

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DIELECTRICO EN MEZCLAS DE SUELO ARTIFICIAL

Omar Andrés ROSADA¹, Juan Sebastián TAMAYO¹

¹ *Estudiante de Ingeniería Civil Pontificia Universidad Javeriana Cali*
omarogo@gmail.com; avantaron@gmail.com

RESUMEN: La caracterización de un suelo se puede determinar de acuerdo a la interacción de sus fases constituyentes, (como sólida, gases, fluidos y película contráctil) y de acuerdo a la relación masa-volumen, se puede determinar el comportamiento eléctrico de su fábrica, con modelos constitutivos semi-empíricos presentes en la literatura. Existen diversos métodos clasificados como no invasivos que ayudan en la identificación de ciertas propiedades del suelo, basados en los principios de transmisión de ondas electromagnéticas o eléctricas, como por ejemplo el SEV o el GPR. Estos principios parten de un concepto básico llamado permitividad dieléctrica y la forma en que este se ve afectado por las propiedades o las distintas fases constituyentes de un suelo. En el presente trabajo se busca ofrecer unos ajustes a los modelos previamente propuestos a partir de la ecuación de Lichtenecker, considerando la superficie específica (S_e) de los suelos y la interacción que tienen con la película contráctil algunos minerales arcillosos con el agua. Las muestras de estudio, son mezclas de tres geo-materiales (arena del Güamo, bentonita y caolinita) que conforman lo que se llama “suelo artificial”; a partir de una humedad y densidad constantes. El comportamiento eléctrico del suelo se determina de acuerdo a la parte real de la permitividad dieléctrica. Este parámetro se obtiene usando un analizador de impedancias que trabaja en el rango de 1.0 Hz – 5.0 MHz. Los ajustes planteados se definieron a partir de tres frecuencias 1.0, 3.0 y 5.0 MHz debido a la presencia del efecto difusivo en bajas frecuencias.

Palabras clave: Permitividad dieléctrica, película contráctil, fases del suelo, superficie específica, contenido volumétrico de agua.

ABSTRACT: The characterization of a soil can be determined according to the interaction of its constituent phases (as solid, gases, fluids and shrink film) according to the relative mass-volume, you can determine the electrical behavior of his factory, with semi-empirical constitutive models in the literature. A variety classified as non-invasive methods that aid in the identification of certain soil properties, based on the principles of transmission of electromagnetic or dielectric waves, such as SEV or GPR. These principles are based on a basic concept called dielectric permittivity and how this is affected by the properties or specific phases of soil. In this paper it seeks to provide some adjustments to previously proposed models from the equation Lichtenecker, considering the specific surface (S_s) of the soil and the interaction they have with shrink film. The study samples are mixtures of three geo-materials (sand Güamo, bentonite and kaolin) that make up what is called "artificial soil "; from a constant humidity and density. The electric behavior of soil is determined according to real part of the dielectric permittivity. This parameter is obtained using an impedance analyzer that works in the rank of 1.0 Hz - 5.0 MHz. The adjustments defined raised from three frequencies 1.0, 3.0 and 5.0 MHz due to the presence of diffusive effect at low frequencies.

Keywords: Dielectric permittivity, shrink film, soil phases, specific surface and volumetric water content.

1. INTRODUCCIÓN

En la literatura se encuentran modelos matemáticos que pueden estimar a partir de distintas propiedades del suelo la variación del campo eléctrico en el medio poroso. Bajo el interés científico que produce el comportamiento del suelo, cuando se somete a métodos no invasivos de estudio, es que se desarrolla el presente proyecto, en el cual, se estudiará de manera básica la forma en que un parámetro eléctrico como la permitividad, puede afectarse por las distintas fases constituyentes del suelo. Correlacionando parámetros como la superficie específica (S_e) y la película contráctil, junto con los resultados de la permitividad dieléctrica, obtenida mediante de un analizador de impedancias de baja frecuencia (MHz)

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Componente geotécnica

Los factores composicionales y ambientales de un suelo, fijan un rango de valores que permiten determinar cualquier propiedad del medio poroso (Mitchell & Soga, 2005). Por medio de la permitividad dieléctrica se pueden establecer vínculos que permiten correlacionar en un suelo, estas propiedades. Pero antes, es necesario anotar que autores como Santamarina et al. (2002), Colmenares (2002), Santamarina et al. (2004) y Otálvaro & Cordao-Neto (2011), hacen unas anotaciones que son pertinentes considerarlas para definir un ajuste a los modelos constitutivos que hace referencia Dobson et al. (1985), y Zakri et al. (1998), Lopera & Milisavljevic (2007), y Valderrama (2015),

Parte de las características físicas más importantes al momento de definir el comportamiento de un suelo son: la superficie específica y su capacidad de absorción de agua; en la naturaleza existen unos minerales

de arcilla que pueden ofrecer un comportamiento característico cuando se les agrega agua, uno es la caolinita y el otro es la bentonita. La caolinita es uno de los minerales más comunes y menos sensibles a la humedad; mientras la bentonita es uno de los minerales arcillosos más pequeños y más susceptibles al agua (Lambe 2009).

