



# **Estudio Geotécnico**

**Noviembre 2019**



# Estudio Geotécnico

## 1. Introducción

El presente informe refiere al Estudio Geotécnico efectuado en un predio ubicado en la calle XXXX, Padronee s 15.815 al 17, en el barrio de XXX Departamento de Montevideo, donde se construirá un edificio de planta baja y diez plantas altas.

La ubicación del predio en estudio se ilustra en la fotografía aérea, de la figura 1.

### Figura 1. Ubicación del Predio en Estudio

---

Mar Sereno E/Gestido y Uruguay S12 M51 Shangrila - Ciudad de La Costa - Canelones  
Tel.: 099163381 e-mail: hgoso@vera.com.uy – Web: www.inghectorgoso.com



## 1.1. Objetivo

El estudio tuvo por objetivo investigar el subsuelo del predio en cuestión, a los efectos de caracterizar su capacidad como cimiento, determinar los parámetros geotécnicos necesarios para proyectar la cimentación de las obras a construir y efectuar las recomendaciones del caso.

Con ese propósito se procedió a evaluar las tensiones admisibles de trabajo y demás parámetros de comportamiento, los riesgos de expansión y asentamiento, y la presencia de agua en el subsuelo.

## 1.2. Antecedentes

A los efectos de la realización del estudio se dispuso de información acerca de las características geológicas y geotécnicas de la zona donde se ubica el predio en cuestión.

Desde el punto de vista geológico, en la zona inmediata al predio, es a señalar superiormente la presencia de sedimentos de las formaciones Dolores y/o Libertad que exponen arcillas limosas y arenosas, de colores marrones, con tonalidades rojizas y parduzcas y en muchos casos presencia de carbonatos, en concreciones o diseminados en la masa.

Estos materiales pueden estar circunstancialmente recubiertos por rellenos más modernos, de tipo aluvional, particularmente en las proximidades de cursos de agua.

También, dada la densidad de intervención edilicia y de servicios en la zona, es posible la presencia de rellenos antrópicos.

El sustrato rocoso está constituido por rocas graníticas pertenecientes al Basamento Cristalino; estos materiales se presentan con coberturas de cierta potencia en las posiciones topográficas intermedias, y aflorantes hacia las ubicaciones más altas y más bajas, donde no han sido recubiertos o la cobertura resultó erosionada.

En lo que tiene que ver con los aspectos geotécnicos vinculados específicamente al



objetivo del estudio cabe señalar como antecedentes que en el caso de los materiales de las formaciones Dolores y/o Libertad, son esperables resistencias bajas a regulares. Tratándose de suelos cohesivos, es posible practicar en ellos cortes verticales de cierta profundidad que se mantienen estables sin requerir entibado. Asimismo, sus características arcillosas los hacen más o menos expansivos, experimentando, en las alternativas de humedad-sequedad, variaciones de volumen que pueden ser de consideración.

Los rellenos son en general poco resistentes, compresibles y, dependiendo de los materiales con que han sido confeccionados, pueden ser asimismo expansivos.

El sustrato rocoso, a su vez, expone diferente tenacidad de acuerdo con el grado de alteración, pudiendo su resistencia ser equivalente a la de la cobertura arcillosa en los niveles orgánico y descompuesto, aumentando sensiblemente en el desagregado y pasando a alta a muy alta en estado fresco, particularmente cuando presenta poca fracturación. Estos materiales, sin embargo, exponen una potencia del manto de descomposición-desagregación relativamente importante a importante, por lo cual los materiales de cierta frescura aparecen a profundidades apreciables.

## **2. Investigaciones Realizadas**

De acuerdo a lo programado, en el predio en estudio se efectuaron cuatro perforaciones, (adecuadamente distribuidas para cubrir convenientemente la zona a edificar) mediante perforadora mecánica equipada para este tipo de estudios, figura 2, con ensayos de Penetración Normal ("SPT", Norma A.S.T.M. D 1586) a cada metro de profundidad.

