

Propiedades térmicas de materiales porosos: definiciones y comportamiento

Mireia Fontanet Ambròs

Francesc Ferrer Alegre

Abril 2014, Cervera



SOILRHO®

by LabFerrer



LabFerrer

Puntos básicos seminario

- Presentación
- Introducción, para qué medir la propiedades térmicas y aplicaciones
- Definiciones propiedades térmicas
- Factores que afectan las térmicas en medios porosos
 - Conductividad y Resistividad en suelos y hormigones
 - Curva estabilidad térmica
 - Cálculo del Calor Específico Volumétrico
 - Difusividad térmica



MIREIA FONTANET AMBRÒS

Geóloga

mireia@lab-ferrer.com

Tlf. +34 973 532 110



SOILRHO®
by LabFerrer



LabFerrer

info@lab-ferrer.com

www.lab-ferrer.com

blog.conductividadtermica.com

C/ Ferran el Catòlic, 3

25200, Cervera

Lleida



SOILRHO[®]
by LabFerrer

- Distribuidores oficiales de Decagon Devices



- KD2Pro
- TR-1
- SH-1
- KS-1
- RK-1



- Alquiler de equipos.
- Laboratorio de suelos SoilRho
 - Servicio de medidas de Resistividad, Conductividad y Difusividad térmica de materiales porosos y líquidos.

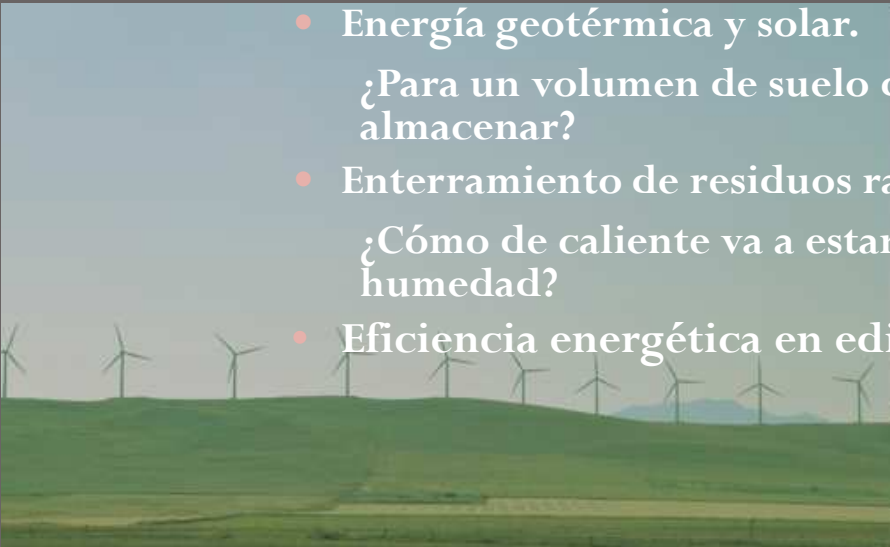
Introducción

- ¿Para qué hay que medir las propiedades térmicas de materiales porosos?
 - Caracterizar térmicamente el material
 - Conocer qué comportamiento va a tener frente a una situación concreta.
 - Comprobar y validar si el material se le da un buen uso.
- Aplicaciones
 - Perforación o instalación de líneas eléctricas.



¿Cuál es la resistencia térmica entre una línea eléctrica enterrada y el medio ambiente externo? Como disipa el calor.

- Energía geotérmica y solar.
 - ¿Para un volumen de suelo dado, qué cantidad de energía se puede almacenar?
- Enterramiento de residuos radioactivos.
 - ¿Cómo de caliente va a estar el terreno? ¿Cómo afectará a los patrones de humedad?
- Eficiencia energética en edificios.