Parte de la caracterización que proponen Santamarina et al. (2002) a partir de la forma y distribución de las partículas de la matriz porosa, se relacionan directamente con la superficie específica del suelo; proponen usar el método de azul de metileno para obtener éste parámetro. De acuerdo al artículo, éste ensayo es fácil de realizar, es económico y otorga unos resultados representativos de la naturaleza del suelo. La ecuación que se presenta a continuación arroja como resultado la superficie específica de un suelo usando la técnica de azul de metileno (Santamarina et al., 2002).

$$S_e = \frac{1}{319.87} * \frac{1}{200} (0.5 * N) * A_V * A_{MB} * \frac{1}{10} \quad [2.1]$$

donde, N es el número de incrementos de 0.5 ml de la solución de azul de metileno en la suspensión de suelo, A_V es el número de Avogadro ($6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$) y A_{MB} es el área que puede abarcar una molécula de azul de metileno (típicamente tomada como 130 \AA^2).

2.2 Componente eléctrica

La permitividad relativa (ϵ_{r*}) se compone de acuerdo a Kelleners (2005), de una parte real (ϵ') y una imaginaria (ϵ''). Autores como Valderrama (2015) y Fam & Santamarina (1996) definen la permitividad real como la capacidad de polarización de las partículas de un material cuando se produce un campo eléctrico; la parte imaginaria se relaciona con la pérdida de energía al producirse dicho campo eléctrico. El valor de la permitividad es función de la frecuencia. A continuación se

La permitividad dieléctrica de cada mezcla de suelo se consigna en la gráfica que sigue a continuación:

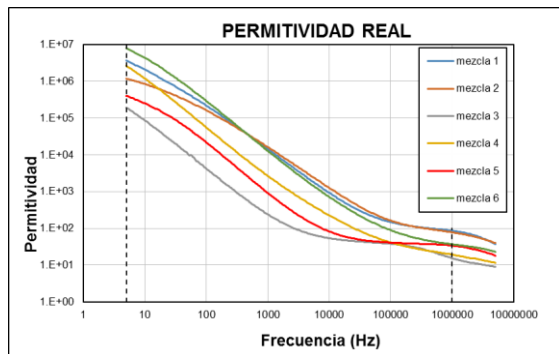


Figura 1. Permitividad dieléctrica de las mezclas de suelo.

Tomando en cuenta el efecto difusivo en bajas frecuencias, las permitividades para un rango de frecuencias de 1 Mhz a 5 MHz son las siguientes:

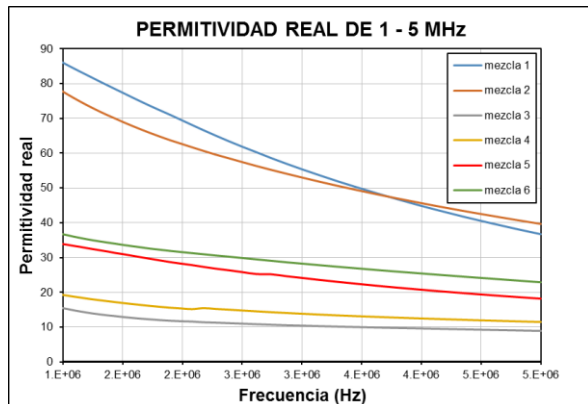


Figura 2. Permitividad dieléctrica de las mezclas de suelo (1MHz – 5 MHz)

El ajuste propuesto para la ecuación de Lichtenecker, teniendo en cuenta la superficie específica (Se) para las frecuencias de 1, 3 y 5 MHz, da como resultado lo siguiente:

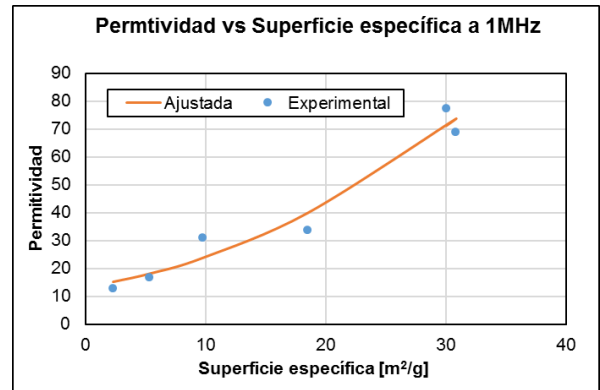


Figura 3. Ajuste a la ecuación de Lichtenecker considerando la Se a 1 MHz.

