

Artículo publicado en la revista Carreteras de la Asociación Española de la Carretera

Citar el artículo como:

Tomás, R.; Cuenca, A.; Delgado, J.; Doménech, C. Auscultación de terraplenes mediante línea continua de asientos en la Vega Baja del Segura (Alicante). Comparación con los asientos previstos. Carreteras, 124, 50-59, 2002.

AUSCULTACIÓN DE TERRAPLENES MEDIANTE LÍNEA CONTINUA DE ASIENTOS EN LA VEGA BAJA DEL SEGURA (ALICANTE). COMPARACIÓN CON LOS ASIENTOS PREVISTOS.

R. Tomás Jover^{1,*}, A. Cuenca Payá^{**}, J. Delgado Marchal^{***}, C. Domenech Morante^{****}

(*) Dep. de Expresión Gráfica y Cartografía. Univ. de Alicante. Ap. Correos 99. 03080. Alicante. roberto.tomas@ua.es

(**) Laboratorio de carreteras. COPUT. Ctra. de Ocaña nº 4. artemio.cuenca@coput.m400.gva.es

(***) Dep. de Ciencias de la Tierra. Univ. de Alicante. Ap. Correos 99. 03080. Alicante. Jose.Delgado@ua.es

(****) Instituto Técnico de la Construcción, S.A. geotecnia@itcsa.es

Resumen: En el presente trabajo se presenta la metodología de la línea continua de asientos, empleada en la auscultación de terraplenes de carretera en la comarca de la Vega Baja del Segura (Alicante). Por otro lado se plantea una metodología de cálculo de asientos para los mismos terraplenes haciendo uso del método del índice de compresión (Cc) obtenido del ensayo edométrico de muestras procedentes de sondeos. Los asientos reales medidos mediante las líneas continuas de asientos nos permite además llevar a cabo un análisis comparativo entre los asientos reales de los terraplenes medidos en el campo y los estimados a través del método planteando. Esto nos permite llevar a cabo una validación de los asientos previstos haciendo uso del citado método.

Palabras clave: Vega Baja del Segura, asiento, línea continua de asientos, índice de compresión

Abstract: In this paper we present a technique, the hydrostatic profile gauge, used to auscultate the road embankments made at the Vega Baja of the Segura river (Alicante). We also present a settlement calculus method for the same embankments using the compression index (Cc) obtained from consolidation test of undisturbed samples. Settlement measured with hydrostatic profile gauge allow us to compare the settlements of the embankments measured at field with those calculated by the exposed methodology. This fact allow us to take a validation of the calculated settlements with this method.

Keywords: Vega Baja del Segura, settlement, hydrostatic profile gauge, compression index

¹ Autor de contacto. Tlf. 965 903 400 x 3093.

1. Introducción

La Vega Baja del Segura se encuentra situada al sudeste de la provincia de Alicante. Está constituida por una gran llanura a través de la cual discurre el Río Segura. La historia geológica de la Vega Baja ha ocasionado la acumulación masiva de sedimentos relativamente recientes prácticamente sin consolidar y con escasez de cemento, lo que les confiere una importante problemática geotécnica.

Entre los problemas más habituales que ocasionan estos suelos cabe destacar la baja capacidad portante de los mismos, el riesgo de licuefacción del terreno ante eventos sísmicos, así como las deformaciones verticales o asentamientos que sufren al ser cargados (Cuenca et al., 2000).

En esta enorme planicie se asientan poblaciones como Orihuela, Catral, Almoradí, Rojales, Cox y Guardamar entre otras. La necesidad de crear vías de comunicación entre estas localidades debido al auge del turismo, sobre todo en las zonas costeras, ha obligado en los últimos diez años a la construcción de nuevos tramos de carretera.

Ambos aspectos, problemática geotécnica y demanda de infraestructura, han permitido una importante mejora de los conocimientos del terreno de la Vega Baja del Segura. La necesidad de limitar los asentamientos según las prescripciones de las estructuras y de los firmes ha hecho precisa en la mayor parte de los casos la intervención sobre el terreno para llevar a cabo su mejora o simplemente para acelerar los tiempos de asiento de los terraplenes mediante columnas de grava y drenes de mecha respectivamente.

2. Marco geológico

La Cuenca del Bajo Segura (Montenat, 1973) constituye una cuenca neógeno-cuaternaria de la cordillera bética. Queda englobada en el extremo más oriental, en el contacto entre las Zonas Internas y Externas.

A través de ella discurre el Río Segura (Fig. 1), que desemboca en el Mar Mediterráneo a través de un estrecho paso situado en las proximidades de la población de Guardamar. El río Segura ha sido periódicamente objeto de desbordamientos durante los intensos periodos de lluvia, lo que ha influido en la formación de determinadas unidades sedimentológicas.

Está constituida por materiales cuya edad varía desde el Tortonense hasta el Holoceno (Soria et al., 1999). Los materiales más antiguos se encuentran deformados y plegados generando un sinforme donde se han acumulado los sedimentos posteriormente. Los más recientes van desde el Pleistoceno superior al Holoceno, y son de origen fluvial, palustre, aluvial y costero dependiendo de su situación en el medio sedimentario de la Vega.

Desde el punto de vista estructural, el valle se encuentra limitado por dos estructuras tectónicas importantes, la Falla de Crevillente y la del Bajo Segura (Alfaro, 1995).

3. Propiedades geotécnicas de los materiales.

Los materiales detríticos que rellenan la cuenca pertenecen mayoritariamente a tres ambientes sedimentarios bien diferenciados. El primero lo constituyen una serie de abanicos aluviales desarrollados en las zonas próximas a los relieves periféricos. Están constituidos fundamentalmente por gravas y arenas alternantes con limos rojos. A menudo se encuentran encostrados mediante un caliche calcáreo, lo que les confiere un mejor comportamiento mecánico frente al resto de los sedimentos que rellenan la cuenca.

El segundo ambiente sedimentario lo constituyen los sedimentos fluviales de canal y de llanura de inundación y las áreas pantanosas desarrolladas en la misma llanura de inundación del río. La localización de estos ambientes coincide con la llanura actual por la que discurre el río Segura. Los materiales son fundamentalmente arcillas y limos gruesos con intercalaciones arenosas.

