

**Laboratorio de Control de Calidad**  
**Unidad de Carreteras de Teruel**  
**Centro de Conservación de Carreteras de Teruel**



***Cuaderno de visita***

# **LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

## **Centro de Conservación de Carreteras de Teruel**

En todas las obras, y en particular en las de carreteras, es necesario garantizar la calidad de los materiales que se utilizan y de los procesos de fabricación de determinados productos, como por ejemplo los hormigones, las mezclas asfálticas, etc. Para ello se llevan a cabo una serie de **ensayos** en **laboratorios de control de calidad**. El laboratorio en el que se realiza esta visita pertenece al Ministerio de Fomento, y lo gestiona la Unidad de Carreteras de Teruel.



Dentro del laboratorio encontrarás una serie de máquinas y artilugios que se utilizan para ejecutar los ensayos. El proceso para hacer estos ensayos está regulado por **Normas**, para que siempre se hagan igual y podamos comparar nuestros resultados con los que obtengan otros laboratorios. Por eso, los artilugios y herramientas que verás no se han inventado aquí, sino que son los mismos en todos los laboratorios. Los encargados del laboratorio y los laborantes saben utilizarlos como mandan las Normas.

En este laboratorio se ejecutan muchos tipos de ensayos, pero especialmente se dedica a:

- Ensayos de **áridos, suelos y materiales granulares**.
- Ensayos de **mezclas bituminosas** (aglomerados).
- Ensayos de **hormigones**.



*Ducha y lavaojos de emergencia*

Lo primero de todo es **trabajar con seguridad**. Cuando se hacen algunos ensayos, es obligatorio utilizar medios preventivos, como guantes, gafas especiales, mascarillas, etc. **En nuestra visita, todo lo que vamos a realizar no tiene peligro. Ahora bien, no toques los aparatos, y si quieres ver algo o saber para qué sirve, pregúntaselo al encargado del laboratorio que te acompaña en la visita.**

## **Ensayos de áridos, suelos y materiales granulares**

Se utilizan para conocer si un **suelo** o una **zahorra** sirven para ser utilizados en una carretera, o bien para analizar si se han compactado bien y se puede seguir con la obra. También analizan si el **árido** que se va a utilizar en una carretera tiene la calidad requerida.



