

Análisis de la resistividad térmica en suelos compactados

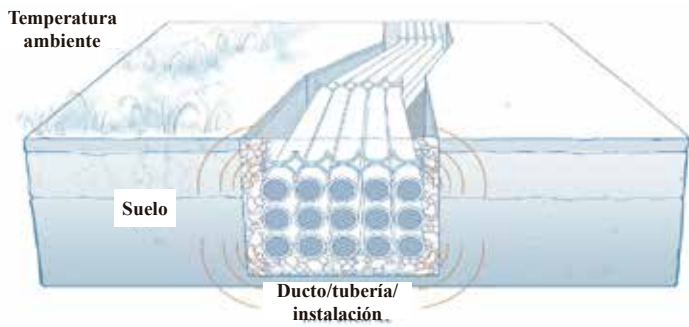


Fig 1. Instalación eléctrica enterrada.

La resistividad térmica (ρ) es la magnitud que define la oposición un cuerpo o medio al flujo de calor. Dentro de un contexto geotécnico, la determinación de este parámetro es de gran importancia en proyectos donde la transferencia de calor tiene lugar a través del suelo. Dado que el suelo funge como intermediario térmico entre un cable (o ducto) y el ambiente, las propiedades térmicas del suelo son una parte importante del diseño y la operatividad de conducciones enterradas (Figura 1). Dentro de este tipo de proyectos se encuentran las instalaciones eléctricas alta tensión, los oleoductos y los gasoductos.

Tomando en cuenta la importancia de ρ , en este trabajo se ha determinado la resistividad térmica de diversos suelos compactados, y se establece la relación que existe entre este parámetro con la granulometría, el contenido de agua y el peso volumétrico. Para la medición de la resistividad se ha utilizado un sensor térmico, y las mediciones han sido efectuadas bajo lo establecido en las normas ASTM D5334- 08 e IEEE 442- 03.

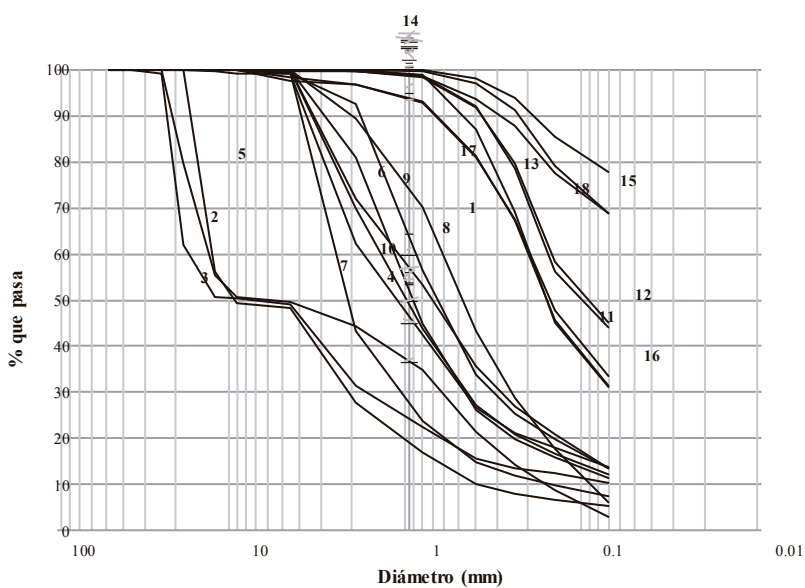


Fig 2. Curvas granulométricas de los materiales ensayados.

