

Ing. Civ. Víctor H. Umpiérrez

Ingeniería Geotécnica



## **E s t u d i o   G e o t é c n i c o**

C a r a c t e r i z a c i ó n   d e l   p r e d i o   p a r a   l a  
c o n s t r u c c i ó n   d e l   C e n t r o   d e  
C a p a c i t a c i ó n   d e   l a   E s t a c i ó n  
E x p e r i m e n t a l   N ° 2 ,   F a c u l t a d   d e  
V e t e r i n a r i a   ( U D E L A R ) ,   p r ó x i m o   a  
L i b e r t a d ,   D p t o .   d e   S a n   J o s é .

**Marzo, 2008**

## **INTRODUCCIÓN**

El presente informe incluye la descripción de trabajos de campo y laboratorio, análisis de resultados y recomendaciones del estudio geotécnico para la caracterización del subsuelo donde se construirá el Centro de Capacitación de la Estación Experimental N°2, de la Facultad de Veterinaria, Universidad de la República (UDELAR), en pedio ubicado en Ruta 1, en la progresiva km 42.500, próximo a la localidad de Libertad, departamento de San José.

El estudio se realiza a solicitud de la División de Arquitectura (UDELAR) para la mencionada Facultad, por intermedio del Ing. Gonzalo Serantes y el Arq. Daniel Calzada.

Se investigaron las características del subsuelo del predio planificándose los trabajos de campo y laboratorio en base a los antecedentes del proyecto. Para ello se realizaron 3 sondeos, ubicados en planta de acuerdo a las previsiones estructurales (Anexo 3), ejecutándose mediante la utilización de herramientas manuales (pala rotativa). Para evaluar las características geomecánicas del perfil de subsuelo, se realizaron además, determinaciones de resistencia a la penetración dinámica a distintas profundidades, mediante el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), y se tomaron muestras representativas de los distintos estratos de suelo encontrados, para su caracterización simple en laboratorio, incluyendo graduación granulométrica, determinación de humedad natural y límites de consistencia (Atterberg).

En el Anexo 1 se presenta la descripción detallada de los trabajos de campo. En el Anexo 2 se incluyen los perfiles de resultados de los ensayos SPT.

Por las características de la obra y los antecedentes considerados, se estima que el estudio realizado según lo solicitado, y de acuerdo a la información obtenida hasta el momento, las conclusiones y recomendaciones de este informe pueden considerarse apropiadas para el proyecto.

Todos los procedimientos y ensayos, tanto de campo como de laboratorio fueron realizados con referencia a las respectivas normativas consignadas por la ASTM, según el índice que se presenta en Anexo 4.

Los trabajos de campo fueron ejecutados el día 11 de marzo del 2008. Los ensayos de laboratorio en los días siguientes. Todos estos trabajos fueron ejecutados por técnicos de LEMAC Tecnología.

### ***Descripción General y Geología del Sitio***

El predio corresponde a un terreno relativamente plano, ubicado en una zona de baja energía de relieve, el que se presenta subhorizontal, con una suave pendiente NW-SE (figuras 1 y 2).

Los antecedentes geológicos del área, indican, con base en la carta geológica (Bossi-Ferrando, 2001), la presencia de terrenos de suelos correspondientes a la Formación Libertad, cubriendo eventualmente –con mayor o menor potencia- suelos de Fm. Raigón y/o materiales de Fm. Fray Bentos.

La Fm. Libertad se compone de lodolitas macizas pardas friables con arena gruesa dispersa y con constante presencia de carbonato de calcio en formas variadas: pulverulentas, concreciones huecas, ovoides o ramificadas. La presencia de minúsculos cristales de yeso es también una rasgo casi omnipresente.



Figura 1. Vista del predio. Operarios en sondeo 1.





Figura 2. Vista del predio. Operarios en sondeo 2.

La Fm. Raigón, presenta un perfil tipo que muestra -desde la base a la cima- la siguiente sucesión: (a) pelitas de color verde que pueden contener lentes arenosas de distinta granulometría; (b) arenas finas que contienen lentes de pelitas a veces fosilíferas; (c) areniscas feldespáticas desde medias hasta gruesas, con estratificación cruzada; (d) areniscas finas arcillosas, con intercalación arcillosas verdes de hasta 0,5 m de potencia; (e) areniscas feldespáticas gruesas con estratificación cruzada; (f) pelitas pardo grisáceas con abundante calcretización; (g) pelitas masivas (loess) de color pardo y con alta porosidad.

