

## ASIENTOS SECUNDARIOS DE TERRAPLENES SOBRE SUELOS ORGÁNICOS TRAS 25 AÑOS EN SERVICIO

**D. Fernando ROMÁN**

Dr. Ingeniero de Caminos.  
Intecsa-Inarsa.

Prof. Dpto. Ingeniería y Morfología del Terreno U.P.M.

### RESUMEN

La autopista del Mediterráneo, entre Tarragona y Alicante, atraviesa zonas de antiguas marismas costeras con terraplenes de escasa altura impuesta por razones de su estabilidad. Superados los primeros asientos de tipo prácticamente "primario", producidos durante la construcción y en los primeros meses de servicio, los terraplenes han ido manifestando asientos que podríamos llamar de tipo "secundario" en los que la materia orgánica juega un papel importante. En este artículo se realiza una síntesis de algunas zonas controladas durante casi 25 años en donde se confirma la evolución lineal de los mismos con el logaritmo del tiempo.

### 1 INTRODUCCIÓN

Entre los años 1974 y 1976, se construyeron y abrieron al tráfico diversos tramos de las Autopistas de peaje Tarragona - Valencia y Valencia - Alicante. Algunos de ellos comportan terraplenes que se apoyan en zonas de antiguas marismas costeras o creadas en la desembocadura de ríos. En ellas existen en los primeros metros suelos limosos orgánicos, incluso prácticamente turbas, de escasa resistencia y alta compresibilidad. Los terraplenes son de escasa altura precisamente por razones de resistencia del suelo y no se registraron problemas de estabilidad. Sin embargo se produjeron importantes asientos al principio de su construcción que fueron contemplados por la sociedad concesionaria como admisibles planificando las operaciones de mantenimiento necesarias

para garantizar una rasante cómoda y segura. La estimación a priori de estos asientos no es una tarea sencilla porque entran en juego diversos factores cuya determinación no es fácil. No debe olvidarse que los suelos orgánicos están formados por partículas en gran parte deformables y en su compresibilidad entran en juego variables atípicas en mecánica de suelos como el grado de humificación de la componente orgánica, el tipo de turba originaria, su lignificación, el propio contenido en esta materia orgánica, la posibilidad de descomposición etc,...

Durante la década de los 70, Intecsa (en la actualidad Intecsa-Inarsa) bajo el contrato del proyecto y Dirección de Obra para la entidad concesionaria Autopistas AUMAR (anteriormente denominada AUMAR, Autopistas del Mare Nostrum) inició las labores de auscultación de estos asientos con el fin de analizarlos y estimar su evolución futura. Desde 1976, las labores de auscultación han estado llevadas directamente por la concesionaria con la misma intensidad que anteriormente y con la periodicidad que iba requiriendo el grado de asentamiento.

En 1986, el autor de este artículo recopiló la información referente a los suelos orgánicos existentes bajo algunos terraplenes, publicándola en el 5º Congreso de IAEG, en Buenos Aires. En él se incluían un resumen de las características de los suelos y la evolución de los asientos en los diez primeros años.

En los años posteriores los asientos han sido bastante reducidos y la necesidad de auscultación se ha convertido meramente en un trámite casi de investigación o, a lo

sumo, de mediciones en los momentos de abordar operaciones de refuerzos, pues la rasante se ha mantenido en las condiciones deseadas.

Actualmente han transcurrido entre 25 y 30 años desde la construcción de estos terraplenes y ha parecido oportuno actualizar en la medida de lo posible los datos de asiento ocurridos. Asimismo se ha tomado la licencia de transcribir gran parte de los datos del artículo de 1986 para que sirvieran de contexto adecuado.

## 2 DESCRIPCION Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

En la costa levantina existen numerosas áreas de antiguas marismas asociadas generalmente al estuario de cauces en zonas geológicamente deltaicas y en una costa en un proceso de lenta subsidencia. La autopista del Mediterráneo atraviesa obligadamente algunas de ellas - normalmente en los bordes de las mismas - con terraplenes de altura reducida por problemas de estabilidad.