Su ubicación se ilustra en la fotografía aérea de la figura 3.



**Figura 2. Equipo de perforación utilizado**

Estas perforaciones estaban programadas para continuarse hasta los 10.5 metros, pero debieron detenerse antes de los tres metros, debido a la presencia de materiales tenaces que impidieron el avance con dichos medios de perforación.

Las pequeñas dimensiones de la zona a edificar y la similitud de los resultados obtenidos hicieron innecesaria la realización de un número mayor de perforaciones para la determinación de la secuencia estratigráfica. No obstante, debe señalarse que, dada la irregularidad que presenta normalmente el espesor de la cobertura del Cristalino (resultado de la diferencia de perfiles altimétricos entre el paleorrelieve y el modelado actual de la cobertura), en distancias relativamente pequeñas pueden registrarse variaciones significativas del espesor del recubrimiento.

Simultáneamente con la realización de los sondeos y los ensayos SPT, se procedió a efectuar una descripción del material extraído y a la toma de muestras disturbadas, para realizar su clasificación tentativa, a efectos de caracterizar su comportamiento esperado, especialmente desde el punto de vista de su expansividad.



**Figura 3. Ubicación de las perforaciones realizadas en el predio en estudio**

Los resultados obtenidos en las perforaciones: descripciones litológicas, presencia de agua y valores de los ensayos SPT, así como los de los ensayos de laboratorio, se presentan en Anexo-Información de Campo y Laboratorio.



### **3. Resultados Obtenidos**

#### **3.1. Campo**

##### Los materiales

En el predio en estudio se detectó la presencia de materiales tenaces hacia los 2.5-3.0m de profundidad, medida desde la superficie actual del terreno, lo que obedece a la presencia de niveles menos alterados del sustrato cristalino. Estos materiales son inexcavables por los medios convenidos.

Por encima del mencionado nivel de materiales tenaces se encuentra, una vez pasado un relleno de escombros de entre veinte y sesenta centímetros en las perforaciones efectuadas, una capa de arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón rojizo, relativamente compacta y de una potencia, incluyendo un nivel superior edafizado de entre 0.2 y 0.3m, de poco más o menos un metro y medio.

Estas arcillas se apoyan sobre los primeros niveles de alteración del Basamento Cristalino, que se expone en la forma de rocas graníticas al principio muy y luego menos alteradas, a cuarzo, feldespato y biotita, algo a poco arcillosas. Este material deviene rápidamente tenaz por la mayor abundancia y frescura de bloques, lo que impide continuar con las perforaciones. Dicho extremo ocurre a medio a un metro del comienzo de este material, y como va dicho a una profundidad de entre 2.5 y 3.0m.

##### Los Ensayos SPT

Por las características de los materiales encontrados, sólo se pudieron realizar ensayos de penetración estándar en la cobertura arcillo limosa de los materiales tenaces. Dichos ensayos arrojaron valores entre 16 y 21 (promedio 18).



## El Agua

En ninguna de las perforaciones realizadas se encontró el freático hasta la profundidad relevada.

### 3.2. Laboratorio

Los ensayos de laboratorio efectuados, figura 4, revelaron que las arcillas limosas de la cobertura tienen un bajo contenido de arena (entre 5 y 20% en las muestras ensayadas), límites líquidos menores de 45, índices plásticos del orden de 25 o menos, y se clasifican como CL en el Sistema Unificado y como A-6 o A-7-6 en la categorización A.A.S.H.T.O. Se trata, por lo tanto, de arcillas limosas con poca arena y de expansividad media.

