -> Asignar.

### Malla de elementos finitos

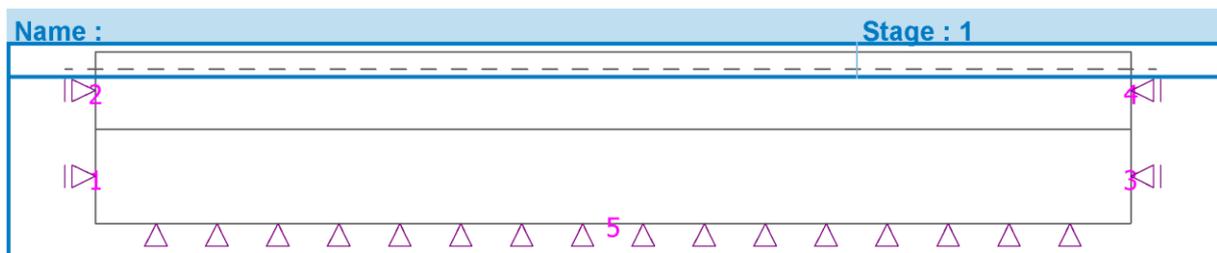
Siendo que la extensión horizontal del modelo es bastante grande, es razonable crear una malla con elementos más grandes cerca de los límites del modelo donde no esperamos una deformación significativa. En la sección [Topo]->Línea de refinado seleccionamos los límites verticales y establecemos el tamaño del elemento a 2 m con un radio de 20 m. De forma similar establecemos la longitud del elemento a 2 m y el radio a 6 m en el límite inferior. Finalmente en la sección [Topo]->Generar Malla establecemos la longitud del borde del elemento a 1 m y generamos la malla. La malla resultante de elementos finitos se muestra en la siguiente figura.



Malla de elementos finitos "diluido" a lo largo de los límites laterales e inferiores

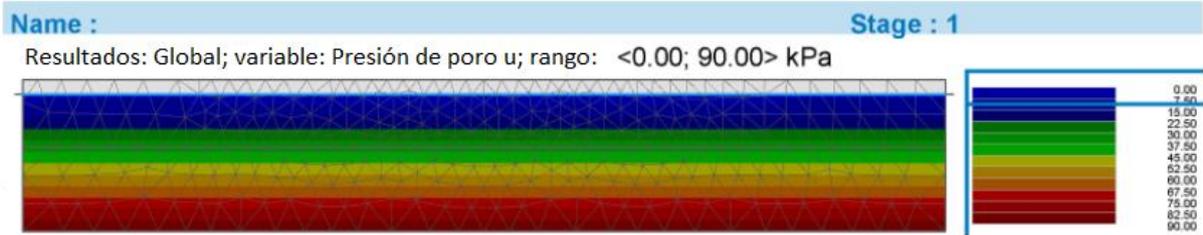
### Etapa de construcción No. 1 – Tensión geostática inicial

La primera etapa de construcción establece la tensión geostática inicial y la distribución inicial de presión de poro. Solo el dominio del subsuelo está activo en esta etapa mientras que el terraplén está inactivo. Esto se define en el cuadro Actividad. A continuación, verificamos, en el cuadro Asignar, que a los dominios se les asigna el material correcto. La napa freática inicial se establece en el cuadro Agua. Aquí, la napa freática es introducida ingresando dos puntos con coordenadas [-30, -1] y [30, -1]. Las condiciones de contorno se definen en el cuadro Líneas de Apoyo. En él, verificamos el ítem "Generar automáticamente las líneas de apoyo en los límites del proyecto" para obtener los siguientes soportes