El tercer ambiente lo constituyen los depósitos costeros constituidos por arenas finas con cantidades pequeñas de limos arenosos y arcillas grises.

La potencia de los sedimentos que rellenan la cuenca varía desde pocos metros en el borde del valle hasta más de 30 metros en el depocentro (Delgado et al., 2000).

Desde el punto de vista geotécnico los materiales de mayor interés, debido a los problemas que originan sobre los terraplenes son los sedimentos fluviales y costeros frente al mejor comportamiento de los materiales detríticos de los abanicos.

Las propiedades geotécnicas de todos los materiales se resumen en la Tabla 1 donde se han diferenciado tres unidades geotécnicas (Delgado, 1997): una Unidad Superficial que contiene frecuentes niveles de arena que en ocasiones alcanzan varios metros de potencia, y una Unidad Inferior constituida por los subniveles de Arcillas Blandas y Limos profundos. Ambas unidades constituyen los sedimentos recientes de la Vega baja del Segura. La tercera unidad constituye, dadas sus mejores propiedades mecánicas, el Basamento Geotécnico de la cuenca. Está constituido por rocas sedimentarias con un mayor grado de rigidez y cementación. Generalmente los pilotes de las pilas de los puentes suelen apoyar sobre esta base.

Desde el punto de vista hidrológico cabe diferenciar un importante acuífero detrítico superficial cuya superficie piezométrica se sitúa a unos 2 m de profundidad y un acuífero confinado cuya superficie piezométrica se sitúa por encima de la propia superficie del terreno, emanando en algunos puntos en superficie. Este segundo acuífero está ligado a los conglomerados del Plioceno-pleistoceno. La existencia de estos acuíferos hace que los materiales situados a profundidades mayores de dos metros se encuentren en un estado de saturación.

4. Auscultación de terraplenes mediante línea continua de asientos.

Las líneas continuas de asientos (*hydrostatic profile gauge*) proporcionan una metodología para la lectura continua de asientos en elementos constructivos como terraplenes, tanques de carburantes, cimentaciones de edificios y presas de materiales sueltos, etc. Su fácil manejo hace que este sistema proporcione un buen instrumento para el seguimiento de terraplenes, lo que ha hecho que sea elegido como herramienta de auscultación frente a otros instrumentos habilitados para tal fin como son las células de deformación o las placas de asiento.

La línea continua de asientos (LCA) se compone fundamentalmente de una manguera flexible situada en posición perpendicular al eje del terraplén. Ésta va colocada en una pequeña roza rellena arena, excavada en la misma cimentación del terraplén. El terraplén se va construyendo sobre la propia línea, de manera que al deformarse el terreno por efecto de la superestructura, la manguera se deforma también de forma solidaria. Al medir la deformación de la manguera, podemos conocer, con total precisión, la magnitud y la distribución de asientos bajo del terraplén (Tomás et al, 2002).

El sistema tiene un alcance operativo máximo de 100 m ó 200 m si ambos extremos son accesibles. Su precisión es de ± 10 mm y los datos son fiables hasta un rango de deformación de 5 m.

Los elementos que componen la LCA son la manguera, las arquetas y el dispositivo de medida de asientos (Fig. 2). Las características principales de todos ellos se describen con más detalle a continuación.

4.1. Manguera

El primer elemento de la LCA es la manguera, que tras su colocación queda embebida en el terreno, en el contacto relleno-cimiento. Esta debe ser flexible longitudinalmente para permitir su adaptación a la deformada del perfil del terreno, y a su vez, lo suficientemente rígida y resistente transversalmente como para impedir su aplastamiento por las presiones debidas al peso del relleno y el efecto de la compactación. Hasta ahora, la solución más adecuada ha sido la utilización de mangueras de plástico rigidizadas mediante espirales metálicas de desarrollo longitudinal.

El diámetro de estas mangueras ha de ser lo suficientemente grande como para permitir el paso del torpedo metálico rígido incluso en aquellos puntos en los que la curvatura es muy importante. Además, éste ha de ser reducido para que quede siempre en la misma posición vertical dentro de la sección del tubo. En la Vega Baja, las mangueras utilizadas tienen un diámetro interior de 100 mm.

La arena que rellena la zanja donde se aloja la manguera debe presentar una granulometría fina, estando exenta de gruesos capaces de ocasionar roturas localizadas por punzonamiento en la manguera.

La principal ventaja de las LCA con respecto a otros sistemas de medida in situ, como las placas de asiento o el levantamiento de perfiles topográficos, estriba en la mayor operatividad del sistema, ya que las máquinas pueden circular libremente por el terreno tras su colocación, evitando así los mantenimientos que son necesarios considerar con otros sistemas de auscultación.

4.2. Arquetas

Las arquetas de medida tienen la misión de proteger los extremos de la manguera (Fig. 3) de manera que impida la manipulación de los extremos de la misma y su obstrucción desde el exterior. Es por lo tanto recomendable disponer una tapa metálica con cierre que evite posibles manipulaciones por personas ajenas.

Las dimensiones de las arquetas dependen de si el aparato de medida (UAD) se coloca en el interior de la arqueta o en el exterior de la misma durante la toma de datos. Cuando se coloca en el interior, las dimensiones deben ser mayores que cuando la UAD se sitúa apoyada sobre un trípode en el exterior. En el primer caso, las dimensiones aconsejables son 2 x 2 x 0.6 m, en el segundo caso se recomienda unas dimensiones de 1 x 1 x 0.6 m.

En el interior de la arqueta dispondremos de un punto de referencia con respecto al cual se realizará la medida de los asientos. Generalmente basta con disponer un ladrillo a modo de saliente, que nos servirá para apoyar, el piezómetro de lectura y utilizarlo siempre como punto común de referencia de todas las medidas. Suele ser conveniente la nivelación topográfica del punto de referencia de las lecturas, pues posibles deformaciones en el terreno circundante del terraplén pueden ocasionar pequeños desplazamientos verticales de la arqueta, que se podrán corregir conociendo su magnitud, para lo cual se llevarán a cabo periódicamente nivelaciones topográficas. También cabe la posibilidad de tomar puntos de referencia lo suficientemente alejados del terraplén con el fin de que no se vean influenciados por los efectos de deformación citados. Este procedimiento se ha llevado a cabo en la Vega Baja del Segura con un alto grado de satisfacción al evitar la nivelación topográfica periódica de la base de referencia.