Propiedades térmicas

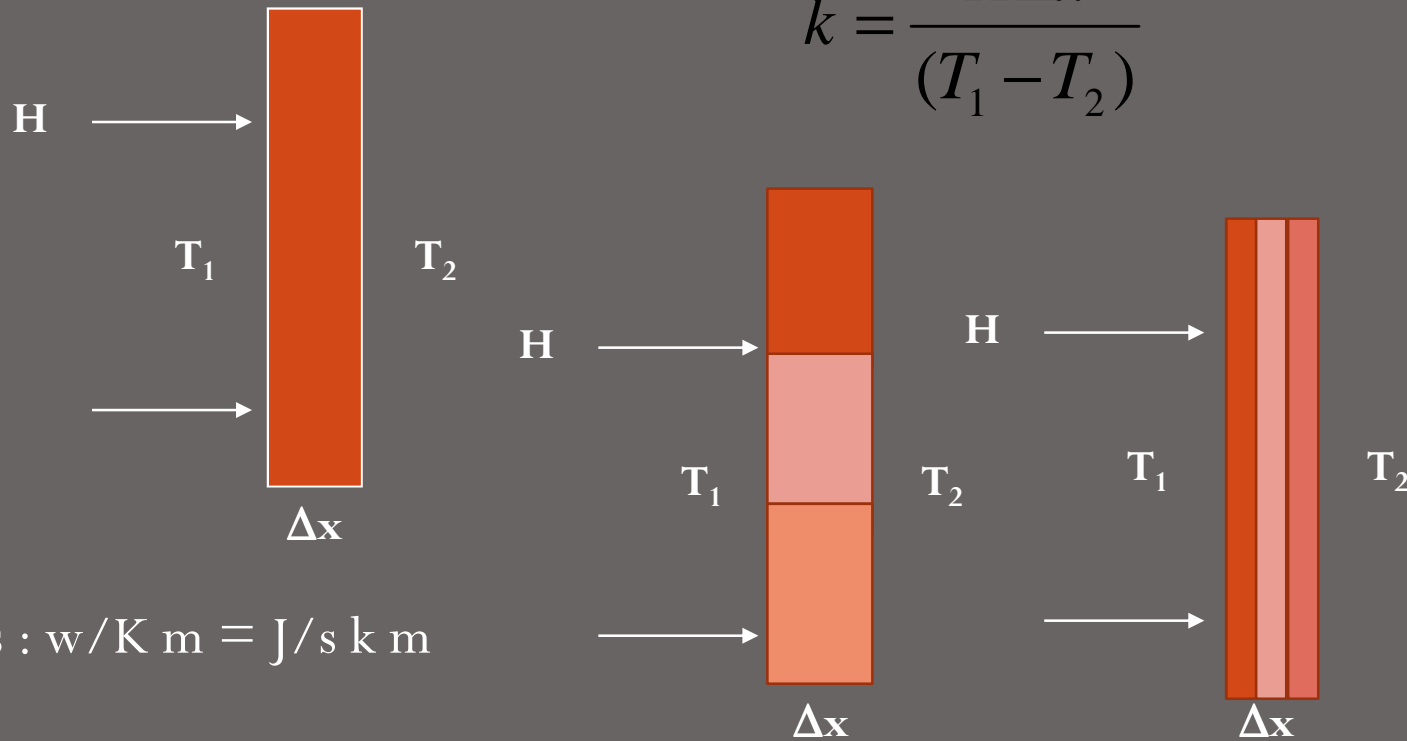
- Conductividad térmica
- Resistividad térmica

- Difusividad
- Calor específico



Definiciones

- Conductividad térmica: es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. La capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto.



Unidades : $w/K m = J/s k m$

Definiciones

- Resistividad térmica (rho): capacidad de oponerse a la conducción de la temperatura.
- Materiales heterogéneos, la inversa de la conductividad térmica.

$$R = \frac{1}{\Lambda}$$

Unidades: $k m / w$

Definiciones

- Calor específico: calor que se requiere para aumentar una unidad de temperatura.

Unidades: $\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$

- Difusividad térmica: es una propiedad específica de cada material para caracterizar conducción de calor en condiciones no estacionarias. Éste valor describe cuán rápido un material reacciona a un cambio de temperatura.

$$D = \frac{k}{c}$$

Unidades: mm^2/s



Propiedades térmicas de materiales

	k W/(mK)	C MJ/(m ³ K)	D mm ² /s
Suelo mineral	2.5	2.3	1.09
Granito	3	2.2	1.36
Cuarzo	8.8	2.1	4.19
Materia orgánica	0.25	2.5	0.10
Agua	0.6	4.18	0.14
Hielo	2.2	1.9	1.16
Aire	0.025	0.001	20.83

