

# IDENTIFICACIÓN Y ENSAYOS EN SUELOS DISPERSIVOS



Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad Nacional de Ingeniería

**Autores:**

- Hilda Garay Porteros
- Jorge E. Alva Hurtado



# Contenido

- **Introducción**
- **Descripción de Suelos Dispersivos**
- **Identificación de Suelos Dispersivos**
- **Ensayos de Laboratorio**
- **Casos Estudiados**
- **Conclusiones**

# Introducción

- ❑ En la naturaleza existen ciertos suelos finos que son altamente erosionables y son conocidos como suelos dispersivos.
- ❑ La importancia del tema en la práctica de la Ingeniería Civil fue reconocida en 1940.
- ❑ Se profundizó los estudios a partir de 1960.
- ❑ En el Perú en 1985 se iniciaron los estudios de estos suelos en el laboratorio (PUCP).

# **Descripción de Suelos Dispersivos**

- ❑ **Son aquellos suelos que por la naturaleza de su mineralogía y la química del agua en ellos, son susceptibles a la separación de las partículas individuales y a la posterior erosión a través de grietas en el suelo bajo la infiltración de agua.**
- ❑ **Son suelos altamente erosivos a bajos gradientes hidráulicos de flujo de agua. Incluso en algunos casos con el agua en reposo.**

# **Identificación de Suelos Dispersivos**

- La presencia de quebradas profundas y fallas por tubificación en pequeñas presas.
- La erosión en grietas de los caminos.
- La erosión tipo túnel a lo largo de las quebradas o las arcillas unidas en roca.
- La presencia de agua nublada en presas pequeñas y charcos de agua luego de la lluvia.



**Ejemplo de falla por tubificación en una presa debido a la presencia de suelos dispersivos**



**Erosión profunda por tubificación en suelos dispersivos**



**En esta foto la función de los árboles es interceptar el paso del agua a la superficie que ocasiona el “entubamiento” y el derrumbamiento de la pared del “gully”**



**La erosión tipo “gully” se puede controlar a veces con una extensa vegetación, tal como se muestra en esta foto en Holanda**



**Falla provocada por la filtración del agua de una laguna en suelos dispersivos en Orlando, Florida**

# Identificación de Suelos Dispersivos

- ❑ Los suelos dispersivos no pueden ser identificados con una clasificación visual del suelo o con un ensayo índice de laboratorio.
- ❑ Existen ensayos químicos y físicos.
- ❑ Ensayos químicos: Proporción de Absorción de Sodio (SAR) y el Porcentaje Intercambiable de Sodio (ESP), determinados por el análisis químico del agua de poros del suelo

# **Ensayos de Laboratorio**

- **Ensayo de Crumb (USBR 5400-89)**
- **Ensayo del Doble Hidrómetro (ASTM D 4221-90, USBR 5405-89)**
- **Ensayo de Pinhole Test ( ASTM D 4647-93, USBR 5410-89)**