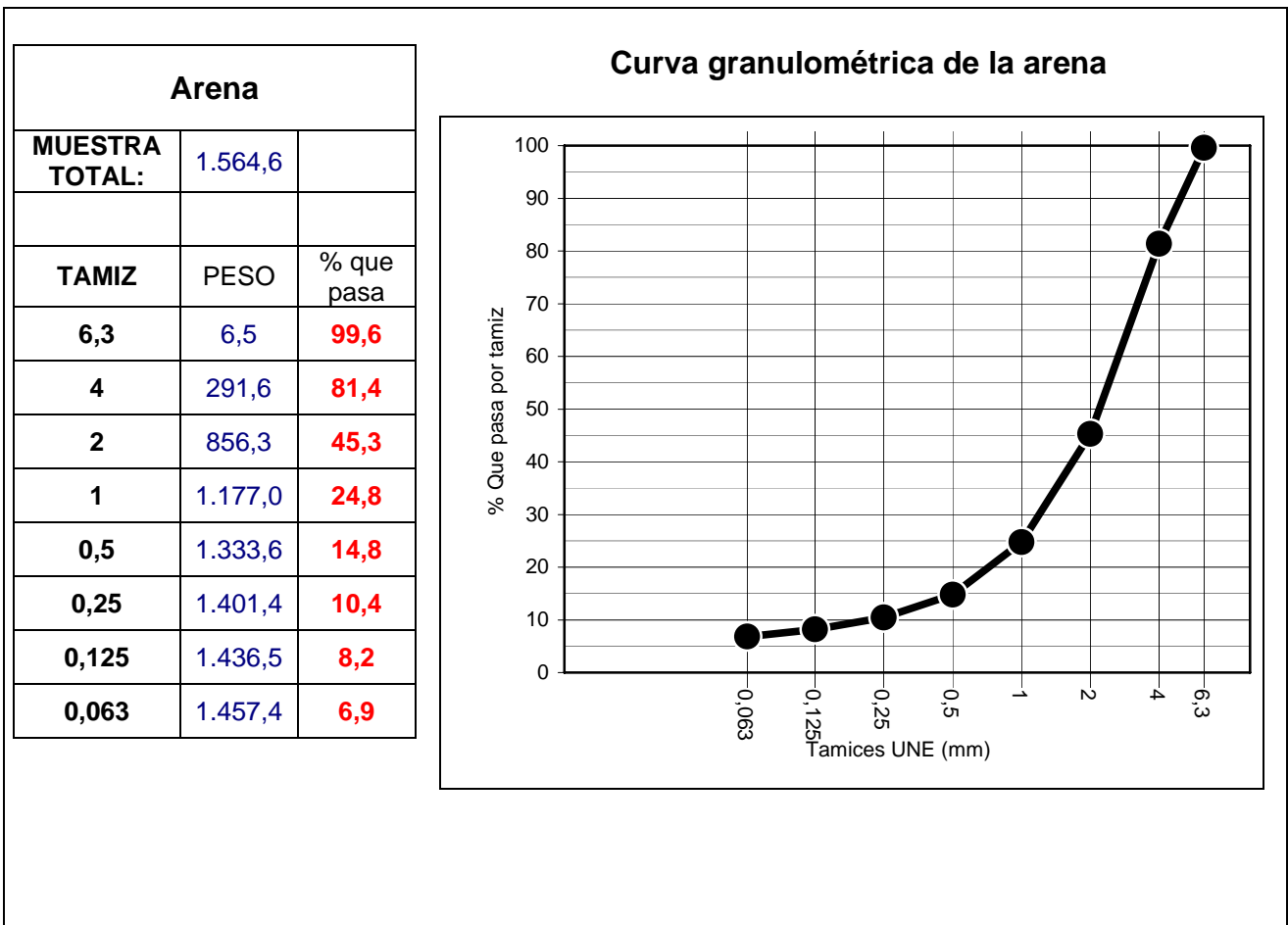
*Bancada para ensayos de suelos*

Hay muchos ensayos de este tipo, todos ellos con su correspondiente Norma, que nos dice cómo hay que hacerlos. En nuestra visita vamos a ver tres de ellos:

## Ensayo granulométrico

Cuando observamos un suelo, o un montón de árido, podemos ver que no todas las piedras que lo componen tienen el mismo tamaño. Es muy importante saber de qué tamaños se compone el montón, pues las propiedades de ese suelo o del árido dependen mucho de esa distribución de tamaños. Para averiguarlo está el **análisis granulométrico**.

Para hacer este ensayo, se necesitan unos **tamices**, que tienen distintas aberturas, de forma que cada uno de ellos deja pasar solo aquellas piedras o granos que son más pequeños que el tamaño de su malla. Si vamos pasando una muestra del montón de árido que queremos analizar por distintos tamices, empezando por el de mayor abertura y terminando con el de malla más fina, se nos quedarán en cada tamiz las piedras con tamaño mayor, que no han podido pasar por él. Si pesamos todas las piedras o granos que han quedado en cada tamiz, y lo representamos en un gráfico, se obtienen figuras como las que se exponen a continuación, y que corresponden a una arena y a una grava que luego utilizaremos en nuestra visita para fabricar un dado de hormigón.



Grava		
MUESTRA TOTAL:	3.595,1	
TAMIZ	PESO	% que pasa
20	108,0	97,0
12,5	1.460,6	59,4
8	2.868,0	20,2
6,3	3.066,5	14,7
4	3.385,5	5,8
2	3.518,9	2,1
1	3.548,8	1,3
0,5	3.558,3	1,0
0,25	3.563,2	0,9
0,125	3.566,1	0,8
0,063	3.569,2	0,7



**Práctica:** Observa en el laboratorio distintos tipos de áridos, en función de su tamaño, y los tamices que se utilizan para efectuar el ensayo de granulometría.