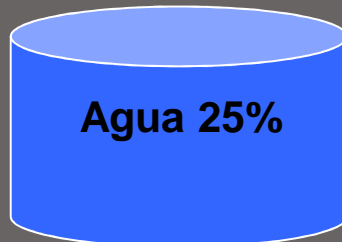
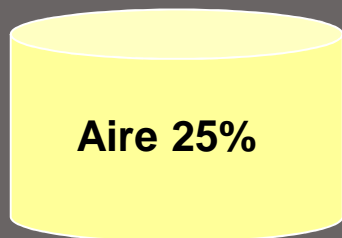


Propiedades térmicas en medios porosos

- El suelo es una mezcla entre sólido, agua y aire.
- Las propiedades térmicas del material depende de las propiedades térmicas de cada componente del suelo y de la proporción en que se encuentra cada una de ellas.
 - Conductividad y resistividad: Curvas Estabilidad térmica.
 - Variación del Calor Específico Volumétrico.
 - Difusividad térmica.

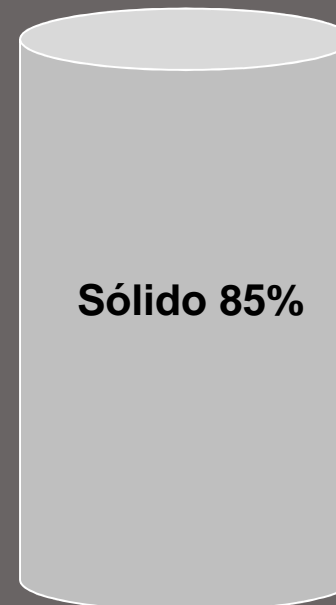
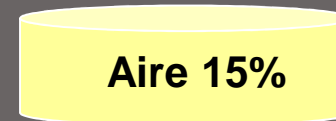


Variación de las proporciones



SUELOS

- Un suelo saturado no tiene aire en los poros.
- El suelo drena agua hasta capacidad de campo.
- La planta absorbe agua del suelo.



HORMIGONES

- Absorbe muy poca agua



Hormigón seco vs Hormigón saturado



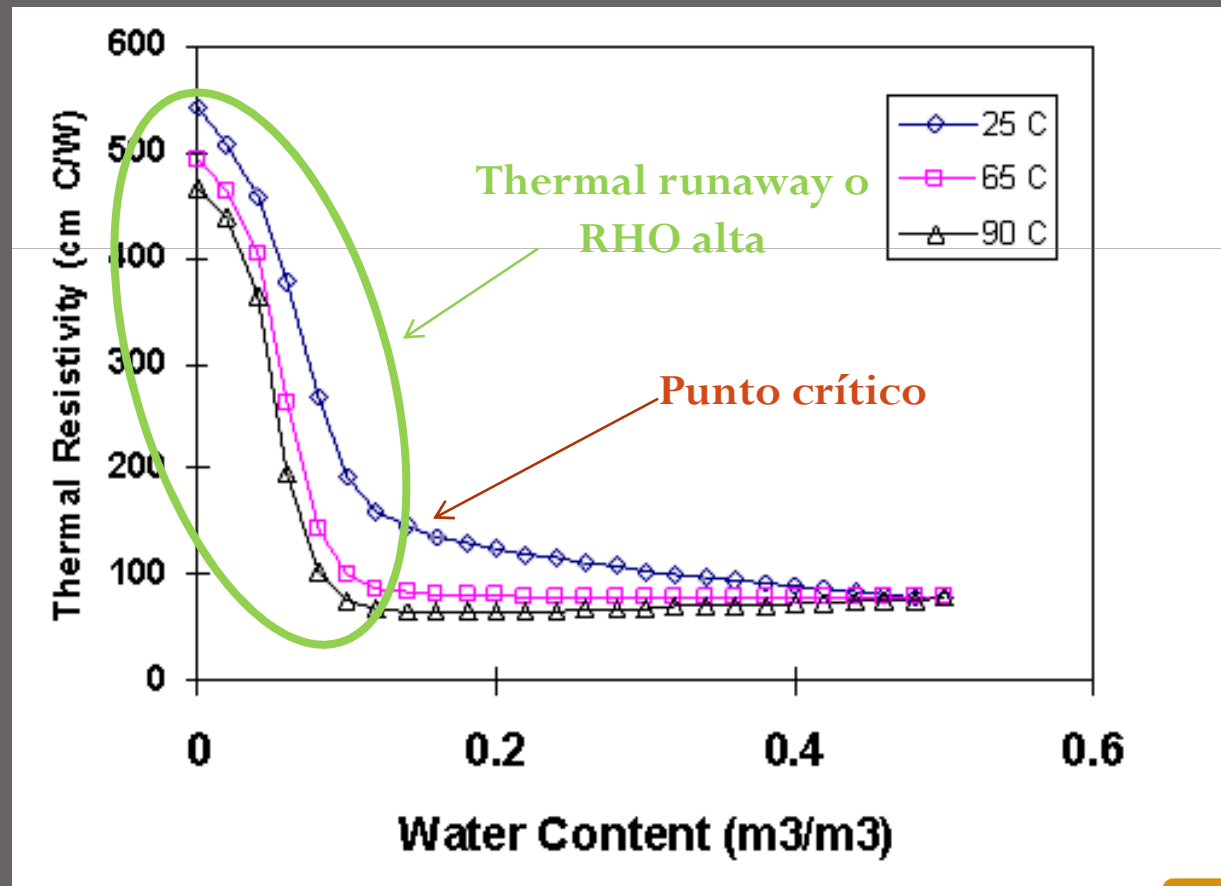
Conductividad (seco) w/mK	1,806	2,000	2,086
Conductividad (saturado) w/mK	2,185	2,314	2,285