**ASTM: American Standard for Testing and Materials**

**USBR: United States Bureau of Reclamation**

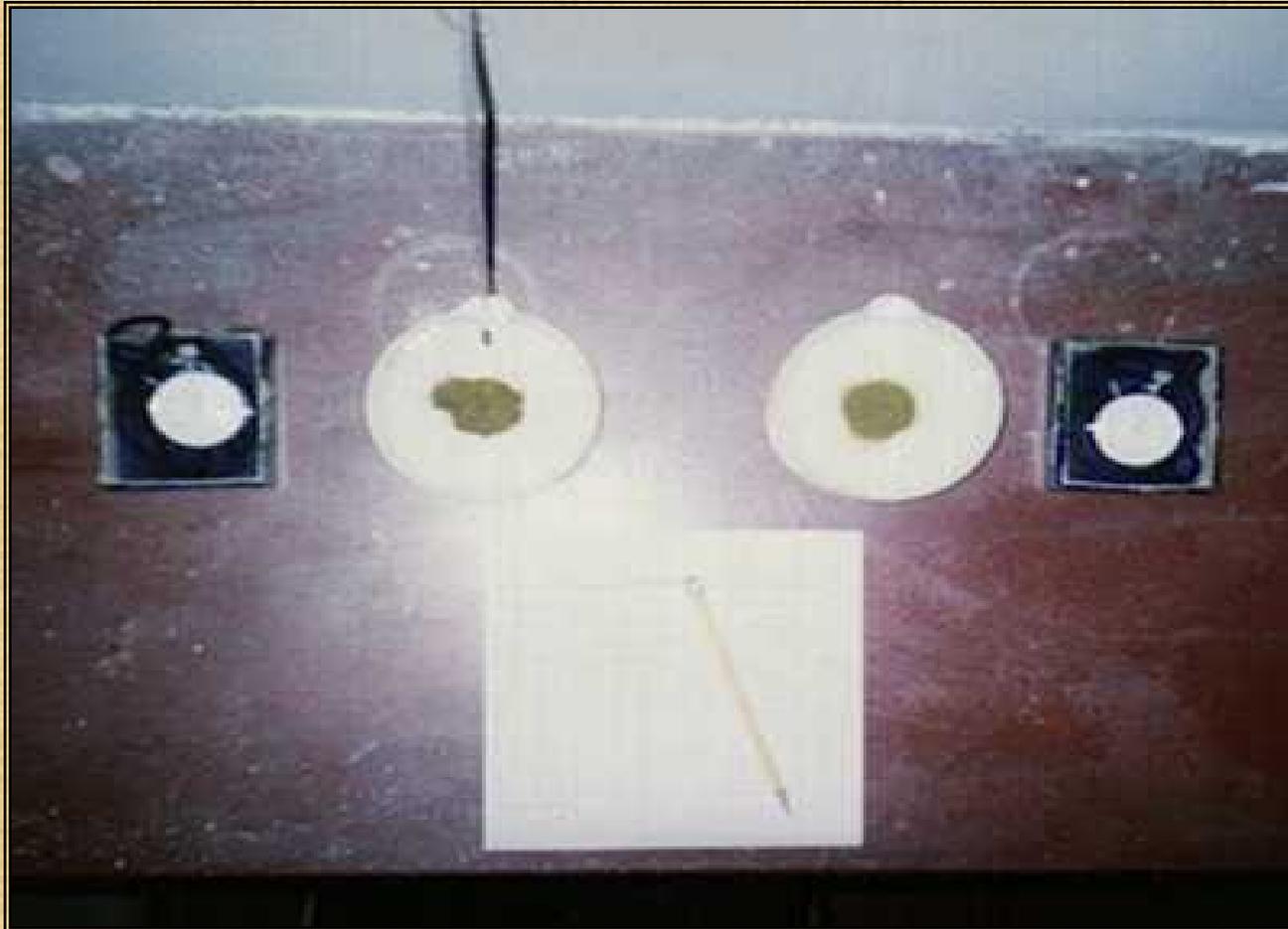
# Ensayo de Crumb

El ensayo consiste en colocar un trozo de suelo en el agua observando la dispersión como el grado de nubosidad del agua.

