

**TÍTULO: "APORTACIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO AL CÁLCULO DE LA  
CIMENTACIÓN DE TERRAPLENES EN TERRENOS FLOJOS"**

**AUTORES: JOAQUÍN ARRIBAS PÉREZ DE OBANOS**

JEFE DEL ÁREA DE GEOLOGÍA

GEOCONTROL

ALENZA, 9

28003 MADRID

ESPAÑA

TFNO: 91 553 17 63

FAX:91 554 94 96

E-MAIL: [geocontrol@jet.es](mailto:geocontrol@jet.es)

**\*MARIO FERNÁNDEZ PÉREZ**

JEFE DEL ÁREA DE PROYECTOS

GEOCONTROL

ALENZA, 9

28003 MADRID

ESPAÑA

TFNO: 91 553 17 63

FAX:91 554 94 96

E-MAIL: [geocontrol@jet.es](mailto:geocontrol@jet.es)

**\*JOSE MIGUEL GALERA FERNÁNDEZ**

SUBDIRECTOR GENERAL

GEOCONTROL

ALENZA, 9

28003 MADRID

ESPAÑA

TFNO: 91 553 17 63

FAX:91 554 94 96

E-MAIL: [geocontrol@jet.es](mailto:geocontrol@jet.es)

**\*JUAN MANUEL HURTADO SOLA**

JEFE DEL ÁREA DE GEOTECNIA

GEOCONTROL

ALENZA, 9

28003 MADRID

ESPAÑA

TFNO: 91 553 17 63

FAX:91 554 94 96

E-MAIL: [geocontrol@jet.es](mailto:geocontrol@jet.es)

## **RESUMEN**

En este artículo se tratan alguno de los sistemas encaminados a acelerar el drenaje del terreno de apoyo de terraplenes, disipando así más rápidamente la presión de poro y aumentando por tanto las presiones efectivas y la resistencia cortante del terreno.

En concreto, se compara el comportamiento de un relleno de considerable envergadura sobre una potente capa de materiales flojos en tres hipótesis diferentes: sin utilizar ningún tipo de tratamiento, utilizando un tratamiento a base de drenes de plástico y, finalmente, ejecutando un refuerzo a base de columnas de gravas.

GEOCONTROL, S.A. propone el análisis mediante el método de las diferencias finitas, a pesar de sus limitaciones, como medio válido de comparación y anticipación del comportamiento real de un relleno sobre suelos flojos y las posibles soluciones constructivas a adoptar.

**D. Joaquín Arribas Pérez de Obanos**, Geólogo e Hidrogeólogo, pertenece al Departamento de Geotecnia de Geocontrol, S.A.

El Sr. Arribas ha participado en la realización de estudios geológicos y geotécnicos, principalmente de obras lineales, a lo largo de sus 14 años de experiencia profesional.

También ha realizado estudios geotécnicos para obras hidráulicas, estudios de patologías, estudios previos de terrenos, geotecnia ambiental y elaboración de cartografías temáticas para el PNCTM.

**D. Mario Fernández Pérez**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid, es Jefe del Área de Proyectos de Geocontrol, S.A.

El Sr. Fernández posee amplia experiencia en la redacción de Proyectos de obras lineales tanto ferroviarias como de carreteras. Es especialista en la ejecución de cálculos estructurales y de estabilidad mediante el método de cálculos estructurales y de estabilidad mediante el Método de las Diferencias Finitas.

El Sr. Fernández participa en la actualidad, a nivel europeo, en un proyecto sobre simulación numérica de distribución de tensiones.

**D. José Miguel Galera Fernández**, Doctor Ingeniero de Minas, es Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Geológica de la Universidad Politécnica de Madrid y Subdirector General de Geocontrol S.A.

El Sr. Galera es académico correspondiente de la **Real Academia de Doctores**; miembro de la **Sociedad Geológica de España** y del **Club Español del Medio Ambiente**, representante español de la Environmental and Engineering Geophysical Society (**EEGS**), y forma parte del comité de expertos de la **ASTM D18.02.07** de Suelos y Rocas de la American Standard Testing on Materials (ASTM).

El Sr. Galera ha impartido catorce cursos de grado y postgrado en diversos organismos, instituciones y universidades nacionales e internacionales. Ha publicado 31 artículos en diversas revistas especializadas y ha asistido a 23 Congresos relacionados con temas de su especialidad.

**D. Juan Manuel Hurtado Sola**, Ingeniero de Minas, es especialista en Geología y Geotecnia y Jefe del Área de Geotecnia en Geocontrol, S.A.

El Sr. Hurtado ha participado en la realización de numerosos proyectos y estudios relacionados con la geotecnia, principalmente en obras lineales.

El Sr. Hurtado ha trabajado en proyectos de túneles, carreteras y ferrocarriles, diseño de soluciones constructivas y cálculos estructurales y de estabilidad de macizos rocosos. Posee amplios conocimientos hidrogeológicos y es experto en modelos numéricos relacionados con la hidrogeología. En la actualidad participa, a nivel europeo, en un proyecto de investigación hidrogeológica.

# **APORTACIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO AL CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN DE TERRAPLENES EN TERRENOS FLOJOS**

**JOAQUÍN ARRIBAS PÉREZ DE OBANOS. JEFE DEL ÁREA DE GEOLOGÍA. GEOCONTROL S.A**

**MARIO FERNÁNDEZ PÉREZ. JEFE DEL ÁREA DE PROYECTOS. GEOCONTROL S.A.**

**JOSÉ MIGUEL GALERA FERNÁNDEZ. SUBDIRECTOR GENERAL. GEOCONTROL S.A**

**JUAN MANUEL HURTADO SOLA. JEFE DEL ÁREA DE GEOTECNIA. GEOCONTROL S.A.**

## **INTRODUCCIÓN**

La tendencia actual en la construcción de obras lineales, tanto ferroviarias como carreteras, consiste en jerarquizar los aspectos de trazado sobre otro tipo de consideraciones, como los condicionantes geotécnicos o los económicos.

Por ello es cada vez más frecuente el recurrir a la ejecución de túneles, estructuras y movimientos de tierra de gran envergadura, en aras de conseguir el trazado deseado.

Por otro lado, la rápida evolución de las diversas técnicas de mejora del terreno permite acometer hoy en día la construcción de estructuras sobre terrenos que hace relativamente poco tiempo hubieran sido desechados al considerarse como no aptos para este tipo de proyectos.

Normalmente, este tipo de terrenos presenta una muy baja capacidad portante, unas condiciones de deformabilidad elevada y suelen estar, en gran parte de los casos, completamente saturados.

La construcción de rellenos sobre este tipo de suelos conlleva la aparición de diferentes tipos de problemas. De forma general estos problemas pueden clasificarse en dos categorías: por un lado problemas de estabilidad a corto plazo en forma de deslizamientos o extensión lateral del terraplén. Por otra parte son frecuentes los asentamientos importantes que, en la mayoría de los casos, se producen a lo largo de periodos tan prolongados de tiempo que son difícilmente compatibles con la planificación de la obra.

El primer tipo de problemas puede solucionarse, al menos en ciertos casos, mediante el empleo de geotextiles o geomallas en la base del relleno<sup>(1)</sup>. Estos materiales aportan resistencia a tracción, disminuyendo así la extensión lateral y, por tanto, la posibilidad de rotura. Existen otro tipo de soluciones menos "convencionales" tal y como los distintos tipos de "armados" del terreno cuya finalidad es también aumentar la resistencia tangencial del material de relleno.

Ninguna de estas soluciones constructivas disminuye, sin embargo, el asiento del terreno de cimiento, ni el tiempo necesario para que este asiento se produzca, lo que, a veces, es más problemático, por su afección a la obra.

En este artículo se tratarán alguno de los sistemas encaminados a acelerar el drenaje de la base de apoyo, disipando así más rápidamente la presión de poro y aumentando por tanto las presiones efectivas y la resistencia cortante del terreno.

En concreto, se compara el comportamiento de un relleno de considerable envergadura sobre una potente capa de materiales flojos en tres hipótesis diferentes: sin utilizar ningún tipo de tratamiento, utilizando un tratamiento a base de drenes de plástico y, finalmente, ejecutando un refuerzo a base de columnas de gravas.

Se propone el análisis mediante el método de las diferencias finitas, a pesar de sus limitaciones, como medio válido de comparación y anticipación del comportamiento real de un relleno sobre suelos flojos y las posibles soluciones constructivas a adoptar.

## **1.- INFLUENCIA DEL AGUA EN LAS PROPIEDADES DEL TERRENO**

La ejecución de un relleno supone la variación del estado tensional del terreno lo que, a su vez supone un cambio, al menos transitorio, en la distribución de presiones de poro del suelo. Como es sabido, la presión de poro influye directamente sobre la resistencia movilizable del terreno y, por lo tanto, sobre el coeficiente de seguridad frente al deslizamiento.

Cuando se construye un terraplén sobre un terreno arcilloso completamente saturado se produce un aumento de las presiones intersticiales. Dada la baja permeabilidad de estos materiales, la disipación de estas sobrepresiones es un proceso lento.

El aumento de las presiones de poro conlleva la disminución de las presiones efectivas, disminuyendo, por tanto, la resistencia movilizable del terreno. La situación más desfavorable corresponde, por tanto, a esta condición, denominada estado a corto plazo o "sin drenaje".

La construcción de un terraplén supone en todos los casos, un incremento de las tensiones de corte y, por ello, una disminución del coeficiente de seguridad respecto a la estabilidad global. En el caso de que el terreno de cimiento está formado por una arcilla saturada, el ritmo de construcción del relleno tiene una gran influencia sobre dicha estabilidad. Así, una ejecución demasiado rápida, dada la baja permeabilidad de las arcillas, puede suponer una sobreelevación de la presión intersticial por encima del límite de equilibrio.

Este hecho, unido al aumento de las tensiones cortantes producido por la sobrecarga de tierras, hace que las condiciones de estabilidad resulten muy desfavorables.

Por otro lado, un ritmo suficientemente pausado en la ejecución del terraplén permitiría la disipación de las sobrepresiones de poro producidas por cada nueva tongada, aumentando así la resistencia movilizable del terreno y, por tanto, el coeficiente de seguridad.

En algunas ocasiones, los escasos plazos con que hoy día se cuenta para la ejecución de este tipo de infraestructuras no permiten estos ritmos de construcción. Sería injusto, por otro lado, no señalar que en muchos casos es la propia planificación de las infraestructuras la que impide su ejecución a los ritmos adecuados<sup>(2)</sup>.

Por todo ello, en aquellos casos donde no sea posible un ritmo de ejecución lo suficientemente pausado como para permitir la disipación de las presiones intersticiales, será necesario aumentar de alguna manera la permeabilidad del sustrato, permitiendo así el flujo de agua y disipando más rápidamente las sobrepresiones.

A continuación se comparan de manera sucinta dos de las técnicas más comúnmente empleadas para lograr este objetivo.