Mientras la Fm. Fray Bentos está integrada por litologías diamictíticas, areniscas finas, loess y algunos niveles pelíticos, que como carácter unificante poseen un color bastante homogéneo en tonos anaranjados, pardo anaranjados o pardo rosados

## **Resultados de los Sondeos y Ensayos de Laboratorio**

### **Consideraciones generales**

De acuerdo a las necesidades de información que surgen de las características del proyecto, y atendiendo a los antecedentes geológicos del área, coincidiendo con lo solicitado, se realizó el trabajo mediante la ejecución de 3 sondeos, ejecutándose según la ubicación indicada en el croquis del Anexo 3.

En términos generales se presenta un perfil con una cobertura compuesta por suelo orgánico/vegetal de 0,20 m de espesor, principalmente arcilloso.

A continuación y hasta 1,00m de profundidad, se encuentra un suelo arcilloso de coloración negra y gris.

Bajo este estrato se desarrolla, con variaciones litológicas bien definidas (en términos de coloración, textura, proporción de arenas y finos), un suelo arcillo-limoso más o menos arenoso; esencialmente marrón (figura 3).



Figura 3. Muestras representativas del perfil de subsuelo. Arriba SPT a 1,00 m en sondeo 1; abajo SPT a 1,50 m en sondeo 2.



Visualmente se distingue un suelo más arenoso desde 2,80 a 4,30 m en adelante. Presentando variaciones entre arena limosa y arcilla limosa (figura 4). Parece suelo de Fm. Raigón.



Figura 4. Muestras representativas del perfil de subsuelo. Arriba SPT a 3,00 m en sondeo 1; abajo suelo extraído entre 3,80 y 4,20 m en sondeo 2.

En una zona entre 1,20m a 4,30m se encuentran nódulos de carbonato de calcio en cantidades variables entre baja y media.

Finalmente, el suelo es arenoso, amarronado y amarillento, bastante típico de Fm. Raigón (figura 5).

Aconcagua 5042, esq. Estrázulas.  
C P: 11400 / 6198557  
Cel. 099160527

Francisco Plá 4153, esq. Burgues  
C P: 12300 / 2163059  
Cel: 094431340

ing.vhumpierez@gmail.com

lemac@movinet.com.uy

Montevideo, Uruguay.



Figura 5. Muestra representativa del perfil entre 4,20 y 5,30m. Sondeo 1.

No se releva la presencia de agua en ninguno de los sondeos.

### Descripción y análisis de Resultados de Laboratorio

En base a la clasificación de los suelos del perfil obtenida mediante los correspondientes ensayos de laboratorio (Tabla 1) realizados sobre las muestras obtenidas de los sondeos, se verifica la presencia de suelos limo-arcillosos con arenas finas en proporción variable.

El suelo presenta un contenido de humedad muy cercano al límite plástico en la mayoría de las muestras analizadas.

Cateo Muestra	Horizonte		% w <sub>nat</sub>	% pasa # n° 40	% pasa # n° 200	Wl	Wp	IP	Clasific. AASHTO	I.G.	Clasificación Sistema Unificado
Cateo 1	0.20	1.00	17.5%	93.0	86.0	36	23	12	A - 6	9	CL arcilla inorgánica
Cateo 1	2.80	3.50	8.6%	94.2	39.6	18	NP	---	A - 4	1	SM arena limosa
Cateo 1	4.20	5.30	19.0%	97.4	57.9	20	19	1	A - 4	5	ML limo inorgánico
Cateo 1	5.30	6.50	19.3%	96.6	82.2	25	22	4	A - 4	8	ML limo inorgánico
Cateo 2	1.40	1.80	27.5%	91.7	84.4	40	26	14	A - 6	10	ML limo inorgánico
Cateo 2	SPT	3.00	22.4%	88.4	70.6	33	23	10	A - 4	7	ML limo inorgánico
Cateo 2	3.80	4.30	23.0%	93.9	88.0	39	23	16	A - 6	10	CL arcilla inorgánica

w<sub>nat</sub> : Humedad natural      # n° : tamiz de malla número      Wl, Wp, IP, I.G. : límites líquido, plástico, índice plástico, índice de grupo

Tabla 1. Resultados de los ensayos de laboratorio realizados para Clasificación.

A pesar de lo apreciado en campo, se verifica en laboratorio que salvo en el sondeo 1, entre los 2,80 y los 3,50 m, los suelos son fundamentalmente finos, con proporciones apenas menores al 58%. Hasta profundidades del orden de los 3,00 m, puede decirse que los suelos tienen un comportamiento de arcilla-limosa o limo-arcilloso. En general el tenor de arenas, finas a muy finas, es sensible, pero bajo.

En general, los finos presentes son de plasticidad baja y media-baja, lo cual, de acuerdo a la bibliografía en general, implica un potencial expansivo bajo a marginal.

En función de esto, si bien existirá cierta diferencia entre los comportamientos geomecánicos de los estratos con diferente clasificación, puede asumirse que el comportamiento será el de un suelo fino con proporción –sensible pero menor- de arenas finas, considerándolo como un suelo de características semejantes en toda la masa implicada en la absorción de tensiones y deformaciones.