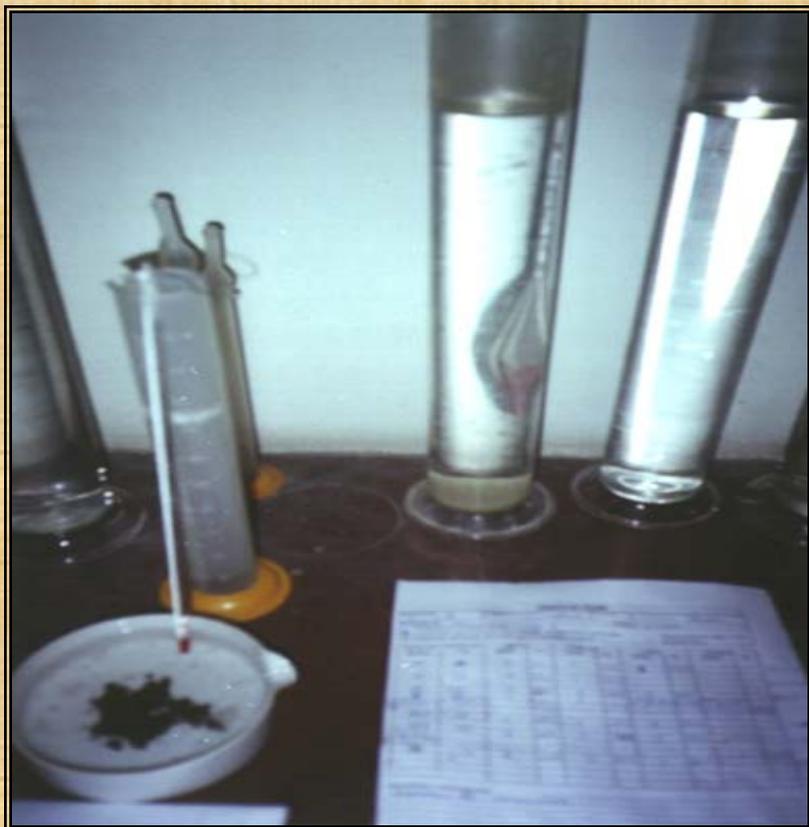
- Grado 1:Ninguna Reacción
- Grado 2:Reacción Ligera
- Grado 3:Reacción Moderada
- Grado 4:Reacción Fuerte



**Obsérvese los flóculos formados en la superficie del agua. Esto es típico en un suelo dispersivo. El resultado del ensayo es un indicio de las características dispersivas del suelo**



**En la foto se aprecian dos tipos de resultados en grados de dispersión, el suelo de la derecha es ligeramente dispersivo (Grado 3) y el de la izquierda no dispersivo (Grado 1)**



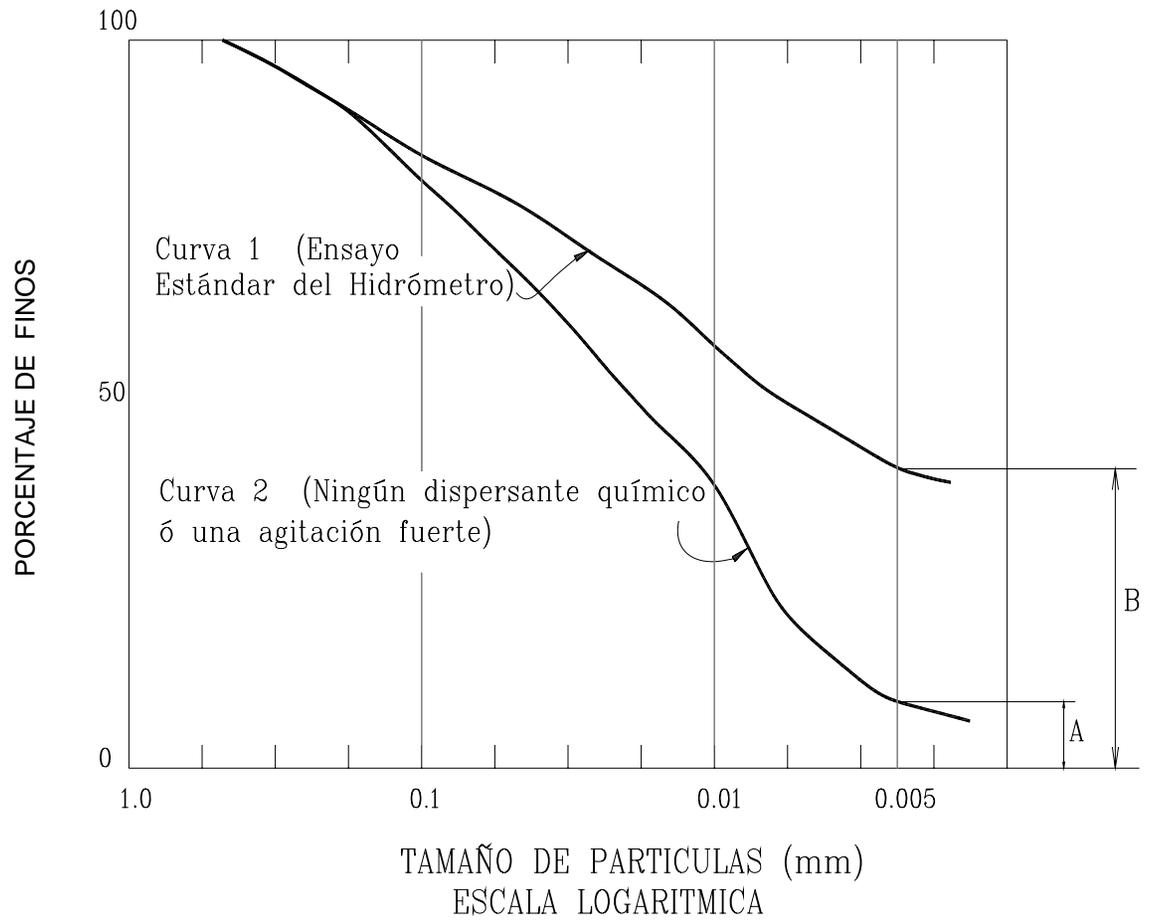
**Obsérvese los diferentes resultados en el  
Ensayo de Crumb**