En 1986 se resumieron las propiedades de algunas de las áreas siguientes:

**Antiguas marismas de La Llosa.** Localizadas al Norte de la población de Almenara (Castellón). Los suelos sobre los que se apoyan los terraplenes son limos orgánicos y turbas con espesores de 2,50 a 3,0 metros que descansan sobre limos más competentes.

**Antiguas marismas de Benavites.** Situadas al sur de Almenara, a unos 5 km de la zona anterior y de características similares.

**Antiguas marismas del Estuario del río Jucar.** En ellas están presentes suelos limosos orgánicos y turbas, frecuentemente en dos niveles, entremezclados con depósitos del río o de sus inundaciones. A veces se mezclan con suelos arenosos de antiguas playas. En este artículo se detallarán datos específicos de un área próxima a la población de Corbera.

**Marisma de Pego.** En la fecha de la construcción de la autopista ésta pasaba en su extremo Norte prácticamente por el límite oriental de la marisma. Aunque en este artículo no se han podido incluir datos nuevos de esta zona, se ha creído oportuno incluir sus características y la evolución en el primer período en servicio.

Son suelos que contienen fracciones de arcillas, limos y arenas con restos de plantas en un estado variable de descomposición. Son de color oscuro desde grises azulados hasta tonos claramente negruzcos en el caso de las turbas.

La elevada presencia de materia orgánica condiciona muchas de las propiedades que clásicamente se utilizan para caracterizar geotécnicamente los suelos. Un análisis granulométrico o la determinación de los límites de Atterberg no son adecuados para un suelo en el que las partículas orgánicas influyen notablemente. Sin embargo, el propio contenido de materia orgánica, el estado y forma de sus partículas vegetales, el contenido en agua, la densidad y el índice de poros son características que permiten diferenciarlas y establecer correlaciones con otras propiedades, especialmente la compresibilidad bajo cargas.

La fracción orgánica de estos suelos orgánicos levantinos es del "tipo" 6-7, o incluso del 10, de la clasificación de MacFarlane (1969), es decir una mezcla de turbas finamente fibrosas con zonas de turbas más amorfas y humificadas, en las que de vez en cuando aparecen algún resto más leñoso. La edad de estas turbas del orden de 6.000 años.

Las propiedades más representativas, su rango y sus valores medios, pueden resumirse en la tabla 1.

Zona	Num. muestr.	MO	W	D.S.	$e_0$	$C_c$
La Llosa + Benavites	7	2-45 22	35-180 95	5-13 7.6	0.8-3.08 2.09	0.69-0.95 0.82
Estuario Jucar	7	18-98	65-413 210	1.9-12 6.1	1.49-8.45 4.11	0.6-4.24 2.2
Pego	4	10-94 34	104-366 215	2.3-7.1 4.5	1.8-8.01 4.64	0.48-3.00 1.6

Tabla 1.- Características de los suelos orgánicos

Donde:

MO: contenido en materia orgánica (%)

W: Humedad (%)

D.S.: Densidad seca ( $\text{kN/m}^3$ )

$e_0$ : Índice de poros

$C_c$ : Índice de compresión primaria.

### 3 ENSAYOS EDMÉTRICOS

Durante el proyecto de los terraplenes sobre estos suelos se realizaron numerosos ensayos edométricos con edómetros convencionales de 45 mm de diámetro y de 12 a 20 mm de altura de pastilla, y con incrementos de carga de 1 día de duración. Las conclusiones que se sacaron

(Román, 1986) son las siguientes:

En las muestras de suelos a menos de 3 metros de profundidad se determinaron presiones de preconsolidación de 2 a 20 veces la presión normal, debido probablemente a las desecaciones y oscilaciones del nivel freático.