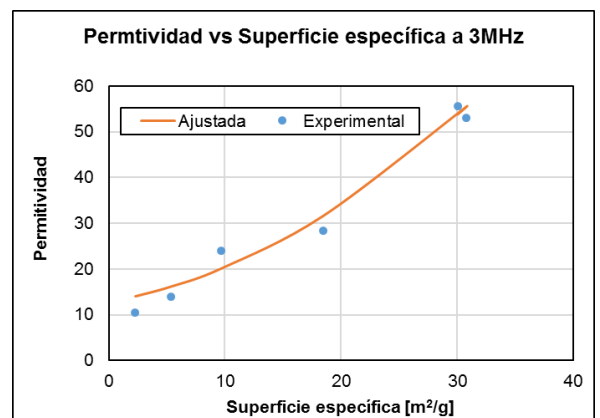


Figura 4. Ajuste a la ecuación de Lichtenecker considerando la Se a 3 MHz.

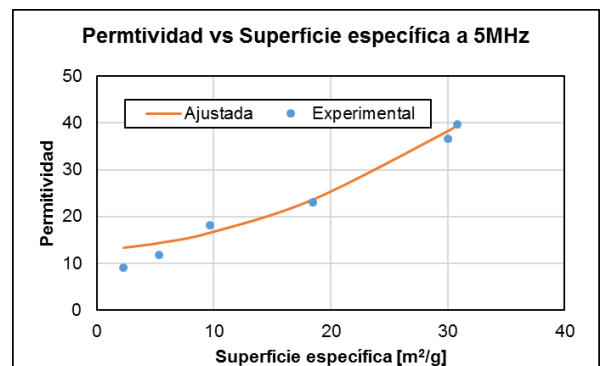


Figura 5. Ajuste a la ecuación de Lichtenecker considerando la Se a 5 MHz.

4. DISCUSION

De acuerdo a la literatura consultada y a las observaciones realizadas por Valderrama

(2015) la permitividad del suelo para las condiciones de ensayo definidas en esta investigación, presentan un efecto difusivo en bajas frecuencias, este efecto se puede observar (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en las frecuencias definidas entre 4 Hz y 1 MHz (representadas por las líneas punteadas). El efecto difusivo es producto de la interacción que tiene el suelo con las placas paralelas, que funcionan como electrodos.

Considerando lo anterior, y de acuerdo a Dobson et al. (1985), se considera que a mayores frecuencias el efecto difusivo disminuye y empieza a dominar la permitividad dieléctrica del material, en este caso el suelo.

La parte real de la permitividad dieléctrica tiene un comportamiento en altas frecuencias bien diferenciado para cada mezcla. Si tomamos en cuenta lo indicado en la *Tabla 1*, debido a que el único parámetro que variaría de mezcla a mezcla sería la superficie específica (S_e), se podría determinar una dependencia directa de la permitividad del suelo con dicho parámetro.

5. CONCLUSIONES

Debido a las formas de polarización que tiene el material, la permitividad dieléctrica del suelo varía en función de la frecuencia. A medida que la frecuencia aumenta la permitividad disminuye, al igual que el efecto difusivo provocado por los electrodos.

La permitividad dieléctrica está directamente relacionada con la superficie específica. A medida que la superficie específica es mayor, la permitividad aumenta.

Para el ajuste realizado a la ecuación de Lichtenecker a partir de la superficie específica, los parámetros “ a_s ”, “ b_s ” y “ c_s ” presentan una relación con la frecuencia. A

medida que esta aumenta, los parámetros “ a_s ” y “ b_s ” disminuyen, mientras “ c_s ” no presenta una variación consecuente con el aumento de la frecuencia.

REFERENCIAS

- Colmenares, J., 2002. *Suction and Volume Changes of Compacted Sand-Bentonite Mixtures*.
- Dobson, M.C., Ulaby, F.T. & Hallikainen, M.T., 1985. Microwave dielectric behavior of wet soil 2. Dielectric mixing models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-23(1), pp.35–46.
- Fam, M. & Santamarina, J., 1996. Study Clay-Cement Slurries with Mechanical and Electromagnetic Waves. *Journal of Geotechnical Engineering*, pp.365–373.
- Goncharenko, A. V, Lozovski, V.Z. & Venger, E.F., 2000. Lichtenecker's equation: applicability and limitations. *Optics Communications*, 174, pp.19–32.
- Granja, A.M., 1992. *Evaluación del deslizamiento en el barrio Brisas de Mayo de Cali*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.,
- Kelleners, T., 2005. Frequency dependence of the complex permittivity and its impact on dielectric sensor calibration in soils. ... *Science Society of ...*, (i). Available at: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/69/1/0067> [Accessed October 20, 2014].
- Lambe, T.W., 2009. *Mecánica de suelos*, México D.F: Limusa.
- Lichtenecker, K., 1926. *Phys. Z*,
- al., 2004. Soil behaviour : The role of particle shape. , pp.1–14.