# **Ensayo del Doble Hidrómetro**

**Este ensayo implica la ejecución de dos ensayos de Hidrómetro. Los ensayos de Hidrómetro son conducidos con y sin dispersante.**

**La interpretación del porcentaje de dispersión es el siguiente:**

- Menor que 30% es no dispersivo**
- Entre 30 a 50% es intermedio**
- Mayor que 50% es dispersivo**



DEFINICION: PORCENTAJE DE DISPERSION =  $A(100)/B$



**Equipo utilizado en el Ensayo del Doble Hidrómetro**



**Ensayo del Doble Hidrómetro; los recipientes del lado derecho son los ensayados sin el defloculante y sin agitación mecánica**

# **Ensayo de Pinhole**

**Ensayo desarrollado por Sherard (1976). Un orificio de 1.0 mm de diámetro es perforado en el suelo a ser ensayado y a través del agujero se pasa agua bajo diferentes cargas y duraciones variables. Las condiciones a simular en el ensayo son las de un terraplén con una fisura en el suelo.**



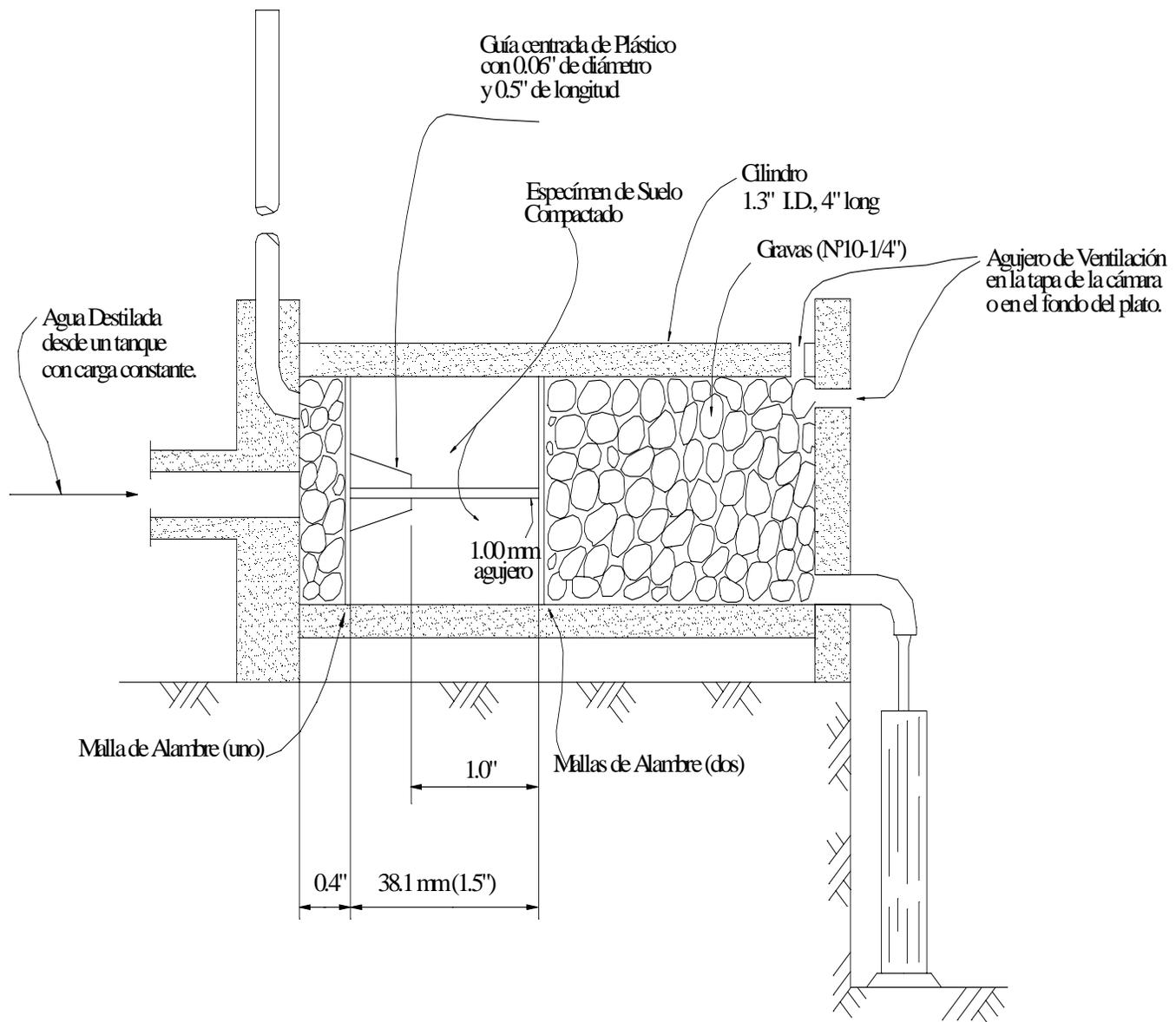
**Piezas del molde donde es colocado el espécimen para realizar el Ensayo de Pinhole**