## Equivalente de arena

Cuando se utiliza un suelo o una arena en alguna obra de una carretera es necesario casi siempre asegurar que tengan pocos elementos arcillosos, ya que la arcilla, en contacto con el agua, empeora mucho las condiciones de calidad de ese suelo o arena.

El ensayo llamado “**equivalente de arena**” es muy sencillo y rápido, y ofrece una idea de la calidad del suelo o de la arena que se analiza. Por ejemplo, para poder utilizar una arena en la fabricación de un aglomerado, la Norma exige que el “equivalente de arena” sea superior a 50. Si la que tenemos disponible no alcanza ese valor, no podrá utilizarse.

El “equivalente de arena” se define como el cociente, multiplicado por 100, entre la altura de la parte arenosa sedimentada y la altura total de finos floculados depositados en una probeta. La muestra se introduce en una probeta en la cual previamente hemos añadido un líquido especial. Tras 10 minutos de reposo, tapamos la probeta y la agitamos manteniéndola horizontal. A continuación tomamos la probeta y con una varilla acanalada introducimos más líquido por el fondo de la muestra. Tras ello, dejamos reposar la probeta 20 minutos y medimos la altura a la que llegan los finos y también la altura a la que llega la parte arenosa sedimentada. Para obtener el valor del equivalente de arena dividimos la altura de la parte arenosa entre la altura de los finos, y multiplicamos el resultado por 100.



*Probeta del ensayo de equivalente de arena*

**Práctica:** Con la ayuda de los encargados del laboratorio, vas a realizar el ensayo de “equivalente de arena” de una arena. Date cuenta de los pasos que hay que dar para ejecutar el ensayo, y calcula el valor del equivalente de

arena, midiendo las alturas de los finos y de la arena sedimentada. Finalmente, teniendo en cuenta el resultado obtenido, ¿serías capaz de decir si el material analizado puede utilizarse para fabricar un aglomerado para una carretera?

## Cálculo del volumen y de la densidad de un sólido no regular

Seguro que has oído hablar de Arquímedes, un sabio que vivió en Siracusa hace más de 2.200 años. Descubrió el **principio fundamental de la hidrostática** al intentar averiguar, sin romperla, si la corona del rey Hierón era totalmente de oro o no. Cuenta la leyenda que estando en el baño se dio cuenta de que sus piernas se movían más ligeras, como si pesaran menos (¿adivinas por qué puedes nadar en el agua?), y que entendió que todos los objetos, cuando se sumergen en un líquido, experimentan un “empuje” hacia arriba igual que el peso del volumen del líquido que desalojan. La leyenda termina diciendo que, emocionado por su descubrimiento, salió a la calle gritando “¡eureka!” (“¡lo he encontrado!”).

El ensayo de laboratorio que vamos a realizar pretende descubrir qué **volumen** tiene, y cuál es la **densidad** de un sólido no regular (por ejemplo, una piedra cualquiera). Si fuera regular (por ejemplo, un cubo), obtendríamos el volumen fácilmente, aplicando la fórmula que te enseñan en el Colegio ( $V=L^3$ , siendo  $L$  la longitud de la arista).

Fíjate en las fotos siguientes. Si tienes la piedra que quieres investigar, comienza por pesarla en una balanza, como muestra la primera fotografía. Luego introduces en agua el cestillo y regulas a cero la balanza. A continuación, introduces la piedra dentro del agua, en el cestillo. Según el principio de Arquímedes, ahora pesará menos que antes; la diferencia será el peso del agua que ha sido desalojada por la piedra. Como has utilizado agua como líquido, y sabes que la densidad del agua es de  $1 \text{ kg/dm}^3$ , resultará que el volumen de la piedra, en  $\text{dm}^3$ , será igual a los kilos que ahora pesa de menos.

La densidad de un cuerpo es el cociente entre su peso y su volumen. Por ejemplo, como cada litro de agua pesa un kg, se dice que la densidad del agua es de  $1 \text{ kg/l}$ , o lo que es igual,  $1 \text{ kg/dm}^3$ .