Curvas de Estabilidad térmica

Evolución de la Resistividad o Conductividad térmica con el Contenido Volumétrico en agua del suelo.

Se utiliza para conocer la resistividad en cables eléctricos.



Factores que influyen a las Curvas de estabilidad térmica

- Contenido en humedad

El contenido de agua favorece la disipación del calor

(↓ rho, ↑ k)

Conductividad térmica agua: 0,6 W/(mK)

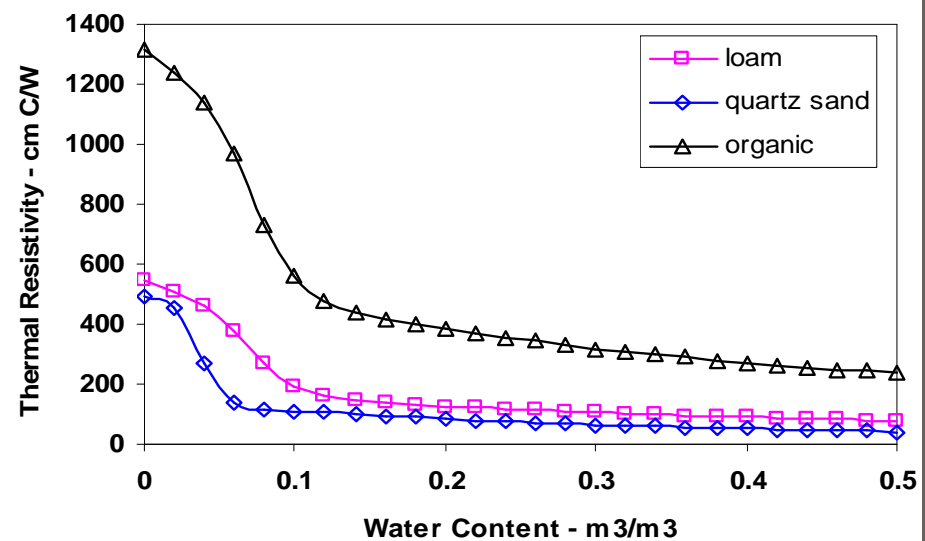
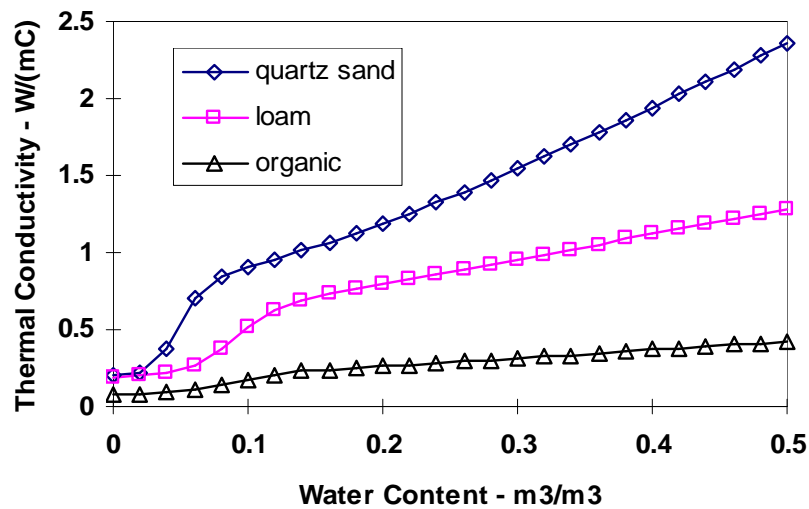
Conductividad térmica aire: 0,025 W/(mK)