Generar automáticamente las líneas de apoyo en los límites del proyecto

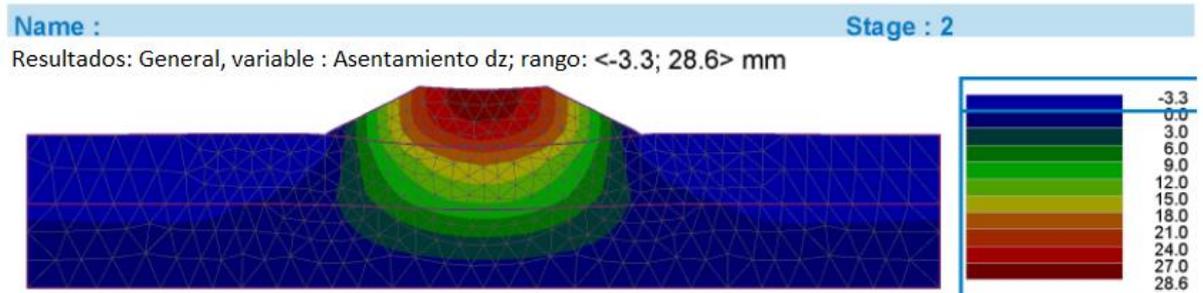
Finalmente, ejecutamos el análisis en el cuadro Análisis. Como resultado, obtenemos la distribución de la presión de poro que se muestra en la siguiente figura. Como de costumbre, los desplazamientos se inicializan a cero.



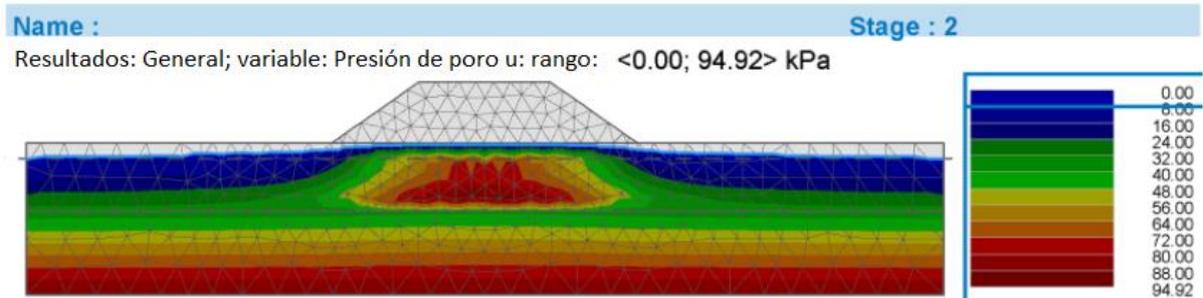
*Distribución inicial de la presión de poro*

## Etapa de construcción No. 2 – instalación de terraplén y análisis de asentamiento

En la segunda etapa de construcción, simulamos la construcción del terraplén activando su dominio en el cuadro Actividad. A diferencia de la primera etapa, donde solo se realizó el análisis mecánico, la segunda etapa ya requiere definir el límite hidráulico. Estos se introducen en el cuadro Flujos de línea. Aquí seleccionamos las condiciones límites permeables en todos los límites porque nada impide que el agua subterránea fluya dentro y fuera de la región modelo. En el cuadro Análisis, establecemos el tiempo de duración de la etapa en 7 días y ejecutamos el análisis. Las distribuciones resultantes del asentamiento vertical y la presión de poro se muestran en las dos figuras siguientes.



*Distribución de desplazamientos verticales (asentamientos) 7 días después de la construcción del terraplén trazada en una malla deformada.*



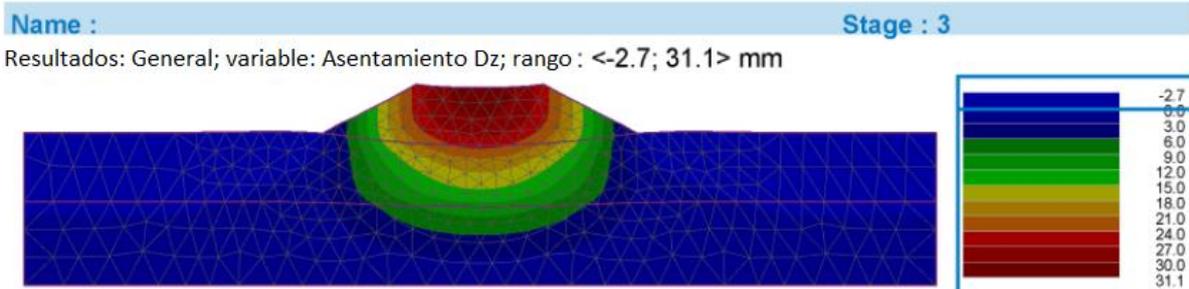
*Distribución de la presión de poro 7 días después de la construcción del terraplén trazada en una malla no deformada.*