Muestra	Granulometría				Límites de Atterberg			Clasificación		
	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	LL	LP	IP	SUCS	AAHSTO
Perforación 1 - 0.6 a 0.9m	100	99.6	99.4	97.0	89.4	45	21	24	CL	A-7-6
Perforación 1 - 0.9 a 2.0m	100	100	99.9	98.9	95.1	33	17	16	CL	A-6
Perforación 4 - 0.5 a 1.6m	100	99.5	98.3	92.8	79.2	44	21	23	CL	A-7-6

**Figura 4. Ensayos de Clasificación realizados**

## 4. Recomendaciones

### 4.1. Cimentación de Estructuras

El perfil de subsuelo encontrado conduce a las siguientes alternativas de cimentación:

#### ***Fundación Directa***

- Sobre las arcillas limosas marrón rojizo de la cobertura, empotrándose en ellas al menos 0.3-0.5m luego de superar la capa edafizada y con una tensión de trabajo que puede establecerse en 150 kPa a 1,25m de profundidad y 175 kPa a 2 m de profundidad;





- Sobre el nivel de materiales tenaces que se presenta hacia los 3.5-4.0m de profundidad, medida desde el actual terreno natural, o algo más. Para superar las tensiones anteriormente indicadas debería ingresarse en el nivel de desagregación del basamento, en cuyo caso la tensión de trabajo podría llevarse hasta los 500kPa, pero eso sucederá sólo a la profundidad indicada o algún decímetro más (lo que sólo podrá definirse al practicar las excavaciones, pudiendo variar esa profundidad de un punto a otro) dado que el desagregado normalmente aparece precedido por un manto de materiales descompuestos y descompuesto-desagregados, menos resistentes, de no menos de un metro de potencia. El nivel desagregado se reconocerá por la ausencia de finos arcillosos en un piso continuo y por la dificultad de excavación en el mismo, que obligará al empleo de barreta en forma permanente al excavar manualmente, o al de escarificador si se lo hace con medios mecánicos;

### ***Fundación Indirecta***

Utilizando pilotes trabajando por fricción sobre las arcillas limosas y el manto de descomposición y descomposición-desagregación del Basamento Cristalino, y eventualmente de punta sobre el nivel desagregado de éste. Estos pilotes casi seguramente podrán ser del tipo “perforado”, dada la ausencia de agua y la relativa consistencia de los materiales a excavar. En cuanto a las tensiones de trabajo a utilizar en este caso, si el pilotaje se subcontrata las empresas deberán realizar sus propias pruebas y cálculos para dimensionar la cimentación. Sin perjuicio de ello, para un cálculo tentativo pueden usarse tensiones rasantes mitad de las indicadas para el trabajo en compresión, para la zona del fuste y las antes señaladas para el trabajo de punta sobre el desagregado.

## **4.2. Empujes en la parte enterrada de la estructura**

Para el dimensionamiento de los empujes en la parte de los subsuelos, podrán tomarse los siguientes intervalos de valores de la cohesión y el ángulo de rozamiento interno de la cobertura arcillosa y los niveles descompuestos del basamento, obtenidos a partir de consideraciones matemáticas con base en los resultados de los SPT:



$$\phi = 0^\circ; c = 75 \text{ kPa,}$$

$$\phi = 10^\circ; c = 50 \text{ kPa}$$

Tratándose de un rango posible de valores, deberán verificarse ambos extremos del intervalo y alguna situación intermedia.

#### **4.2. Riesgo de Expansión**

Los suelos superficiales que pueden ser afectados por el cambio de humedad, son arcillosos, pero de plasticidad media, por lo tanto no son de temer problemas de expansión considerables. Sin embargo, siempre es una precaución adicional adoptar las disposiciones habituales para evitar que el agua de escurrimiento superficial llegue al subsuelo próximo a la cimentación, particularmente a las vigas poco cargadas: vereda perimetral con pendiente hacia afuera, cobertura superior de arcilla compactada con suelo-pasto y sobre todo, descalce de las vigas de cimentación, especialmente en aquellas zonas de la construcción poco cargadas, como las vigas de cimentación bajo vanos importantes.

#### **4.3. Riesgo de Asentamiento**

Los riesgos de asentamientos excesivos en la fundación estarán controlados en la medida que se trabaje, en la solución de fundación directa, con las tensiones recomendadas, que corresponden, precisamente, a deformaciones admisibles. En el caso de emplearse pilotaje estos riesgos no existen pues se dimensiona justamente para evitarlos con relación a las cargas de cálculo.

