

CURVAS DE CALIBRACIÓN PARA MUESTRAS DE SUELO CON LA TÉCNICA GAMMA-NATURAL UTILIZANDO TRANSFORMADA WAVELET CONTINUA

H. D. Colorado, A. Bohórquez, J. A. Tabares y G. A. Pérez Alcázar
Departamento de Física, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali (Colombia)

Hernan Dario Colorado Restrepo ♦

(Recibido 08 de Sep.2005; Aceptado 17 de Mar. 2006; Publicado 16 de Jun. 2006)

RESUMEN

Se utilizan dos métodos que permiten correlacionar linealmente la masa de suelo con información proveniente del espectro de radiación gamma natural. El primer método consiste en sumar las cuentas en una región de interés (ROI) del espectro original y correlacionarlas con la masa de la muestra. El segundo método utiliza la Transformada Wavelet Continua y permite correlacionar coeficientes wavelet con la masa de la muestra. Puesto que para aplicaciones industriales se requieren bajos tiempos de medición, se estudia la dependencia de los coeficientes de correlación lineal en función del tiempo de medición utilizado en cada espectro. Para un espesor del blindaje de 6 cm y un tiempo de medición de 5 minutos el coeficiente de correlación lineal se estabiliza en un valor bastante aceptable para ambos métodos.

Palabras claves: curvas de calibración, gamma-natural, transformada wavelet continua.

ABSTRACT

Two methods are used that allow to linearly correlating the mass of soil with information originated from the natural gamma radiation spectrum. The first method consists in adding the counts in a region of interest (ROI) of the original spectrum and correlating them with the mass of the sample. The second method uses the Continuous Wavelet Transformed and allows correlating coefficients wavelet with the mass of the sample. Due that for industrial applications low times of measurement are required, then the change of the coefficient of linear correlation as a function of the time required for each spectrum is studied. For a shielding wide of 6 cm and a measured time of 5 minutes, the coefficient of linear correlation is stabilized to an acceptable value for both methods.

Keywords: calibration curve, gamma-natural, Continuous Wavelet Transformed.

1. Introducción

En estudios preliminares [1,2] se mostró la posibilidad de implementar la técnica gamma-natural en alguna aplicación industrial propia. En el trabajo actual y mediante una sonda de detección de gammas de última tecnología, se procesan los espectros para obtener curvas de calibración que permitan determinar la masa de suelo de una muestra problema. Una eventual aplicación es en bandas transportadoras de caña de azúcar o carbón, para determinar la cantidad de materia mineral y por tanto la calidad del producto.

♦ herdacom@univalle.edu.co

El procesamiento de espectros es la parte fundamental en la implementación de la técnica gamma–natural y debe ser perfeccionado, ya que la aplicación de dicha técnica en áreas de la agricultura y la minería requiere una optimización del tratamiento de los espectros medidos, debido a la baja actividad de los elementos naturales radiactivos, a la dificultad de blindar señales ajenas a las muestras en estudio [3] y al corto intervalo de tiempo de medición que se requiere en la mayoría de las aplicaciones tecnológicas. En este trabajo se utilizan dos métodos que permiten correlacionar linealmente la masa de suelo con los valores dados por cada método. El método usual que llamaremos ROI (Region Of Interest), consiste en sumar las cuentas en una región de interés del espectro original de cierta muestra y correlacionar esta suma con la correspondiente masa de la muestra. En el otro método propuesto en el presente trabajo, que llamaremos WAVELET, se aplica la Transformada Wavelet Continua (CWT) [4] al espectro original de cierta muestra obteniéndose una nueva representación del espectro, ya no en cuentas por canal, sino en coeficientes wavelet relacionados con una escala en función de una variable equivalente a los canales. En el presente trabajo se escogió la escala 1300 para aplicar el método WAVELET. En esta nueva representación del espectro se suman los coeficientes wavelet en una región de interés y el resultado se correlaciona con la respectiva masa de la muestra asociada al espectro original.