En consecuencia, parece razonable pensar que en general el suelo presente, en sus horizontes característicos, resultando de plasticidad media a baja, en profundidades razonables para la fundación directa, permiten considerar viable este sistema de fundación.

Se analiza en lo que sigue esta posibilidad, desde el punto de vista de la capacidad de carga y deformabilidad de acuerdo con el proyecto.

### Descripción y análisis de Resultados de ensayos de Campo. SPT.

Considerando una profundidad razonable para la fundación directa de la estructura prevista, en todos los sondeos se realizaron ensayos SPT, más o menos regularmente, desde 1,0 hasta 5,0 m de profundidad.

El suelo, tal como se desprende de los análisis efectuados, se presenta como una mezcla de finos limoarcillosos y granulares arenosos finos, con cierto grado de variabilidad en los resultados de los ensayos.

Como puede observarse (figura 6), existe cierta erraticidad, aunque con una tendencia bastante bien definida.

Así puede verse que hasta los 4,50 a 5,00 m, se presentan suelos de consistencia media.

Considerando la variación de resultados, y la coincidencia de éstos entre los sondeos 1 y 3, se tomará, a los efectos de la estimación de parámetros, un promedio de éstos resultados, los de menor valor.

Así, suponiendo una profundidad –razonable– para la fundación directa de 2,0 m, y considerando la profundidad en la que serán movilizados los efectos tensión/deformación en la masa del suelo, podrá asumirse que este suelo puede caracterizarse mediante un valor medio de la resistencia a la penetración dinámica de  $N_{SPT}$  de 14 golpes.

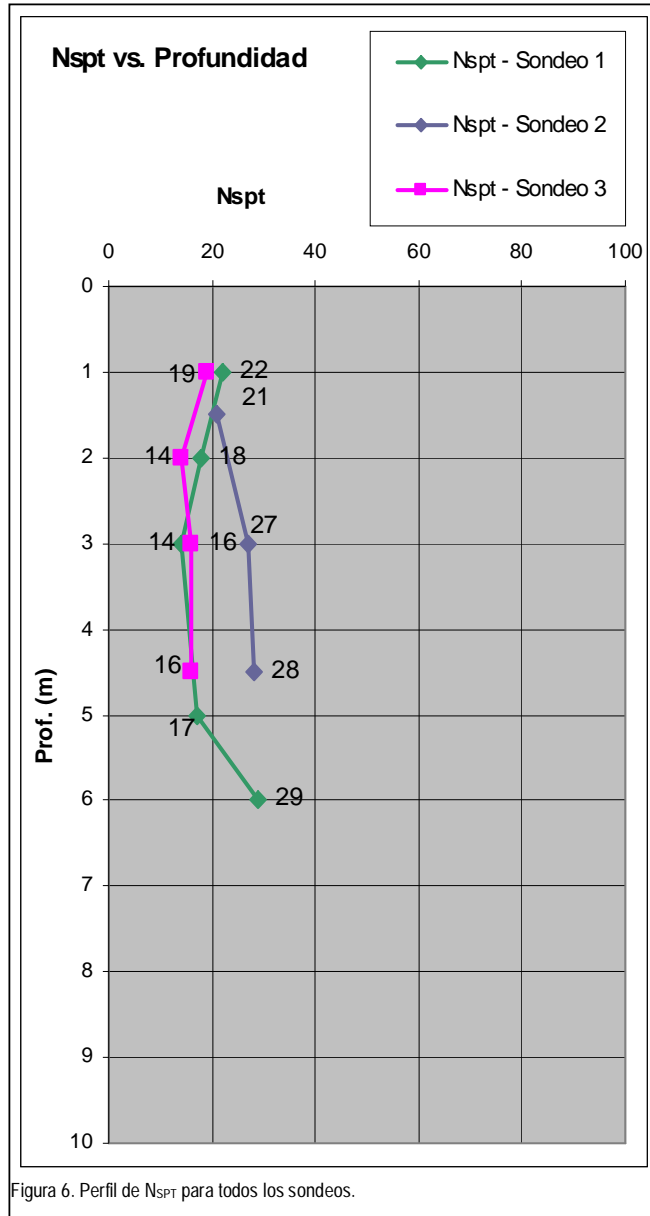


Figura 6. Perfil de  $N_{SPT}$  para todos los sondeos.

### ***Discusión de resultados del estudio en relación con el Diseño y la Construcción de Fundaciones y Pavimentos.***

En base a la caracterización del perfil de suelo en cada sondeo y los respectivos resultados de los ensayos de campo y laboratorio, se estudia el comportamiento del subsuelo a los efectos tanto de la solución de cimentación, como a los efectos de los pavimentos interiores y exteriores.

