



## Jornadas técnicas de gestión de taludes

**Problemas atípicos en la deformabilidad a  
largo plazo de los rellenos.**

*Presentación elaborada por:*

*Eduardo Pradera Gámez*

*Ingeniero de Caminos Canales y Puertos*

Barcelona, 26 de noviembre de 2015

# Índice

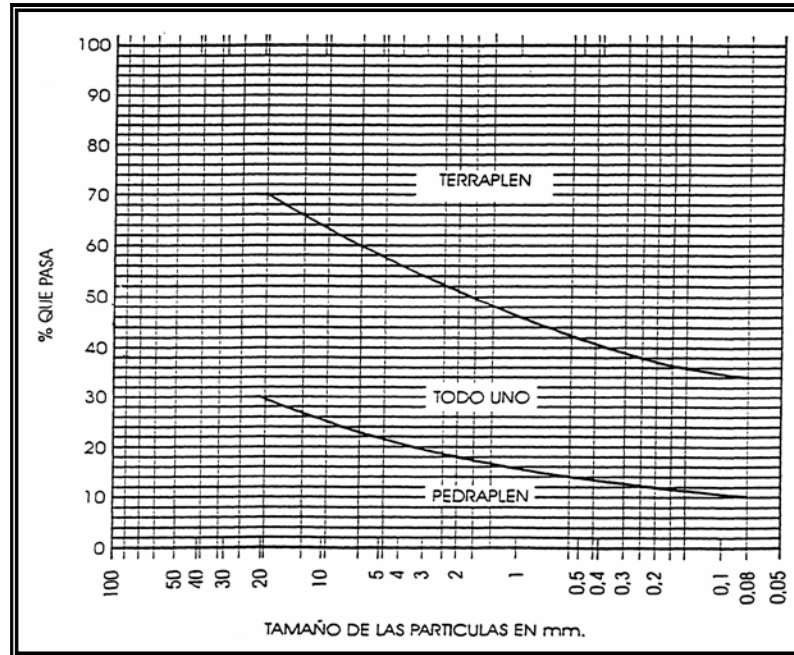
- 1 La deformabilidad de los rellenos.**  
Casuística general.
- 2 Comportamiento postconstructivo atípico.**  
Tipología errónea de los rellenos.
- 3 Comportamiento postconstructivo atípico.**  
Caso práctico de relleno ferroviario de gran altura.  
Caso práctico de relleno de autovía.  
Caso práctico de relleno ferroviario de altura limitada y gran longitud

# 1. La deformabilidad de los rellenos.

## Casuística general (1/3).

Con carácter general los rellenos se diferencian por la Granulometría del material empleado, entre:

- Terraplén.
- Todo-uno.
- Pedraplén.
- Escolleras.



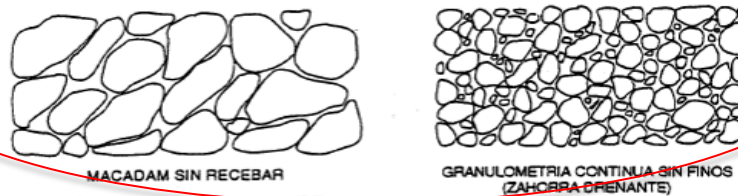
La diferenciación entre estas tipologías son establecidas en los pliegos de prescripciones técnicas de cualquier obra de carreteras.

Existe un cierto grado de imprecisión en cuanto a las características de la roca matriz en el caso del **pedraplén y del todo-uno**, en cuanto a la resistencia mínima exigible. Se prescribe exclusivamente que sean rocas durables.

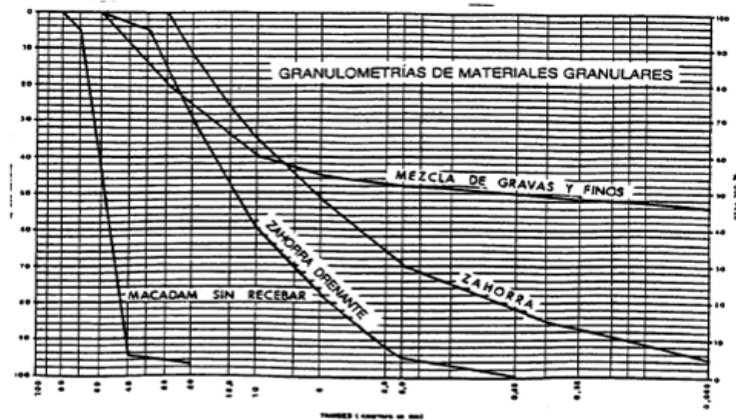
# 1. La deformabilidad de los rellenos.