Las arquetas se sitúan, a una distancia aproximada de 2 m medidas a partir de la arista inferior del talud del terraplén. Cada arqueta se coloca a un lado del terraplén, encontrando en ellas los extremos de la manguera.

Suele ser conveniente pasar una guía de nylon que quede alojada de forma permanente en el interior de la manguera. Esta guía nos permite llevar a cabo la operación de paso del sensor piezométrico (torpedo) a través de la manguera durante el proceso de medida.

4.3. Dispositivo de medida de asientos.

La presión ejercida por un líquido en reposo (P) sobre un punto situado en su seno, viene dada por la conocida expresión:

$$P = \gamma h g \quad (1)$$

donde γ es la densidad del líquido y h la diferencia de cota entre el punto considerado y la superficie libre del líquido y g es el valor de la gravedad.

Si lo que tenemos es un tubo cerrado por el extremo inferior y totalmente relleno de agua, esta Ecuación General de la Hidrostática seguirá cumpliéndose de manera que la presión en el extremo inferior será igual a la diferencia de cota entre ambos extremos h , multiplicado por la densidad γ del líquido que rellena el tubo y por la gravedad, g .

El dispositivo utilizado para medir los movimientos verticales de la manguera debido al asiento del terraplén consta básicamente de tres partes bien diferenciadas. En primer lugar tenemos un tubo de poliamida de unos 14 mm de diámetro exterior, relleno de agua y con una longitud suficiente como para atravesar transversalmente el terraplén de arqueta a arqueta. En uno de sus extremos, el tubo tiene acoplado un detector piezométrico (torpedo) cuya misión es emitir una señal eléctrica que indique la presión existente en ese extremo del tubo por el efecto del agua. Esta señal es recibida en el otro extremo por el tercer elemento que es capaz de traducir dicha señal o impulso eléctrico en un valor numérico de presión.

En resumen, el dispositivo de medida de asientos se fundamenta en el principio básico de la Hidrostática, y para ello mide la diferencia de presión entre el extremo del tubo denominado torpedo, donde se encuentra alojado el sensor piezométrico, y un pequeño nivel situado en la unidad de adquisición de datos (UAD).

Si medimos diferencias de nivel entre un punto fijo exterior y puntos interiores a la LCA podemos obtener el perfil de la deformada del terraplén, pues en definitiva, las lecturas de presión pueden traducirse fácilmente en valores de altura de carga o simplemente de diferencia de nivel.

El tubo de poliamida que se introduce por la manguera de la línea de asiento posee unas marcas situadas cada metro de longitud con el fin de poder obtener la ordenada ($\delta = \gamma h$) correspondiente a cada abscisa (x) y así poder obtener la deformada de la base del terraplén ($\delta = f(x)$)

4.4. Obtención de la deformada del terraplén

A partir de las lecturas de los asientos medidas a lo largo del tiempo mediante las LCA podemos representar, llevando a cabo las correcciones oportunas, la deformada del terraplén

(Fig. 3) que expresa la deformación vertical (δ) para cada distancia horizontal (x), donde $x \approx L$ ya que L es la longitud real del tramo de deformada considerado (Fig. 4).

Estas lecturas se han llevado a cabo en intervalos de tiempo aproximadamente regulares y tras episodios de carga importantes por elevación de la altura del terraplén.

Además, las LCA permiten llevar a cabo un control de los asientos producidos en la base del terraplén a lo largo del tiempo, lo que posibilita controlar el proceso de consolidación del terreno bajo el relleno.

Los asientos medidos en los diferentes terraplenes instrumentados hasta el momento muestran asientos que varían desde una decena de centímetros hasta más de medio metro de asiento (Tomás et al., 2002). Con el fin de evitar en la medida de lo posible estos asientos se han ejecutado columnas de grava que proporcionan una densificación del terreno con la consecuente mejora de las características resistentes del mismo.

5. Metodología de cálculo de asientos.

El cálculo de los asientos bajo del terraplén puede considerarse como un problema de deformación plana.

Para llevar a cabo el cálculo de los asientos se ha empleado un método edométrico que utiliza los parámetros obtenidos a partir de los ensayos de consolidación unidimensional de muestras inalteradas de suelo extraídas a distintas profundidades mediante sondeos con recuperación de testigo.

5.1. Método del índice de compresión

El método del índice de compresión considera que la deformación vertical sufrida por el suelo es debida a una reducción gradual de los índices de huecos en el terreno (Jiménez et al., 1975; Stamatopoulos et al., 1990).

El método del índice de compresión considera el valor de la pendiente correspondiente a la rama de carga noval de la curva de consolidación (C_c), el cual nos permite estimar la deformación (δ) sufrida por un elemento de espesor h_i a través de la ecuación (2) conocidos los valores correspondientes al índice de huecos inicial, (e_0) (antes de la construcción del terraplén), la tensión inicial en el terreno, (σ_0) (esfuerzo de consolidación natural), y el incremento de tensiones generado por la sobrecarga del terraplén, ($\Delta\sigma$).

$$\delta = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} \right] \times h_i \quad (2)$$

5.2. Metodología aplicada

Una vez conocida la geometría del terraplén (la altura, el ancho de coronación y la inclinación de los taludes) y su ubicación exacta, se procedió a la elaboración de un sondeo mecánico a rotación, con extracción de muestras inalteradas. Las muestras obtenidas fueron sometidas a ensayos de identificación y deformabilidad permitiendo además establecer la columna litológica tipo del terreno en dicho punto.

Las muestras extraídas a diferentes profundidades fueron ensayadas en laboratorio mediante el ensayo edométrico, obteniendo así las curvas de consolidación para cada una de ellas, en las cuales se representan los índices de huecos para cada escalón de carga aplicado (curvas e-log σ).