## **2.- DRENES DE PLÁSTICO**

La finalidad de los drenes de plástico, también conocidos como mechas drenantes, es aumentar la permeabilidad del terreno, disipando así las presiones intersticiales y acelerando, por tanto, el proceso de consolidación<sup>(3)</sup>.

Su aplicación es tanto más necesaria cuanto más baja es la permeabilidad del terreno, mayor el espesor del suelo a tratar y menor el tiempo disponible para lograr la consolidación necesaria.

Físicamente están constituidos por elementos longitudinales flexibles, con un núcleo en forma de banda rodeado por una funda de material filtrante que se dispone en profundidad en el interior del terreno mediante hinca. De esta forma se crea un camino preferente de evacuación del agua.

En general, la permeabilidad global de los suelos cohesivos blandos en sentido vertical es muy inferior a la del sentido horizontal. La instalación de los drenes modifica la dirección del flujo del agua, creándose un gradiente preferencial marcadamente horizontal hacia ellos.

Una vez que el agua llega a los drenes se dirige fácilmente hacia la superficie del terreno.

Sobre dicha superficie se extenderá una capa de regularización y drenaje, de 1 m de espesor, aproximadamente, de arena o zahorra sin compactar.

En base a lo anterior, alguna de las aplicaciones de los drenes verticales son:

- aceleración de la consolidación por medio de precarga.
- reducción de presiones intersticiales para evitar sifonamiento.
- eliminación de la rotura de fondo en excavaciones profundas.
- reducción de empujes hidrostáticos y subpresión en diques secos o drenados o estructuras semejantes.

Una de las principales limitaciones a la utilización de drenes de plástico es la dificultad de hincado en terrenos heterogéneos, con presencia de bolos, costras superficiales, etc.

### **3.- COLUMNAS DE GRAVA**

Entre las técnicas existentes para mejorar la capacidad portante del terreno, reducir los asentos y aumentar las condiciones de permeabilidad se pueden mencionar los distintos tipos de vibración<sup>(4)</sup>.

En suelos granulares, con contenidos en finos inferiores al 20 %, la vibración produce una redistribución de las partículas con la consiguiente densificación. El agua a presión añadida facilita la densificación y la disminución de volumen producida es compensada con el aporte de material granular externo. Este tipo de tratamiento es conocido como vibroflotación.

En el caso de suelos cohesivos o con más de un 20 % de contenido en partículas finas el efecto de densificación es menor, por lo que la vibroflotación deja de ser un tratamiento eficiente. Para este tipo de terrenos se consigue un aumento de resistencia mediante la aplicación de vibradores, agua a presión o aire y aporte de material granular de tamaño grava. Este material, a su vez, desplaza o substituye los materiales finos del suelo. Esta técnica es conocida como vibrosubstitución o columnas de grava y a lo largo de este artículo se hará referencia a ella.

Las principales ventajas obtenidas mediante la aplicación de esta técnica son:

- aumento de la capacidad portante del terreno, aunque la capacidad entre los puntos del tratamiento prácticamente no se modifica.
- reducción de asentos.
- aceleración del proceso de consolidación ya que constituyen drenes verticales.
- aumento de la resistencia movilizable del terreno de cimiento y, por tanto, del coeficiente de seguridad frente al deslizamiento.



#### 4.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE CÁLCULO

De manera general, los métodos utilizados para dimensionar los tratamientos de mejora del terreno descritos en este artículo se han basado en criterios empíricos obtenidos de la observación del comportamiento de estos tratamientos en terrenos similares, o bien en formulaciones teóricas que parten de unas simplificaciones difícilmente asumibles en la realidad.

Aunque queda claro que el mejor método de dimensionamiento consiste en la ejecución sobre el terreno de tratamientos experimentales a menor escala, se hace por otro lado necesario el disponer de la mayor y mejor información previa, a nivel de Proyecto, que permita delimitar técnica y económicamente el alcance de los tratamientos a realizar.

En este ámbito, la modelización numérica se presenta como una potente herramienta al permitir realizar análisis paramétricos con diferentes configuraciones de los elementos drenantes y una posibilidad ilimitada de distribuciones de los parámetros geomecánicos.

A modo de ejemplo se ha realizado una modelización que simula una situación genérica, correspondiente en este caso a un terraplén de una autovía. Para ello se ha utilizado el Método de las Diferencias Finitas mediante el programa FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continua)<sup>(5)</sup>.

El modelo realizado simula un terraplén de 20 m de altura y 25 m de plataforma superior. Los taludes laterales se han diseñado con una inclinación 3H : 2V. Este relleno se dispone sobre una capa uniforme de arcillas de 15 m de potencia que, a su vez, reposa sobre un sustrato rígido e impermeable a efectos de cálculo.

Se han realizado dos simulaciones que, básicamente, se diferencian en los parámetros geotécnicos asignados a las arcillas. Con ello, se ha querido modelizar dos situaciones distintas: en la primera de ellas las arcillas tienen unas propiedades muy desfavorables mientras que en la segunda estas propiedades son algo mejores.

A su vez, en cada simulación se han modelizado tres situaciones. En la primera el relleno se dispone sin ningún tipo de tratamiento, mientras que en la segunda y tercera se dispone un tratamiento a base de drenes de plástico y columnas de gravas respectivamente.

En el **Cuadro Nº 4.1** se muestran los parámetros geotécnicos asignados a los distintos materiales para cada uno de los cálculos realizados.

	CÁLCULO 1			CÁLCULO 2		
	Arcillas	Drenes de plástico	Columnas de grava	Arcillas	Drenes de plástico	Columnas de grava
$\rho_s$ (t/m <sup>3</sup> )	1,8	--	1,9	1,8	--	1,9
c (MPa)	0,03	--	0	0,05	--	0
$\phi$ (°)	16	--	42	20	--	42
E (MPa)	10	--	150	20	--	150
v	0,35 – 0,40	--	0,3	0,35 – 0,40	--	0,3
k (m/s)	$1 \cdot 10^{-8}$	0,1	$5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-8}$	0,1	$5 \cdot 10^{-2}$
n (%)	65	85	45	65	52	45

**Cuadro Nº 4.1.- Parámetros asignados en los cálculos.**

El efecto del terraplén, dado el carácter simplificado que se quiere obtener en este artículo, se ha simulado mediante una sobrepresión en la superficie del terreno natural. Hay que señalar, no obstante, que los cálculos realizados para casos reales pueden asumir tantas complicaciones como se deseen, a efectos de ajustar el modelo a la realidad física. A modo de ejemplo cabría destacar, entre otras, las siguientes posibilidades:

- la distribución de los distintos litotipos y de sus propiedades puede realizarse con tanta exactitud como conocimiento geológico-geotécnico se tenga del lugar.
- la aplicación de la carga del terraplén puede realizarse por fases, permitiendo el asentamiento paulatino del terreno y la redistribución de presiones de poro y de las originadas por la propia carga.
- se puede simular una variación de propiedades con la profundidad, tal y como ocurre en la realidad.

Los modelos realizados tienen un total de 3.375 elementos siendo la anchura mínima de estos elementos de 10 cm, en el caso de los drenes de plástico, y de 1 m para las columnas de grava.

En las dos hipótesis de cálculo realizadas se ha ejecutado una primera fase de asentamiento del terreno original y distribución del presiones de poro a partir de un nivel freático situado a 2 m de profundidad. Posteriormente se simularon los distintos tipos de cargas, sin ningún tipo de tratamiento y con los tratamientos citados.

## 5.- RESULTADOS OBTENIDOS

En este apartado se comentan los resultados obtenidos, que se ilustran en las figuras anejas a este artículo. Dichas figuras se presentan siempre en el mismo orden, de modo que la superior corresponde al terreno sin tratamiento, la central al tratamiento con drenes de plástico y la inferior a las columnas de grava.

En la primera de las hipótesis de cálculo, correspondiente a las arcillas flojas, se observa cómo la ejecución del terraplén sobre el terreno sin tratar provoca la rotura del terreno. Esta rotura se manifiesta por unos asentamientos de hasta 60 cm, que no llegan a estabilizarse y un levantamiento del terreno de 20 cm en el terreno exterior al relleno. La deformación cortante máxima es de hasta un 30 %.

En caso de tratar el terreno utilizando drenes de plástico las deformaciones producidas, tanto verticales como cortantes son de igual magnitud, por lo que también se produciría la rotura del terreno, como demuestra el hecho de que los asentamientos no se llegan a estabilizar.

En cambio, si el terreno es tratado mediante columnas de grava de 1 m de diámetro y 3 m de separación entre ejes se observa cómo el asiento se reduce de forma considerable, además de estabilizarse.

La deformación cortante es, en este caso, de un 4 % y se observan claramente como las columnas suponen auténticas "barreras" frente a la hipotética superficie de rotura.

En la última de las figuras correspondiente a esta hipótesis de cálculo se puede ver como las tensiones verticales son similares en los casos de terrenos sin tratamiento y con un tratamiento a base de drenes de plástico. Sin embargo, se observa como las columnas de grava actúan a modo de "pilotes" concentrando sobre ellas las tensiones verticales.

El cálculo realizado simulando arcillas de mayor compacidad muestra cómo la ejecución del terraplén sobre terrenos sin tratamiento y sobre materiales tratados con drenes de plástico produce el mismo asiento, en torno a 40 cm. Sin embargo, en el segundo caso este asiento se produce en un período de tiempo considerablemente menor.

El tratamiento con columnas de grava, con la disposición citada anteriormente, además de reducir el asiento máximo a 10 cm, consigue que éste se produzca aún más rápidamente.

Respecto a la deformación cortante, se vuelve a observar cómo, mientras la ejecución de drenes de plástico no influye en nada sobre la misma, las columnas de grava la reducen significativamente, aumentando la estabilidad del conjunto frente a la rotura.

## 6.- CONCLUSIONES

En este artículo se expone, mediante un sencillo ejemplo, la aplicabilidad de la simulación numérica como potente herramienta de cálculo paramétrico en la utilización de dos de los tipos de tratamiento de suelos flojos más utilizados actualmente.

A la vista de los resultados obtenidos pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- Si el terreno de cimiento presenta la suficiente resistencia frente a rotura, el mejor tratamiento es una buena planificación : la precarga es el método más económico y, en general, de mayor facilidad de ejecución. No obstante, no es aplicable en aquellos casos donde el terreno presente posibilidad de rotura bajo la carga transmitida. En este sentido, es de vital importancia el ritmo de ejecución del relleno.
- La precarga no es aplicable para terrenos de muy baja permeabilidad, cuando se requiera un plazo de ejecución limitado. En estos casos, un tratamiento a base de drenes de plástico acortará de forma considerable el tiempo necesario para la consolidación del terreno.
- Los drenes de plástico no modifican, de forma directa, las características resistentes del terreno aunque, al permitir una rápida disipación de las presiones intersticiales, aumentan más rápidamente las presiones efectivas y, por tanto, indirectamente la resistencia movilizable del material.
- Un tratamiento mediante drenes de plástico no debe considerarse solución para terrenos muy flojos. En estos casos una buena solución consiste en tratar el terreno mediante columnas de grava. Estas columnas, además de permitir un drenaje más eficiente del terreno, imparten resistencia cortante al mismo, disminuyendo significativamente los asentos totales.
- La simulación numérica se presenta como una versátil herramienta, al permitir análisis paramétricos de los muchos factores que influyen en la efectividad de estos tratamientos.