## Casuística general (2/3).

El comportamiento resistente y deformacional de un relleno tiene que ver con la **estructura del material resultante de la puesta en obra**, directamente relacionado con el **número de contactos** entre partículas y de la consecuente **presión** en los mismos.

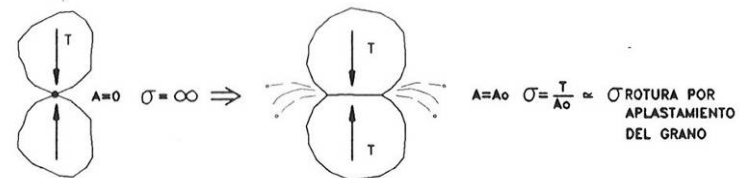
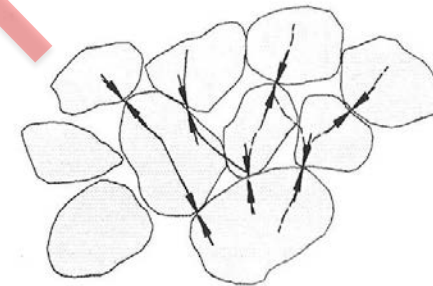


TIPOS DE ESTRUCTURAS GRANULARES



Los requerimientos exigibles al material que constituye la **estructura resistente de los rellenos granulares** se establece en términos de:

- Resistencia
- Durabilidad.



# 1. La deformabilidad de los rellenos.

## Casuística general (3/3).

---

### ASIENTO CONSTRUCTIVO:

- a) Se produce **inevitablemente** en cualquier relleno construido por capas.
- b) Normalmente alcanza un valor comprendido entre el **1% y el 2% de la altura**, correspondiente a la integración total del mismo.
- c) Normalmente no tienen **ninguna consecuencia**, ya que lo enmascara la construcción progresiva del relleno.

### ASIENTO POSTCONSTRUCTIVO:

- a) Existe **siempre** un asiento post-constructivo en los rellenos debido a un reajuste de su estructura interna sin aumento de carga.
- b) Suele alcanzar una magnitud en el entorno del **20% del producido en la etapa constructiva** antes citada, es decir del 0,2-0,4% de la altura del relleno
- c) Se suele estimar que se produce **a lo largo de los primeros 10 años** de vida de la obra, siendo previsible que **la mitad del mismo se desarrolle el primer año** de funcionamiento, distribuyéndose el resto en los nueve siguientes.



## 2. Comportamiento postconstructivo atípico.

### Tipología errónea de los rellenos (1/3).

Dentro de las causas que suelen producir comportamientos atípicos en el asiento postconstructivo, nos interesa destacar el que tiene que ver con la formación de rellenos con tipología inadecuada.

Esta circunstancia se produce con bastante frecuencia por las siguientes causas:

- Utilización de materiales pertenecientes a **formaciones rocosas blandas** o arcillosas duras (RCS 1-50 Mpa), normalmente de naturaleza alterable. Materiales característicos con esta problemática son margas, agilitas, arcillitas, etc.
- Identificación en laboratorio, mediante las técnicas habituales de preparación y ensayo, como suelos **utilizable como para la formación de terraplén.**



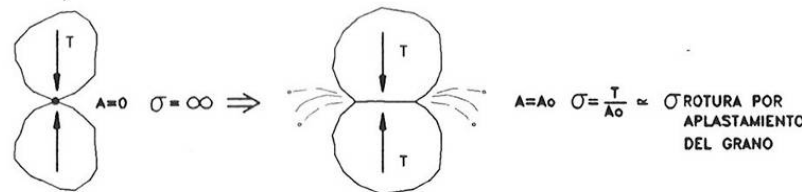
El proceso de preparación de la muestra en laboratorio se realiza habitualmente con mazo de goma o madera, lo que puede llegar a provocarla **disgregación total** de los bloques que constituyen la muestra, como consecuencia de la aplicación de una **energía muy considerable en términos relativos.**

## 2. Comportamiento postconstructivo atípico.

### Tipología errónea de los rellenos (2/3).

Muy frecuentemente estos materiales:

- Requieren para la extracción en sus lugares de origen, el empleo de **maquinaria muy potente**, e incluso la utilización de **explosivos** para su excavación de manera rentable.
- Su **puesta en obra suele efectuarse con procedimientos normales** en lo que se refiere al espesor de las tongadas, el extendido y la compactación.
- La **energía aplicada a lo largo de este proceso resulta en la práctica muchísimo menor**, en términos relativos, de la aplicada en laboratorio.
- El **producto resultante** suele corresponder granulométricamente a materiales tipo escollera, pedraplén o todo-uno, el lugar del uso previsto como terraplén.