Se puede observar que la presión de poro debajo del terraplén ha aumentado. Esta presión de poro aumentada ayuda a soportar el incremento de la tensión vertical causada por la construcción del

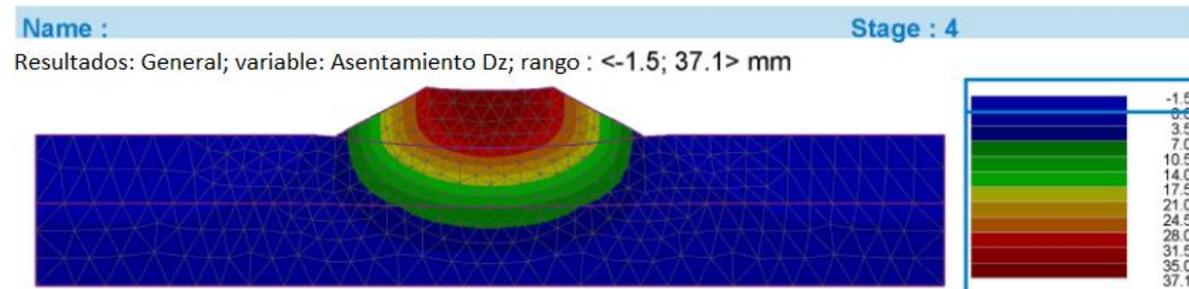
terraplén. El aumento de la presión de poro se redistribuirá en las siguientes etapas, causando asentamientos adicionales sin cambio en la carga vertical causada por la instalación del terraplén.

## Etapas de construcción No. 3-5 – análisis de asentamiento posterior

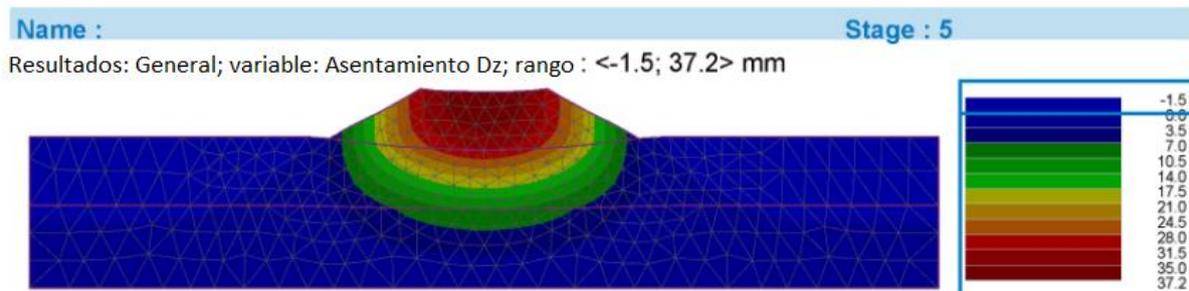
En las siguientes etapas No. 3, 4 y 5 calcularemos las distribuciones de desplazamientos y presiones de poro en el tiempo: 30 días, 365 días y 3650 días después de que se instaló el terraplén. La geometría, el material y la carga permanecen sin cambios y, por lo tanto, dejamos todas las configuraciones idénticas a la etapa No 2. Antes de ejecutar el análisis, especificamos la duración de la etapa correspondiente. La duración de las etapas se suman, por lo que establecemos la duración de la etapa No. 3 a 23 días, No. 4 a 335 días y No. 5 a 3285 días, respectivamente. La evolución resultante del asentamiento y la presión de poro se muestran en las siguientes figuras.



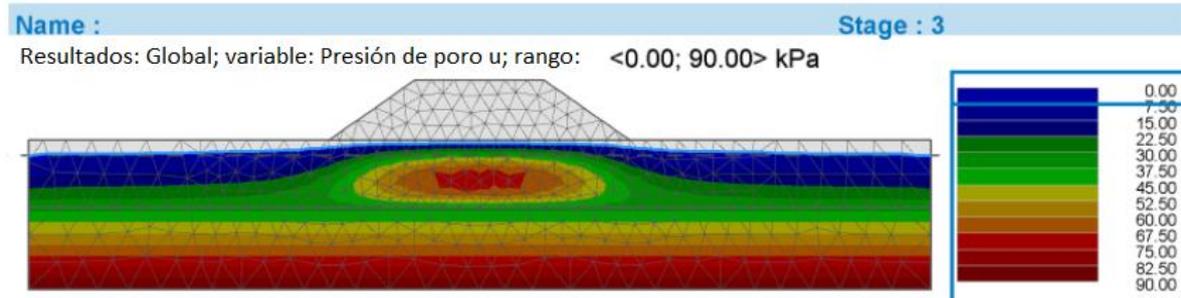
*Distribución de desplazamientos verticales (asentamientos) 30 días después de la construcción del terraplén trazada en una malla deformada..*



