

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 6 – Água potável e saneamento

**COMPARACIÓN ENTRE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE SUELOS
RESIDUALES, UTILIZANDO AGUA VERSUS LIXIVIADO¹**
**COMPARISON OF THE RESIDUAL SOILS' HYDRAULIC CONDUCTIVITY BY USING WATER
VERSUS WASTE LEACHATE**

**Franchini Andrea Belén², Piñeyro Verónica Alejandra³, Tkachuk Matías Gabriel⁴,
Reinert Hugo Orlando⁵, Bogado Gustavo Orlando⁶, Schvezov Carlos⁷**

¹ Proyecto de investigación. Código 16/I157. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina.

² Becario de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. andreabelen30@gmail.com

³ Becario de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. veronica.alejandra.93@gmail.com

⁴ Becario de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. matiaskachuk@gmail.com

⁵ Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. hugoreinert@gmail.com

⁶ Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. gustavobogado@fio.unam.edu.ar

⁷ Investigador CONICET. Instituto de Materiales de Misiones, CONICET

INTRODUÇÃO

El conocimiento del comportamiento hidráulico de los suelos residuales disponibles en la provincia de Misiones, Argentina es de vital importancia para el desarrollo de la región en diversos aspectos. Fundamentalmente, el presente enfoque busca optimizar las condiciones medioambientales relacionadas con los residuos urbanos, utilizando los geomateriales disponibles en la zona con un adecuado tratamiento mecánico.

Los objetivos del presente trabajo consisten en determinar el coeficiente de conductividad hidráulica de los suelos residuales misioneros y comparar el comportamiento del mismo con dos fluidos, agua y lixiviado. El uso de lixiviado no es aleatorio, ya que el presente artículo se enmarca en un Proyecto de Investigación que busca sentar las bases para el uso de los suelos misioneros como barreras en rellenos sanitarios. Así mismo, se busca comparar los datos obtenidos con los límites de conductividad hidráulica planteados en normativas internacionales para dicho uso.

Palavras-chave: Permeabilidade; Energia de compactação; Umidade ideal; Aterro Sanitário; Permeâmetro.

Keywords: Permeability; Compaction Energy; Optimum humidity; Landfill; Permeameter

METODOLOGIA

1.1. Métodos para la construcción de permeámetros:

- *Preparación de los moldes:*

Para la construcción de los permeámetros se tuvo en cuenta la normativa ASTM D 5856, 2002b., la cual establece el uso de cilindros de material sólido que permitan la compactación de suelo directamente en el molde sin que éste sufra deformaciones, y a la vez, que garantice la estanqueidad de los mismos. Luego de ensayar diferentes materiales y métodos de armado, se optó por utilizar caños de PVC de 110mm de diámetro y 100mm de longitud, con tapas adaptadas con picos de salida recta y a 90°, que luego permitirán la conexión de las mangueras en el banco de ensayo.

- *Preparación del suelo:*

Las muestras de suelo utilizadas han sido caracterizadas en el marco del proyecto de investigación “Estudio del Comportamiento Geomecánico de Suelos Residuales Lateríticos”, cuyas propiedades se detallan a continuación:

Muestra	Descripción	Procedencia	L.L.	L.P.	I.P.	Clasificación	pasa #200	Pe Aparente	Proctor Tipo	Densidad Seca máxima	Humedad óptima
FI010	Suelo laterítico	Parque Termal	49,45	35,15	14,3	ML	0,968	-	I	1,48	29
								-	III	1,51	28
FI011	Suelo laterítico	El Chachi	56,98	44,6	12,4	MH	0,967	-	I	1,39	32,5
								-	III	1,42	31,5

Tabla N° 1: “Caracterización de las muestras de suelo”

La preparación de las muestras inicia tomando la humedad inicial de la muestra a utilizar, para luego adaptarla a la humedad requerida para el ensayo. Los permeámetros se han realizado tanto para la humedad óptima de la curva Densidad-Humedad (según la muestra y el tipo de compactación), como para puntos de la rama seca y húmeda. En el caso de que humedad base se encuentre por debajo requerida, se deberá adicionar agua paulatinamente hasta alcanzar el punto elegido. En cambio, si la humedad inicial es menor, se deberá secar completamente la muestra y luego adicionar la cantidad de agua necesaria.

Para cada permeámetro de debe preparar aproximadamente 1600gr de suelo pasante Tamiz #4. Debido a que se trabaja con probetas mellizas, se preparan dos puntos de iguales características por vez. Cada vez que se manipula el suelo, se debe dejar estacionar en bolsas cerradas, al menos 24 horas para garantizar la uniformidad de humedad.

- *Moldeo de las probetas:*

El moldeo de las probetas depende del tipo de compactación elegida, y para el caso se han modificado el número de golpes y la cantidad de capas, de tal manera de garantizar la energía por unidad de volumen asociada al tipo de Próctor:

-Próctor tipo I: 4 capas con 28 golpes del pisón en cada una de éstas.

-Próctor tipo III: 3 capas con 39 golpes del pisón en cada una de éstas.