Factores que influyen a las Curvas dry-out

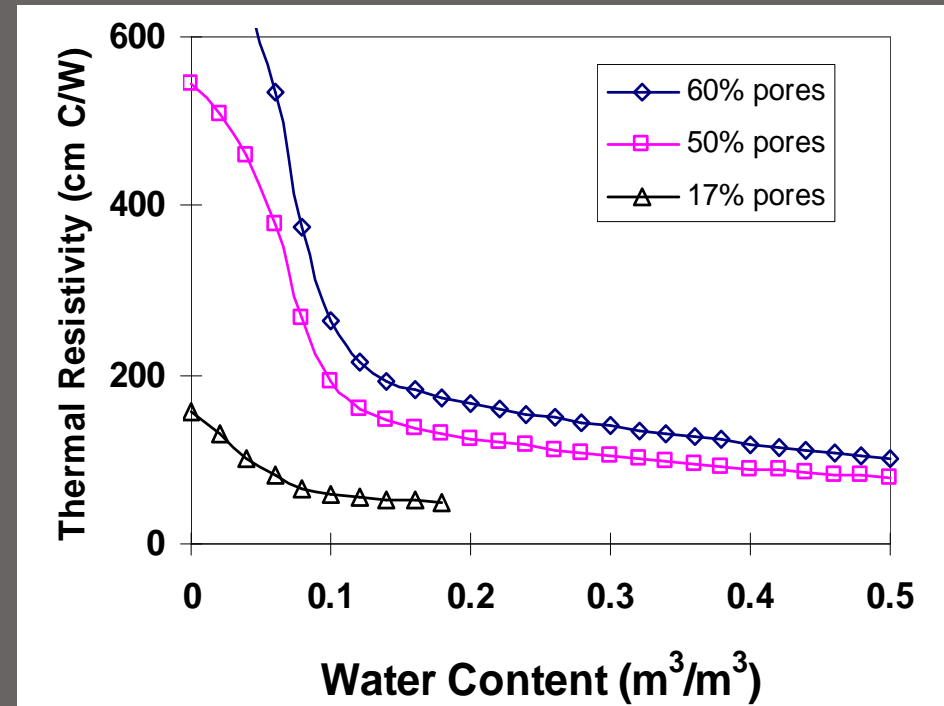
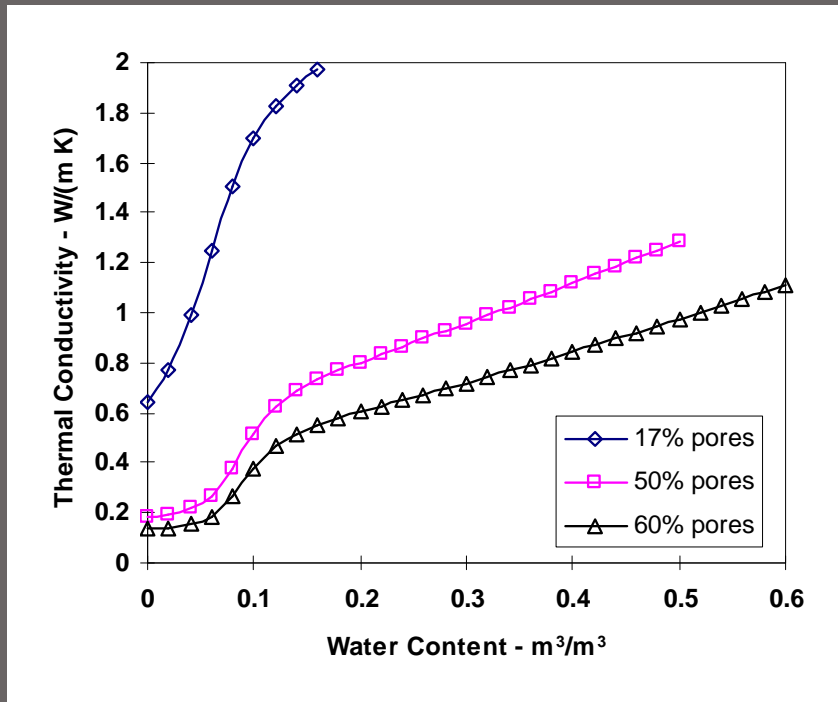
- Tipo de material

Hay materiales más conductores que otros.