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

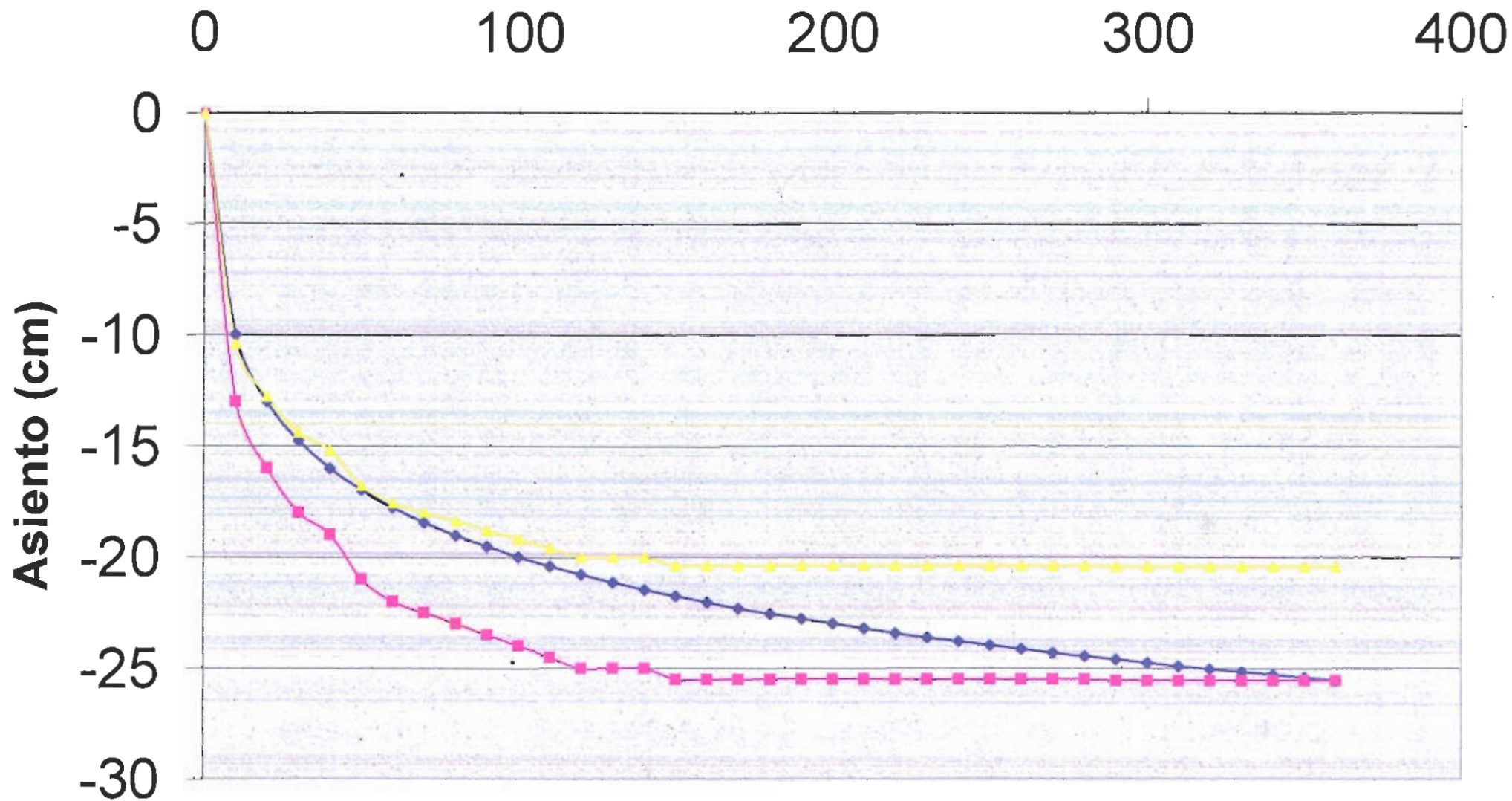
- (1) JUSTO, J.L. y JUSTO E. (1998). "El empleo de geotextiles de refuerzo en la base de un terraplén de carreteras". Ingeniería Civil. Vol. III.
- (2) STAMATOPOULOS, A. y KOTZIAS, P. (1990). "Mejoramiento de suelos por precarga". Ed. Noriega-Limusa.

- <sup>(3)</sup> HANSBO, S. (1979). "Consolidation of clay by band-shaped prefabricated drains". Ground Eng. 12, 5, pp. 16-25.
- <sup>(4)</sup> PRIEBE, H.J. (1995). "The design of vibro replacement". Keller Grundbau GmbH.
- <sup>(5)</sup> CUNDALL, P. (1976). "Explicit finite difference methods in geomechanics". Numerical methods in engineering (Proceedings of the EF Conference on Numerical methods in geomechanics). Blacksburg (Virginia).

**ANEJO: FIGURAS**

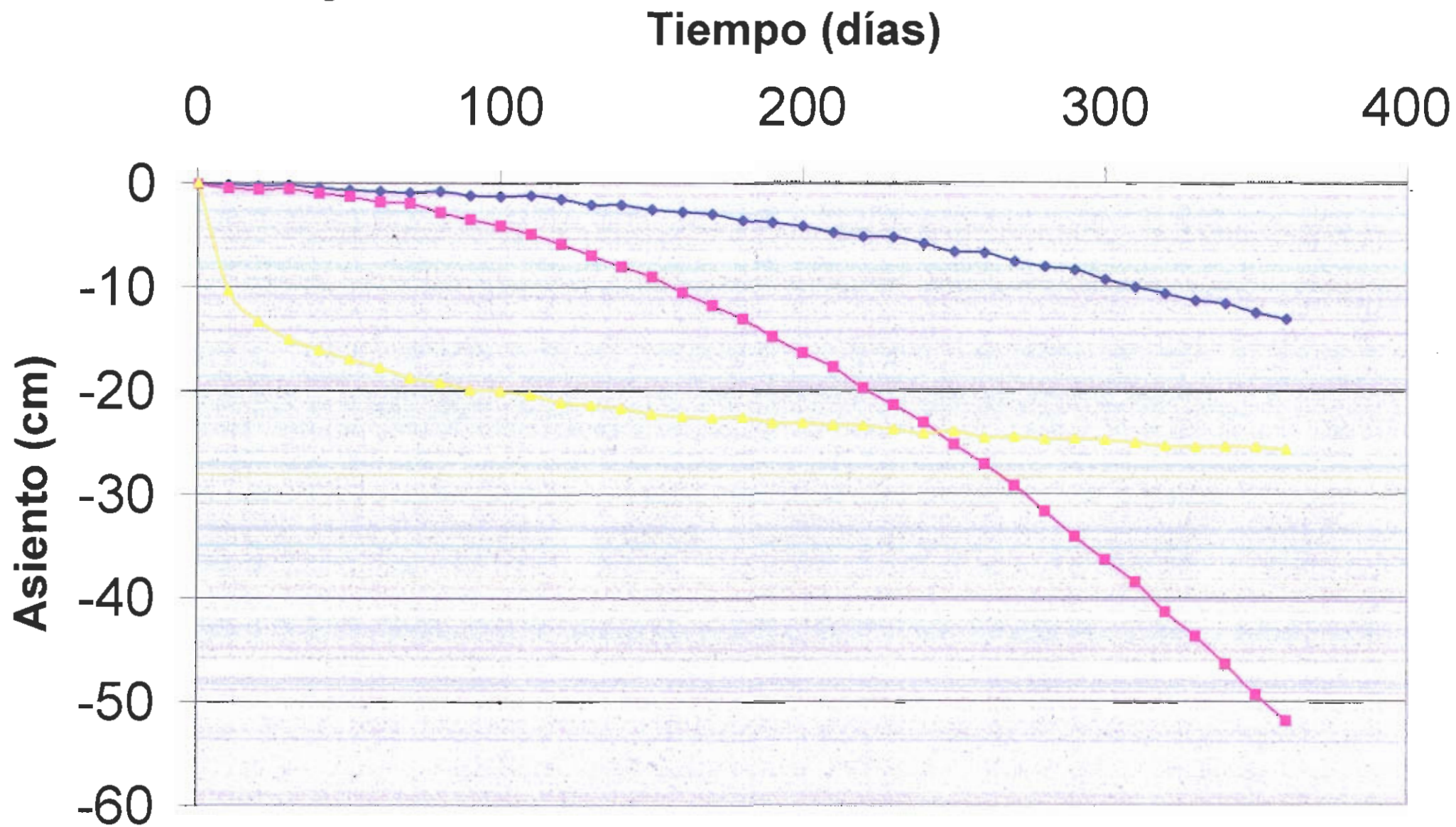
# Arcillas medias

Tiempo (días)