**Ensayo de Pinhole, piezas del equipo a utilizar en el ensayo listo para compactar**



**Equipo de Pinhole**



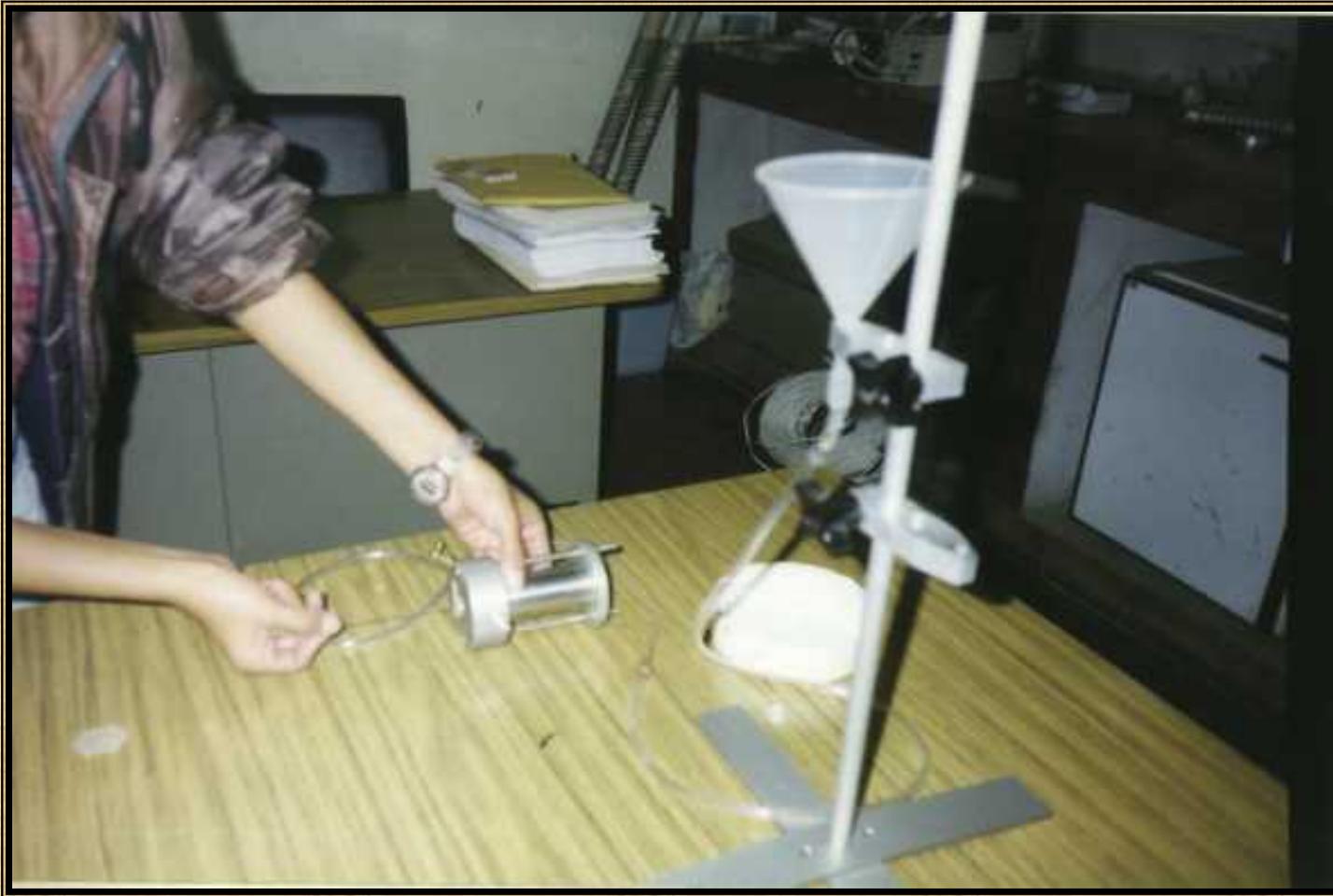
Dibujo Esquemático del Equipo del Ensayo de Pinhole.