Luego de la compactación, en los extremos de las probetas se genera cierta rugosidad en el suelo y se coloca un filtro de arena de dos granulometrías (mediana y gruesa) hasta enrasar el permeámetro, para evitar la pérdida de suelo. Así mismo, se coloca antes de cerrar una malla de PVC en toda la superficie, y se refuerza en la zona de los picos. Finalmente, se colocan las tapas y se sella la unión con silicona para evitar filtraciones.

- *Colocación en el banco de ensayos y mediciones:*

Los permeámetros son colocados en un banco de ensayos adaptado para que el flujo sea ascendente, es decir que la manguera se conecta en el inferior de la probeta. Las mangueras se fijan a una altura de 1,5m del banco de ensayos, se coloca una regla milimetrada con el nivel 0 en este punto y se cargan con agua. Las mediciones se realizan dos o tres veces por semana, registrando el descenso de los fluidos, la fecha y la hora y, en caso de que hayan descendido por debajo de la regla, se vuelve a recargar hasta el nivel 0. Una vez que las probetas han entrado en régimen, en una de las gemelas se cambia el agua por el lixiviado, el cual se extrajo de la Planta de Residuos Urbanos de AESA S.A., ubicada en el Municipio de Fachinal, Misiones.

- *Procesamiento de datos:*

Los datos son computarizados y procesados en gabinete, registrando el comportamiento del flujo de agua en cada permeámetro. En base a las normativas mencionadas en la bibliografía, se determina el coeficiente de permeabilidad k en cada caso, mediante la siguiente ecuación:

$$k = \frac{2,303 * a * L}{A * t} * \log_{10} * h_1$$

a : diámetro de la manguera; h_1 : distancia desde el banco de ensayo hasta el nivel 0; h_2 : altura hasta la salida de la probeta; t : tiempo transcurrido, A : área de la muestra de suelo; L : altura de la muestra

Una vez que los valores de conductividad se mantuvieron constantes, se registró que el ensayo entró en régimen y los valores hallados reflejan la permeabilidad del suelo con agua. Luego de que las probetas alcanzaron el régimen, se reemplazó el agua por lixiviado en una gemela de cada tipo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A continuación, se presentan los resultados para las muestras FI010 y FI011, a humedad óptima, con una compactación Próctor tipo 3, comparando el comportamiento de la

condutividade hidráulica quando el fluido empleado es agua, y cuando se trabaja con lixiviado.

Muestra	Coefficiente "k" Promedio del Agua	Coefficiente "k" Prom. del Lixiviado	Permeabilidad Límite (UES-PA 1995)
FI-010	6,32626E-09	4,80868E-09	1,00E-07
FI-011	2,5822E-08	7,4701E-09	1,00E-07

Tabla N° 2: "Coeficientes de Permeabilidad Promedio"

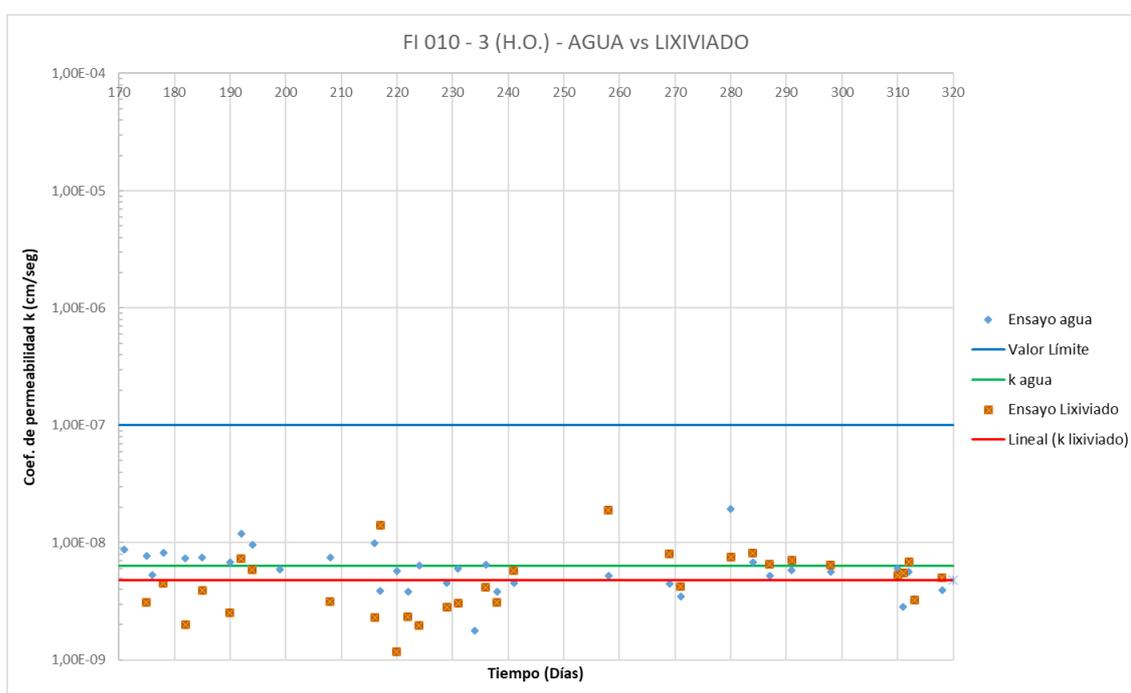


Gráfico N°1: "Comportamiento Hidráulico: Agua vs Lixiviado FI-010, Próctor tipo 3, Humedad óptima"