Para el sólido con el que estás experimentando, también puedes obtener su densidad dividiendo los kg que pesa (lo has sabido con la primera pesada que has hecho) entre los  $\text{dm}^3$  que ocupa.

La densidad de los áridos se utiliza habitualmente para dosificar correctamente mezclas bituminosas u hormigones.



*Pesada de la piedra en seco.*



*Introducción de la cestilla en agua, y ajuste a cero de la báscula*



*Pesada de la piedra sumergida en agua*

*Fíjate en el ejemplo de estas figuras:*

*La piedra pesa en seco 802,9 gramos (foto 1).*

*Una vez puesta a cero la balanza tras meter el cestillo en agua, (foto 2), introducimos la piedra en agua. Ahora pesa 501,0 gramos (foto 3).*

*La diferencia es de:*

$$802,9 - 501,0 = 301,9 \text{ gramos.}$$

*Eso quiere decir que el peso del agua desalojada es de 301,9 gramos, o lo que es lo mismo, 0,3019 kg. Esto significa que la piedra tiene un **volumen** de **0,3019 dm<sup>3</sup>**.*

*Como sabemos que pesa 802,9 gramos (0,8029 kg), resulta que la **densidad** de la piedra caliza que hemos ensayado es de.*

$$0,8029 / 0,3019 = \mathbf{2,66 \text{ kg/dm}^3}.$$

## **Ensayos de mezclas bituminosas (aglomerados)**

En este laboratorio se analizan los áridos que se van a utilizar en la fabricación de mezclas bituminosas, se detecta si valen, y se calcula qué cantidades de cada uno, y de betún, hay que mezclar para fabricar bien el aglomerado.



También, cuando se está fabricando el aglomerado en una planta, a escala industrial, se toman muestras para comprobar que se cumplen una serie de Normas y que los contenidos de cada tipo de árido y de betún son correctos. Se trata de que la calidad del producto sea la mejor posible.

**Práctica:** Observa una pastilla o probeta de aglomerado, y descubre sus componentes. Fíjate cómo pueden obtenerse y clasificarse los áridos que componen el aglomerado. Pide que te enseñen la máquina con la que se analizan las propiedades del aglomerado.



*Bancada de la sección de mezclas bituminosas*



*Testigos de aglomerado*



*Probeta Marshall*



*Prensa Marshall*

## **Ensayos de hormigones**

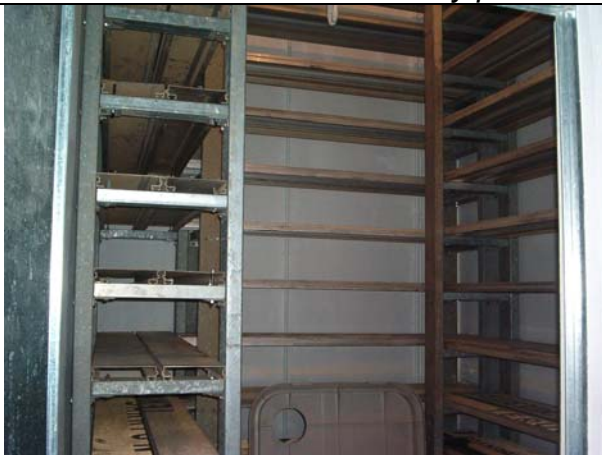
Antes de la fabricación de un hormigón, en el laboratorio se estudian las características de sus componentes. Ahora bien, el ensayo por excelencia es el que permite obtener la resistencia de dicho hormigón,

mediante la **rotura de probetas** de una edad determinada. Esta rotura se efectúa en una **prensa**. Desde que se fabrican hasta que se rompen en la prensa, las probetas de hormigón tienen que estar a una temperatura y humedad determinadas. Para ello se tiene una **cámara especial de curado** en este laboratorio.

**Práctica:** Observa una probeta de hormigón, y pide que te enseñen otra después de romperla en la prensa. Intenta descubrir en la probeta los materiales que componen el hormigón, en especial los distintos tamaños del árido.