  
Lic. Ernesto Goso



## **Anexo**

### **Información de Campo y Laboratorio**



## Descripción de las perforaciones realizadas

Cada perforación tienen una posición relativa respecto al nivel de vereda inmediato, diferente que se detalla a continuación: **Perforación N° 1** (aproximadamente + 0.6 m respecto del nivel de vereda); **Perforación N° 2** (aproximadamente + 0.6 m respecto del nivel de vereda); **Perforación N° 3** (aproximadamente + 0.5 m respecto del nivel de vereda); y **Perforación N° 4** (aproximadamente + 0.3 m respecto del nivel de vereda)



	Cliente	Kopel - Sanchez	SONDEO	1
	Obra	Padrones 15815 al 17		
	Localidad	Montevideo		
	Fecha Inicio			

Escala 1:50	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	S.P.T.			
				10	20	30	40
0.2		Escombros					
0.4							
0.6		Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón oscuro.					
0.8							
1.0							
1.2							
1.4							
1.6							
1.8		Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón rojiza					
2.0							
2.2		Granito alterado, cuarzo-feldespato-biotita, con escasos finos arcillosos. La perforación avanza con dificultad hasta 2.4m, donde no avanza más con los medios convenidos, aunque es posible que con medios mecanicos se pueda excavar algun metro más antes de alcanzar los niveles fracturados o sanos					
2.4							
2.6							
2.8							
3.0							
3.2							
3.4							
3.6							
3.8							
4.0							
4.2							
4.4							
4.6							
4.8							
5.0							
5.2							
5.4							
5.6							
5.8							
6.0							
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							
10.2							
10.4							
10.6							
10.8							
1.0							



	Cliente	Kopel - Sanchez	SONDEO	2
	Obra	Padrones 15815 al 17		
	Localidad	Montevideo		
	Fecha Inicio			

Escala 1:50	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	S.P.T.			
				10	20	30	40
0.2	[Pattern]	Escombros					
0.4							
0.6	[Pattern]	Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón oscuro.					
0.8							
1.0							
1.2							
1.4		Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón rojiza					
1.6							
1.8	[Pattern]	Granito alterado, cuarzo-feldespato-biotita, con escasos finos arcillosos. La perforación avanza con dificultad hasta 2.1m, donde no avanza más con los medios convenidos, aunque es posible que con medios mecanicos se pueda excavar algun metro más antes de alcanzar los niveles fracturados o sanos					
2.0							
2.2							
2.4							
2.6							
2.8							
3.0							
3.2							
3.4							
3.6							
3.8							
4.0							
4.2							
4.4							
4.6							
4.8							
5.0							
5.2							
5.4							
5.6							
5.8							
6.0							
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							
10.2							
10.4							
10.6							
10.8							
1.0							



	Cliente	Kopel - Sanchez	SONDEO	3
	Obra	Padrones 15815 al 17		
	Localidad	Montevideo		
	Fecha Inicio			

Escala 1:50	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	S.P.T.			
				10	20	30	40
0.2		Escombros					
0.4		Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón oscuro.					
0.6							
0.8							
1.0							
1.2							
1.4							
1.6		Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón rojiza					
1.8							
2.0		Granito alterado, cuarzo-feldespato-biotita, con escasos finos arcillosos.					
2.2		La perforación avanza con dificultad hasta 2.7m, donde no avanza más con los medios convenidos, aunque es posible que con medios mecánicos se pueda excavar algún metro más antes de alcanzar los niveles fracturados o sanos					
2.4							
2.6							
2.8							
3.0							
3.2							
3.4							
3.6							
3.8							
4.0							
4.2							
4.4							
4.6							
4.8							
5.0							
5.2							
5.4							
5.6							
5.8							
6.0							
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							
10.2							
10.4							
10.6							
10.8							
11.0							



	Cliente	Kopel - Sanchez	SONDEO	4
	Obra	Padrones 15815 al 17		
	Localidad	Montevideo		
	Fecha Inicio			