Los valores correspondientes a la densidad obtenida para cada faja horizontal de terreno, así como la posición del nivel freático fijada a partir del sondeo, nos permitió determinar la matriz de tensiones totales existentes en el terreno en estado de reposo $(\sigma_0)_{ij}$ por efecto de la propia sobrecarga del suelo o esfuerzo de consolidación natural (Stamatopoulos et al, 1990). Para ello las propiedades de densidad se hicieron extensivas al tramo de suelo (capas) que presenta iguales características litológicas.

El siguiente paso fue el cálculo de las tensiones inducidas al terreno por los terraplenes $(\Delta\sigma)_{ij}$. Este cálculo se ha llevado a cabo a partir de la ecuación de Boussinesq para un medio elástico, a través de una división del terreno en i fajas horizontales de un metro y j fajas verticales de dos metros, considerando además una carga trapezoidal de longitud infinita cuya magnitud viene dada por la densidad del material de relleno del terraplén (Cuenca, 1998; Tomás, 1998).

A continuación se ha llevado a cabo el ajuste de una curva del tipo polinómico que se adapta con un alto coeficiente de correlación a la rama de carga correspondiente (Cuenca, 1998; Tomás, 1998). Esta ecuación permite calcular los coeficientes de compresión (Cc) para cada intervalo de tensión inducida, y según el ensayo representativo de cada faja horizontal de terreno, obteniendo así la matriz $(Cc)_{ij}$.

La aplicación de la ecuación (2) proporcionó la matriz de asientos parciales $(\delta)_{ij}$, que sumados para cada faja vertical j nos facilitó el asiento total de la faja vertical considerada. Al repetir esta operación para las diferentes fajas verticales obtuvimos un vector $(\delta)_j$ que nos proporcionaba el asiento total bajo cada punto del terraplén.

En la Figura 5 se muestra un algoritmo en el que se indica el procedimiento de cálculo matricial establecido (Tomás, 1998).

5.3. Consideraciones previas

Para llevar a cabo la aplicación del método del índice de compresión se han establecido una serie de simplificaciones (Cuenca, 1998; Tomás, 1998). Entre estas simplificaciones destaca la eliminación en el cálculo de las capas de arena, así como de la profundidad tratada mediante columnas de grava, por considerarlas totalmente incompresibles.

Al llevar a cabo el cálculo mediante un método edométrico se descarta también la posibilidad de considerar ningún asiento instantáneo o secundario, pues el cálculo se limita a considerar un asiento de consolidación o primario. Posteriormente se ha comprobado que efectivamente la mayor parte del asiento total corresponde al asiento primario (Tomás, 1998).

La profundidad de cálculo de los asientos se ha hecho extensiva hasta aquella cota en la que, mediante el sondeo o las penetraciones, se estimaba que se encontraba la transición entre el substrato considerado rígido de la cuenca y el relleno cuaternario de mayor compresibilidad. Además, esta profundidad suele rondar los cuarenta metros en las zonas centrales de la cuenca, profundidad a la que las tensiones inducidas se reducen considerablemente proporcionando valores de asientos despreciables, lo que justifica doblemente esta consideración.

6. Comparación entre los asientos reales y los estimados.

Los asientos estimados mediante la metodología expuesta proporcionan valores muy próximos a los reales medidos in situ a través de la LCA, tal y como se muestra en la figura 9.

Tomás (1998) calculó para una muestra de datos de asientos máximos en el punto central del terraplén correspondientes a 13 LCA de la Vega Baja del Segura una precisión del $85 \pm 11\%$ en la estimación de asientos mediante el empleo del método expuesto.

Se ha observado (Fig. 6) que los asientos previsibles mediante esta metodología proporcionan en general unos valores de asiento ligeramente superiores a los asientos reales medidos mediante la LCA, lo que nos sitúa en el lado de la seguridad a la hora de adaptar las estructuras a dichas deformaciones.

La estimación general de la deformada del terraplén es también muy buena, aunque se observa cierta tendencia a que se produzca una mayor desviación de los asientos reales y los teóricos en los bordes de los terraplenes, como se muestra en la Figura 7 donde se han representado la deformada obtenida mediante LCA y la deformada teórica estimada.

Por otro lado, se ha comprobado la precisión obtenida en la estimación de asientos en terraplenes en los que se ha mejorado el terreno mediante columnas de grava para así determinar si la simplificación efectuada era válida o se observaba alguna tendencia de reducción de los asientos estimados por obviar la compresibilidad de la capa mejorada. Para estos terraplenes se ha comprobado que tales consideraciones resultan adecuadas en la estimación de asientos.

Esta metodología ha permitido también estimar la evolución de los asientos para diferentes alturas de carga del terraplén con un alto grado de satisfacción (Cuenca et al, 2001) (Fig. 8).

7. Conclusiones

Las LCA proporcionan una metodología muy útil en la auscultación de terraplenes construidos sobre suelos de baja calidad, permitiendo conocer la deformación de la base del terraplén debido a procesos de consolidación con una gran precisión, evitando los métodos topográficos que se limitan únicamente a obtener la deformada de la superficie del terraplén.

Las LCA han servido en estos últimos años para adquirir un conocimiento más preciso sobre el comportamiento de los suelos de la Vega Baja del Segura, permitiendo así comparar modelos teóricos y reales de deformación con el fin de determinar el método de cálculo más adecuado.

La metodología expuesta proporciona una buena aproximación para la estimación de asientos en la Vega Baja del Segura, tal y como se desprende de las diversas experiencias llevadas a cabo en estos suelos con terraplenes de carreteras.

Por tanto, se puede afirmar que todas las simplificaciones llevadas a cabo durante el cálculo como la estimación de tensiones mediante las ecuaciones de Boussinesq, la suposición de capas indeformables y el efecto de rigidización generado por las columnas de grava son admisibles para los fines considerados.

Las características del proceso permiten un alto grado de informatización a través de algoritmos matemáticos que permitan trabajar matricialmente con los diferentes valores de tensión, índices de huecos y coeficientes de compresión, aunque la interpretación de los resultados así como la entrada de datos precisará de un alto grado de supervisión humana.

Otra ventaja notable de esta metodología es que proporciona gran flexibilidad en la obtención de datos de asientos, pues permite conocer los asientos que se generarán durante la ejecución del terraplén con el aumento de la altura de carga, o la deformada definitiva para la altura final del terraplén.