2. Descripción experimental

El dispositivo empleado para realizar las mediciones en el laboratorio consiste de una sonda de detección de rayos gamma desarrollada por la firma Target Systemelectronics, con un detector de centelleo de ioduro de sodio activado con talio NaI(Tl) de 8 cm de diámetro por 11 cm. de alto y un blindaje de plomo para la radiación exterior con forma de cascarón cilíndrico de 7.8 cm. de espesor. La fuente de alto voltaje se ha fijado en 475 V permitiendo medir radiactividad natural de hasta 3 MeV en un espectro de 2048 canales.

Para obtener las curvas de calibración, se utilizaron ocho muestras de suelo de 0 a 175 g en pasos de 25 g, las cuales se sitúan dentro del blindaje a una distancia promedio de 3 cm. del detector. Puesto que el tiempo de medición debe ser lo más pequeño posible, se hacen mediciones de las mismas muestras a diferentes intervalos de tiempo desde 1 hasta 10 min en pasos de 1 min para determinar el comportamiento del coeficiente de correlación lineal en función del tiempo. Para evaluar la efectividad del blindaje, se fija el tiempo y se obtienen curvas de calibración variando el espesor del blindaje, permitiendo así establecer el comportamiento del coeficiente de correlación lineal en función del espesor. Para variar el espesor se desenrollan las láminas de plomo de 3 mm de espesor que conforman el blindaje. Debido a que la medición de cada muestra se repite 4 veces, todas las regresiones lineales se hacen con un total de 32 puntos.

Para el cálculo de las curvas de calibración utilizando los métodos arriba mencionados, se desarrolló una aplicación en Matlab 5.3, que permite agilizar los cálculos [5]. En el caso del método WAVELET se debe escoger ciertos parámetros como el tipo de wavelet y la escala, además de la región en donde se suman los coeficientes.

3. Resultados y discusión

Inicialmente se presentan los resultados obtenidos que determinan el comportamiento del coeficiente de correlación lineal en función del tiempo. La figura 1 muestra las gráficas de masa de suelo en función del área para los diferentes tiempos al aplicar el método ROI y WAVELET.

En ambos métodos se advierte una considerable dispersión para tiempos bajos la cual tiende a disminuir a medida que el tiempo de medición aumenta. Para comprender mejor cómo cambia la dispersión con el tiempo de medición, la figura 2 presenta los coeficientes de correlación en función del tiempo de medición. En ambos métodos se obtiene claramente un comportamiento bien definido de cómo mejora la correlación a medida que el tiempo de medición crece. También se observa que a partir de 3 minutos la correlación no varía considerablemente, manteniéndose dentro de un pequeño rango. Realizar medidas con tiempos mayores a 5 minutos no incrementa sustancialmente el coeficiente de correlación lineal, por lo cual este tiempo es el adecuado en ambos métodos para tener una buena curva de calibración. En general los coeficientes de correlación en ambos métodos tienen un comportamiento similar, lo que hace a WAVELET un método alternativo en el tratamiento de espectros.