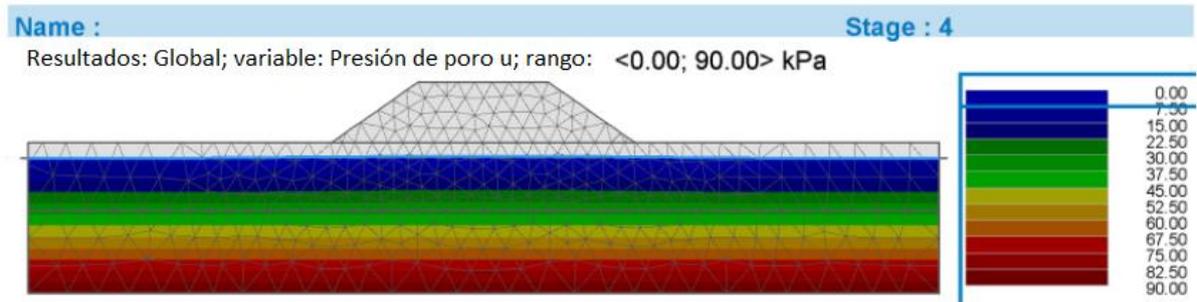
*Distribución de desplazamientos verticales (asentamientos) 1 año después de la construcción del terraplén trazada en una malla deformada.*



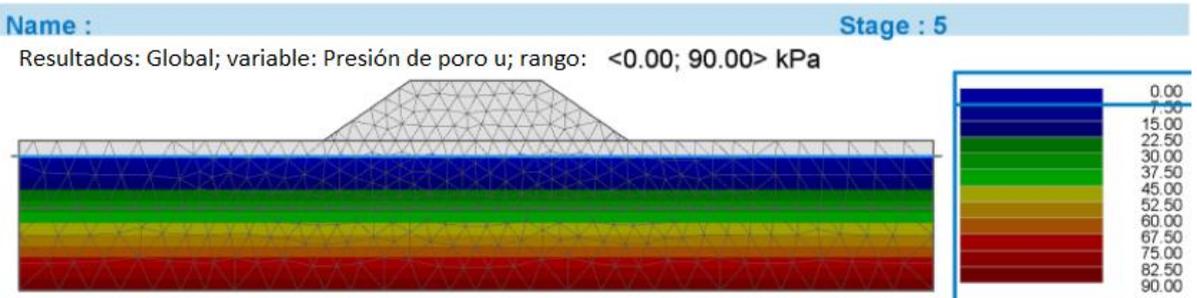
*Distribución de desplazamientos verticales (asentamientos) 10 años después de la construcción del terraplén trazada en una malla deformada.*



*Distribución de la presión de poro 30 días después de la construcción del terraplén trazada en una malla no deformada.*



*Distribución de la presión de poro 1 año después de la construcción del terraplén trazada en una malla no deformada.*



*Distribución de la presión de poro 10 años después de la construcción del terraplén trazada en una malla no deformada.*

## Conclusión

Los resultados obtenidos en las etapas de construcción No. 2 - 5 sugieren que la disipación de la presión de poros tiene lugar esencialmente durante la primera semana luego de la construcción del terraplén. Los valores máximos del asentamiento del terraplén se enumeran en la siguiente tabla.

Tiempo	7 días	30 días	1 año	10 años
Asentamiento	28.6 mm	31.1 mm	37.1 mm	37.2 mm

A partir de la distribución de la presión de poro, está claro que un año después de que se construye el terraplén, el nivel freático llega a su nivel inicial. La disipación de la presión de poro ya se ha producido y, por lo tanto, la solución puede asumirse como definitiva.