La conocida relación del índice de compresión con la humedad, para estos suelos se estableció en

$$C_c = \frac{W}{95} - 0,3$$

fundamentalmente válida para  $W < 300$

La compresión secundaria se ha manifestado claramente en las curvas de consolidación de cada escalón de carga, en escala semilogarítmica, como una recta cuya pendiente se define como el índice de compresión secundaria  $C_s$ . Se correlacionó este índice con otras propiedades tales como la materia orgánica o el índice de poros encontrando que la mejor variable con la cual se podía relacionar era la de la humedad través de la expresión:

$$C_s = \frac{1}{a} (\log W - b)$$

donde  $a = 25 - 35$  y  $b = 1,5 - 1,6$

#### 4 ASIENTOS MEDIDOS HASTA 1985

La altura de los terraplenes construidos no excede de 3 metros en ningún caso, lo cual representa unas cargas muy reduci-

das para el nivel de asientos registrados. En la figura 1 se muestran los asientos medidos hasta 1985 en las cuatro zonas mencionadas.

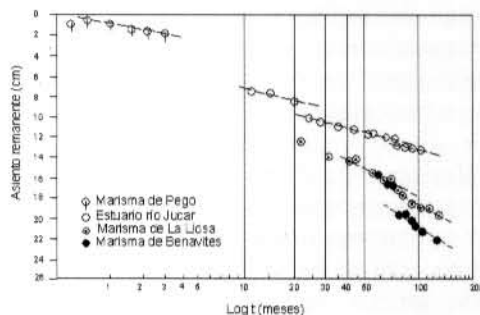


Figura 1.-Evolución de los asientos remanentes hasta 1985

En los meses iniciales no se midieron los asientos por lo que los gráficos son sólo representativos de la evolución de los asientos en la vida de los terraplenes. Es decir encajan perfectamente con los asientos de tipo secundarios.

En el gráfico se han dibujado unas rectas de correlación que se pueden asociar a dos tipos de pendientes; se han notado descensos bruscos que achacamos a variaciones del nivel freático.

La pendiente de estas rectas es el coeficiente de consolidación secundaria que, comparándole con el de laboratorio, se ha incluido en la tabla 2.

De este período de auscultación se dedujo que:

Se verifica que el asiento secundario parece manifestarse linealmente con el logaritmo del tiempo, excepto para algu-

Zona	C <sub>s</sub> en laboratorio			C <sub>s</sub> in situ	
	Fecha	Prof.	C <sub>s</sub>	Periodo de auscultación	C <sub>s</sub>
La Llosa	1971	1,30	0,0107	1975-1985	0,030
Benavites	1971	2,80	0,0087	1975-1985	0,042
Estuario río Jucar	1974	1,50	0,024	1976-1984	0,020
Pego	1974	2,00	0,011	1984-1985	0,015

Tabla 2.- Coeficientes de consolidación secundaria medidos en laboratorio e in situ

nas discontinuidades probablemente achacables a variaciones locales del nivel del agua.

El coeficiente CS en dos de las áreas mencionadas es del mismo orden de magnitud que el ensayado en laboratorio. En las otras dos, el coeficiente medido in situ es de dos a cinco veces mayor.

### 5 ASIENTOS MEDIDOS HASTA 2000

Los asientos registrados a partir de los 10 años están siendo del orden de algunos milímetros anuales lo cual hace que la necesidad de auscultar sea cada vez menos necesaria para las operaciones de mantenimiento.

Los datos disponibles de fechas más recientes se refieren a tres de las zonas y sólo como valores promedio de los registrados a lo largo de todo el tramo afectado en cada zona. Por lo tanto no pueden compararse en términos absolutos con los de la figura 1. Pero siguen siendo significativos de su forma de evolucionar en el tiempo.

En la figura 2 se ha representado la evolución del promedio de estos asientos en

tres zonas.

Los coeficientes de consolidación secundaria que se deducen de esta medición son los de la tabla 3.

Como se ha dicho antes, los coeficientes de la tabla 3 no son exactamente comparables entre los dos periodos de tiempo pues los del primer periodo corresponden a asientos de puntos concretos y los del segundo periodo a asientos medios de cada zona. No obstante, los órdenes de magnitud son razonablemente similares y pueden ser tomados como un índice del comportamiento de estos suelos.

Finalmente hay que mencionar que se ha hablado de la consolidación "secundaria" como causa de estas deformaciones. Esta consolidación está presente en casi todos los suelos arcillosos no necesariamente orgánicos. Realmente habría que hablar de una consolidación denominada "terciaria" pero se ha preferido englobarla en la anterior.