La aplicación de esta metodología no suele ser viable a obras de pequeño presupuesto, ya que la necesidad de contar con sondeos en el lugar exacto en el que se pretende llevar a cabo la estimación de asientos, así como de realizar ensayos edométricos y determinación de densidades de suelo a diferentes profundidades encarece el proceso de toma de datos.

La principal deficiencia de esta metodología es que no permite llevar a cabo estimaciones sobre la evolución temporal de los asientos para una carga determinada (estimaciones tiempo-asiento). Para ello se hace necesario el empleo de modelos de consolidación que consideren

además la variable tiempo, como son los modelos reológicos viscosos o los modelos basados en el coeficiente de consolidación C_v .

A pesar del amplio conocimiento adquirido sobre el comportamiento de los suelos de la Vega Baja del Segura en esta última década, hemos de ser cautos, considerando la posibilidad de que se produzcan excepciones estratigráficas y geotécnicas que puedan alterar notablemente los resultados, siendo necesario en todo caso recurrir a la ejecución de un sondeo acompañado de un estudio geotécnico que nos permita discernir en que tipo de ambiente sedimentario nos encontramos y que parámetros y metodología es aplicable.

Referencias bibliográficas

- Alfaro, P (1995). Neotectónica en la Cuenca del bajo Segura (Sector Oriental de la Cordillera Bética). Tesis doctoral. Universidad de Alicante.
- Cuenca Payá, Artemio, (1998). Informe sobre la Carretera Rojales-Guardamar. Laboratorio de Carreteras del COPUT. Alicante.
- Cuenca Payá A., Delgado Marchal J., Domenech Morante C., Tomás Jover R., (2000). Itinerarios Geológicos por la Provincia de Alicante y limítrofes. "El Cuaternario reciente de la Vega Baja del Segura: Problemática geotécnica".
- Cuenca Payá A., del Corral Marhuenda A., (2001). Técnicas de instrumentación en geotécnica. 1ª Jornadas de Ingeniería Geológica. Febrero de 2001. Universidad de Alicante.
- Delgado Marchal J., (1997). Zonificación sísmica de la Vega Baja del Río Segura: Análisis de la respuesta del suelo. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante, 1997.
- Delgado Marchal J., López Casado C., Estevez A., Giner J., Cuenca A., Molina S., (2000). Mapping soft soil in the Segura River valley (SE Spain): A case of study of microtremors as an exploration tool. Journal of App. Geophysics.
- Jiménez Salas J.A., de Justo Alpáñés J.L., (1975). Geotecnia y Cimientos I. Propiedades de los suelos y de las rocas. Editorial Rueda.
- Montenat C. (1977). Les bassins neogenes et quaternaires du Levant d'Alicante a Murcie (Cordilleres Betiques orientales, Espagne). Deoc. Lab. Geol., Universidad de Lyon nº69, 345 p.
- Soria J., Alfaro P., Delgado J., Durán J.J., Estévez A., (1999). Radiocarbon dating in the Holocene of the Lower Segura Basin (Eastern Betic Cordillera, Spain): Sedimentation rates and eustatic implications. Bull. Soc. Geol. France, 170, 349-354.
- Stamatopoulos A. C., Kotzias P.C., (1990). Mejoramiento de suelos por precarga. Editorial Noriega Limusa.

- Tomás Jover, R., (1998). Estudio sobre los asentamientos producidos en los suelos blandos de la Vega Baja del Segura. TFC. Ingeniería Técnica de Obras Públicas. Escuela Politécnica Superior de Alicante. Alicante.
- Tomás Jover, R., Cuenca Payá A., Delgado Marchal J., Domenech Morante C., Sentana Gadea I., (2002). Seguimiento geométrico de terraplenes mediante líneas continuas de asentamientos en la Vega Baja del Segura (Alicante). XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Cantabria, España.

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

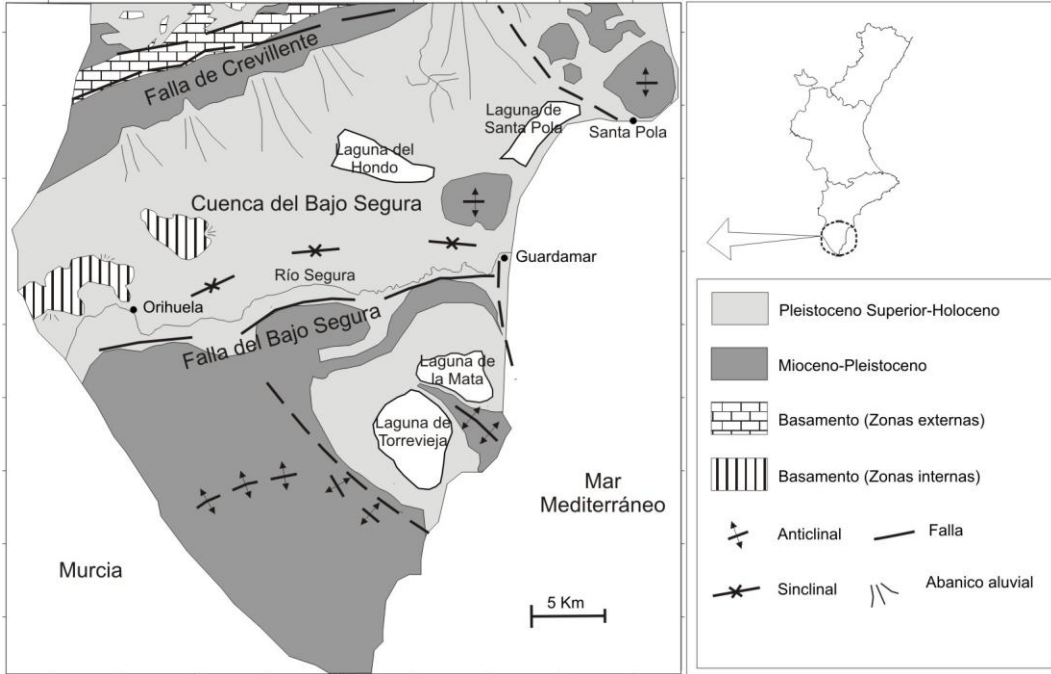


Fig. 1.- Esquema geológico de la Vega Baja del Segura.