◆ Sin tratamiento    ■ Drenes de plástico    ▲ Columnas de grava

# Arcillas flojas



◆ Sin tratamiento    ■ Drenes de plástico    ◆ Columnas de grava



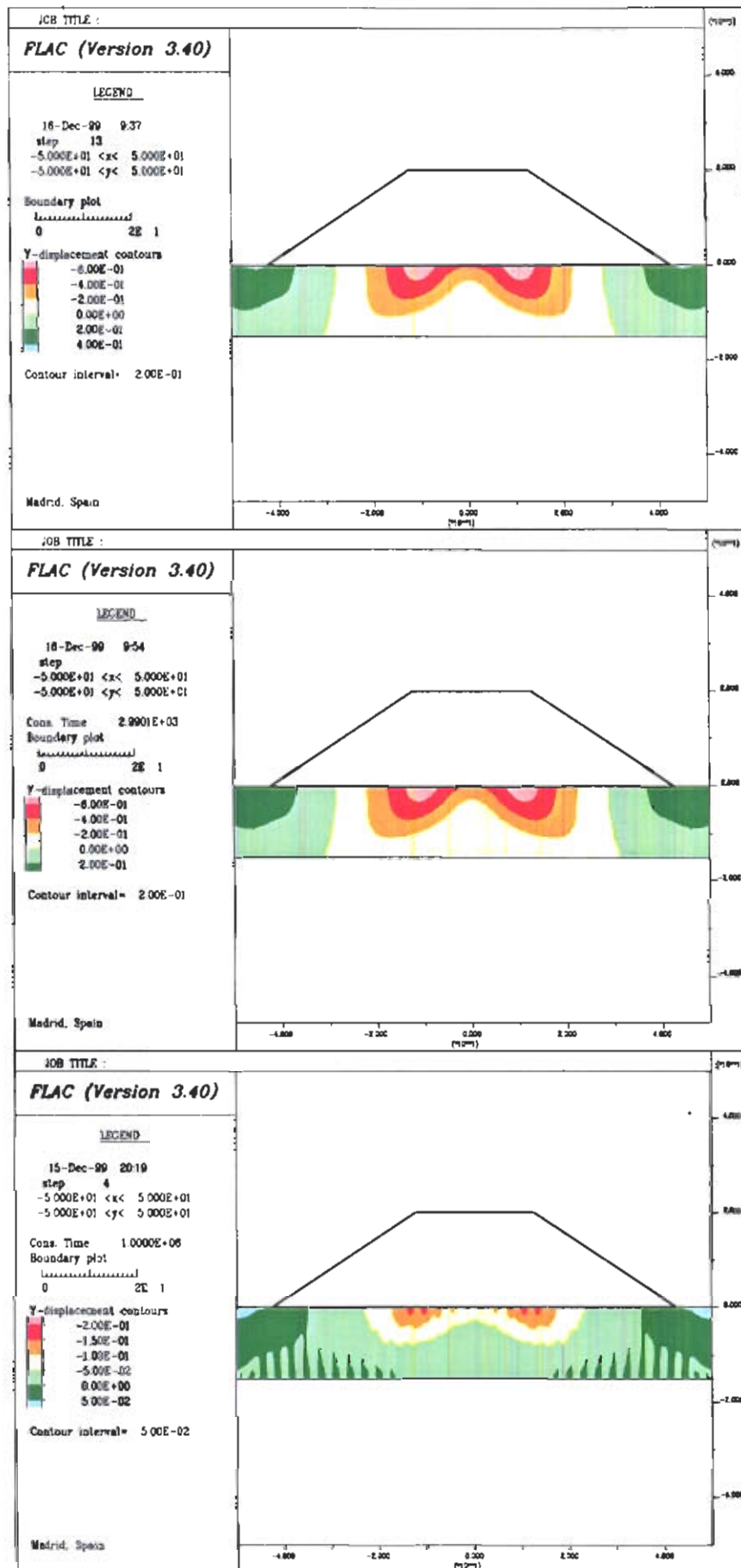


Figura N° 1.- Distribución de asientos en arcillas de baja consistencia.

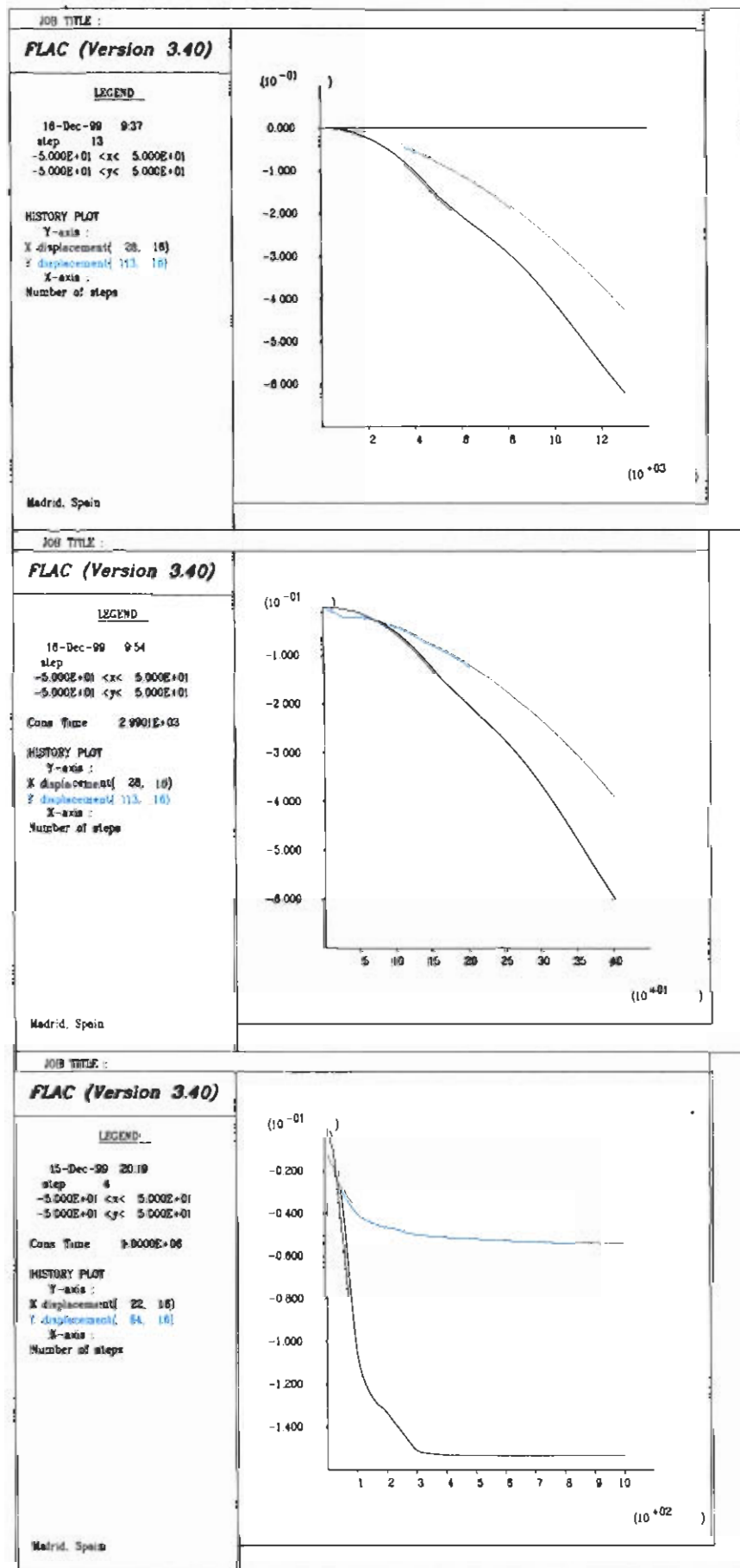


Figura N° 2.- Evolución de asientos en arcillas de baja consistencia.

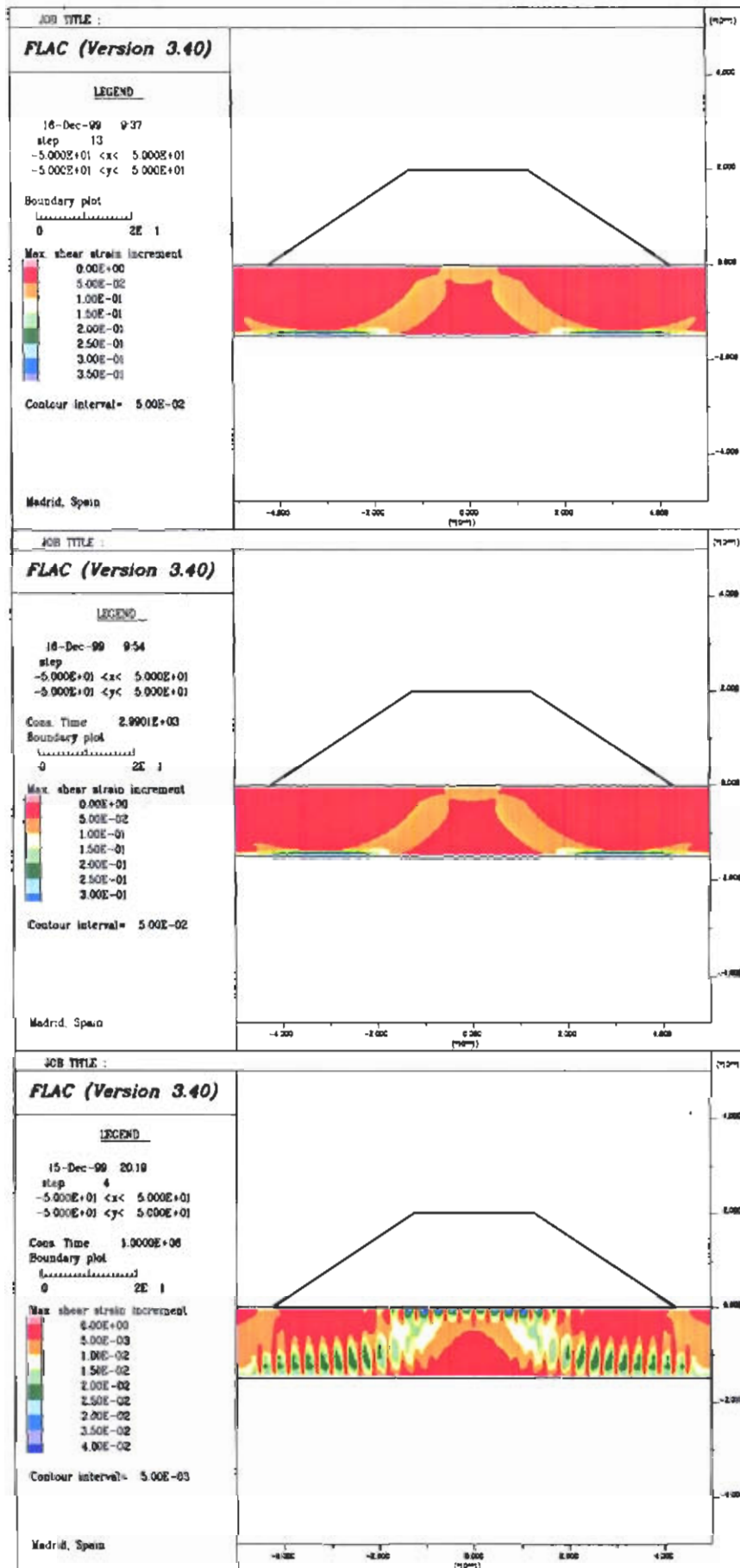


Figura Nº 3.- Distribución de deformaciones cortantes en arcillas de baja consistencia.