### ***Análisis de Fundaciones***

Considerando los resultados de los trabajos de campo y laboratorio, y el análisis de valores de  $N_{SPT}$ , indicados en el capítulo precedente, resulta posible la utilización de sistemas de fundación directa para la cimentación de la obra a construir.

Podrá cimentarse mediante zapatas independientes o corridas, de hormigón armado, y se sugiere realizar su desplante a un nivel próximo a los 2,0 m.

En base a los resultados obtenidos del ensayo SPT en campo, y su interpretación en base a recomendaciones de diversos autores, según el tipo de suelo verificado con los correspondientes ensayos en el laboratorio, es posible asumir un valor de la tensión admisible  $\sigma_{adm} = 2,5 \text{ kg/cm}^2$ . Esta tensión admisible presenta asociada un factor de seguridad de 3.

En caso de elegir un sistema de bases independientes, se buscará que en general las bases no tengan una variación de la tensión de trabajo mayor al 10% y lograr un sistema bien trabado de vigas entre pilares.

En todos los casos, para el cálculo de cimentación sometida a directa y momento, se recomienda el diseño considerando que en todo momento  $\sigma_{adm}$  sea mayor que la tensión máxima en la sección, admitiéndose un factor de seguridad de 2,5, para cargas no permanentes.

Debido a las condiciones del subsuelo analizadas y para la estructura prevista, no parece requerirse la consideración de soluciones de cimentación mediante pilotes.

### ***Análisis de Pavimentos***

Considerando en general los materiales presentes en los primeros niveles de los perfiles de todos los sondeos, y de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio, los suelos del perfil pueden considerarse con potencial expansivo bajo a marginal, recomendándose la limpieza de los



niveles de suelo vegetal y orgánico, en los primeros 20 cm, respecto a la superficie del terreno actual, y compatibilizando los niveles con los del proyecto.

Se deberá considerar que por sobre el nivel de rasante obtenido, luego del mencionado desmonte o limpieza, se recomienda comenzar los pavimentos a utilizar con capas de suelos granulares libre de fracciones finas con potencial expansivo, no debiendo admitirse materiales con contenidos de finos mayores al 20% del pasante en tamiz de malla de 74 micrones. A modo de ejemplo, podrán estar constituidos por desagregados de roca, arena "sucia", o materiales granulares similares.

Deberán compactarse con métodos apropiados, siempre según las características del proyecto estructural de los pavimentos, en capas no mayores a 15 cm, garantizando la debida homogeneidad en la plataforma.

Sobre estas capas de base, debidamente compactadas, se construirán los pavimentos correspondientes, de acuerdo a los métodos usuales, considerando que para los pavimentos interiores en áreas donde no se requieran condiciones de carga o tránsito pesado, no será necesaria la utilización de hormigones armados, lo que se determinará finalmente de acuerdo a las necesidades estructurales previstas.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

De acuerdo a la plasticidad de los suelos y por consiguiente el marginal a bajo potencial expansivo de los suelos del terreno, no se requerirán soluciones constructivas especiales para prever este inconveniente.

Por tal motivo y atendiendo a las características resistentes del subsuelo del terreno, se recomienda considerar, para la fundación de la ampliación proyectada, sistemas de cimentación mediante zapatas (independientes o corridas) de hormigón armado, bien arriostrados mediante vigas de fundación debidamente armadas, en condiciones de profundidad y comportamiento geomecánico asociado, según lo detallado en el capítulo correspondiente.

Para el diseño de la limitación del ancho característico de fisura, desde el punto de vista del suelo, puede utilizarse el ambiente II de la norma UNIT 1050-2001.

Los pavimentos interiores y exteriores, se recomienda realizarlos luego de una limpieza total del suelo vegetal y orgánico de 20 cm, y cuya profundidad máxima a desmontar dependerá de los niveles de piso de proyecto al adicionar los paquetes estructurales de los pavimentos previstos. Sobre estas subrasantes así obtenidas, se tenderán suelos seleccionados debidamente compactados de acuerdo al pavimento diseñado, generando la suficiente homogeneidad del sustento tanto de contrapisos y/o pavimentos interiores, así como de pavimentos exteriores. Todos los pavimentos se construirán de acuerdo a las técnicas usuales.



Ing. Civ. Víctor H. Umpiérrez  
Consultor Asociado

## ***ANEXO 1***

### ***Descripción de campo de Cateos***



**UBICACIÓN:** [FACULTAD DE VETERINARIA – RUTA 1 Km 42.500](#)

**FECHA:** 11 de Marzo de 2008

El terreno es un pequeño predio en líneas generales plano, pero con muy suave pendiente de oeste a sur, su superficie está cubierta de pasto corto.