Escala 1:50	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	S.P.T.			
				10	20	30	40
0.2		Escombros					
0.4		Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón oscuro.					
0.6							
0.8		Arcilla limosa con algo de arena fina a media, marrón rojiza					
1.0							
1.2							
1.4							
1.6		Granito alterado, cuarzo-feldespato-biotita, con escasos finos arcillosos. La perforación avanza con dificultad hasta 2.4m, donde no avanza más con los medios convenidos, aunque es posible que con medios mecanicos se pueda excavar algun metro más antes de alcanzar los niveles fracturados o sanos					
1.8							
2.0							
2.2							
2.4							
2.6							
2.8							
3.0							
3.2							
3.4							
3.6							
3.8							
4.0							
4.2							
4.4							
4.6							
4.8							
5.0							
5.2							
5.4							
5.6							
5.8							
6.0							
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							
10.2							
10.4							
10.6							
10.8							
1.0							





### Clasificación ASTMD2487/AASHTO M145

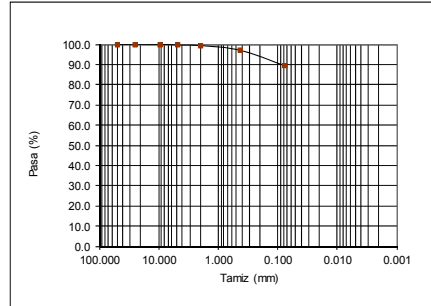
Estudio: *Padrones 15.815 al 17*  
 Comitente : *Kopel - Sanchez*  
 Localidad: *Montevideo*  
 Fecha: *6-nov.-19*  
 Muestra: *Perforación Nº1 (0.6 a 0.9m)*

#### Granulometría

Masa inicial = 285.53 g

Tamiz (N°)	Tamiz (mm)	Retenido (g)	Pasa (g)	Pasa (%)
2"	50.000	0.00	285.53	100.0
1"	25.000	0.00	285.53	100.0
3/8"	9.500	0.00	285.53	100.0
4	4.750	1.04	284.49	99.6
10	2.000	0.77	283.72	99.4
40	0.425	6.62	277.10	97.0
200	0.075	21.92	255.18	89.4

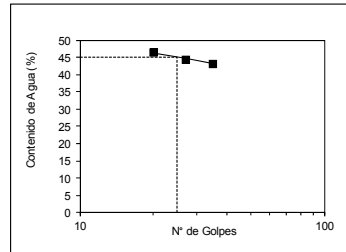
Pasa tamiz N° 4 (4,75mm):	99.64 %
Pasa tamiz N° 200 (0,074 mm):	89.37 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (CC.):	



#### Límite Líquido

Tara (g)	Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	Peso Suelo Seco + Tara (g)	Número de Golpes (N)	Contenido de Agua (%) (w)	Contenido de Agua Corregido (%)
Wc	Ww	Wd	N	w	
15.21	25.46	22.21	20	46.43	45.20
15.44	25.56	22.44	27	44.57	44.98
14.93	25.08	22.01	35	43.36	45.15

Límite Líquido = 45

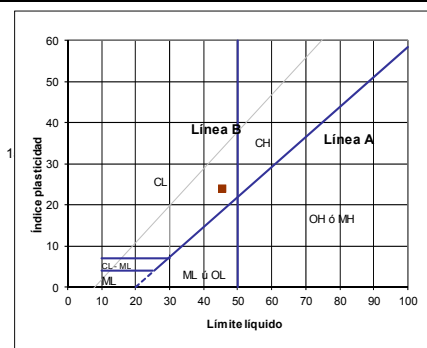


#### Límite Plástico

Tara (g)	Suelo Húmedo + Tara (g)	Suelo Seco + Tara (g)	Contenido de Agua (%) (w)
M <sub>c</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>d</sub>	w
24.97	45.46	41.91	20.96
25.63	45.87	42.34	21.13

