

Título: Varias experiencias en tramos de ensayo en pedraplenes y rellenos todo-uno

Autor: Francisco Fernández de la Llave. Geólogo. Tevaseñal

Esta ponencia está basada en la publicación: **“Varias experiencias de tramos de ensayo en pedraplenes y rellenos todo-uno. Cuadernos Intemac. 2009. (Fernández de la Llave, F., González González, J.J., De la Rosa Moreno, A.)**

RESUMEN

En la construcción de rellenos tipo pedraplén o todo-uno, frecuentemente se presenta la dificultad de verificar su correcta ejecución, dada la dificultad y el coste de los ensayos de comprobación y la dispersión que, en ocasiones, presentan sus resultados.

Una forma de asegurar que la maquinaria utilizada se emplea de la forma más eficaz, consiste en la realización de tramos de ensayo a partir de los cuales y analizando un pequeño número de ensayos de producto terminado, se definen los parámetros básicos de puesta en obra que permitirán llevar a cabo el denominado “control de procedimiento”.

Basándonos en las experiencias en recientes obras de carretera, en esta ponencia se describen las conclusiones más destacadas obtenidas de los tramos de ensayo y su posterior aplicación, en la etapa constructiva, en el control y seguimiento de dichos rellenos.

1.- INTRODUCCIÓN

La construcción de las grandes infraestructuras viarias, las presas de materiales y la obligación de minimizar los impactos ambientales, han obligado a emplear, prácticamente, todos los materiales procedentes de las excavaciones en volúmenes cada vez más importantes.

Actualmente, con los nuevos métodos de trabajos en rocas: excavaciones, extendidos y compactaciones, es posible colocar en obra materiales naturales de granulometría gruesa .

El empleo de estos materiales, de granulometría gruesa, en los rellenos tipo todo-uno y pedraplén, ha supuesto la necesidad de diseñar algunos ensayos, para la supervisión de la construcción, diferentes a los empleados en los rellenos tipo terraplén.

La complejidad de estos ensayos y su elevado coste, hace a veces inviable la realización de un Control de Producto Terminado; es por ello que en la ejecución de pedraplenes, y en menor medida, en los todo-uno, la tendencia sea el diseño y aprobación del Control del Procedimiento constructivo.

Para llevar a cabo este proceso de Control de Procedimiento, es preciso establecer antes del inicio de la ejecución de los rellenos una serie de propiedades y parámetros que dependen, entre otros, de la naturaleza de la roca, la excavación, la extensión y compactación del material a emplear, así como de la maquinaria a utilizar; esto se puede obtener mediante los denominados “tramos de ensayo”.

Estos tramos de ensayo consisten en la ejecución de unos rellenos de dimensiones reducidas, contruidos con los materiales y medios que se van a emplear durante las obras; y sobre el que se realizan una serie de ensayos en número suficiente para que resulten extrapolables al conjunto de los rellenos similares de la obra. El objetivo final es tener el referente del procedimiento operativo y de los criterios de aceptación de los ensayos de recepción.

En lo referente a normativa y prescripciones técnicas de estos tipos de rellenos, como antecedente histórico, indicar que en la Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976 se aprobó el “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes” (PG-3/75), en el cuál quedaban definidas las prescripciones referentes a terraplenes y pedraplenes.

Posteriormente se emite la Orden Circular 326/00 sobre “Geotecnia Vial” en lo referente a materiales para la construcción de explanaciones y drenajes, que recoge conceptos, criterios y prescripciones de nueva aplicación y donde aparece por primera vez un artículo referente a los rellenos todo-uno. Oficialmente se actualizan los artículos comentados en la Orden FOM/1382/2002.



Foto 1: Desmonte en roca para su uso en rellenos

2.- TRAMOS DE ENSAYO EN RELLENOS TIPO PEDRAPLÉN Y TODO-UNO

Podría definirse el tramo de ensayo, como un relleno realizado con dimensiones reducidas en planta, con los mismos materiales, maquinaria y condiciones de puesta en obra con la que se pretenden construir el conjunto de los rellenos de la obra.