Este tipo de problema produce inevitablemente una **cuantía mayor en el asiento total postconstructivo**, pero sobre todo una **mayor incidencia de los asientos diferenciales**, así como en el **tiempo de estabilización** que puede llegar a demorarse mucho.

El proceso se produce por actuación de los siguientes mecanismos:

- Aplastamiento de los contactos** entre los bloques o piedras que forman la estructura resistente del cuerpo del relleno hasta el equilibrio en la presión de contacto.
- Reinicio del proceso si el nuevo contacto **pierde resistencia por degradación bajo el efecto del agua**.

## 2. Comportamiento postconstructivo atípico.

### Tipología errónea de los rellenos (3/3).

#### DESARROLLO DEL FENÓMENO

Este problema suele tener un desarrollo y evolución **totalmente errático**, dependiendo de la estructura final en cada punto como resultado de las **variaciones**:

- a) En el **material de origen**.
- b) De la **puesta en obra** (tipo de maquinaria de extracción, extendido y compactación, segregaciones, etc.).
- c) De su **posición en el cuerpo del relleno** por la influencia de las cargas soportadas.

Este proceso genera en definitiva un asiento del relleno a corto, medio y largo plazo, que **depende de la velocidad a la que se produzca la degradación** y cuya magnitud resulta a priori difícilmente cuantificable tanto en magnitud y duración, como en situación.

#### EVOLUCIÓN

El fenómeno se repetiría **indefinidamente** mientras exista:

- a) Aportación de **agua**.
- b) **Huecos** suficientes para el **acceso del agua** a los contactos de los bloques y para la **migración de los finos** generados en el proceso.
- c) **Bloques susceptibles** de sufrir meteorización.

#### REMEDIO

Inevitablemente requiere establecer una **puesta en obra correcta**, con un **procedimiento y** maquinaria que garantice el suficiente desmenuzamiento del terreno, hasta consigo de al menos una granulometría todo-uno.

### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

Caso practico de relleno ferroviario de gran altura (1/3).