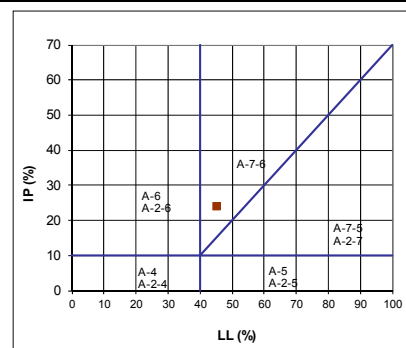
Límite Plástico = 21  
 Índice Plástico = 24

#### Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)



Arcilla media plasticidad CL

#### Clasificación AASHTO



A-7.6 Suelo arcilloso

Lic. Ernesto Goso



### Clasificación ASTMD2487/AASHTO M145

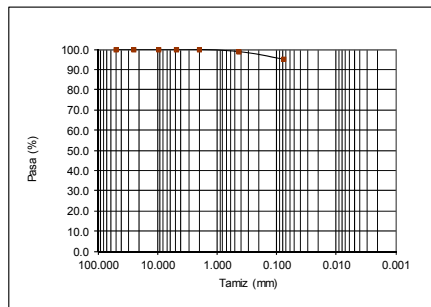
Estudio: *Padrones 15.815 al 17*  
 Comite: *Kopel - Sanchez*  
 Localidad: *Montevideo*  
 Fecha: *6-nov.-19*  
 Muestra: *Perforación N°1 (0,9 a 2,0m)*

#### Granulometría

Masa inicial = 286,44 g

Tamiz (N°)	Tamiz (mm)	Retenido (g)	Pasa (g)	Pasa (%)
2"	50.000	0.00	286.44	100.0
1"	25.000	0.00	286.44	100.0
3/8"	9.500	0.00	286.44	100.0
4	4.750	0.00	286.44	100.0
10	2.000	0.17	286.27	99.9
40	0.425	2.98	283.29	98.9
200	0.075	10.93	272.36	95.1

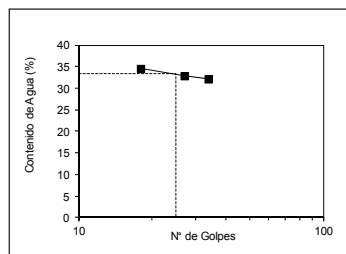
Pasa tamiz N° 4 (4,75mm):	100.00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,074 mm):	95.08 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (CC.):	



#### Límite Líquido

Tara (g)	Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	Peso Suelo Seco + Tara (g)	Número de Golpes (N)	Contenido de Agua (%) (w)	Contenido de Agua Corregido (%)
Wc	Ww	Wd	N	w	
14.35	24.96	22.23	18	34.64	33.31
14.38	25.26	22.57	27	32.84	33.15
15.35	25.41	22.96	34	32.19	33.40

Límite Líquido = 33

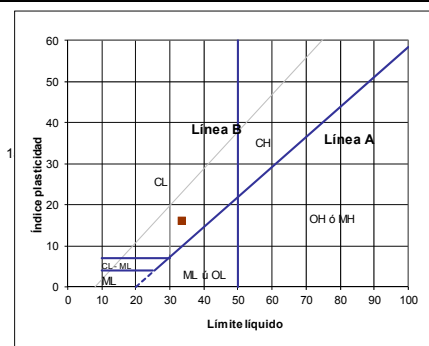


#### Límite Plástico

Tara (g)	Suelo Húmedo + Tara (g)	Suelo Seco + Tara (g)	Contenido de Agua (%) (w)
Mc	Mw	Ms	w
25.41	45.17	42.31	16.92
25.13	46.33	43.24	17.06

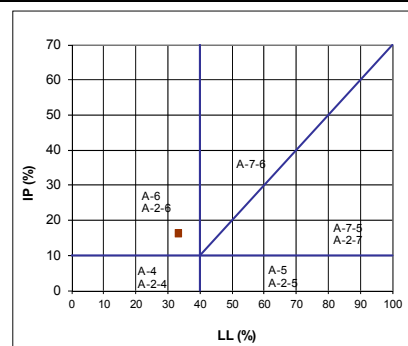
Límite Plástico = 17  
 Índice Plástico = 16

#### Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)



Arcilla media plasticidad CL

#### Clasificación AASHTO



A-6 Suelo arcilloso

Lic. Ernesto Goso



### Clasificación ASTMD2487/AASHTO M145

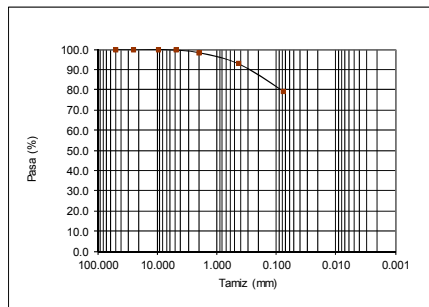
Estudio: *Padrones 15.815 al 17*  
 Comitente : *Kopel - Sanchez*  
 Localidad: *Montevideo*  
 Fecha: *6-nov.-19*  
 Muestra: *Perforación N°4 (0,5 a 1,6m)*

#### Granulometría

Masa inicial = 284,42 g

Tamiz (N°)	Tamiz (mm)	Retenido (g)	Pasa (g)	Pasa (%)
2"	50.000	0.00	284.42	100.0
1"	25.000	0.00	284.42	100.0
3/8"	9.500	0.00	284.42	100.0
4	4.750	1.35	283.07	99.5
10	2.000	3.40	279.67	98.3
40	0.425	15.73	263.94	92.8
200	0.075	38.65	225.29	79.2

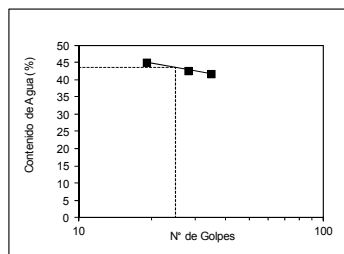
Pasa tamiz N° 4 (4,75mm):	99.53 %
Pasa tamiz N° 200 (0,074 mm):	79.21 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (CC.):	



#### Límite Líquido

Tara (g)	Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	Peso Suelo Seco + Tara (g)	Número de Golpes (N)	Contenido de Agua (%) (w)	Contenido de Agua Corregido (%)
Wc	Ww	Wd	N	w	
14.92	25.21	22.01	19	45.13	43.67
14.90	25.18	22.10	28	42.78	43.36
14.98	25.39	22.32	35	41.83	43.55

Límite Líquido = 44

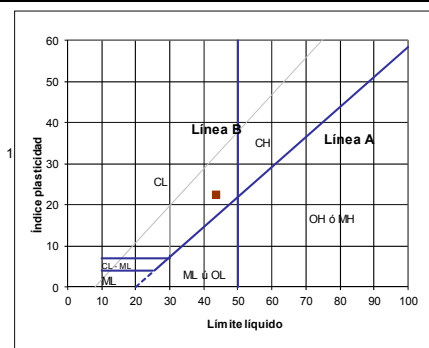


#### Límite Plástico

Tara (g)	Suelo Húmedo + Tara (g)	Suelo Seco + Tara (g)	Contenido de Agua (%) (w)
Mc	Mw	Md	w
24.77	45.21	41.67	20.95
25.32	45.88	42.29	21.15

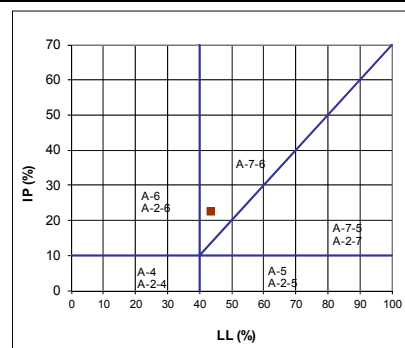
Límite Plástico = 21  
 Índice Plástico = 23

#### Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)



Arcilla media plasticidad con arena CL

#### Clasificación AASHTO



A-7-6 Suelo arcilloso

Lic. Ernesto Goso