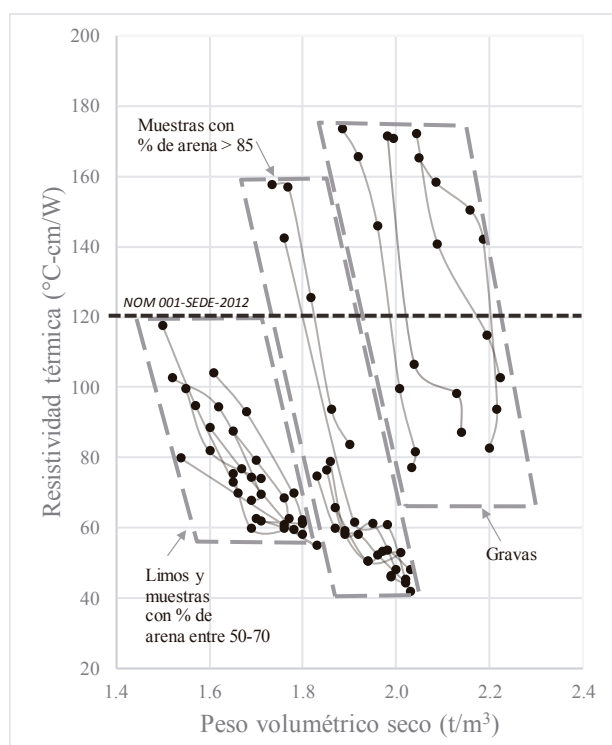


Fig 3. Variación de resistividad térmica respecto al peso volumétrico.

Se expone un análisis de la variación de la resistividad térmica respecto al grado de compactación de 18 muestras de suelo. La resistividad térmica es una propiedad intrínseca del suelo (y cualquier otra sustancia) relacionada con su habilidad para oponerse al flujo de calor. En los suelos, esta propiedad depende principalmente de la granulometría, el peso volumétrico seco y el contenido de agua. En esta investigación, a cada muestra compactada se le ha determinado su resistividad térmica, con el objetivo de analizar las variaciones entre los parámetros involucrados, y así determinar patrones de comportamiento.

PROPIEDADES DE LOS SUELOS ANALIZADOS.

Dentro del alcance de este estudio, fueron analizadas 18 muestras de suelos con distintas características granulométricas, que van desde gravas arcillosas a limos arenosos. Para la correcta caracterización de cada material se realizaron determinaciones de densidad de sólidos, análisis granulométricos y límites de consistencia. En la figura 2 se presentan las curvas granulométricas de los materiales analizados.

Variación de la resistividad térmica respecto al peso volumétrico seco.

En la figura 3, para todas las muestras analizadas, se observa cómo disminuye la resistividad térmica conforme aumenta el PVS, demostrando cuán importante es la compactación para lograr reducir la resistividad térmica en un material terreo.

Variación de la resistividad térmica respecto al contenido de agua.

Acorde a lo presentado, la resistividad térmica disminuye a medida que el contenido de agua aumenta. A manera en que los vacíos en el suelo van siendo reemplazados por agua (debido al aumento en el grado de compactación) la resistividad térmica disminuye en todos los casos presentados. De manera indicativa, en los gráficos presentados se muestra (con línea punteada) el valor de ρ máximo para un suelo, de la NOM-001-SEDE-2012, para instalaciones eléctricas.



CONCLUSIONES

Se han realizado pruebas de compactación en 18 muestras con distintas granulometrías. Para cada punto que conforma la curva de compactación, se determinó su resistividad térmica asociada.

Conforme aumenta el contenido de agua, se genera el reemplazo del aire por agua en los vacíos, reduciendo así la resistividad térmica del suelo. En la cercanía del contenido de humedad óptimo, asintóticamente las muestras logran valores constantes, que es la resistividad mínima que el suelo puede exhibir.

La presencia de aire aumenta la resistividad térmica del suelo. Los suelos compuestos por altas relaciones de vacíos tendrán altas resistividades, en comparación con los suelos que tienen partículas dispuestas con un mínimo de vacíos. Esto puede atribuirse al hecho que la resistividad térmica de aire (4000°C-cm/W) es mucho mayor que la resistividad térmica del agua (165 °C-cm/W).

Para su uso en rellenos de conducciones enterradas, y con la finalidad de lograr resistividades térmicas aceptablemente bajas, el material debe estar bien compactado y con contenidos de agua entorno al óptimo. Materiales sin sustancias orgánicas y sin partículas porosas, garantizarán una conducción térmica efectiva. El tamaño de partícula y su distribución también tienen un efecto en la manera en que se mantiene la humedad.