Los resultados de estas pruebas se aplicarán al método de control que se adopte durante la construcción de los rellenos: Control de Procedimiento ó Control de Producto acabado.

Para realizar estos tramos de ensayos se hace necesaria una caracterización previa de los materiales y una definición del protocolo de ejecución.

A continuación se describe la metodología seguida en algunos tramos de construcción de autovías en Extremadura.

2.1.-Caracterización de los materiales

Sobre los materiales, es importante tener información sobre los siguientes aspectos:

- Caracterización geológica-geotécnica del macizo rocoso: litología, resistencia de la roca matriz, alterabilidad de la roca, fracturación, grado de meteorización, etc.
- Método de extracción para fijar la mejor granulometría posible: ripado y/o voladura.
- Forma de las partículas, condicionada por la fábrica de la roca y en menor medida por el método extracción.

2.2.- Definición y ejecución del tramo de ensayo

Con los materiales analizados, clasificados y prevista su respuesta, se adoptarán una serie de fases en la definición y ejecución de los tramos de ensayo como son:

2.2.1.- Preparación de la prueba

a) Planteamientos generales

- Localización del desmonte de procedencia del material y de la ubicación del relleno (media ladera, grandes rellenos, zona de vaguada etc.). Este apartado está muy condicionado por las particularidades de cada obra (perfiles de obra, accesos, disponibilidad de terrenos, servicios afectados etc.)
- Definición de la superficie de las diferentes tongadas del tramo de prueba.

Largo de tongada: se recomienda una longitud mínima de al menos unos 50m.

Ancho efectivo: unos 10 m (la anchura efectiva se considera descontando 1,5m a cada lado por efecto de borde).

- Apoyar el tramo, a ser posible, sobre dos tongadas de materiales de características similares.
- Determinación de los espesores de las diferentes tongadas a ensayar y definición del tamaño máximo granulométrico que se admite.
- Ajuste de las humedades con las que se pretende compactar, método de irrigación a emplear y el momento de realizar dicho riego.
- Planteamiento de los sistemas y frecuencias de control a realizar durante la prueba.

b) Disposición de los ensayos previos de los materiales

- Propiedades mecánicas de la roca, principalmente su resistencia y alterabilidad:
 - Resistencia a la compresión uniaxial (UNE 22950-1)
 - Resistencia a la carga puntual (UNE 22950-5)
 - Determinación de durabilidad al desmoronamiento de rocas blandas (NLT-251)
 - Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento en agua (NLT-255) y a la acción de los ciclos de humedad-sequedad (NLT-260)
- Granulometrías y formas de las partículas
- Caracterización de los elementos finos (especialmente en el todo-uno)
 - Determinación del L.L. (UNE 103103) y L.P.(UNE 103104) de un suelo
 - Determinación del hinchamiento libre de un suelo en edómetro (UNE 103601)
 - Ensayo de colapso en suelos (NLT 254)
 - Ensayo de compactación Próctor Modificado (UNE 103501)
- Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo (UNE 103302)
- Ensayos químicos, principalmente si se sospecha de la existencia de yesos u otras sales.
 - Determinación del contenido en sulfatos solubles en un suelo (UNE 103201)
 - Determinación del contenido de sales solubles de los suelos (NLT-114)
 - Contenido de yeso en suelos (NLT-115)

c) Fichas técnicas de la maquinaria. Es necesario incluir los siguientes aspectos:

- Equipos de voladura y/o ripado, carga y transporte
- Maquinaria a emplear en la extensión de las tongadas.
- Equipos de humectación. Capacidad de carga y sistema de irrigación.
- Equipos de compactación. Peso ($\geq 18t$), frecuencia-amplitud (nominal-real máxima) de vibración y velocidad de trabajo.