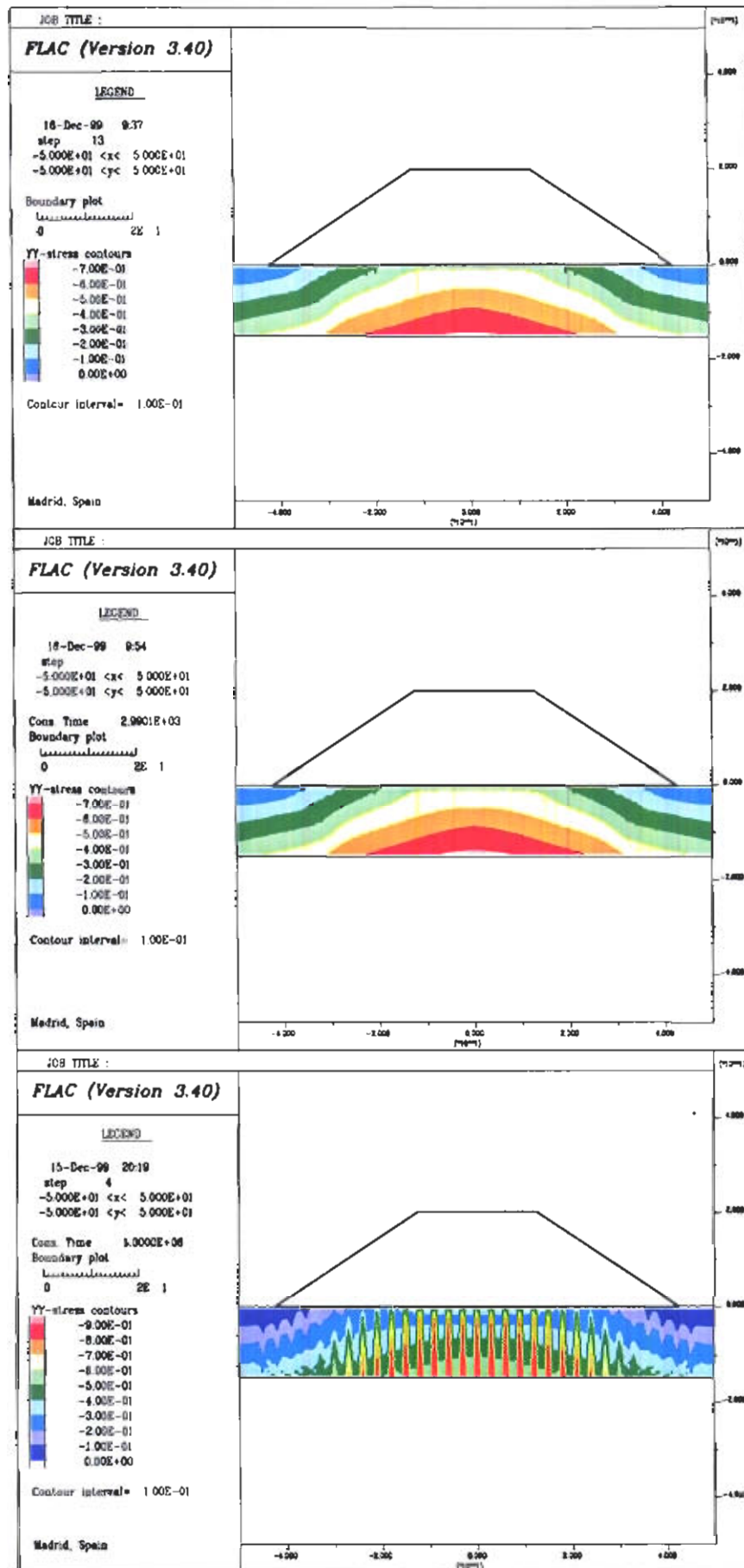


Figura N° 4.- Distribución de tensiones verticales en arcillas de baja consistencia.

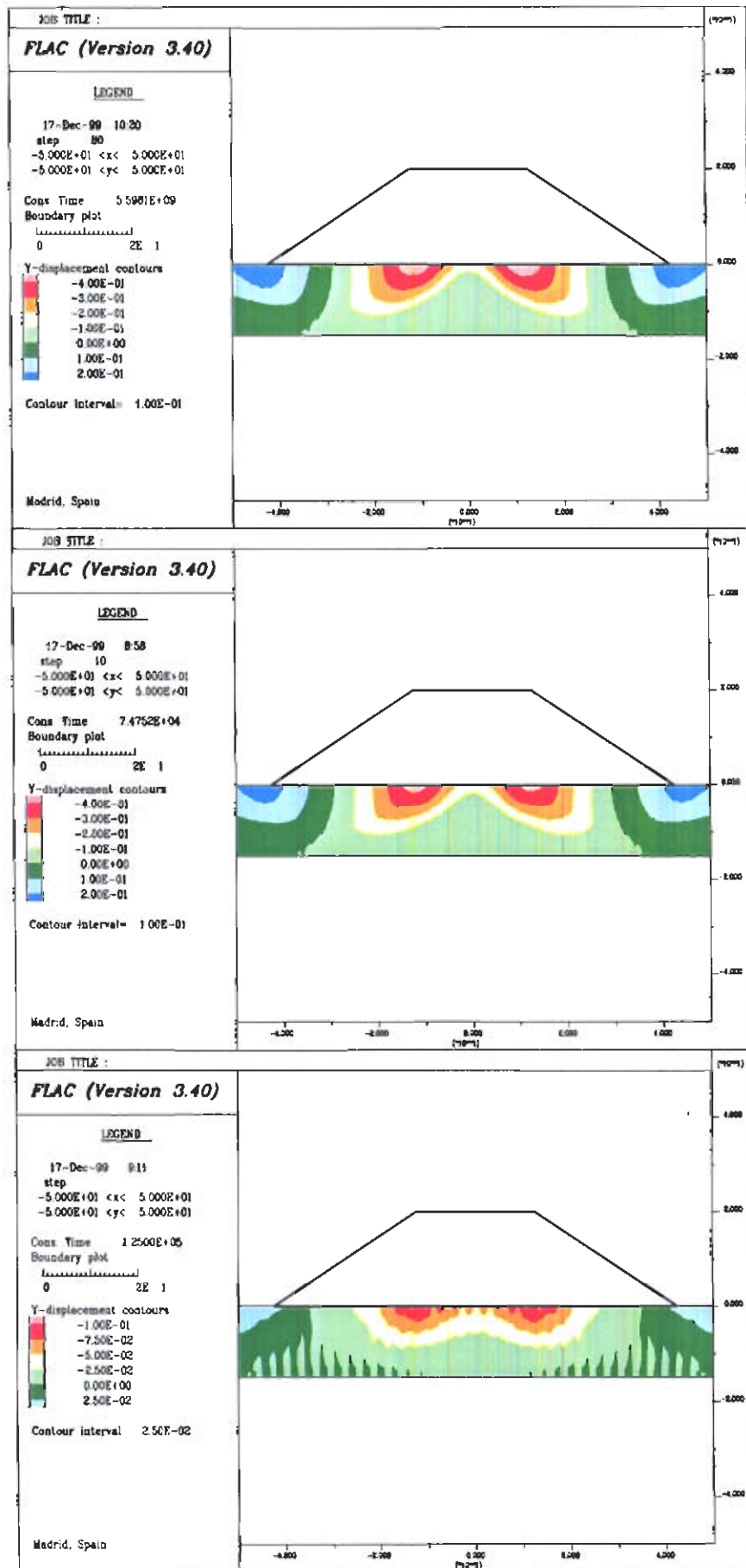


Figura N° 5.- Distribución de asientos en arcillas de consistencia media.

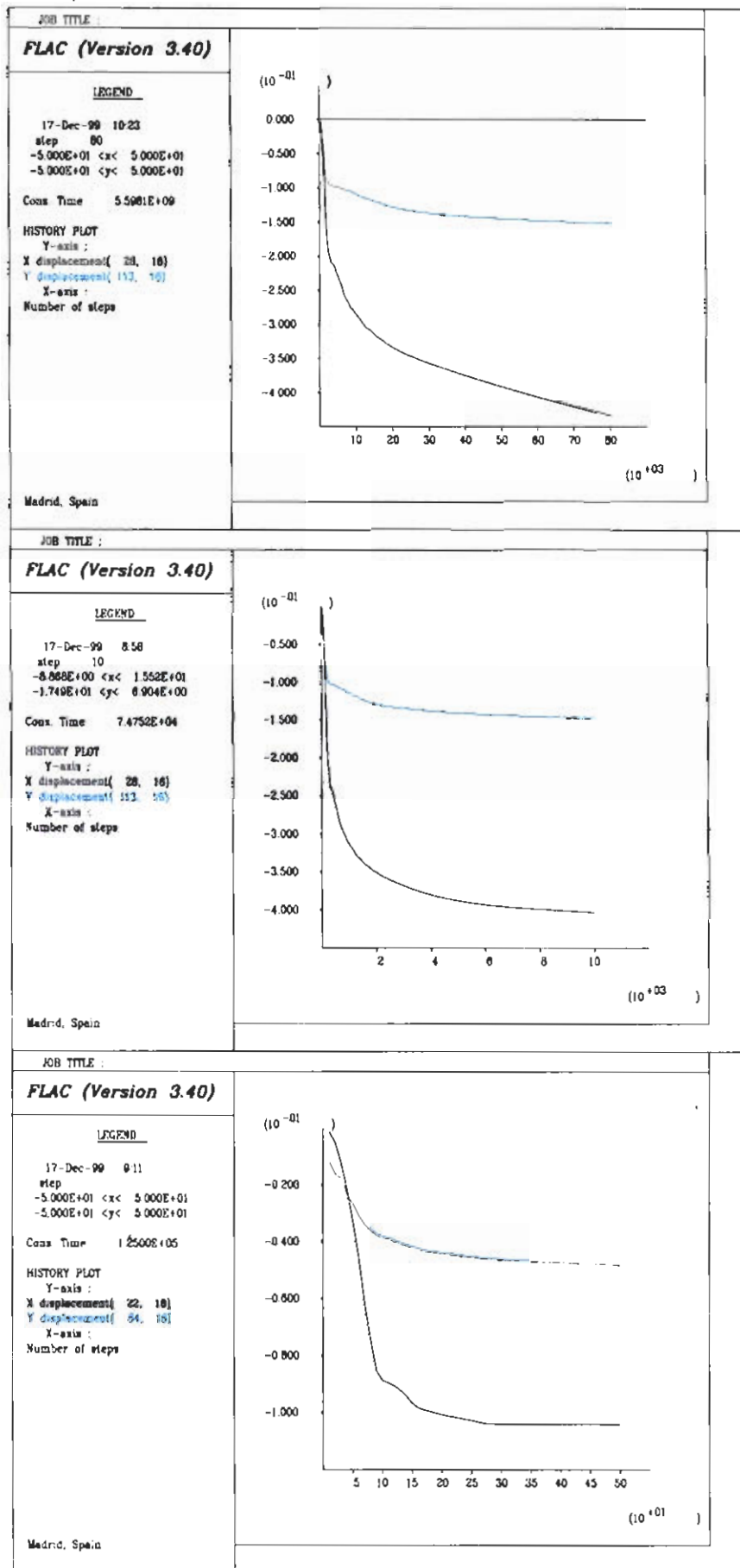


Figura N° 6.- Evolución de asientos en arcillas de consistencia media.