---

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

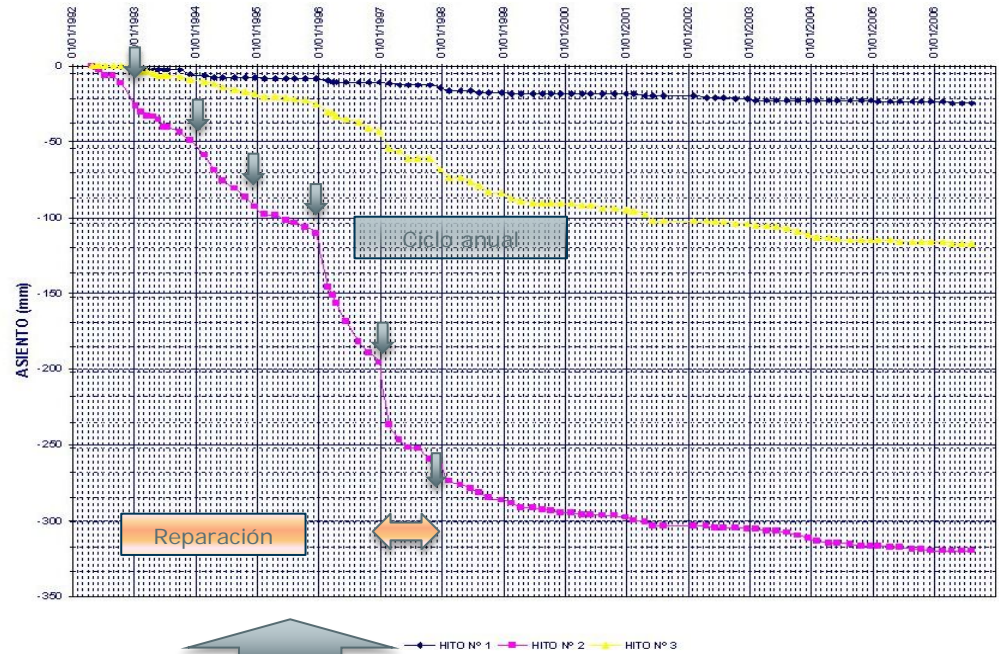
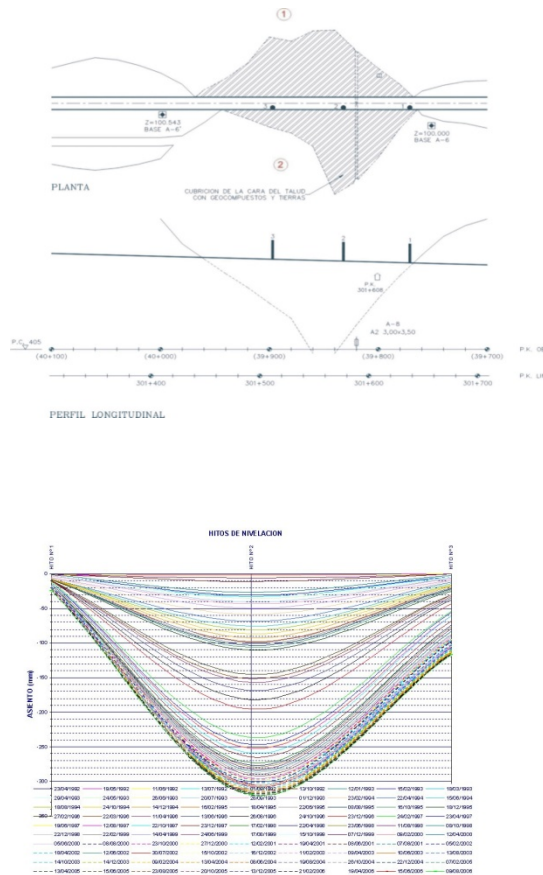
- a) Altura de 40 m.
- b) Inclinación de taludes 2H/1V , con bermas de 3 m cada 20 m.
- c) Construidos con materiales pertenecientes al Carbonífero, constituidos fundamentalmente por **pizarras**.
- d) Valor mínimo en el ensayo **Slake Durability Test** del 75%.
- e) Prescripciones de **puesta en obra** para evitar la formación de material tipo pedraplén o escollera, mediante el extendido y compactación con bulldozer tándem "pata de cabra" CAT 825, con un espesor máximo de tongadas de 40 cm.



# 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

## Caso práctico de relleno ferroviario de gran altura (2/3).

La deformación registrada durante la explotación de la infraestructura se resumen los gráficos siguientes



De las gráficas de movimiento se observa:

- Existía un proceso **deformacional atípico** a lo largo de los seis primeros años de la explotación con una **magnitud muy importante**.
- El proceso se desarrollaba **proporcional a la altura del relleno**.
- El proceso era de **ciclo anual** por el efecto del agua de lluvias.
- El proceso sufría un **incremento anual**, posiblemente por un efecto adicional de lavado de las aguas de lluvia.
- Las obras de **reparación** cambiaron drásticamente la tendencia.



### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

Caso practico de relleno ferroviario de gran altura (3/3).

---

Finalmente en el año 1997 se ejecutó un tratamiento de impermeabilización de los taludes a base de lámina impermeable tipo Bentofix, cubierta con una protección tridimensional de malla en “celda de abeja”, rellena de tierra vegetal



Tras la aplicación de este tratamiento, el proceso atípico se detuvo consiguiéndose la estabilización de los movimientos.



### 3. Comportamiento postconstructivo atípico. Caso práctico de relleno de autovía (2/4).

Finalizada la construcción, poco antes de la inauguración, se apreciaron unos fuertes fenómenos de agrietamiento en la calzada, iniciándose un proceso investigación de los movimientos.



### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

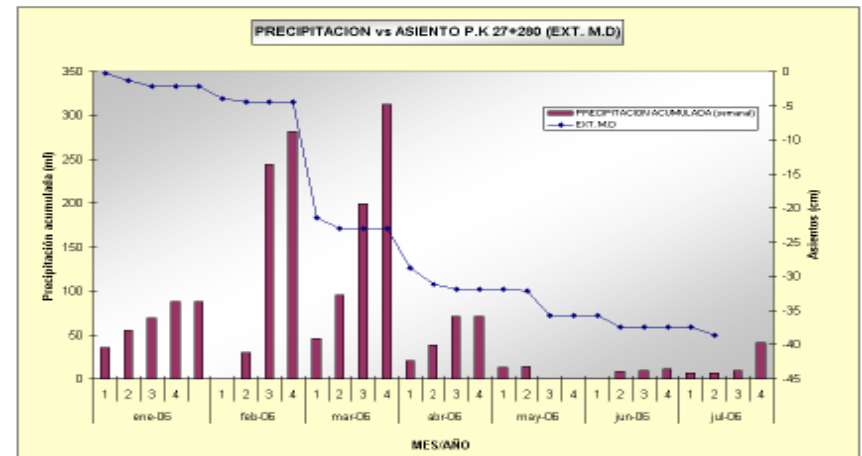
#### Caso práctico de relleno de autovía (3/4).