Fig. 2.- Elementos de la línea continua de asientos (LCA).

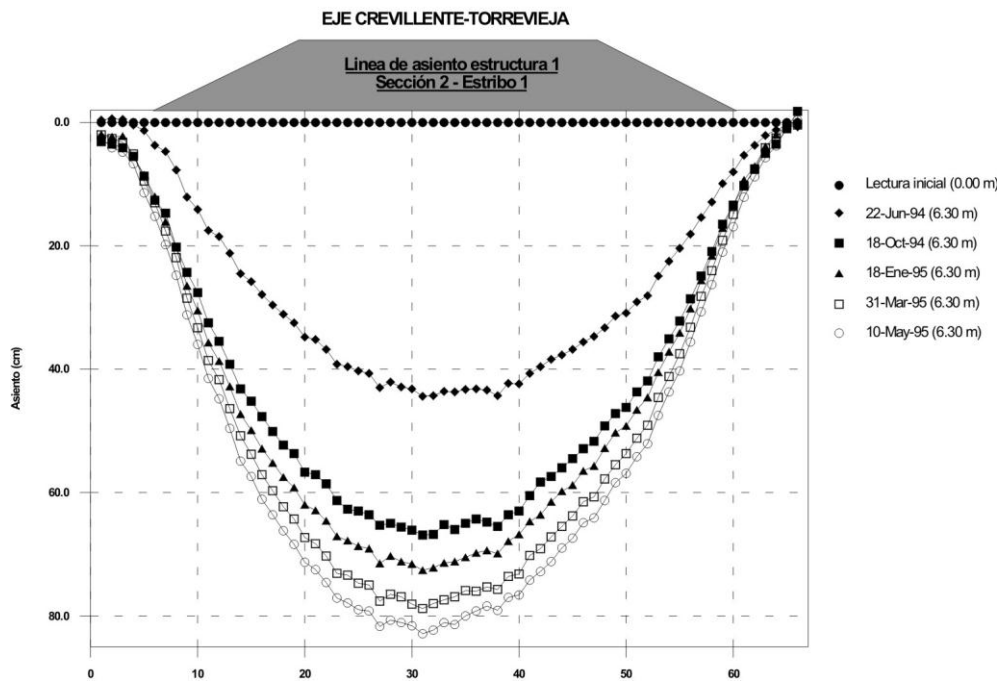


Fig. 3.- Serie de lecturas de asientos realizadas en un terraplén de la Vega Baja del Segura.

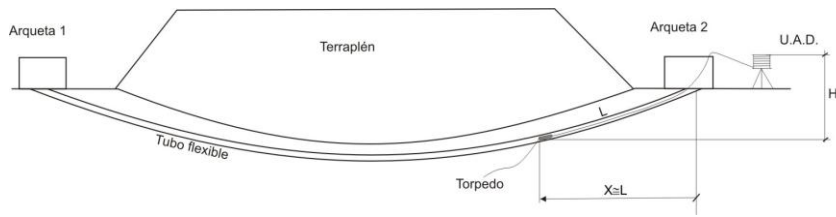


Fig. 4.- Obtención de la deformada de un terraplén mediante LCA.

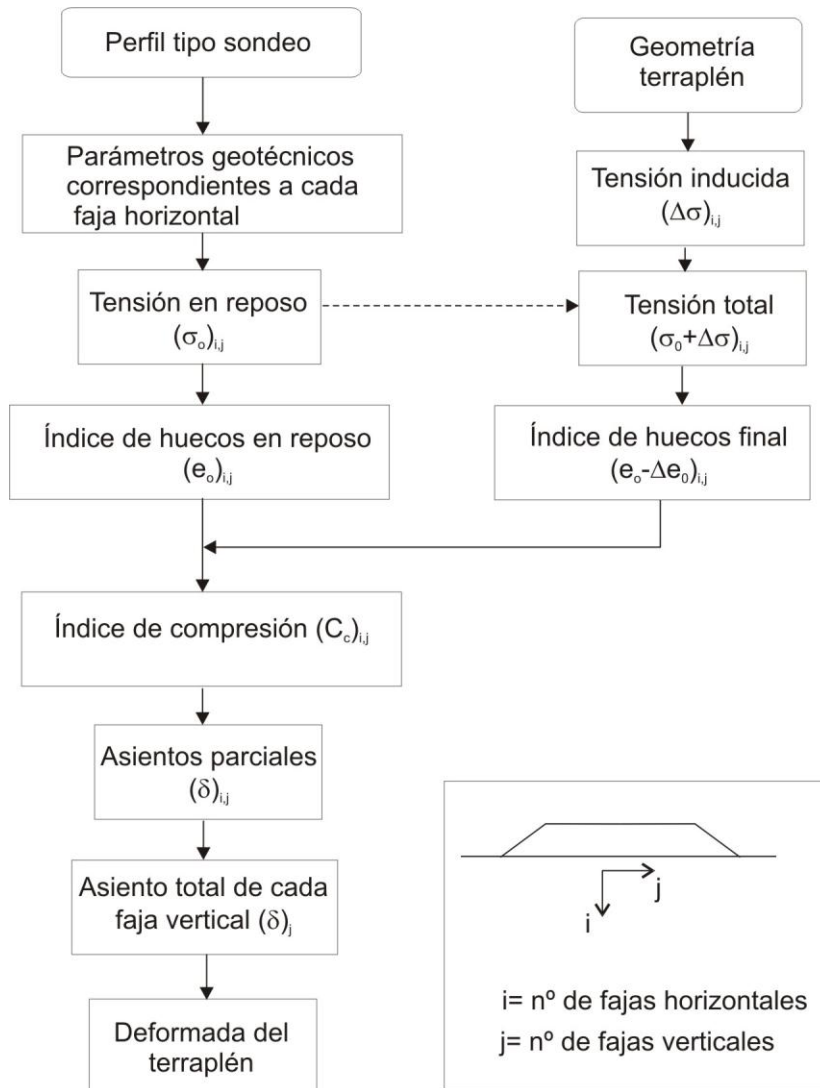


Fig. 5.- Procedimiento de cálculo de asientos bajo un terraplén (Tomás, 1998).