### CATEO 1

- 0.00m- 0.20m.-** Suelo orgánico vegetal arcilloso.
- 0.20m-1.00m.-** Transición y arcilla negra plástica con tonalidad grisácea y microrraíces, humedad y compacidad medias.
- 1.00m-1.60m.-** Transición y arcilla marrón muy compacta de difícil penetración y poco húmeda.  
**SPT 1.00m : N = (6,10,12)**
- 1.60m-2.80m.-** Arcilla limosa marrón con carbonato de calcio, en profundidad algo arenosa y alterna la presencia de carbonato de calcio, compacta y poco húmeda.  
**SPT 2.00m : N = (5,7,11)**
- 2.80m-3.50m.-** Arena y arenisca blanca rubia, algo arcillosa con pequeños y medianos clastos de cuarzo, muy compacta y poco húmeda.  
**SPT 3.00m : N = (4,7,7)**
- 3.50m-4.20m.-** Suelo plástica gris con nódulos de gran tamaño blancos como de carbonato de calcio pero desmenuzables, compacto y poco húmedo.
- 4.20m-5.30m.-** Suelo arenoso marrón amarillento tipo formación Raigón pero no definida, muy compacto, a 4,80m es un suelo arenoso de tonalidad amarillento poco húmedo.  
**SPT 5.00m : N = (5,7,10)**
- 5.30m-6.50m.-** Suelo arenoso algo limoso, con vetas de diversa tonalidad, muy compacto y poco húmedo.  
**SPT 6.00m : N = (6,11,18)**

### CATEO 2

- 0.00m- 0.20m.-** Suelo orgánico vegetal arcilloso.
- 0.20m-1.00m.-** Transición y arcilla negra plástica con tonalidad grisácea y microrraíces, humedad y compacidad medias.
- 1.00m-1.40m.-** Transición y arcilla marrón, humedad y compacidad medias.
- 1.40m-1.80m.-** Arcilla limosa marrón con carbonato de calcio, en profundidad algo arenosa, muy compacta y menos húmeda.  
**SPT 1.50m : N = (6,9,12)**
- 1.80m-3.80m.-** Limo apenas arcilloso con poca a escasa presencia de carbonato de calcio, muy compacto y poco húmedo.  
**SPT 3.00m : N = (6,12,15)**
- 3.80m-4.30m.-** Suelo plástica gris blanquecino como de carbonato de calcio pero desmenuzables, compacto y poco húmedo.

**4.30m-5.00m.-** Suelo arenoso marrón amarillento tipo formación Raigón pero no definida, muy compacto y humedad media.  
**SPT 4.50m : N = (8,14,14)**

### CATEO 3

**0.00m- 0.20m.-** Suelo orgánico vegetal arcilloso.

**0.20m-1.00m.-** Transición y arcilla negra plástica con tonalidad grisácea y microrraíces, humedad y compacidad medias.

**1.00m-2.20m.-** Arcilla marrón algo limosa con poco carbonato de calcio, en profundidad algo arenosa, muy compacta y poco húmeda.

**SPT 1.00m : N = (5,8,11)**

**2.20m-4.20m.-** Arcilla limosa plástica escasa presencia de carbonato de calcio de tonalidad algo más clara, en profundidad con aspecto más limoso que arcilloso, muy compacto y poco húmedo.

**SPT 2.00m : N = (4,6,8)**

**SPT 2.00m : N = (6,7,9)**

**4.20m-5.00m.-** Suelo areno arcilloso marrón claro amarillento con aspecto de transición a descompuesto, compacto y humedad media.