*Molde y probeta cilíndrica de hormigón*



*Cámara de curado de las probetas de hormigón*



*Prensa para romper probetas de hormigón*

## Construye un dado de hormigón

Te proponemos que construyas un dado de hormigón, de 12 cm de lado, utilizando como **áridos** la **arena** y la **grava** de la que te hemos mostrado sus curvas granulométricas. El hormigón se compone de **áridos** (en este caso de dos tipos: la arena y la grava), **cemento** y **agua**. Ahora bien, para fabricar adecuadamente el hormigón que deseamos debemos

trabajar bien, y emplear la cantidad necesaria de cada uno de sus componentes.

Los hormigones pueden tener distintas **resistencias**, según sus componentes. Si se va a utilizar para construir, por ejemplo, un pavimento de hormigón, no hará falta que tenga tanta resistencia como el que se necesita para construir una viga. Por otra parte, interesará que se pueda trabajar bien, es decir, que tenga la **consistencia** más adecuada.

En definitiva, resulta muy importante calcular:

- La cantidad de cemento (con mayor cantidad tendrá mayor resistencia, pero también costará más dinero, pues el cemento es el componente más caro de todos).
- La cantidad de agua: Si ponemos mucha agua, se podrá trabajar el hormigón con facilidad, pero disminuirá su resistencia. **Hay que conseguir siempre una relación adecuada entre el agua y el cemento.**
- La cantidad de arena y de grava, para que tengamos la mayor compacidad posible, y por ello mayor resistencia. Para esto, es necesario conocer la curva granulométrica de la arena y de la grava, y hallar la proporción adecuada.

Teniendo en cuenta los áridos que tenemos, y necesitando una consistencia blanda del hormigón, para que lo puedas trabajar bien, hemos calculado las siguientes cantidades para una **amasada** de 10 kg:

- Arena: 4,40 kg
- Grava: 3,60 kg
- Cemento: 1,25 kg
- Agua: 0,75 litros

*Dado de hormigón*



Ten cuidado al pesar, y mezcla bien los componentes. Luego, bien amasado, introduce hormigón en el **encofrado** cúbico que te darán los encargados del laboratorio, y procura **vibrarlo o picarlo** bien, para que no te salgan **coqueras** cuando quites el encofrado al cabo de unos días. Acuérdate de **curar** bien el hormigón en los primeros días, manteniéndolo húmedo y en un sitio no excesivamente caluroso.

**Práctica:** Cuando lo hayas desencofrado en tu clase, puedes pintar los puntos del dado gigante que acabas de crear. Eso sí, ten cuidado al jugar con él, pues pesa más de 4 kg

## Un último ensayo muy frío

Te contarán en la otra parte de la visita a este Centro de Conservación de Carreteras de Teruel que para conseguir que la nieve funda lo antes posible, y evitar que se forme hielo en las carreteras, se utilizan, fundamentalmente, dos tipos de **fundentes**: **Cloruro sódico** (que es como la sal que se utiliza para cocinar) y **cloruro cálcico**.

El cloruro sódico es bastante barato, y funde bien la nieve y el hielo si la temperatura no baja de cinco grados bajo cero. El problema es que cuando hace más frío ya no es efectivo, y entonces es necesario utilizar cloruro cálcico. Éste trabaja bien hasta temperaturas de 35° bajo cero, pero es mucho más caro.

La práctica que te proponemos es que descubras la efectividad del cloruro cálcico y del cloruro sódico. Para ello, vamos a observar cómo funde el hielo en dos vasos. En uno echaremos cloruro sódico y en el otro cloruro cálcico. Verás cómo ambos cloruros funden el hielo, pero uno antes que el otro, ¿adivinas cuál ganará?



Vasos con hielo y cloruros que vas a utilizar

**Esperamos que te lo hayas pasado bien, y que cuando veas unas obras en una carretera recuerdes que hay una serie de personas que se dedican a comprobar que todo se hace bien, con la mayor calidad posible.**

Teruel, septiembre de 2007

Contenidos: Juan Antonio Yago, Ismael Fonte y Carlos Casas