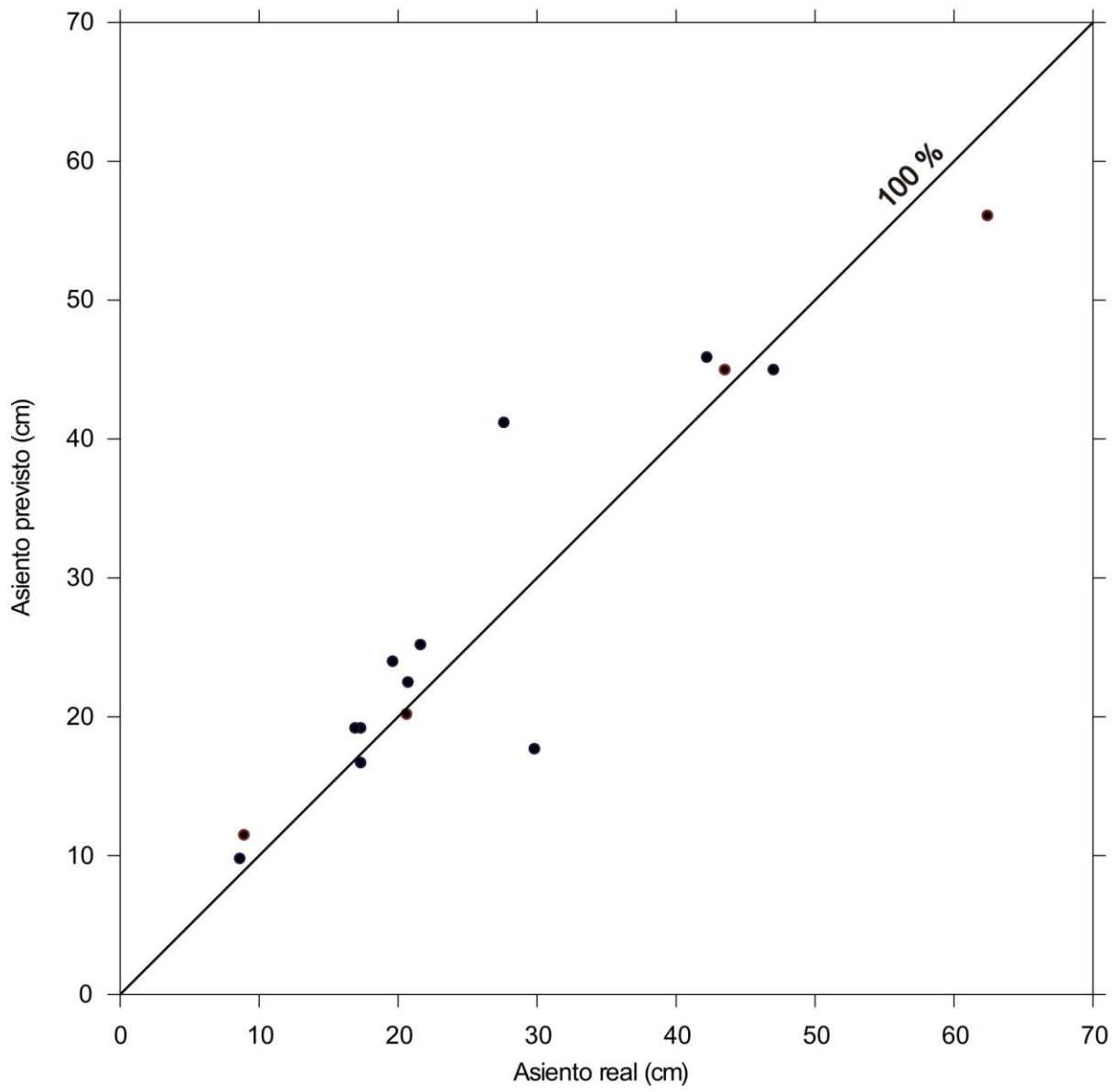


Fig. 6.- Comparación de asientos reales y de cálculo (modificado de Tomás, 1998).