2.2.2.- Procedimiento del tramo de ensayo. El procedimiento de realización debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- Preparación de la capa de asiento.
- Extendido del material (preferentemente con máquinas pesadas de cadenas y con la descarga del material sobre lo ya extendido) Las tongadas suelen ser de 60 a 100cm, procurando que los tamaños máximos no sobrepasen los 2/3 de estos espesores.
- Riego de los tramos con diferentes dotaciones, que permitan comprobar cual es la humedad más adecuada para la compactación posterior.
- Una vez extendida la tongada, realizar la primera nivelación de la misma para tener un plano de comparación.
- Replanteo de los puntos de nivelación (10-20 puntos, dependiendo de las dimensiones del tramo de ensayo). Replanteo de ejes de paso de camión para ensayo de la huella.
- Comienzo de las pasadas.
- Realización de los ensayos "in situ". Se propone la realización de los siguientes ensayos:

Tabla 1. Propuesta de ensayos en tramos de prueba en pedraplenes y rellenos todo-uno

Ensayos Pasada n°	Control de nivelación	Ensayo de la Huella NLT-256	Ensayo de carga con placa NLT-257	Densidad ⁽²⁾
1	X			
2	X	X		X
3	X	X		X
4	X	X	X	X
5	X	X	X	X
6	X	X	X	X
7 ⁽¹⁾	X	X		X
8 ⁽¹⁾	X	X		X

⁽¹⁾ Estas pasadas a veces no son necesarias ⁽²⁾ Dada las peculiaridades de los materiales y el espesor de las tongadas, la densidad solo se realizará con carácter orientativo en los todo-uno

A veces se suelen realizar macro-granulometrías y macro-densidades principalmente en los pedraplenes.

Entre los ensayos efectuados se debe establecer una correlación, para su empleo de una forma lógica y eficaz en el control de ejecución del relleno. Esta correlación se suele realizar representando en gráficos la evolución de los distintos parámetros medidos (deformabilidad y compacidad) frente a las pasadas del compactador.



Foto 2: Ensayo de la huella



Foto 3: Ensayo de placa de carga

3.- EXPERIENCIAS DE TRAMOS DE ENSAYO

En este apartado se pretende dar a conocer algunas experiencias obtenidas en la ejecución de tramos de ensayo de rellenos tipo todo-uno y pedraplén en obras de autovía de reciente construcción en Extremadura (autovías A-66 y A-58).

Los rellenos estudiados en muchos casos superan los 10m, llegando en alguna ocasión a los 20m de altura. Estos rellenos se han realizado tanto en zonas de apoyos horizontales como con pendientes longitudinales y/o transversales.

3.1.- EXPERIENCIAS EN PEDRAPLÉN

Litología

La litología predominante ha sido de rocas ígneas con texturas de granos de porfídica a aplítica, y en menor medida rocas procedentes de macizos de grauvacas masificadas.

La resistencia a compresión uniaxial de la roca matriz de estas litologías es, como cabe esperar, muy variable dependiendo del grado de alteración y la fracturación que presentaba cada desmonte. Si bien a título orientativo estas resistencias se pueden agrupar en:

Tabla 2. Clasificación orientativa de rocas en función de su resistencia

Litología	Resistencia a compresión uniaxial (MPa)		
	Resistencias altas	Resistencias medias	Resistencias bajas
Granito	80-100	40-50	20-25
Grauvaca	25-30 (para las rocas empleadas en pedraplenes)		

Con arreglo a los valores anteriores, y en base a nuestra experiencia, se podrían considerar las siguientes aptitudes de dichas rocas.

Tabla 3. Clasificación de utilización de las rocas en función de su resistencia

R.c. uniaxial	>50 MPa	25-50 MPa	<25 MPa.
Utilidad de la roca	Adecuadas para pedraplenes	Susceptibles de utilizar, con estudio previo	No aptas (aprovechables en rellenos todo-uno)

La resistencia de las rocas grauváquicas está situada en el límite que se admite como adecuada para pedraplenes, por lo que en muchos casos terminaron formando parte de rellenos todo-uno.