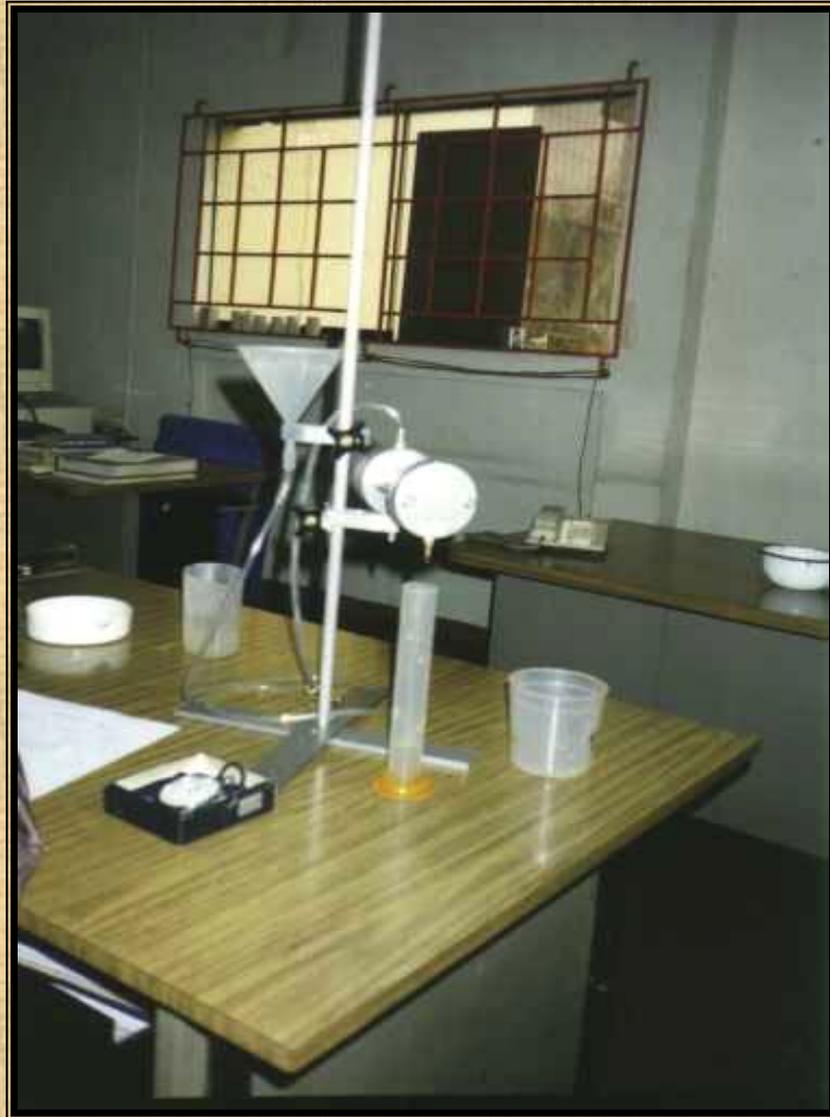
**Ensayo de Pinhole, obsérvese el espécimen compactado. Luego de transcurridas 24 y 48 horas se procederá a iniciar el ensayo**