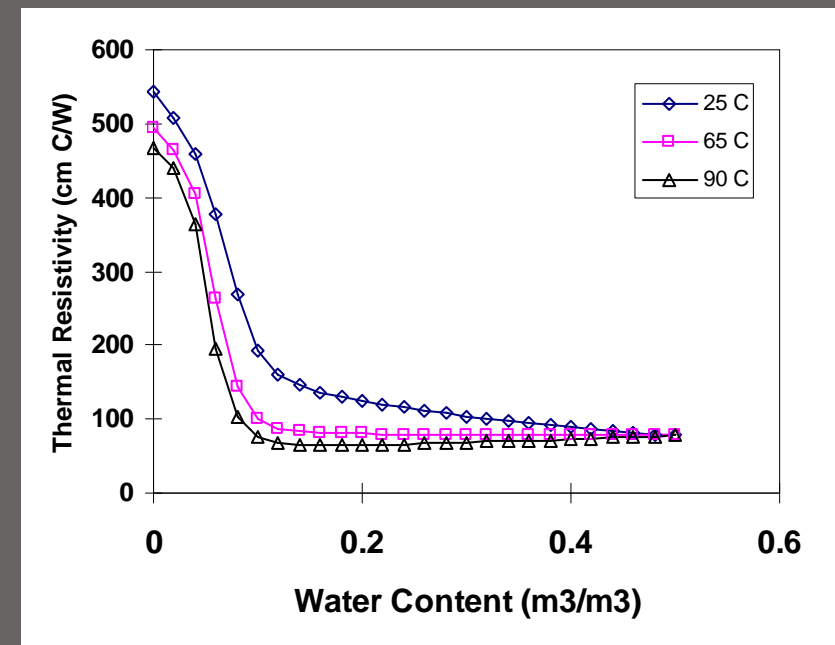
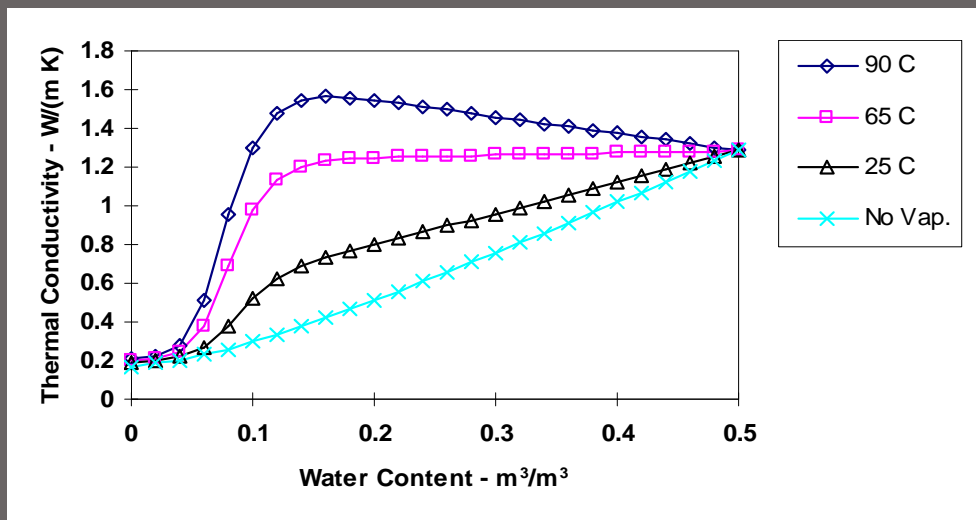
Factores que influyen a las Curvas dry-out

- Grado de compactación.
Disminución de la porosidad.