Calidad de la roca

Los granitos, se pueden considerar, en general, como rocas estables y adecuadas para pedraplenes.

Tabla 4. Parámetros básicos de rocas graníticas empleadas en pedraplenes

ENSAYOS ⁽¹⁾		Granito de resist. altas	Granito de resist. bajas
Peso específico (g/cm ³)		2,708	2,585
Porosidad abierta (%)		1,44	2,07
Velocidad de propagación (m/s)		4.892	1.759
Desmoronamiento en agua (% pérdida) NLT-255	40-20mm	0,00	0,0
	20-10mm	0,00	0,10
Ciclos humedad-sequedad (% pérdida) NLT-260	40-20mm	0,07	0,30
	20-10mm	0,33	0,53
Resistencia a las heladas (25 ciclos, % pérdida) UNE-22174		0,021	0,10
Velocidad de propagación después de ciclos de hielo-deshielo (m/s)		4.541	2.043
Resistencia a la cristalización de sales (%Δ masa en g) UNE-EN 12370		0,043	0,070

⁽¹⁾Valores medios de los ensayos.

Las grauvacas, se pueden considerar como rocas estables y adecuadas para pedraplenes, siempre que el macizo rocoso del desmonte no presente intercalaciones de pizarra y esquistos. A continuación se muestran los valores medios de algunos ensayos.

Tabla 5. Parámetros básicos de grauvacas empleadas en pedraplenes

ENSAYOS	Valores Medios
Peso específico (g/cm ³)	2.71
Absorción (%)	2.62
Resistencia a compresión uniaxial (MPa)	25-30
Ensayo Brasileño. Res. a la tracción (Mpa)	3,0
Slake Durability Test (ID)	95.5%
Ensayo de Inmersión (Ij)	5.80
Sulfuros (%)	Inapreciable

Granulometría

La granulometría en general ha cumplido con el huso recomendado en el PG-3, mayormente en el caso de las grauvacas, presentando en el caso de los granitos una tendencia a situarse en la parte alta de dicho huso.

La forma de las partículas no ha presentado ningún problema en el caso de los granitos, mientras que en las grauvacas este parámetro se puede presentar con valores altos debido a dos factores: primero al carácter estratiforme que da la fábrica original de la roca y, segundo, al mayor volumen de roca extraída mediante ripado (en este último caso es interesante realizar ensayos de resistencia a tracción).

Espesor de tongada

En el caso de los granitos, el espesor de tongada empleado mayoritariamente es de 80cm, si bien en algunos casos, con rocas sanas, y en grandes pedraplenes (>10m), las tongadas iniciales han sido de 100cm, entre otros objetivos para optimizar la utilización del material de mayor tamaño.

En el caso de las grauvacas, el espesor de las tongadas ha sido variable entre 60 y 80cm.

Criterios de aceptación

En cada caso, se establecieron criterios tanto de producto acabado como de procedimiento, pasando indistintamente de uno a otro según la circunstancias del momento de cada obra.

De forma resumida, se exponen a continuación algunos de los criterios utilizados en la recepción de producto acabado.



Foto 4: Material de pedraplén

Tabla 6. Criterios de aceptación empleados en rellenos tipo pedraplén

Litología	Tongada (cm)	Producto acabado. Prescripciones técnicas				Control de procedimiento (Nº de pasadas) ⁽¹⁾
		Porosidad	Huella (mm)	Asiento	Rigidez (MPa) E_{v1} (K)	
Granito	100	<30%	3- 5	<1%	> 50 (<3-3,2)	6
	80	<30%	3-5	<1%	>40 (<3)	5-6
Grauvaca	80	<30%	3-5	<1%	35-50 (<3-3,5)	5
	60	<30%	3-5	<1%	35-50 (<3-3,5)	4-5

⁽¹⁾Conviene recordar que la definición de “pasada de rodillo”, corresponde a un ciclo completo de ida y vuelta, de forma que pase dos veces sobre cada punto.