Las labores de investigación consistieron en:

- Ejecución de sondeos a rotación desde coronación del relleno. Toma de muestras y ensayos.
- Nivelación sistemática de la coronación del relleno
- Instalación de inclinómetros en el interior de cada uno de los sondeos
- Ejecución de sondeos a destroza junto a los ya perforados e instalación de extensómetros en su interior

#### SONDEOS

- Los testigos extraídos confirmaron la **naturaleza heterogénea de los materiales** empleados para la construcción del relleno (intercalación de niveles arcillosos y arenosos con formados por fragmentos rocosos).
- Escasa resistencia** de los fragmentos rocosos, los cuales se disgregaban con la mano con relativa facilidad.
- Permeabilidad muy elevada** a lo largo de los sondeos, correspondiendo a una estructura de tipo.



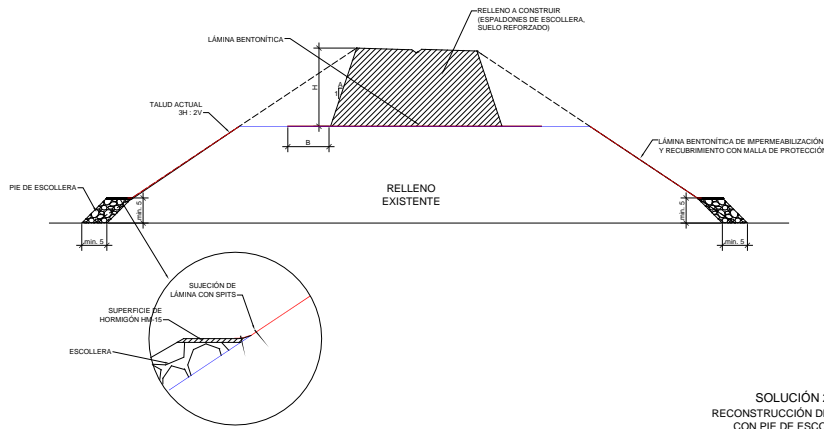
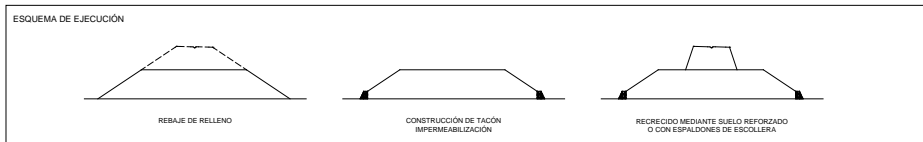
#### NIVELACIONES

Con carácter general se acusa un **descenso brusco con las primeras lluvias** así como posteriores reajustes aunque ya más limitados en la magnitud.

### 3. Comportamiento postconstructivo atípico. Caso práctico de relleno de autovía (4/4).

Las soluciones planteadas abordaron los siguientes aspectos:

- a) Disminuir la altura del relleno en 3 m.
- b) Tratar mediante inyección los 15 m superiores del relleno
- c) Prevenir, contener o reparar inestabilidades de los taludes del relleno ligadas a un fenómeno de borde.
- d) Impedir el efecto del agua sobre los materiales que constituyen el cuerpo del relleno, empleando un sistema de impermeabilización de la plataforma