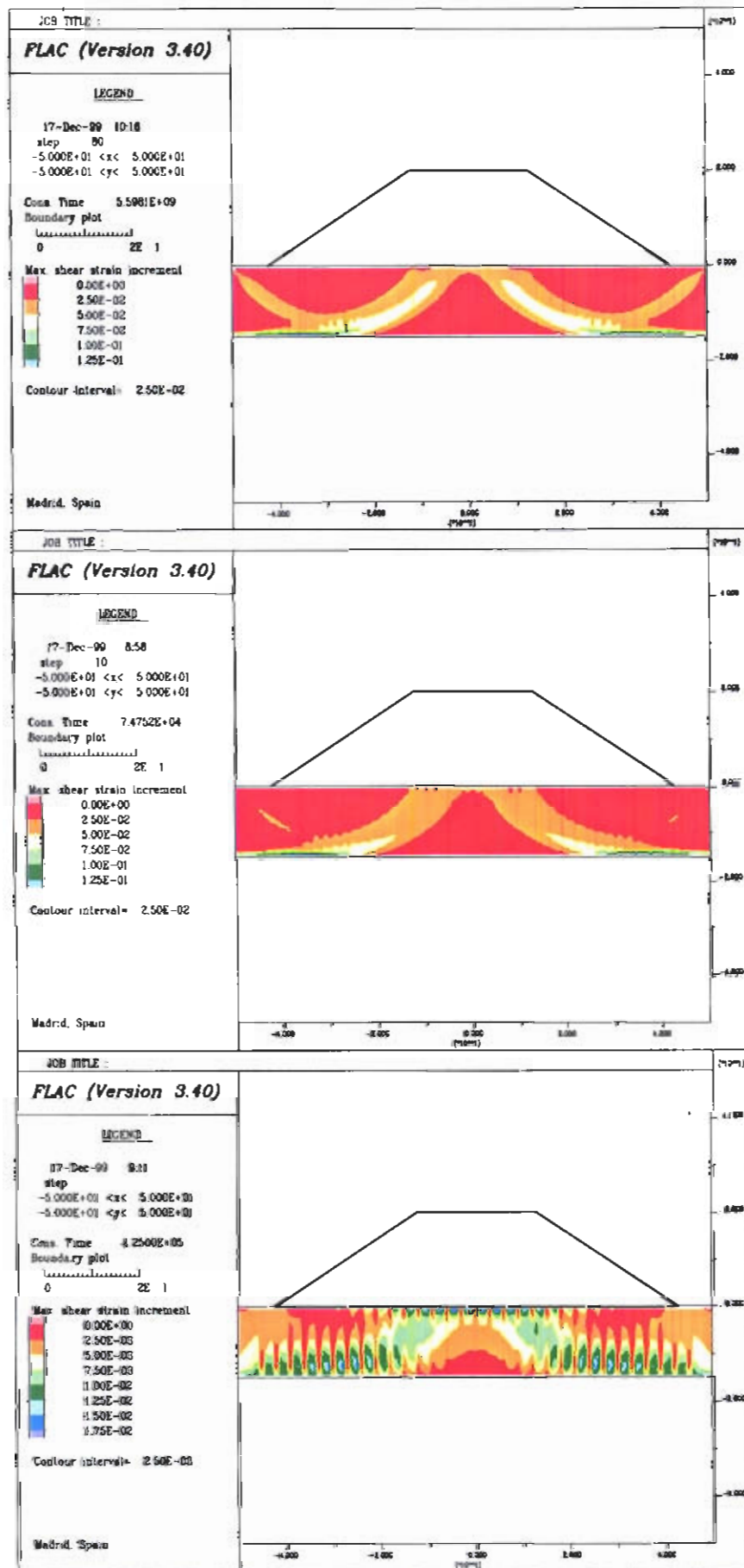


Figura N° 7.- Distribución de deformaciones cortantes en arcillas de consistencia media.

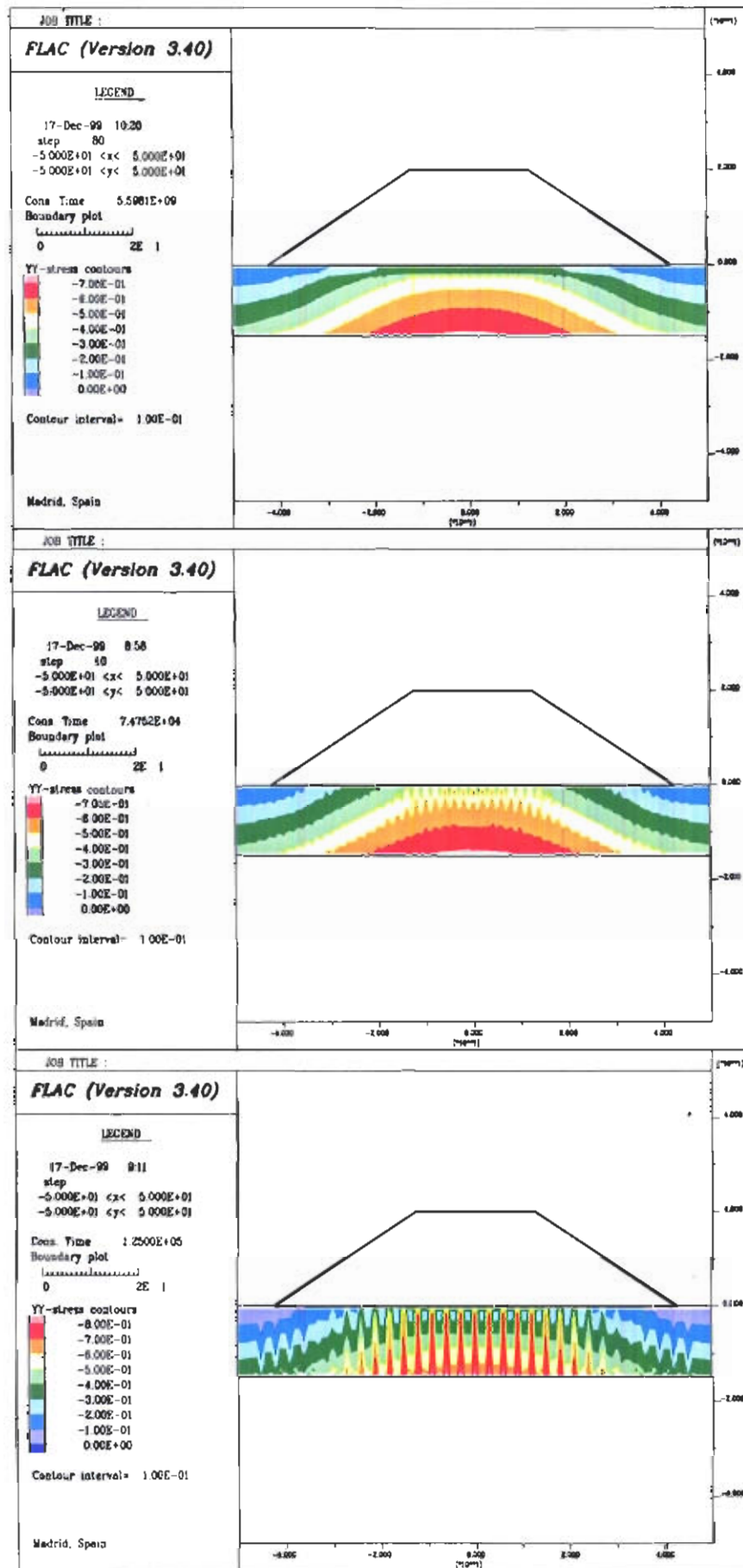


Figura N° 8.- Distribución de tensiones verticales en arcillas de consistencia media.



JOB TITLE :

*FLAC (Version 3.40)*

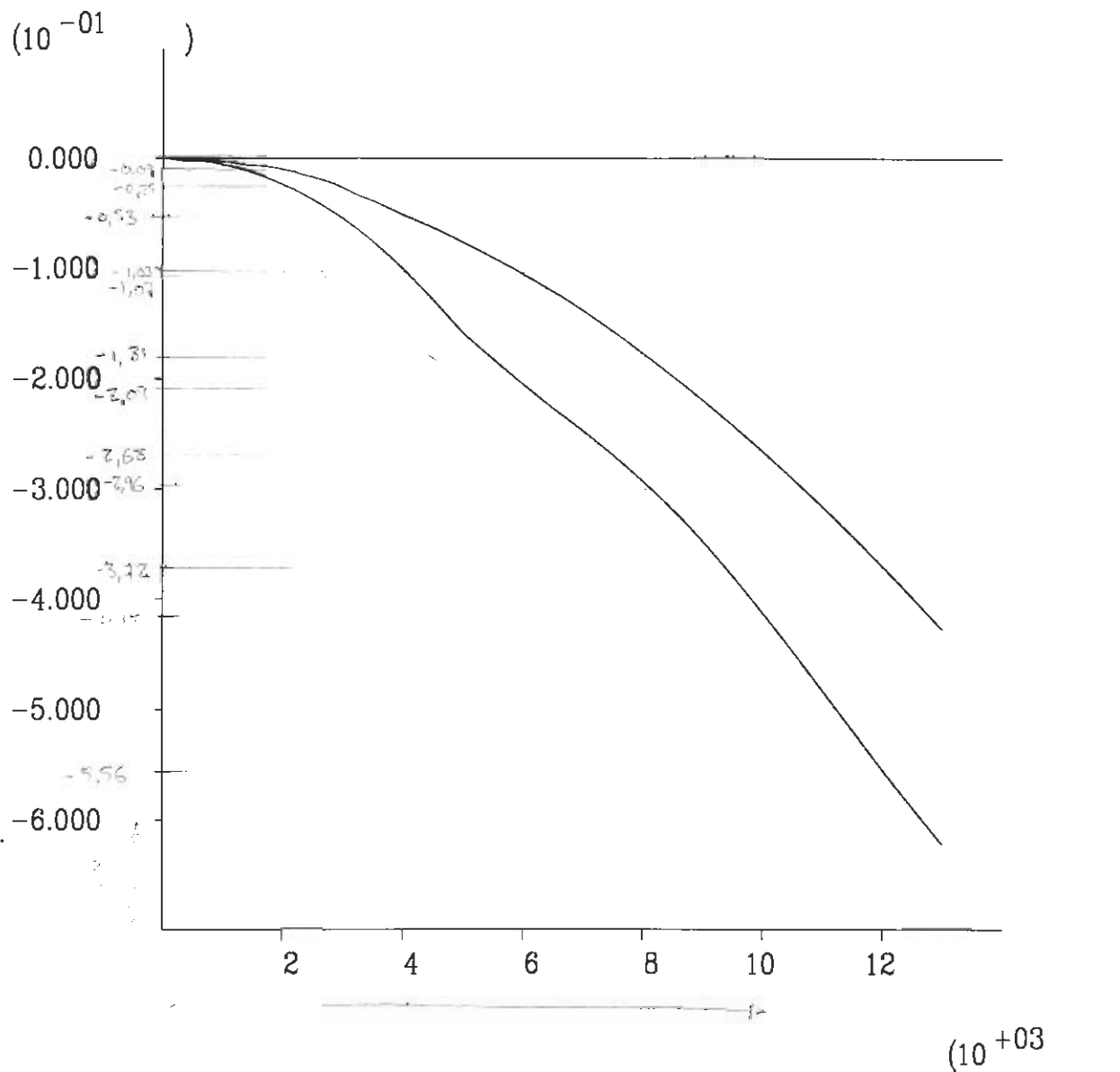
LEGEND

16-Dec-99 9:37  
step 13  
-5.000E+01 <x< 5.000E+01  
-5.000E+01 <y< 5.000E+01

HISTORY PLOT

Y-axis :  
X displacement( 28, 16)  
Y displacement( 113, 16)  
X-axis :  
Number of steps