3.2.- EXPERIENCIAS EN TODO-UNO

Litología

En este tipo de rellenos, las litologías predominantes han sido pizarras, esquistos y en menor medida grauvacas. Estos materiales pertenecen a la formación geológica del Complejo Esquisto Grauváquico de la Zona Centro Ibérica del Macizo Hespérico.

La resistencia a compresión uniaxial de estas litologías presenta gran dispersión, dada su variabilidad petrográfica (pueden variar de grauvacas a pizarras lutíticas), aparte de las alteraciones y fracturación, por lo que se hace muy difícil tipificar este parámetro en un determinado desmonte.

Calidad de la roca

Las pizarras y esquistos utilizados en los rellenos todo-uno, si bien su calidad no llega a la de las grauvacas, se pueden considerar como rocas estables y adecuadas para estos rellenos.

Los resultados obtenidos, de algunos ensayos realizados a las pizarras, son:

Tabla7. Resultados de ensayos en materiales empleados en todo-uno

ENSAYOS	Valores Medios
Durabilidad al desmoronamiento de rocas blandas NLT-251. Índice Sehudes	Ciclo 1º Id_1 : 98,5 Ciclo 2º Id_2 : 97,7
Desmoronamiento en agua (% pérdida). NLT-255	Fracción gruesa:1,10 Fracción fina: 0,42
Ciclos humedad-sequedad (% pérdida). NLT-260	Fracción gruesa:1,88 Fracción fina: 1,36

Granulometría

Esta característica, aunque suele aproximarse bastante al pliego, es complicado que se cumpla en todos sus requisitos, pues suele ocurrir que la degradación granulométrica tras la compactación, principalmente en pizarras, en ocasiones es de difícil previsión.

Esto se debe a que, en este caso, la fuerte anisotropía generada por la esquistosidad y/o la estratificación da lugar a porcentajes altos de formas lajosas.

Espesor de tongada

En el caso de los rellenos todo-uno, el espesor de tongada ha sido mayoritariamente de 60cm, si bien en algunos casos y en grandes rellenos (>10m), las tongadas iniciales han sido de 80cm, para poder utilizar el material de mayor tamaño.

Criterios de aceptación

Al igual que en los pedraplenes, también se establecieron criterios tanto de producto acabado como de procedimiento. Sin embargo, en este caso se ha utilizado más el control de producto acabado, al tener los valores de los ensayos menor dispersión que en el caso de los pedraplenes. De forma resumida, se exponen dichos criterios, en la siguiente tabla.

Tabla 8. Criterios de aceptación empleados en rellenos tipo todo-uno

Litología	Tongada (cm)	Producto acabado. Prescripciones técnicas				Control de procedimiento (nº pasadas)
		Densidad	Huella	Asiento	Rigidez (MPa) E_{v1} (K)	
Grauvacas, pizarras y esquistos	80	$\geq 95\%$ P.M.	3-5mm	<1%	> 35-50 (<3-3,5)	5-6
	60	$\geq 95\%$ P.M.	3-5mm	<1%	>35-40 (<2-3)	4-6



Foto 5: Material de todo-uno

4.- RECOMENDACIONES DE PUESTA EN OBRA OBTENIDAS DE LAS EXPERIENCIAS

Como complemento a las experiencias obtenidas en los tramos de ensayo en rellenos tipo pedraplén y todo-uno, se incluyen una serie de recomendaciones, agrupando estas en aspectos que si bien se pudieran considerar subjetivos, nos dan una visión global de su ejecución.

4.1.- Aprovechamiento y calidad de los materiales:

- El diseño de las voladuras se debe realizar de forma que la malla y la carga específica, permitan obtener un material con las características deseadas. No es recomendable la extracción previa del material de las zonas superiores de los desmontes a volar, salvo que existan grandes espesores de suelo, ya que su aportación al conjunto facilita la consecución de granulometrías más continuas.
- En general se deben planificar la explotación de los desmontes, de forma que se retire y acopie la tierra vegetal en zonas accesibles y los materiales con mejor capacidad portante se coloquen, siempre que sea posible, en los cimientos y/o espaldones de los rellenos.
- Conviene apartar los tamaños mayores de roca en la zona de carga, y proceder a su fragmentación mediante medios mecánicos o taqueo, aprovechando nuevas voladuras.