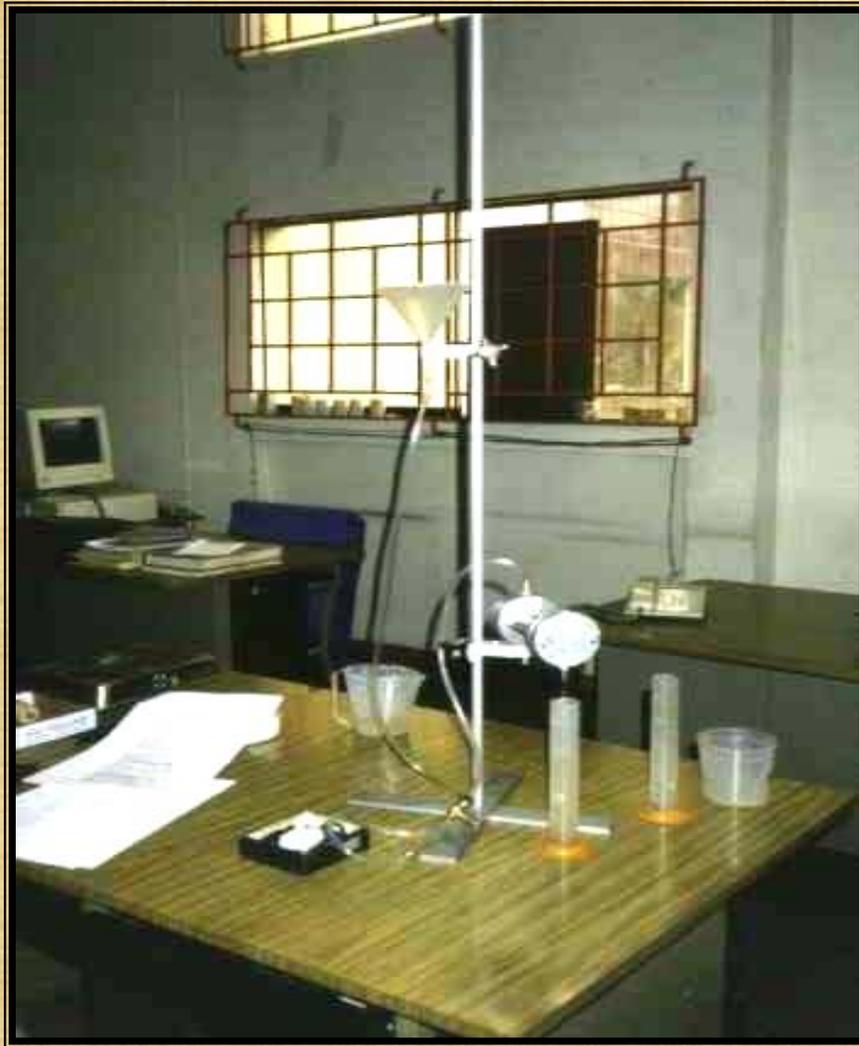
**Ensayo de Pinhole, compactando el espécimen en el cilindro del equipo de Pinhole a través de 05 capas y 16 golpes por capa**