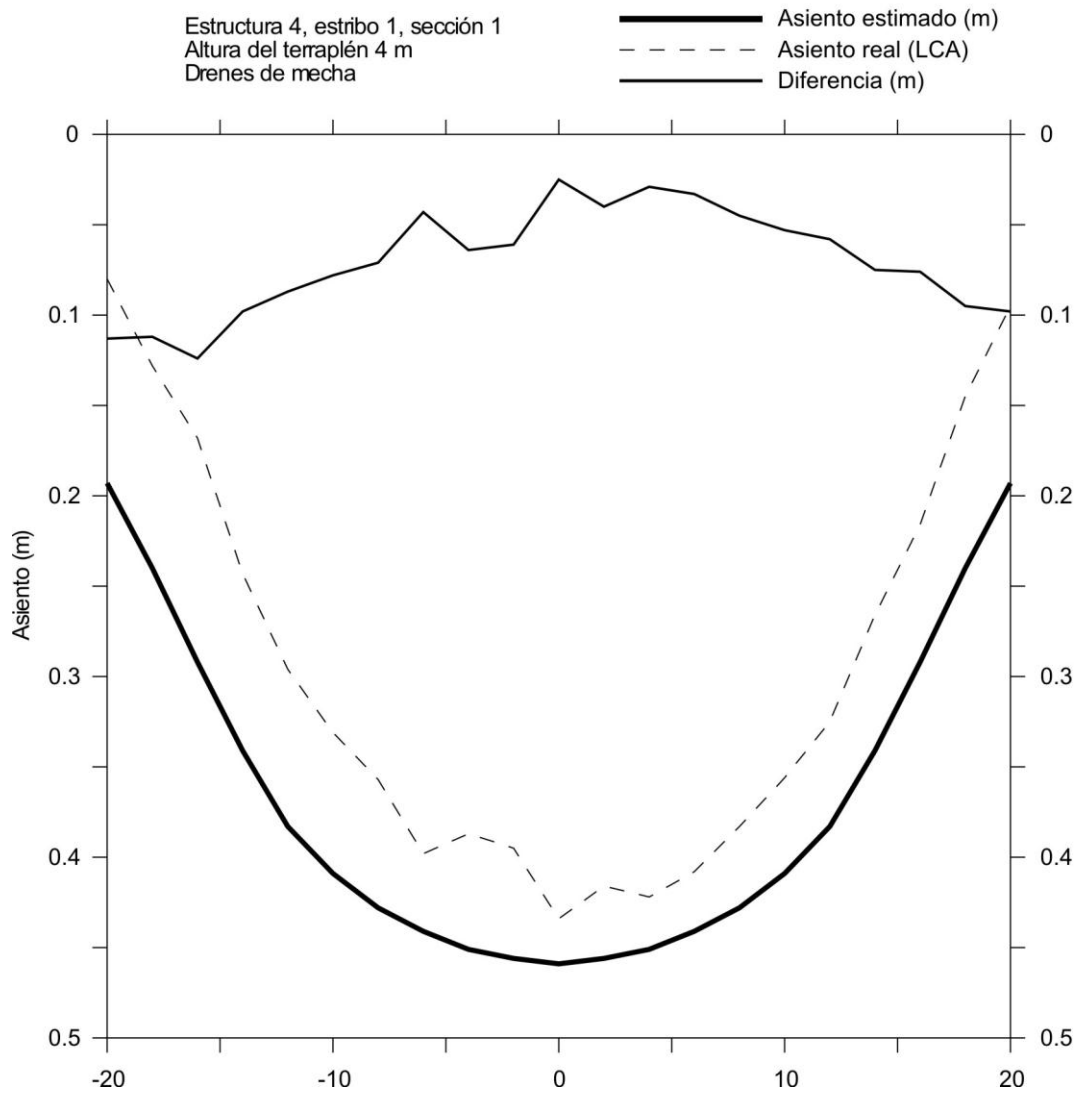


Fig. 7.- Comparación de la deformada teórica y real de un terraplén (modificado de Tomás, 1998).

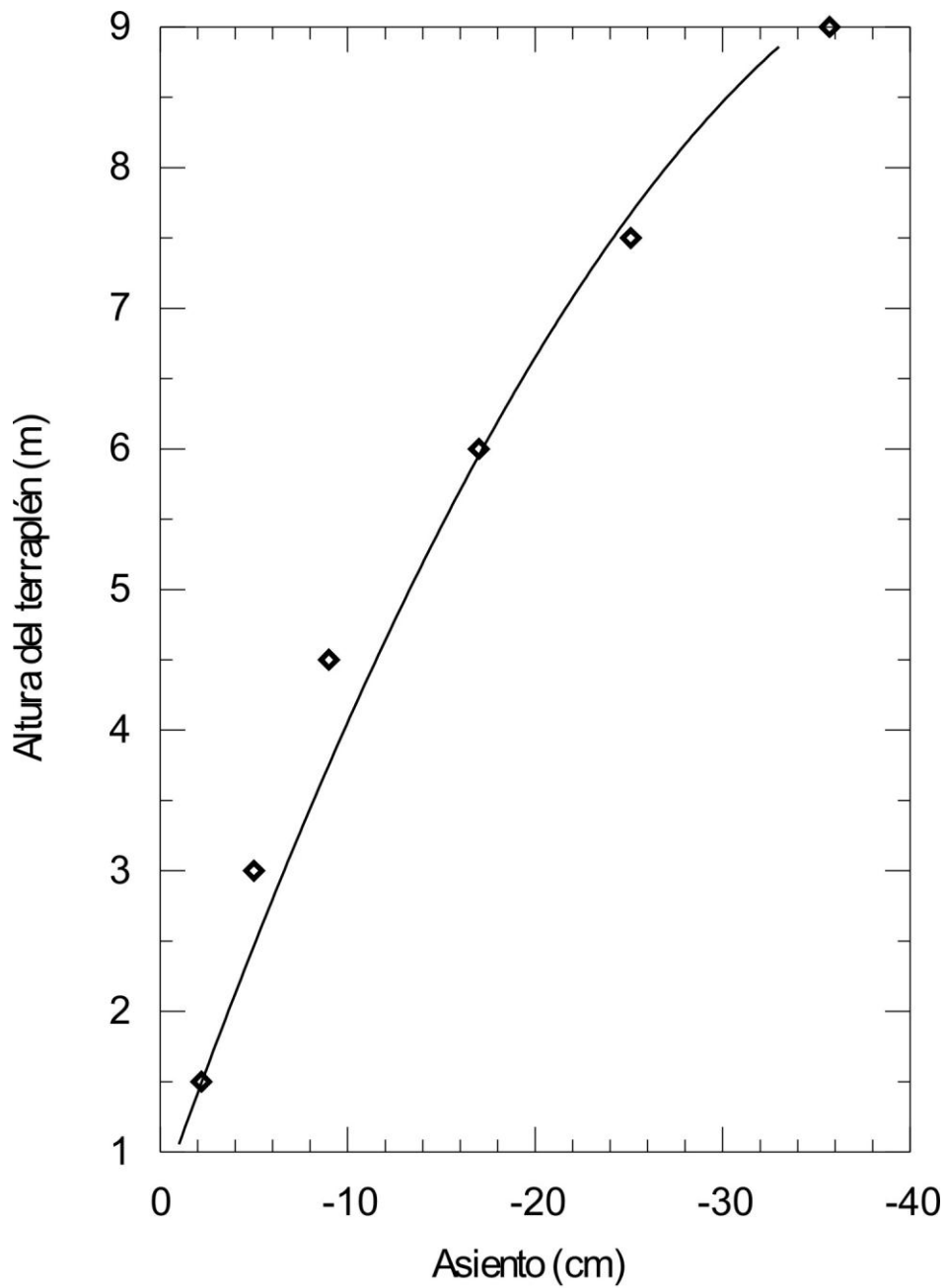


Fig. 8.- Evolución de los asentamientos reales y previstos para diferentes alturas del terraplén (Cuenca et al, 2001)

Tablas

Tabla 1.- Resumen de las propiedades geotécnicas de los materiales de la Vega Baja de Segura (datos de Delgado, 1997 y Tomás, 1998)