- Se debe prevenir la necesidad de materiales finos y/o plásticos, para las zonas de transición, rellenos de cunetas y bermas.

En cuanto a la calidad de los materiales, se debe tener presente que:

- Los requerimientos granulométricos son sobre el material compactado, por lo que ha de tenerse en cuenta la variación granulométrica en el caso de materiales friables.
- El agua es la primera causa de la degradación y evolución de los materiales. Conviene prestar atención a la humectación durante la ejecución de los rellenos y protegerlos mediante un correcto drenaje.

4.2.- Puesta en obra:

- La descarga del material transportado, ha de efectuarse siempre sobre la tongada en ejecución, a 2-4m del frente de avance, para ser volteado y homogeneizado por un tractor de cadenas con pala de empuje, hasta el punto de extendido.
- Deberán humectarse las tongadas inferior y la de ejecución, siendo recomendable que dicha humectación se realice sobre el frente de extendido. Con el riego se mejora el encaje de los granos y se eliminan las aristas y angulosidades friables, reduciéndose los asientos a largo plazo. **La intensidad de riego en pedraplenes se ha fijado en 2-3 pasadas de cuba (una pasada se puede estimar en una dotación de 4 l/m²).** Esta dotación debe revisarse para los todo-uno, en función de la naturaleza de los finos y de la diferencia entre la humedad del material y la óptima del Próctor de referencia.
- No es aconsejable apurar el espesor de las tongadas al tamaño máximo del material, evitando se formen “**puntos duros**” que conllevan zonas de sombra o de baja densificación a su alrededor. Caso de abundar los tamaños grades habría de rectificarse el método de extracción.
- La compactación de las tongadas se deberá empezar por el exterior, abordando los espaldones, y continuarse desde fuera hacia el centro del relleno.
- Se puede lograr una compactación más homogénea organizando el tráfico de dumpers a través de los rellenos en ejecución, distribuyéndolo uniformemente por la superficie de la tongada.
- Resulta eficaz dotar de sobreancho lateral a las tongadas en ejecución, del orden de 1-2 m, para asegurar la compactación en toda su sección, pudiendo desde las capas superiores recortar este y recuperar parte el material empleado, así como proceder a un tratamiento con tierra vegetal que permita su integración paisajística.
- En el caso de rellenos a media ladera, o en uniones con rellenos ya construidos, es fundamental asegurar estos contactos “mordiendo” con la hoja del bulldozer el terreno existente, de forma que se cree un escalonado entre el terreno natural y/o relleno existente, con el nuevo relleno, formando banquetas laterales de anchura superior a los 5m. Para laderas con inclinaciones superiores al 3(H):1(V), la FHWA obliga a la preparación del cimientito. Este tratamiento debe repetirse de forma sistemática en todas las tongadas. Previamente a los escalonados, ha de asegurarse el drenaje de estos contactos, buscando la salida natural de las aguas de la forma que se estime más conveniente (drenes longitudinales/transversales, bases drenantes, mechas, etc.).

4.3.- Métodos de control

En el caso de **Control de Procedimiento**, aparte de la propia vigilancia de ejecución que conlleva, se recomienda la realización de ensayos que ratifiquen la bondad del proceso.

De forma orientativa y para los rellenos tipo pedraplén, se estiman adecuadas las siguientes intensidades de verificación (considerando como lote una tongada de dimensión inferior a los 5.000 m², o la fracción diaria construida si es menor a este valor:

- Verificación mediante nivelación de una de cada tres tongadas
- Verificación mediante el ensayo de la huella, en una de cada tres tongadas.
- Realización del ensayo de carga con placa en una de cada cinco tongadas. Para obtener resultados fiables con este ensayo, es aconsejable limitar el tamaño máximo a $1/5$ del diámetro de la placa.