**Luego de compactar, se procede a insertar la aguja. Es importante pasar la aguja dos a tres veces. Ensayo de Pinhole**



**Ensayo de Pinhole,  
aplicación de la primera  
carga**



**Ensayo de Pinhole, obsérvese el color del efluente a través de los cilindros y la carga a la cual está sometida; esto es típico en un suelo ligeramente dispersivo**



**Ensayo de Pinhole,  
aplicación de la última  
carga**



**Ensayo de Pinhole, resultado de algunos de los especímenes ensayados**



**Ensayo de Pinhole, obsérvese la diferencia en los resultados de un espécimen de suelo dispersivo (lado izq.) y otro no dispersivo (lado der.)**

# Casos Estudiados

## Lagunas de Oxidación de San José

Las canteras utilizadas provienen de la Ciudad de Dios, provincia de Lambayeque.

En la Laguna ya construida se observó la presencia de suelos sódicos, realizándose ensayos de dispersión.

Cantera	Clasificación SUCS	Ensayos de Dispersión		
		Crumb	Doble H.	Pinhole
1	SC	Grado 2	Dispersivo	ND3 <sup>1</sup>
				ND4 <sup>2</sup>
				ND1 <sup>3</sup>
2	SC	Grado 1	No Dispersivo	ND1 <sup>1</sup>

1 Ensayo realizado sin ningún tiempo de curado

2 Ensayo realizado a 24 horas de curado

3 Ensayo realizado a 07 días de curado.



**Laguna de San José en Chiclayo, de aquí se obtuvo dos de las muestras analizadas**

# Casos Estudiados

## Presa Cuchoquesera

Ubicada en Ayacucho, prov. de Huamanga, en la cuenca del río Carhuamayo. Se consideró necesario realizar ensayos de dispersión.

Cantera	Clasificación SUCS	Ensayos de Dispersión		
		Crumb	Doble H.	Pinhole
C	CL	Grado 2	No Dispersivo	ND4
I	ML	Grado 2	Ligera Dispersión	ND3
J	MH	Grado 1	Ligera Dispersión	ND3

# Casos Estudiados

## Presa Tinajones

Ubicada en el distrito de Chongoyape. Es una presa de tierra zonificada que provee el cierre principal a las aguas embalsadas. Construída entre los años de 1965 y 1968. La presa ha presentado varias fisuras en diferentes años, realizándose varias reparaciones. El material investigado fue de la corona de la presa principal en la progresiva Km 2+100.

Muestra	Clasificación SUCS	Ensayos de Dispersión		
		Crumb	Doble H.	Pinhole
Núcleo Presa Tinajones	CL	Grado 1	Intermedia Dispersión	ND3 <sup>1</sup>
				ND1 <sup>2</sup>
				ND1 <sup>3</sup>

1 Ensayo realizado sin ningún tiempo de curado

2 Ensayo realizado a 24 horas de curado

3 Ensayo realizado a 07 días de curado.



**Presa de Tinajones, de esta Presa se analizó una  
de la muestras**

# Conclusiones

- ❑ El propósito principal es la identificación confiable de los suelos dispersivos.
- ❑ De los tres ensayos presentados, se comprueba que no necesariamente los resultados van a coincidir.
- ❑ Existe una buena correlación entre los ensayos de Crumb y de Pinhole.
- ❑ El ensayo de Pinhole es el más usado actualmente por la confiabilidad en sus resultados.

# Conclusiones

- Es recomendable utilizar más de un ensayo para comprobar la dispersividad de un suelo.
- Las arcillas dispersivas son altamente susceptibles a la tubificación por los procesos de erosión coloidal.
- El ensayo de Pinhole se sugiere para situaciones donde el agua esté fluyendo y el ensayo de Crumb para el agua en condiciones quietas.

# Conclusiones

- ❑ **Es importante que el ingeniero sea capaz de identificar las arcillas dispersivas en un proyecto dado, teniendo especial cuidado y atención durante el diseño y construcción en las áreas críticas en el que estos materiales van a ser usados.**