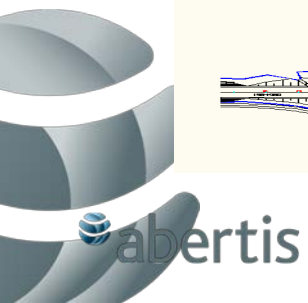
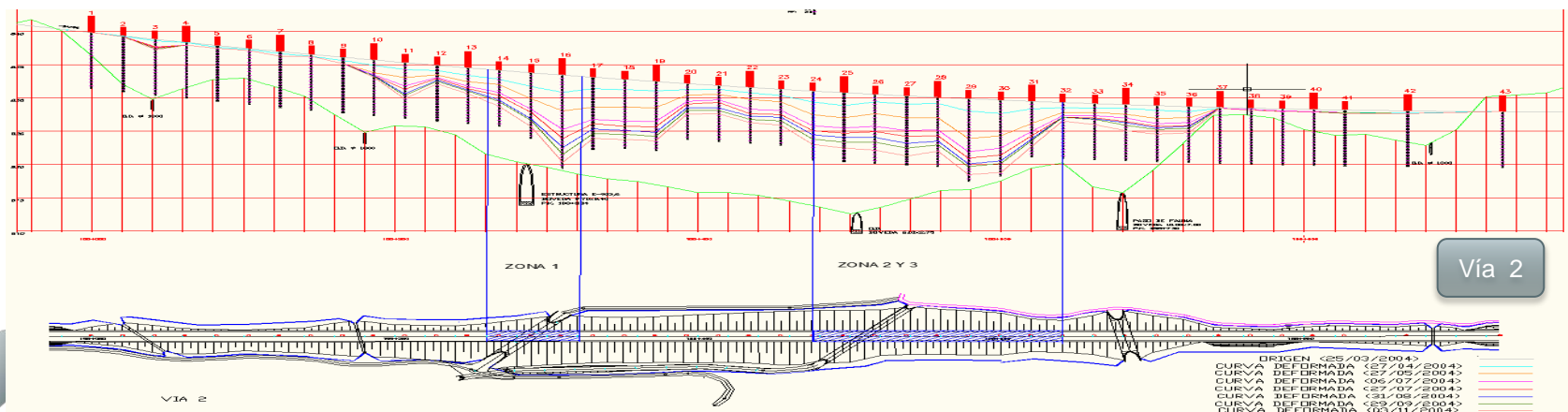
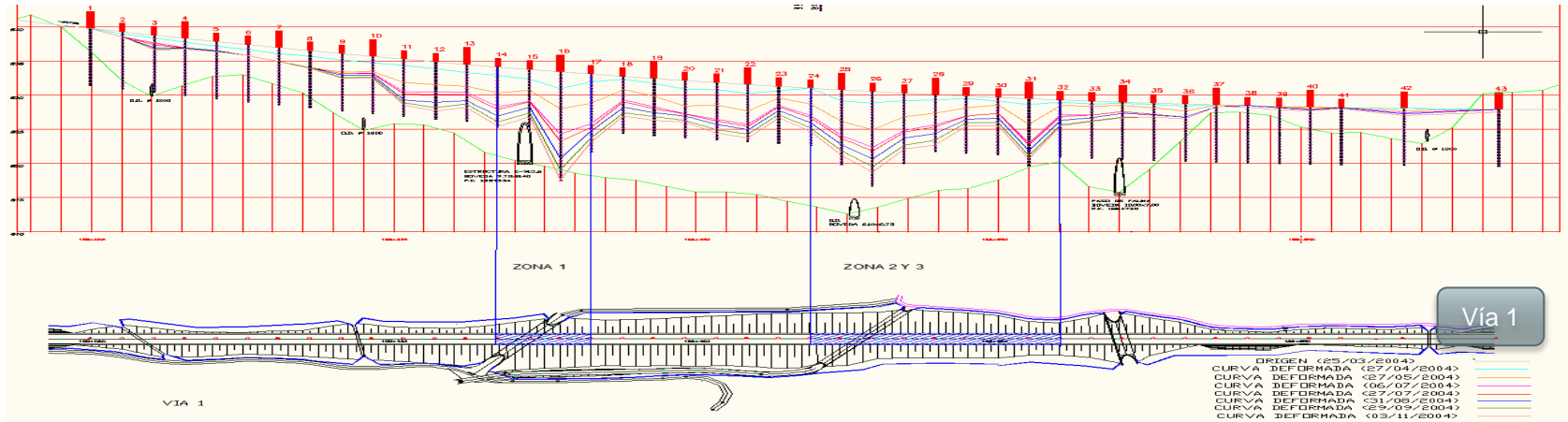
SOLUCIÓN 2A  
RECONSTRUCCIÓN DE RELLENO  
CON PIE DE ESCOLLERA



### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

Caso práctico de relleno de ferrocarril de altura limitada y gran longitud (1/5).

Se trata de un relleno ferroviario de 1 km de longitud, unos 17 m de altura y taludes 2H/1V, en el que fase de explotación se apreciaron fenómenos de asientos de considerable magnitud y distribución errática.



### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

Caso práctico de relleno de ferrocarril de altura limitada y gran longitud (2/5).

Las **conclusiones** más importantes fueron:

- a) Los movimientos **no guardan relación con la altura** de tierras en cada punto.
- b) No hay coincidencia entre ambas vías.**
- c) Estas circunstancias ponen de manifiesto la existencia de una **irregularidad** importante en la distribución de los asientos.



A la vista de los datos del proyecto y construcción, así como de las investigaciones efectuadas se pudo constatar las **siguientes circunstancias**:

- a) El relleno se ejecutó con materiales procedentes de los desmontes cercanos, los cuales se encuentran conformados por **rocas blandas y de carácter evolutivo** (alternancia de lutitas y areniscas  $RCS < 3$  Mpa). Estos materiales se **calificaron como terraplén en el proyecto**.
- b) La puesta en obra de estos materiales no pudo garantizar que quedaran zonas en el relleno con características de **pedraplén o de escollera** de rocas de muy baja resistencia. La excavación se realizó con la ayuda de explosivo.

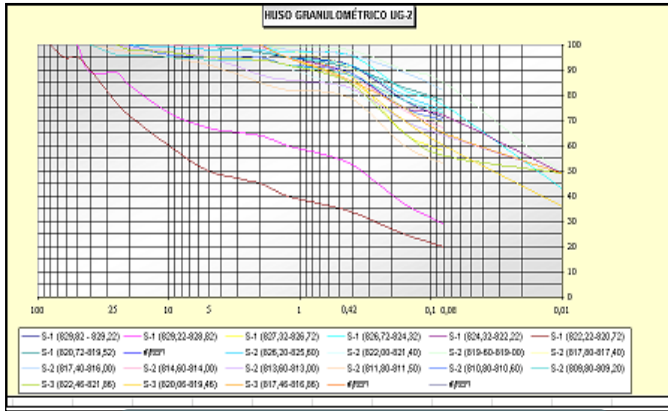
El **proceso deformacional** tendría **dos componentes** fundamentales:

- a) uno intrínseco de "debilidad estructural", directamente relacionado con el nivel de sollicitación tensional en los contactos entre bloques de rocas blandas ( $R.C.S < 30$ kp/cm<sup>2</sup>).
- b) Otro variable en el tiempo, impredecible y errático, que tiene su origen en el deterioro progresivo de dichos contactos bajo la acción del agua

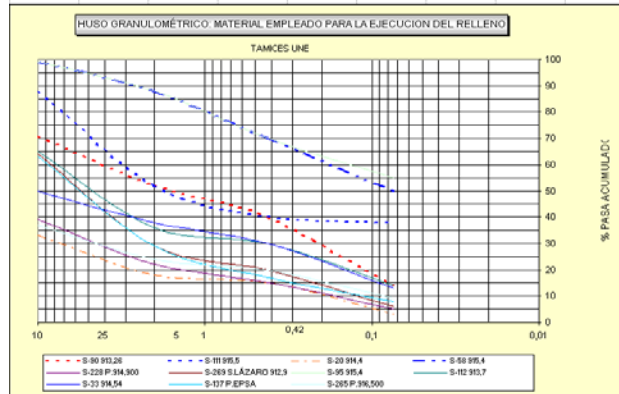
### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

Caso práctico de relleno de ferrocarril de altura limitada y gran longitud (3/5).

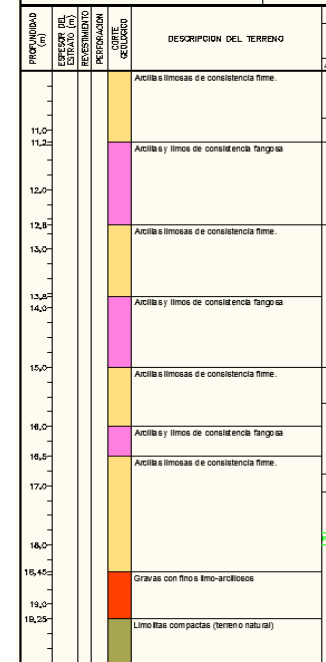
#### CRITERIOS GEOTÉCNICOS MANEJADOS



Granulometrías en origen



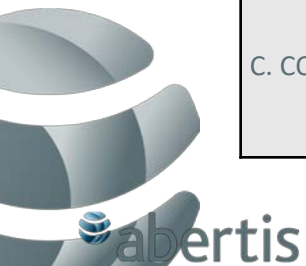
Granulometrías en relleno



PROYECTO	UNIDAD / FORMACIÓN	$\rho_d$ (T/m <sup>3</sup> .)
PROYECTO CONSTRUIDO	Mioceno Alterado	1,97
	Areniscas	2,12 – 2,2
	Limolitas	2,08 – 2,12
C. COMPLEMENTARIA	UG-2 (coronación y núcleo de terraplén)	2,00 +/- 0,167
	UG-4 ( Terreno natural)	2,15 +/- 0,141