En los rellenos tipo todo-uno, además de los ensayos mencionados, se pueden verificar las densidades alcanzadas en una de cada tres o cuatro tongadas.

Para el caso de **Control de Producto Terminado**, las prescripciones en cuanto a lotes y ensayos a realizar, están claramente especificadas en el PG-3.

Por otro lado, y de modo adicional para detectar zonas de baja compactación o “blandones”, resulta muy útil realizar la prueba del supercompactador (artículo 304 del PG-3).

5.- CONCLUSIONES

A modo de breve resumen de todo lo expuesto anteriormente, son destacables las siguientes conclusiones:

Los materiales utilizados en estos rellenos (granitos, grauvacas y pizarras), en general han cumplido con los requisitos de calidad de la “roca”, siendo la mayor dificultad el cumplimiento con las condiciones granulométricas.

El espesor de tongada en los pedraplenes, en el caso de los granitos ha sido entre 80-100cm y en el caso de las grauvacas 60-80cm. En los rellenos todo-uno, el espesor de tongada ha sido mayoritariamente de 60cm, si bien en algunos casos las tongadas iniciales han sido de 80cm.

En cuanto a la representatividad de los métodos de ensayo y de las prescripciones a ellos asociadas, la experiencia en el control de estos tipos de rellenos nos muestra que:

- La condición de asiento establecida para el ensayo de la huella no es difícil de alcanzar, tanto en lo que se refiere a núcleos como a coronación.
- Los valores de asiento, inferiores al 1% del espesor de tongada, varían según los materiales empleados, pero si la capa está bien compactada con las pasadas preestablecidas, se logra obtener en la mayoría de las ocasiones.
- El ensayo de carga con placa, en general arroja resultados dispersos y se percibe una tendencia a que aumente el valor de $-K-$ cuando lo hace el E_{v2} y por tanto no sea un valor constante.

En los casos que se aplicó el Control de Producto Terminado, esto conllevaba, en general, disminuciones en la producción, por exigir la verificación de las tongadas ejecutadas, mediante ensayos lentos, costosos y no siempre eficaces para la comprobación de la calidad conseguida.

Por el contrario, en el caso de Control de Procedimiento, la gran ventaja es que permitió adaptarse a altos ritmos constructivos.

En el caso del control de procedimiento, la optimización del proceso productivo se logra si todas las entidades que intervienen en el proceso están concienciadas de la necesidad de cumplir las conclusiones que se obtengan de los tramos de ensayo.

Por último, en el control por procedimiento, se hecha en falta el apoyo de nuevas técnicas que registren, de forma real, los métodos y el tiempo empleado por la maquinaria en el extendido y compactación de las tongadas.

BIBLIOGRAFÍA

- B.O.E. de 11 de junio de 2002. ORDEN FOM/1382/2002, de 16 de mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.
- Fernández de la Llave, F. 2004: Caracterización geotécnica del Complejo Esquisto Grauváquico. En V Congreso Geológico de España, Vol. 1(1), 227-230.
- Fernández de la Llave, F, González González, J.J, De la Rosa Moreno, A, 2009. "Varias experiencias de tramos de ensayo en pedraplenes y rellenos todo-uno. Cuadernos Intemac.
- De Justo Alpañés, J, "Auscultación y comportamiento de pedraplenes y presas de materiales sueltos" Simposio sobre Terraplenes, Pedraplenes y otros rellenos, Madrid, 1986, 317-355
- Soriano, A, "Características del comportamiento de terraplenes y pedraplenes" 3er Simposio Nacional de Geotecnia Vial, Vigo 1994, 207-225.
- Tejado Ramos, J.J., Fernández de la Llave, F. (2004): Caracterización geomecánica de granitos. Autovía de la Plata. Tramo: Puerto de Béjar - Aldeanueva del Camino. En VI Congreso Geológico de España, Vol. 6(3), 321-324.