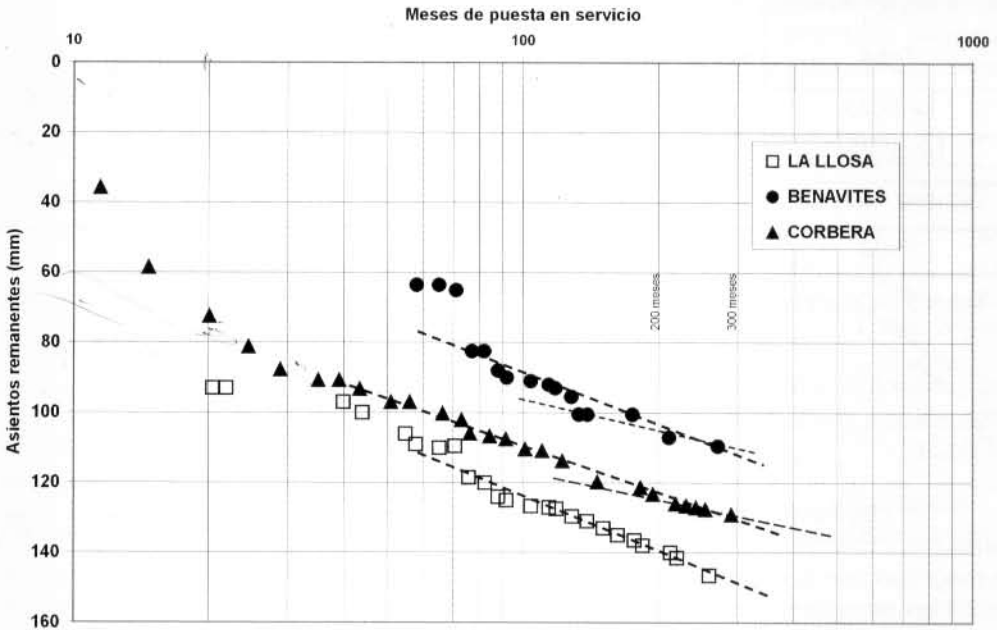


Fig. 2.- Evolución del promedio de los asentamientos en cada zona

Zona	Prof	C <sub>s</sub> en laboratorio		C <sub>s</sub> in situ			
		Año	C <sub>s</sub>	Periodo	C <sub>s</sub>	Periodo	C <sub>s</sub>
La Llosa global	1,30	1971	0,0107	1975-1986	0,030	1975-1995	0,018
Benavites global	2,80	1971				1975-1996	0,021
Benavites parciales	2,80	1971	0,0087	1975-1985	0,042	1975-1996	0,012
Corbera (*) global	1,50	1974				1976-2000	0,017
Corbera parciales	2,00	1974	0,024	1976-1984	0,020	1976-2000	0,012

(\*) Corbera corresponde a la zona del estuario del río Jucar

Tabla 3.- Coeficientes de consolidación secundaria medidos in situ hasta 2000

## 6 AGRADECIMIENTOS

Se quiere agradecer a la sociedad concesionaria Autopistas Aumar su autorización para la publicación de todos los datos de este artículo así como, en particular, a su Director de Ingeniería, José Ramón Graciani, y a los Ingenieros Enrique López y Fernando Sánchez, su generosa colaboración en la obtención de los datos relativos a la auscultación.

## BIBLIOGRAFÍA

AUTOPISTAS AUMAR. Proyectos de trazado y de construcción de las autopistas Tarragona-Valencia y Valencia-Alicante.

AUTOPISTAS AUMAR. Datos sobre auscultación de terraplenes.

MAC FARLANE, I.C. (1969). "Muskeg Engineering Handbook". Muskeg Subcommittee of the NRC. Associate Committee on Geotechnical Research. University of Toronto Press.

ROMAN, F. (1977). "Los suelos orgánicos, su origen y propiedades". E.T.S. Ingenieros de Caminos. Valencia.

ROMAN, F. (1986). "Secondary consolidation of some organic Spanish soils". 5th International IAEG Congress. Buenos Aires.