Los valores de **densidad** seca de la puesta en obra son demasiado elevados para un terraplén, siendo **similares a los de las formaciones miocenas.**

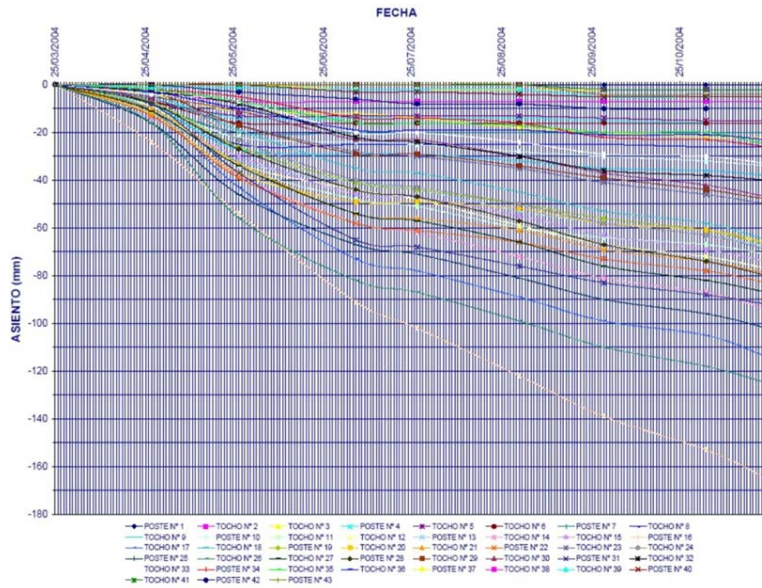
Los **sondeos** detectan frecuentes **episodios fangosos** que no tienen justificación en el interior de un relleno, salvo por la existencia de **huecos rellenos de arcilla saturada.**



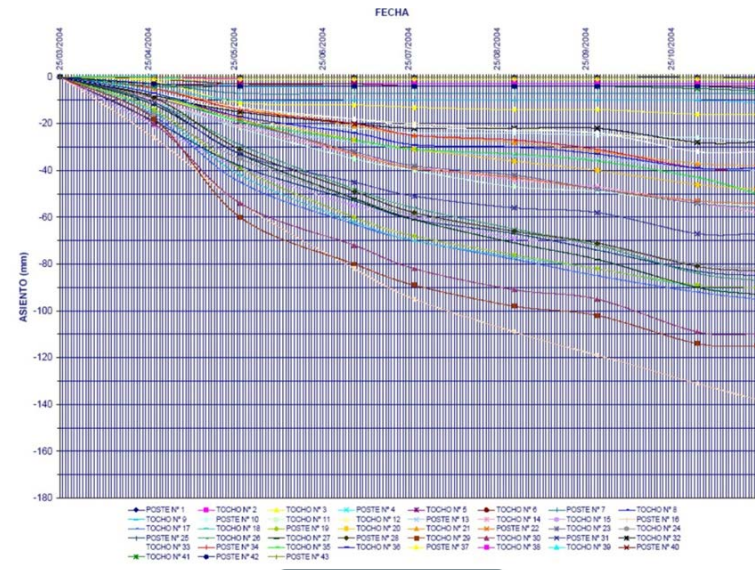
### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

Caso práctico de relleno de ferrocarril de altura limitada y gran longitud (4/5).

#### EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA DE LOS MOVIMIENTOS



Vía 1



Vía 2

A la vista de la evolución de los movimientos sin aparente disminución en el tiempo, se decidió la ejecución, al margen de otros, de una serie de **tratamientos de impermeabilización**, en el talud y bajo la plataforma en zonas más conflictivas.

### 3. Comportamiento postconstructivo atípico.

Caso práctico de relleno de ferrocarril de altura limitada y gran longitud (5/5).

Como en los casos anteriores la impermeabilización consistió en la aplicación de láminas de impermeabilización a base de bentonita, y su cubrición con mallas tridimensionales.



Muchas gracias

---