**SPT 4.50m : N = (5,8,8)**

**No se detectó presencia de napa freática**

## ***ANEXO 2***

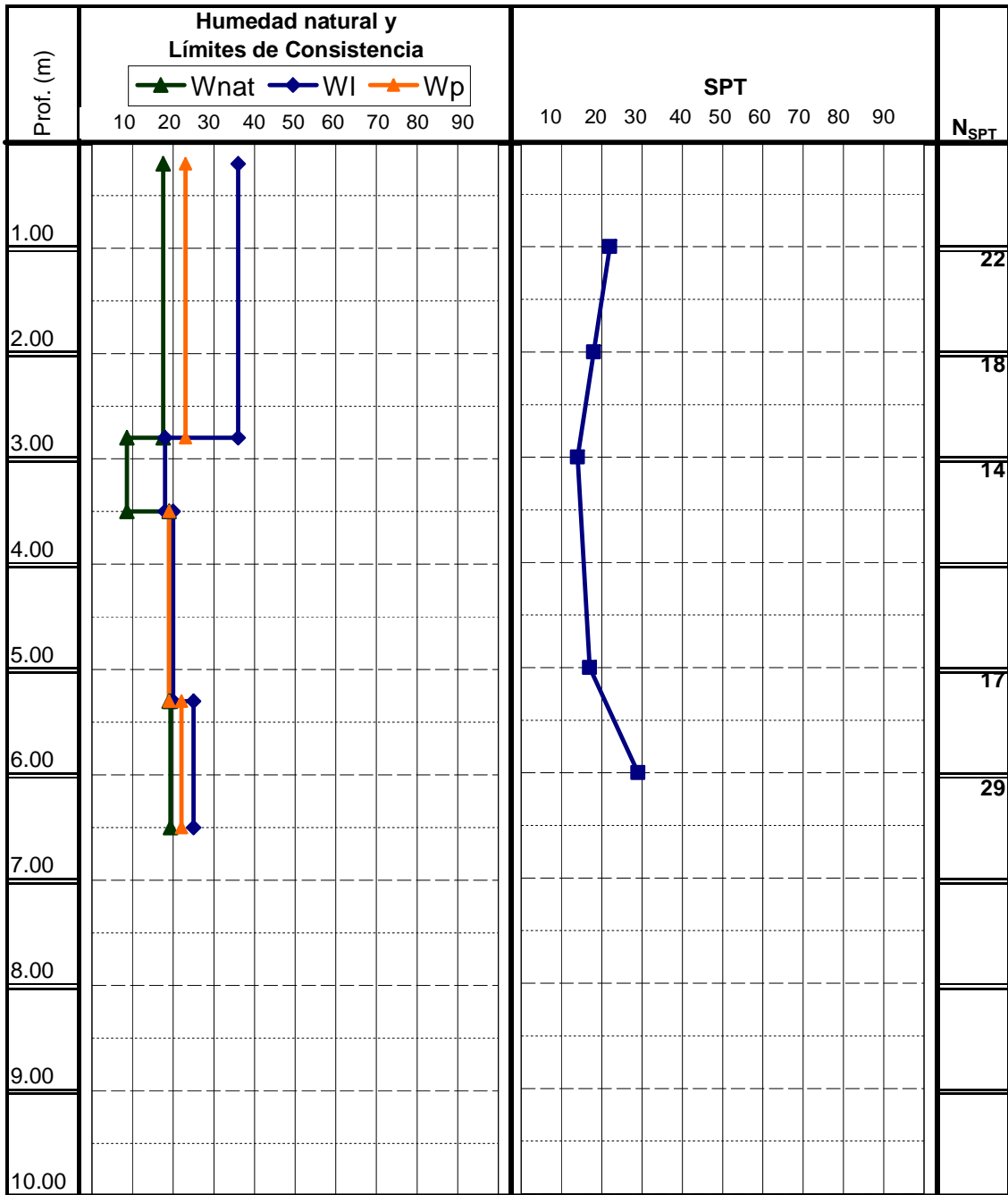
### ***Resultados de Ensayos SPT***

#### ***Limites de Consistencia, Humedad Natural***

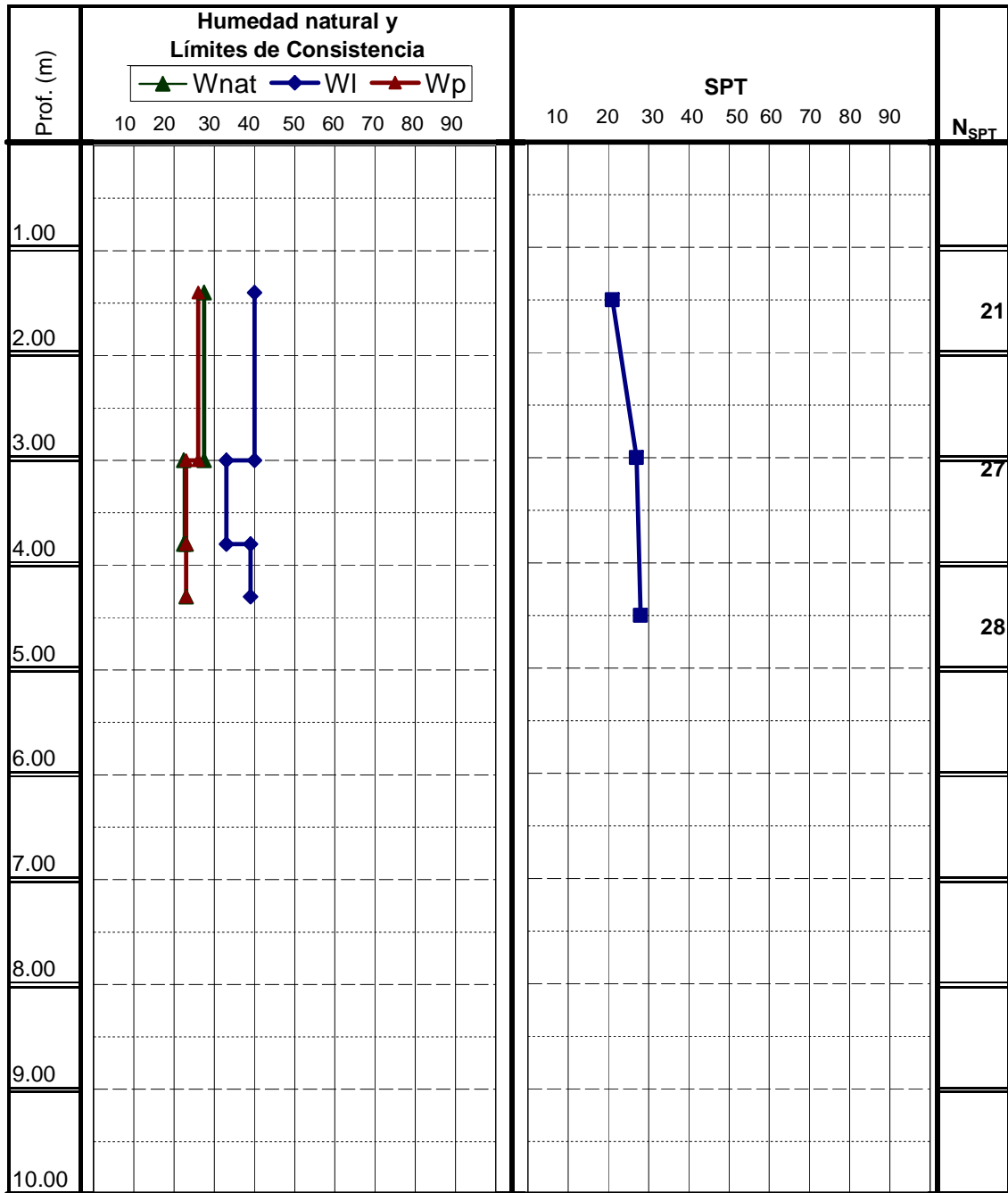
#### ***Perfiles***



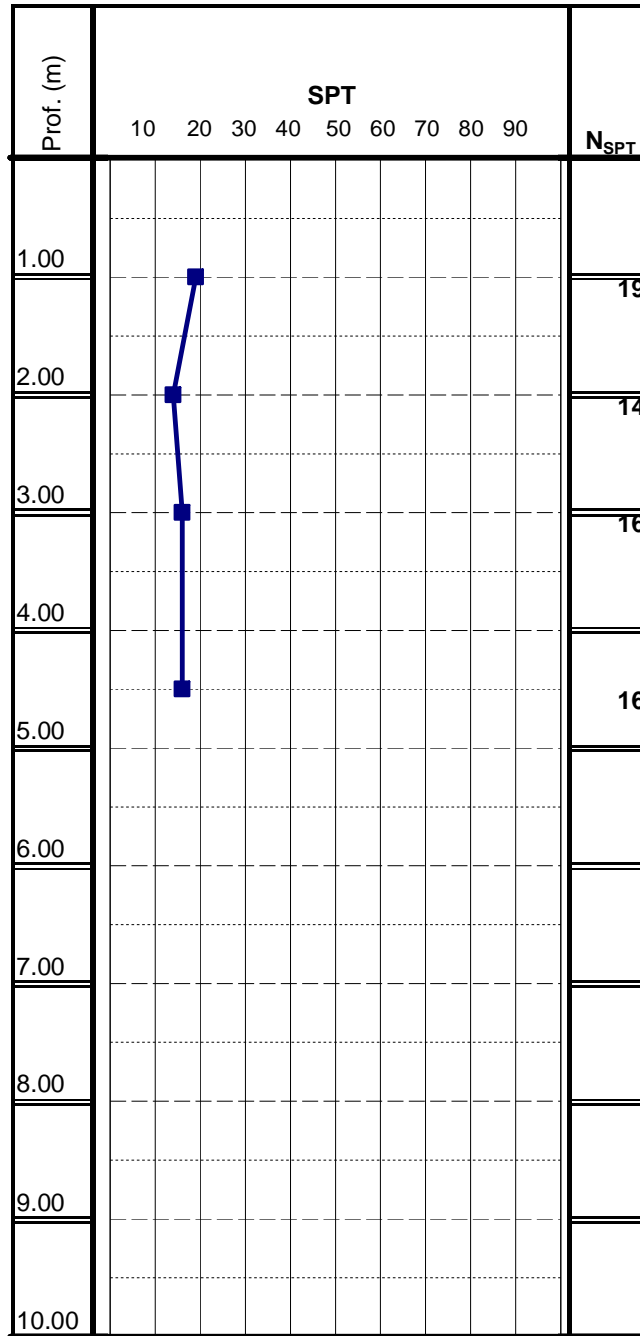
**SONDEO 1**



**SONDEO 2**

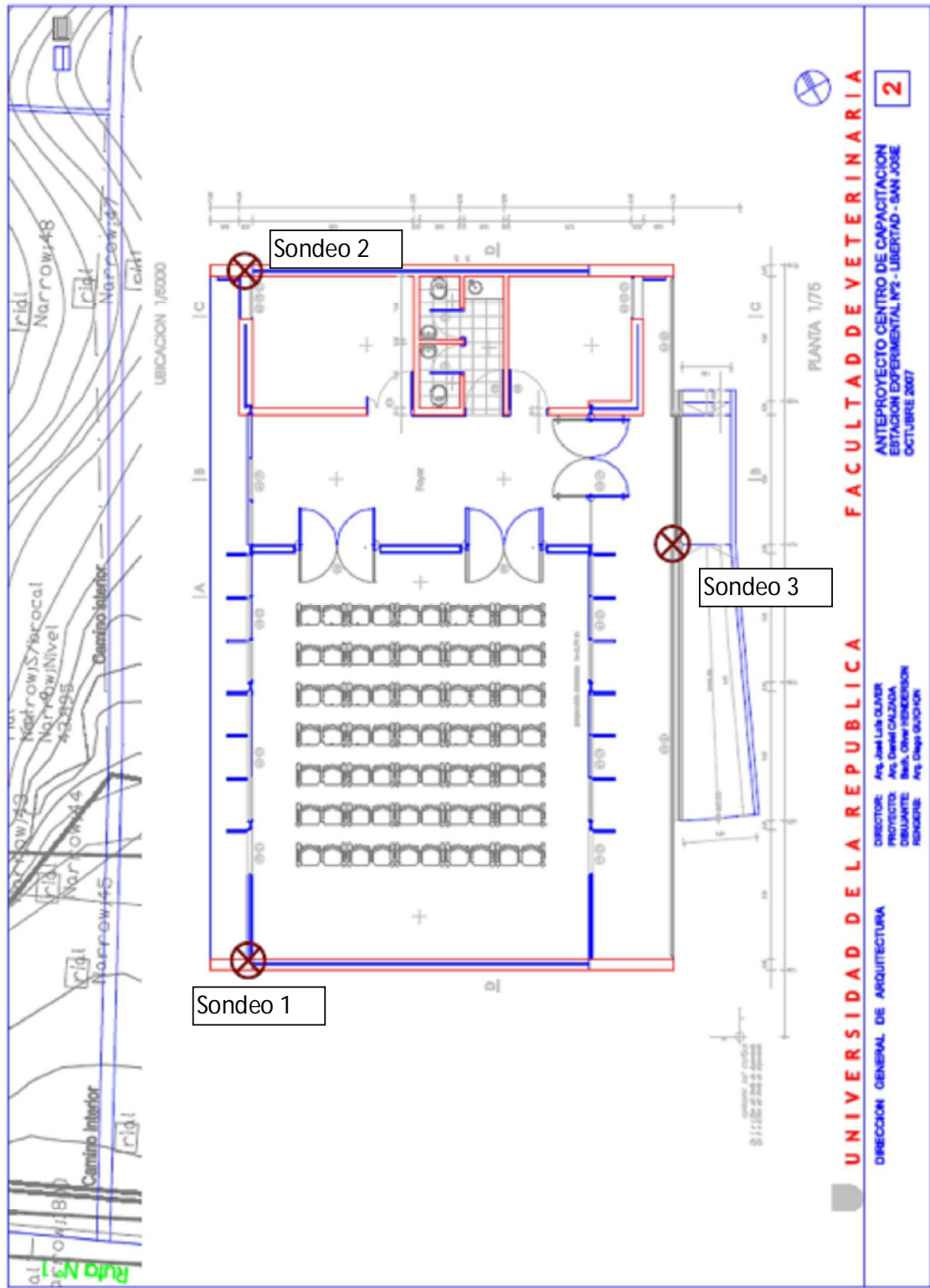


**SONDEO 3**



## ***ANEXO 3***

### ***Croquis de Ubicación de Sondeos***



Aconcagua 5042, esq. Estrázulas. Francisco Plá 4153, esq. Burgues  
CP: 11400 / 6198557 CP: 12300 / 2163059  
Cel. 099160527 Cel: 094431340

ing.vhumpierez@gmail.com lemac@movinet.com.uy  
Montevideo, Uruguay.



## **ANEXO 4**

### ***Normativa de Referencia***

## **Normas ASTM**

**D420-98(2003)** *Standard Guide to Site Characterization for Engineering, Design, and Construction Purposes*

**D421-85(2002)** *Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants*

**D422-63(2002)** *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*

**D1586-99** *Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils*

**D2216-05** *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*

**D2217-85(1998)** *Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants*

**D2487-00** *Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*

**D4318-05** *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*