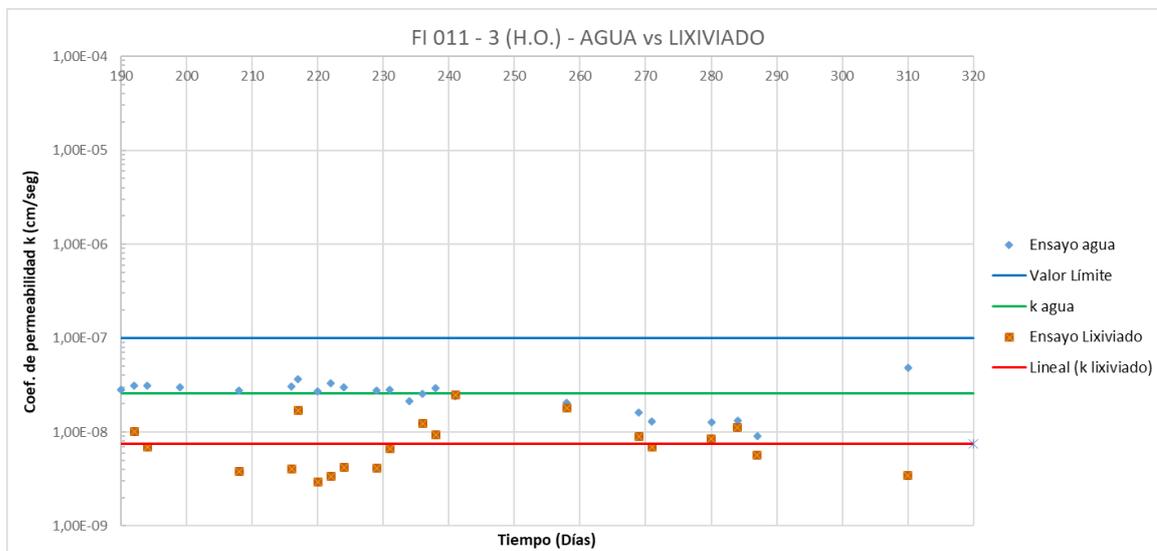


Gráfico N°2: “Comportamento Hidráulico: Agua vs Lixiviado FI-011, Próctor tipo 3, Humedad óptima”

Se puede observar que, en ambas muestras la conductividad hidráulica del lixiviado es menor que cuando se utiliza agua en una probeta gemela, lo cual puede deberse a una mayor viscosidad en el caso del lixiviado, ya que el mismo se compone en gran medida de materiales orgánicos. Así mismo, ambos fluidos, para el tipo de compactación y humedad empleadas presentan valores de k promedio menores a los límites establecidos por las normativas internacionales (UESPA 1995, $k_{lim}=1,00 E-7cm/seg$) para el uso de suelos como barreras de relleno sanitarios.

Por otra parte, al comparar ambas muestras de suelos se puede observar un mejor comportamiento hidráulico de la FI-010, tanto para la conductividad de agua como para la de lixiviado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se debe buscar replicar los resultados en una mayor cantidad de muestras de suelo de diferentes puntos de la provincia, así como evaluar el comportamiento de ambos fluidos cuando se trabaja a distintas humedades y/o energías de compactación.

Por otra parte, se deben analizar las composiciones químicas del lixiviado antes y después del paso por el permeámetro, así como del suelo empleado una vez finalizados los ensayos. Los mismos servirán para determinar los agentes contaminantes que pueden filtrarse en el suelo, así como el grado de contaminación alcanzado en el mismo.

AGRADECIMENTOS

Se agradece a EVC-CIN y EICyT-UNaM por las becas otorgadas a los alumnos Franchini, Piñeyro y Tkachuk.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Norma IRAM 10501 " Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de uma muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad " - 2007.

Norma IRAM 10503 " Método de determinación de la densidad relativa de los sólidos y de la densidad de los sólidos de un suelo " - 2007.

Norma IRAM 10507 " Método de determinación de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda" - 1986.

Norma IRAM 10509 "Clasificación de los suelos, con propósitos ingenieriles " - 1982.

Norma IRAM10511 "Método de ensayo de compactación en laboratorio"- 1972

ASTM D 5856, 2002b. "Standard test method for measurement of hydraulic conductivity of porous material using a rigid-wall, compaction-mold permeameter".

SW-846 Test Method 9100 "Saturated Hydraulic Conductivity, Saturated Leachate Conductivity, and Intrinsic Permeability"

SW-925 "Soil Properties, Classification, and Hydraulic Conductivity Testing"