Factores que influyen a las Curvas dry-out

- Temperatura del suelo



Condiciones favorables y desfavorables

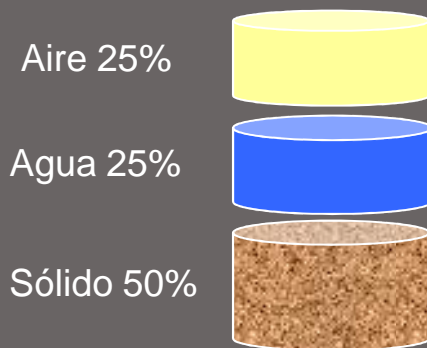
Resistividad térmica

↓ rho	↑ rho
Suelo compactado	Suelo blando
Humectado	Seco
Cuarzo	Materia orgánica
Incrementar temperatura	Disminuir temperatura



Cálculo del Calor Específico Volumétrico

- El Calor Específico Volumétrico es una mezcla de aire, agua y sólido. La suma de la proporción de cada elemento multiplicado por el calor específico de cada uno de ellos es el Calor Específico Volumétrico.



Una mezcla del 50% de sólido, 25% de aire y 25% de agua el calor específico es:

$$C = 0.5 \times 2.3 + 0.25 \times 4.2 + 0.25 \times 0.001 = 2.2 \text{ MJ m}^{-3} \text{ K}^{-1}$$

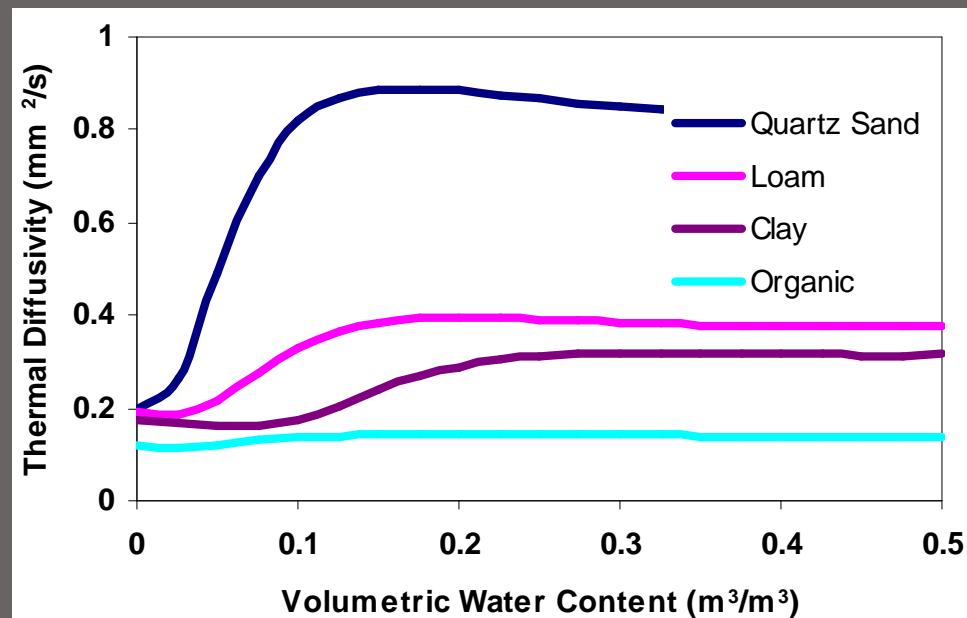
- Nota: el agua es la mitad del total. El aire es despreciable.
- Se necesita: fracciones del volumen del sólido y líquido.

Intervalo de valores Calor Específico Volumétrico

Material	Seco MJ/(m ³ K)	Saturado MJ/(m ³ K)
Suelo (50% porosidad)	1.2	3.2
Hormigón (17% porosidad)	1.9	2.6
Granito	2.2	

Difusividad térmica

- La Difusividad típica de un suelo (húmedo) es de $0,4 \text{ mm}^2/\text{s}$.
- La Difusividad típica de un suelo seco es de $0,2 \text{ mm}^2/\text{s}$
- La Difusividad de un suelo con materia orgánica es de $0.1 \text{ mm}^2/\text{s}$
- La Difusividad va de menos a más de acuerdo con la humedad del suelo.



Conclusiones a retener

- La **conductividad y resistividad** puede ser modelada conociendo la densidad aparente, contenido en agua, temperatura y mineralogía.
- El **Calor Específico Volumétrico** se puede estimar fácilmente de la densidad y el contenido en agua.
- La **Difusividad** es casi una propiedad binaria, baja en suelos secos y alta en suelos húmedos.
- La **estabilidad térmica** depende de las propiedades **hidráulicas y térmicas**.

¡GRACIAS!

MIREIA FONTANET AMBRÒS

Preguntas y aportaciones:

mireia@lab-ferrer.com

blog.conductividadtermica.com



SOILRHO[®]
by LabFerrer



LabFerrer