*Arillos bajo nivel  
su tref*



Madrid, Spain

JOB TITLE :

*FLAC (Version 3.40)*

LEGEND

15-Dec-99 20:19

step 4

-5.000E+01 <x< 5.000E+01

-5.000E+01 <y< 5.000E+01

Cons. Time 1.0000E+06

HISTORY PLOT

Y-axis :

X displacement( 22, 16)

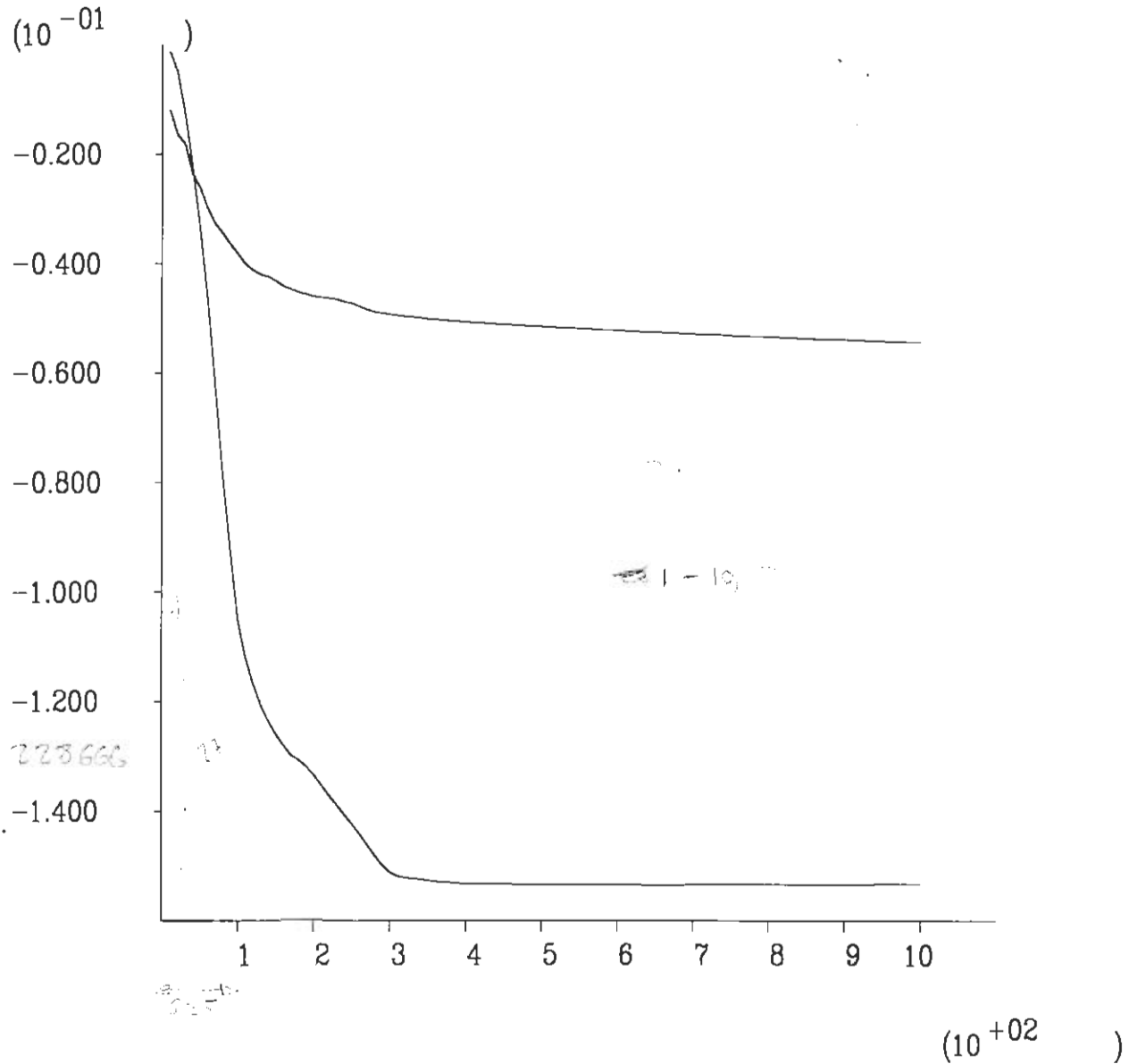
Y displacement( 64, 16)

X-axis :

Number of steps

*As the time increases*

*the displacement*



Madrid, Spain

JOB TITLE :

*FLAC (Version 3.40)*

LEGEND

16-Dec-99 9:54

step

-5.000E+01 <x< 5.000E+01

-5.000E+01 <y< 5.000E+01

Cons. Time 2.9901E+03

HISTORY PLOT

Y-axis :

X displacement( 28, 16)

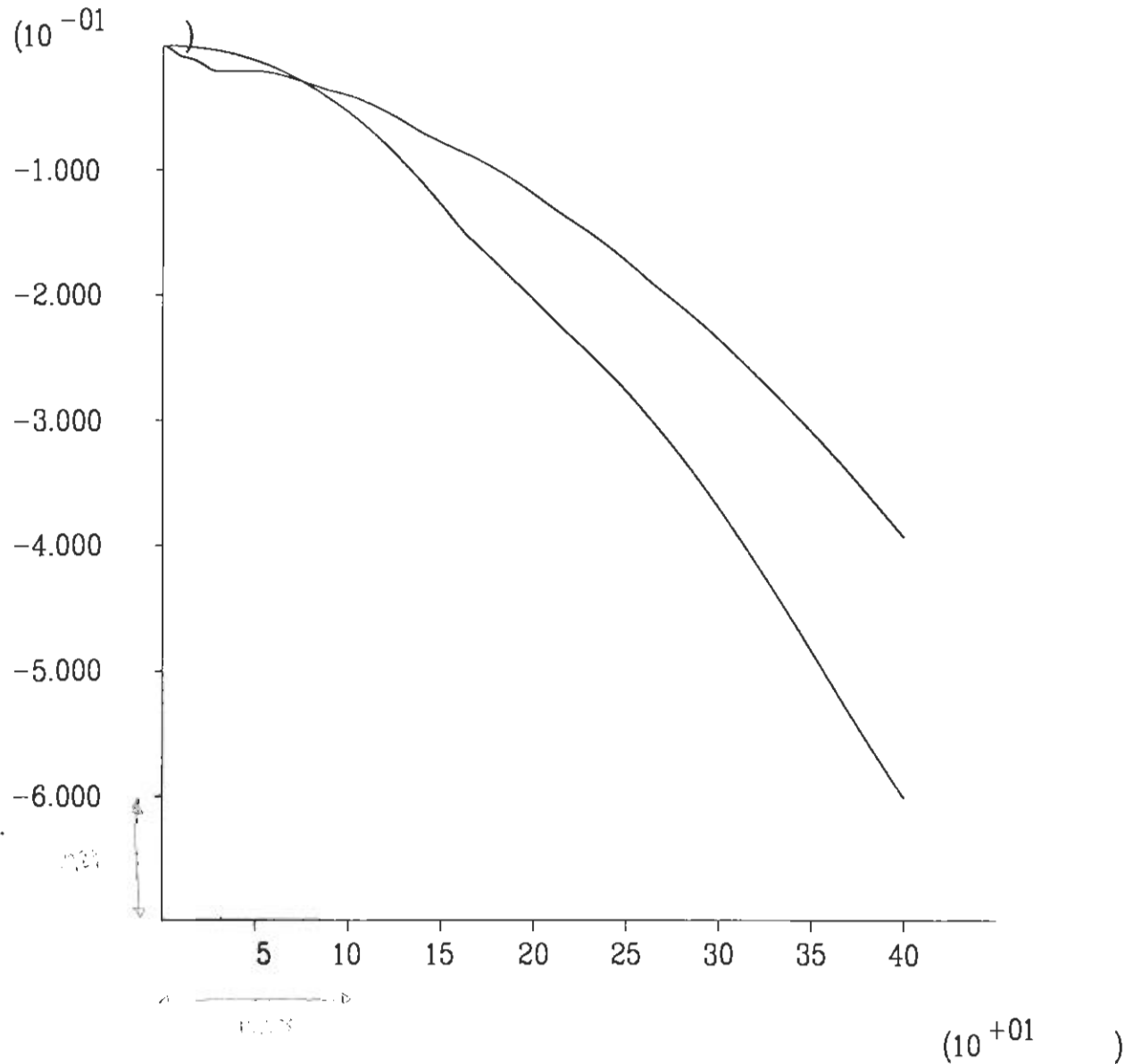
Y displacement( 113, 16)

X-axis :

Number of steps

*Artillería baja*

*Artillería alta*



Madrid, Spain

JOB TITLE :

