

METODO “NUCLEAR” vs MÉTODO “DEL CONO DE ARENA”.
DETERMINACIONES DE LA DENSIDAD Y HUMEDAD DE UN TERRAPLÉN.

Fernando Román
Prof. Dr. Ing. de Caminos
U.P.M.

1. INTRODUCCION

La densidad y humedad de un terraplén compactado, en la mayor parte de los casos, se determinan in situ por el método indirecto denominado habitualmente como “nuclear” y que está basado en la interacción de radiaciones gamma con el material del relleno. En bastantes menos ocasiones se determina por el método denominado “de la arena” o “del cono de arena” en el que una masa de suelo excavada manualmente en la superficie del terraplén se divide por el volumen que ocupaba medido in situ con una arena calibrada.

Hace 50 años el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo introdujo el primer equipo “nuclear” en España y, al respecto, Uriel S. y Serratosa J.M. (1962) publicaron en la Revista de Obras Públicas de marzo de 1962 sus experiencias comparativas entre ambos métodos llegando a la conclusión de que el nuclear ofrecía notables ventajas y auguraba entonces un uso masivo en los años venideros. Con el tiempo así ha sido, pero en muchas ocasiones, hemos constatado que pueden existir diferencias notables entre los resultados de ambos métodos.

Los resultados que aquí se exponen se refieren a dos casos en los que se cuenta con un material bastante homogéneo en cada caso y con un número importante de medidas. No se pretende establecer criterio alguno de elección del método ni de ofrecer algo novedoso pues es bien sabido por el que se dedica a estos menesteres que pueden existir estas diferencias; pero sí se quiere llamar la atención sobre las divergencias de ambos métodos en casos similares al presente.

2. MATERIALES ENSAYADOS

El caso más importante es el de un relleno formado por una zahorra natural con finos, en la que se han realizado 309 determinaciones con el nuclear y 37 con el método de la arena. Se ha extendido en tongadas de 1 metro de espesor.

El segundo relleno es una zahorra artificial con escasos finos, prácticamente una ZA-25, extendida en tongadas de 30 cm. En este relleno se han realizado 160 determinaciones con el nuclear y 35 con el método de la arena.

En ambos casos se quiso establecer el contraste entre métodos para tomar las decisiones oportunas.

Sus curvas granulométricas se muestran en la figura 1.

3. RESULTADOS Y COMENTARIOS

En la figura 2 se representa la comparación entre las densidades medidas por ambos métodos y, en la figura 3, la correspondiente a las humedades.

Existen discrepancias notables entre las densidades medidas con ambos métodos. En el relleno 1, con más finos, las densidades determinadas por el método del cono de arena son del orden del 5% más altas que las halladas con el nuclear. En el relleno 2, zahorra artificial ZA-25, las densidades con el nuclear parecen ser un 3-4 % más altas.