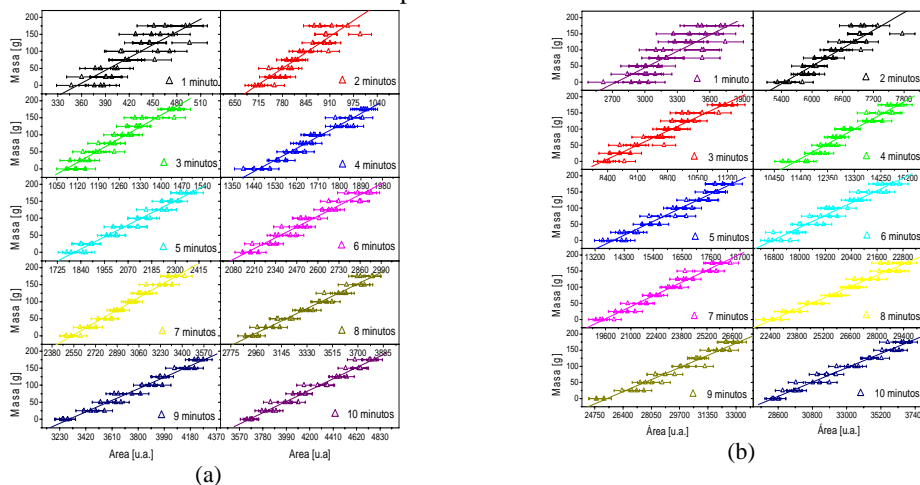


Fig. 1. Masa de suelo en función del área, de 1 a 10 minutos aplicando (a) el método ROI sumando cuentas del canal 1 al 2048 y (b) el método WAVELET con la wavelet sombrero mexicano en la escala 1300 sumando coeficientes wavelet del canal 10 al 410.

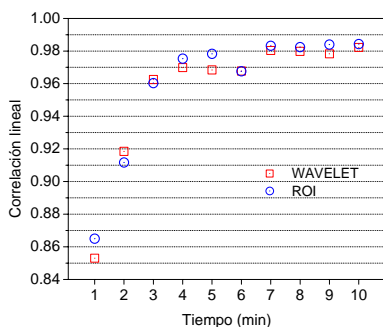


Fig. 2. Coeficientes de correlación lineal en función del tiempo de medición para los métodos ROI y WAVELET.

A continuación se presentan los resultados que permiten determinar el comportamiento del coeficiente de correlación lineal en función del espesor del blindaje para un tiempo de medición fijo. La figura 3 muestra los coeficientes de correlación lineal en función del espesor

de blindaje para mediciones de 5 minutos aplicando los métodos ROI y WAVELET los cuales se obtienen bajo las mismas condiciones experimentales y con los mismos parámetros antes utilizados para cada método. En ambos métodos se nota claramente que el coeficiente de correlación aumenta a medida que crece el espesor del blindaje. Para ambos métodos se puede ver que a partir de 6 cm de espesor no hay prácticamente variación alguna en los coeficientes de correlación.

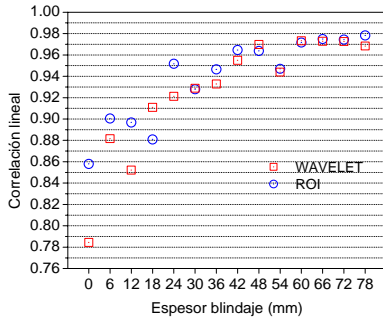


Fig. 3. Coeficientes de correlación lineal en función del espesor de blindaje durante 5 minutos para los métodos ROI y WAVELET.

3. Conclusiones

El método WAVELET, que utiliza la Transformada Wavelet Continua, muestra valores similares de los coeficientes de correlación a los encontrados con el método ROI, lo cual lo hace un candidato en el tratamiento de espectros con el fin de obtener curvas de calibración.

Para el montaje en el laboratorio resultó ser adecuado un espesor de 6 cm y un tiempo de medición de 5 min. Se puso de manifiesto la efectividad del montaje y del equipo utilizado ya que se obtienen mejores coeficientes de correlación lineal comparados con los reportados por otros autores [6,7].

Referencias

- [1] H. D. Colorado, A. Bohórquez y J. A. Tabares, *Rev. Col. Fis.* 37 (2005) 171-174.
- [2] H. D. Colorado, *Medida de materia mineral en la caña de azúcar aplicando la técnica gamma natural*, Tesis de pregrado, Universidad del Valle, 2003.
- [3] P. Blum, *PP Handbook*, Chapter 5: Natural Gamma Radiation, (1997) 5-1-5-6.
- [4] G. Strang, T. Nguyen, *Wavelet and filter banks*, Wellesley - Cambridge Press, USA, 1996.
- [5] M. Misita, Y. Misita, G. Oppenheim, J. M. Poggi, *Documentation for wavelet toolbox*, The Math-Works, Inc. 1997.
- [6] M. Borsaru, M. Biggs, W. Nichols, F. Bos, *Applied Radiation and Isotopes* 54 (2001) 335-343.
- [7] P. G. Atherton, J. C. Dow, P. J. Mathew, *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists* (1992) 18-23.