*FLAC (Version 3.40)*

LEGEND

17-Dec-99 8:58  
step 10  
-8.868E+00 <x< 1.552E+01  
-1.749E+01 <y< 6.904E+00

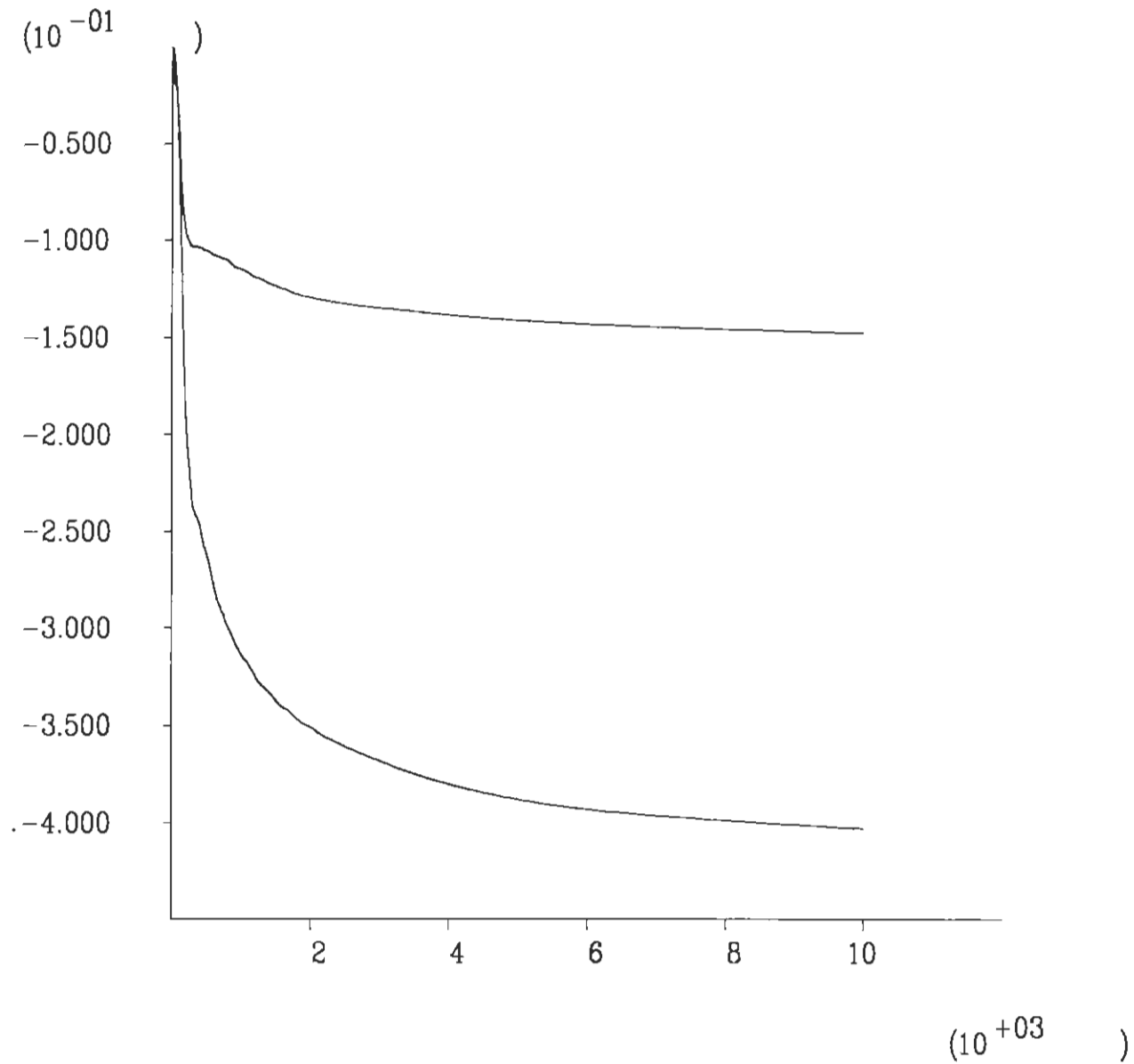
Cons. Time 7.4752E+04

HISTORY PLOT

Y-axis :  
X displacement( 28, 16)  
Y displacement( 113, 16)  
X-axis :  
Number of steps

*Arco de consist. media  
Medios*

*En la consist. media*



Madrid, Spain

JOB TITLE :

*FLAC (Version 3.40)*

LEGEND

17-Dec-99 9:11

step

-5.000E+01 <x< 5.000E+01

-5.000E+01 <y< 5.000E+01

Cons. Time 1.2500E+05

HISTORY PLOT

Y-axis :

X displacement( 22, 16)

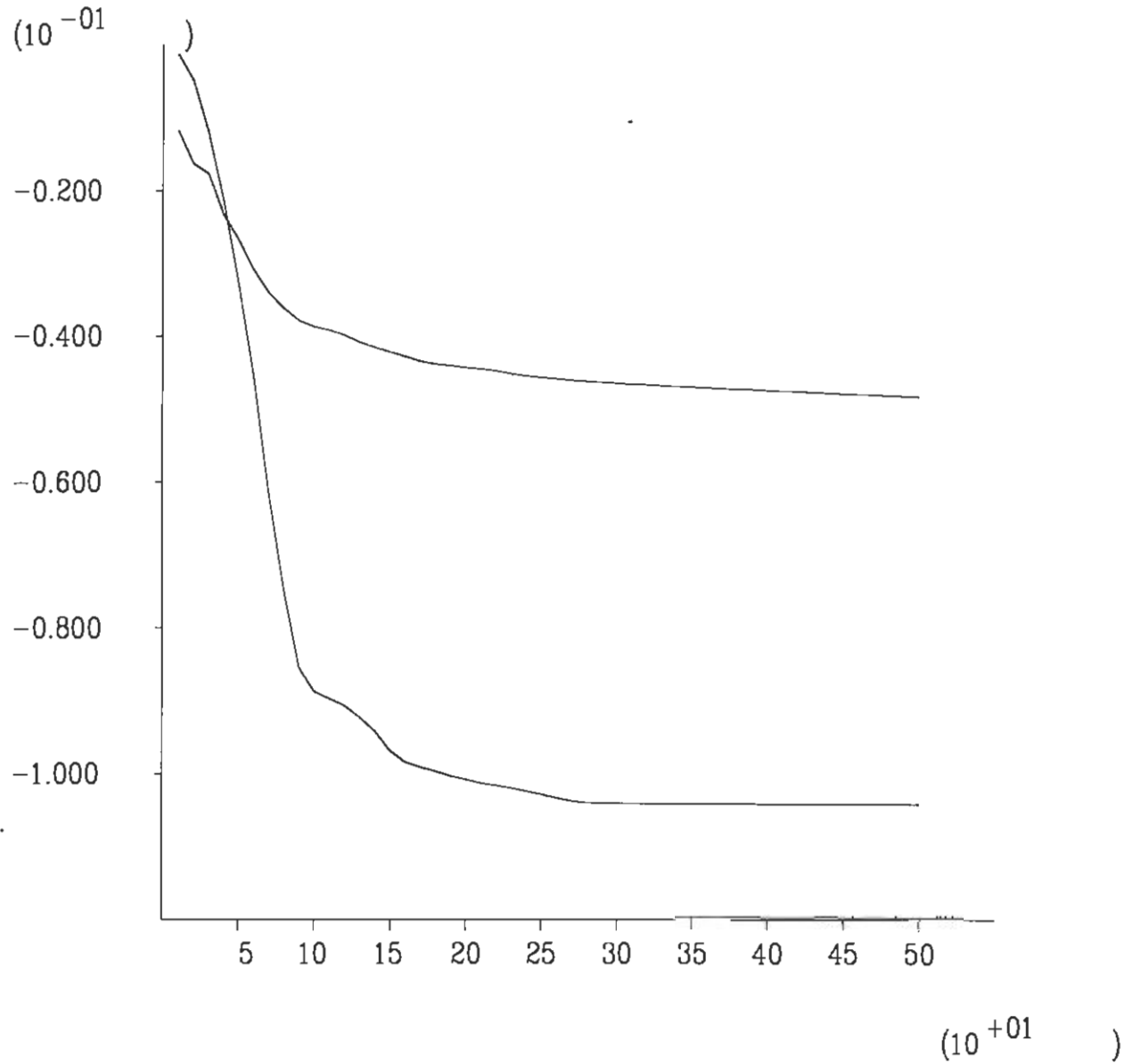
Y displacement( 64, 16)

X-axis :

Number of steps

*Area under curve = 0.000000*

*Colours =*



Madrid, Spain

JOB TITLE :

*FLAC (Version 3.40)*

LEGEND

17-Dec-99 10:23

step 80

-5.000E+01 <x< 5.000E+01

-5.000E+01 <y< 5.000E+01

Cons. Time 5.5981E+09

HISTORY PLOT

Y-axis :

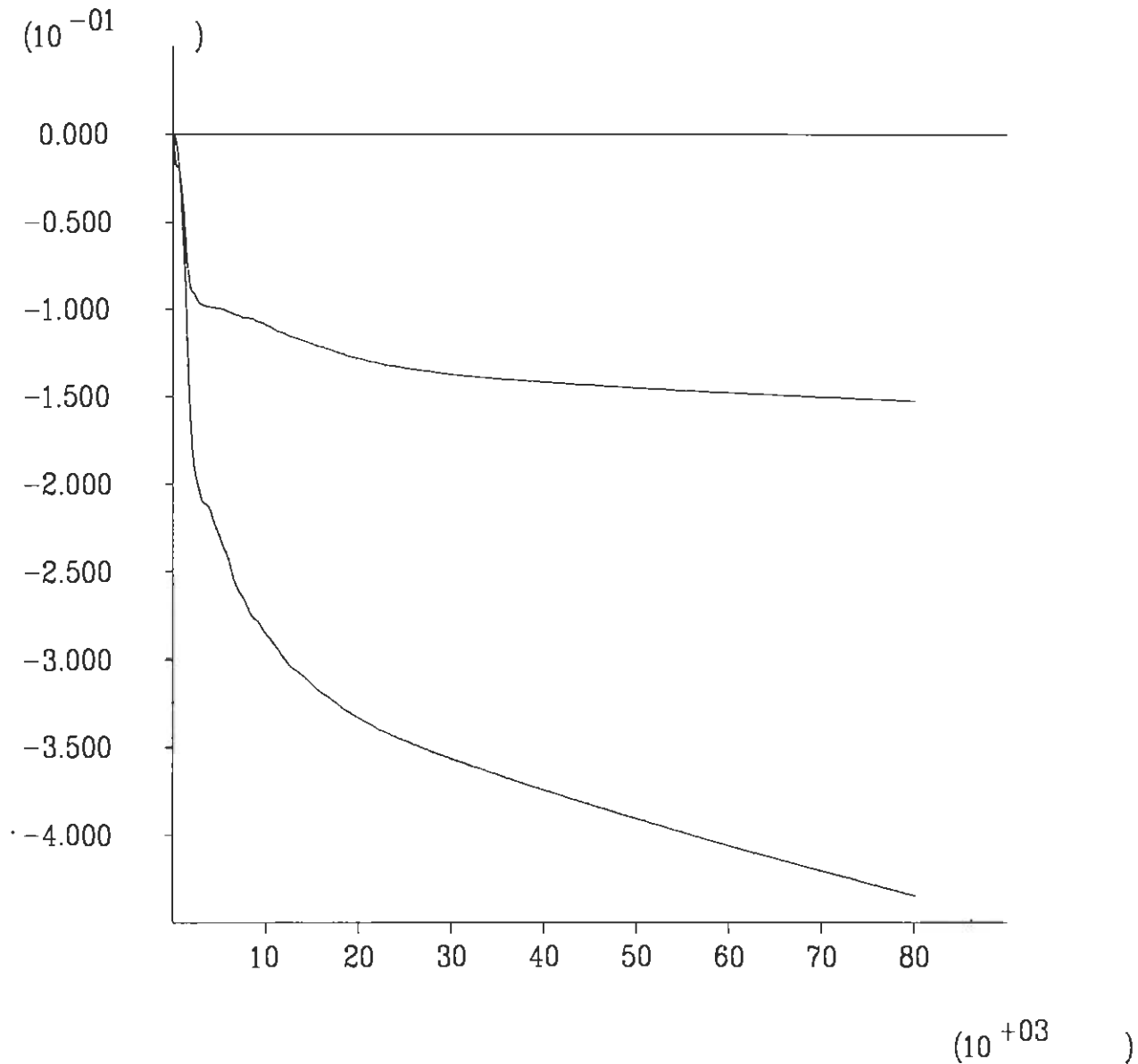
X displacement( 28, 16)

Y displacement( 113, 16)

X-axis :

Number of steps

*Analysis model used  
for system*



Madrid, Spain