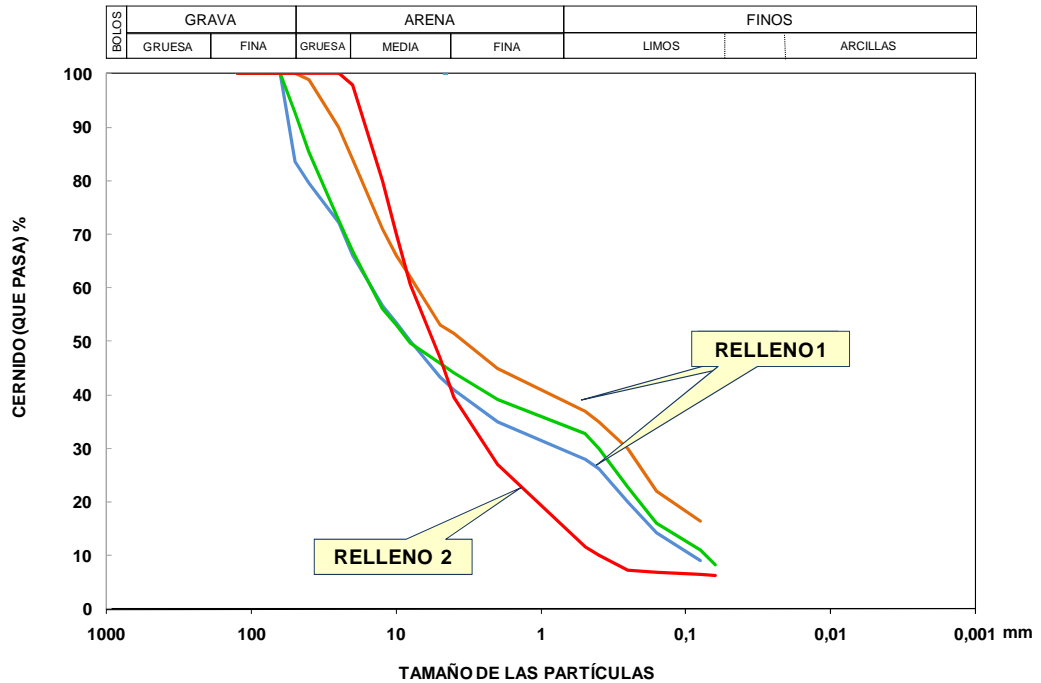


Figura 1.- Curvas granulométricas del material ensayado

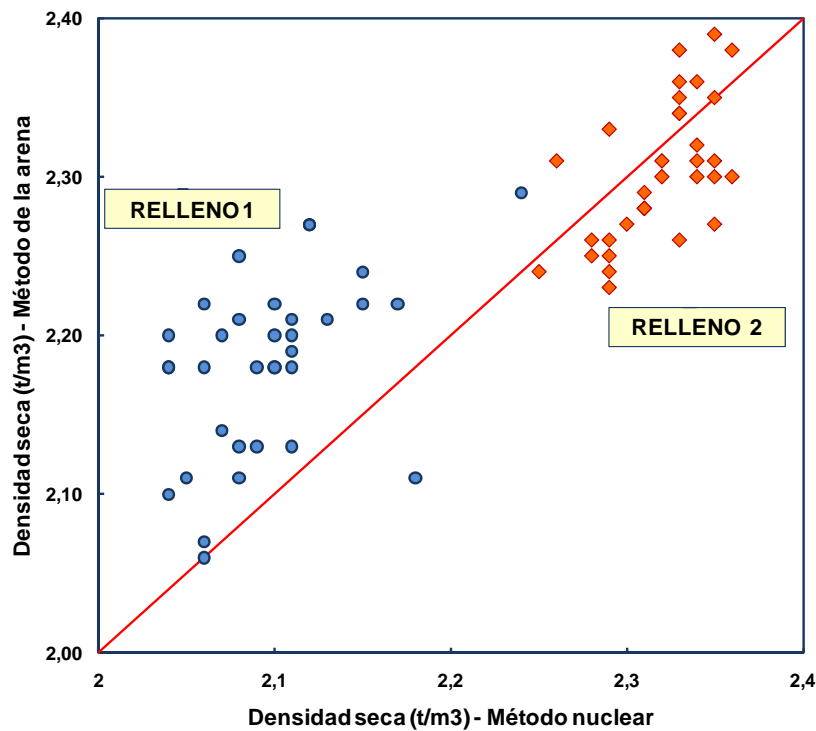


Figura 2.- Densidades secas obtenidas con ambos métodos

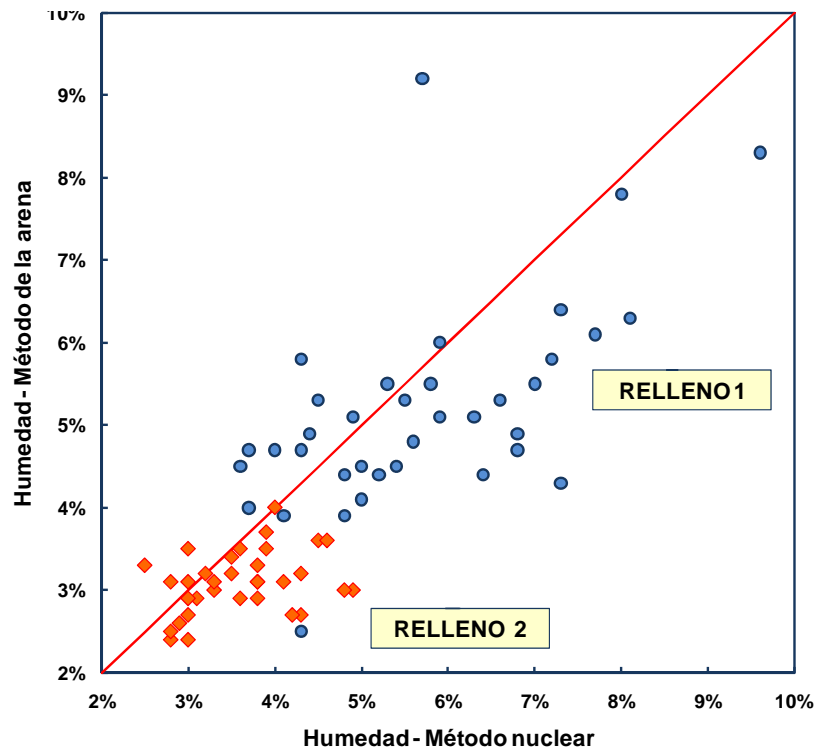


Figura 3.- Humedades obtenidas con ambos métodos

En cuanto a las humedades, las determinadas con el nuclear son en general mayores que las determinadas en estufa con el material obtenido con el método del cono de arena. Somos conscientes de que las humedades están dentro de unos valores bajos por lo que las diferencias no tienen consecuencias importantes aunque pueden ser del 20%.

Sin embargo las diferencias en las densidades conducen, en el relleno 1, a decisiones conservadoras si se aceptan las obtenidas con el nuclear mientras que, en el relleno 2, conducen a decisiones optimistas. En el caso del relleno 1 las decisiones se pueden traducir en sobrecostos quizás innecesarios.

Una posible explicación está en el espesor de zona en la que el ensayo es representativo. Uriel y Serratos ya decían que, cuanto más denso es un suelo, menor es el espesor afectado cuando se emplea el equipo nuclear; así, en el relleno 2, de zahorra artificial, compactado energicamente, más que el relleno 1, las densidades afectan solo a los 15-20 cm donde la energía del compactador llega bien. Sin embargo, en el relleno 2 con más finos y menos compactado, el espesor afectado por la radiación es mayor por lo que las densidades pueden ser menores con el nuclear.

Independientemente de la explicación, lo que se ha querido poner de manifiesto es que pueden existir discrepancias entre los resultados de ambos métodos por mucho que el equipo nuclear se haya calibrado periódicamente.

Mi recomendación es que, además de la calibración periódica en el laboratorio, se contraste siempre el resultado del equipo nuclear con el del cono de arena en el propio material a ensayar. Una determinación con el método del cono de arena por cada 5 con el nuclear es un contraste conservador que podría ir haciéndose menos frecuente a la luz de los resultados que se fueran obteniendo.

4. AGRADECIMIENTOS

Los resultados expuestos pertenecen a una parte de los controles de calidad realizados en una obra de Enagás a quien se agradece la autorización para su exposición.