



ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

Proyecto: Planta de Tratamiento OSE
Fray Bentos – Río Negro

Solicitante: Gerencia de
Saneamiento - OSE

Agosto 2012.-

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

Solicitante: Gerencia de Saneamiento
OSE

Proyecto: Planta de Tratamiento

Ubicación: Ciudad de Fray Bentos - Río Negro

Informe N°: 610/12

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe da cuenta de los trabajos realizados para la caracterización geotécnica de la estratigrafía del subsuelo en la actual Planta de Tratamiento de OSE de la ciudad de Fray Bentos.

Se trabajó en un total de 20 puntos de estudio las ubicaciones de los puntos fueron determinadas por el solicitante y se muestran en el croquis de la Figura 1.

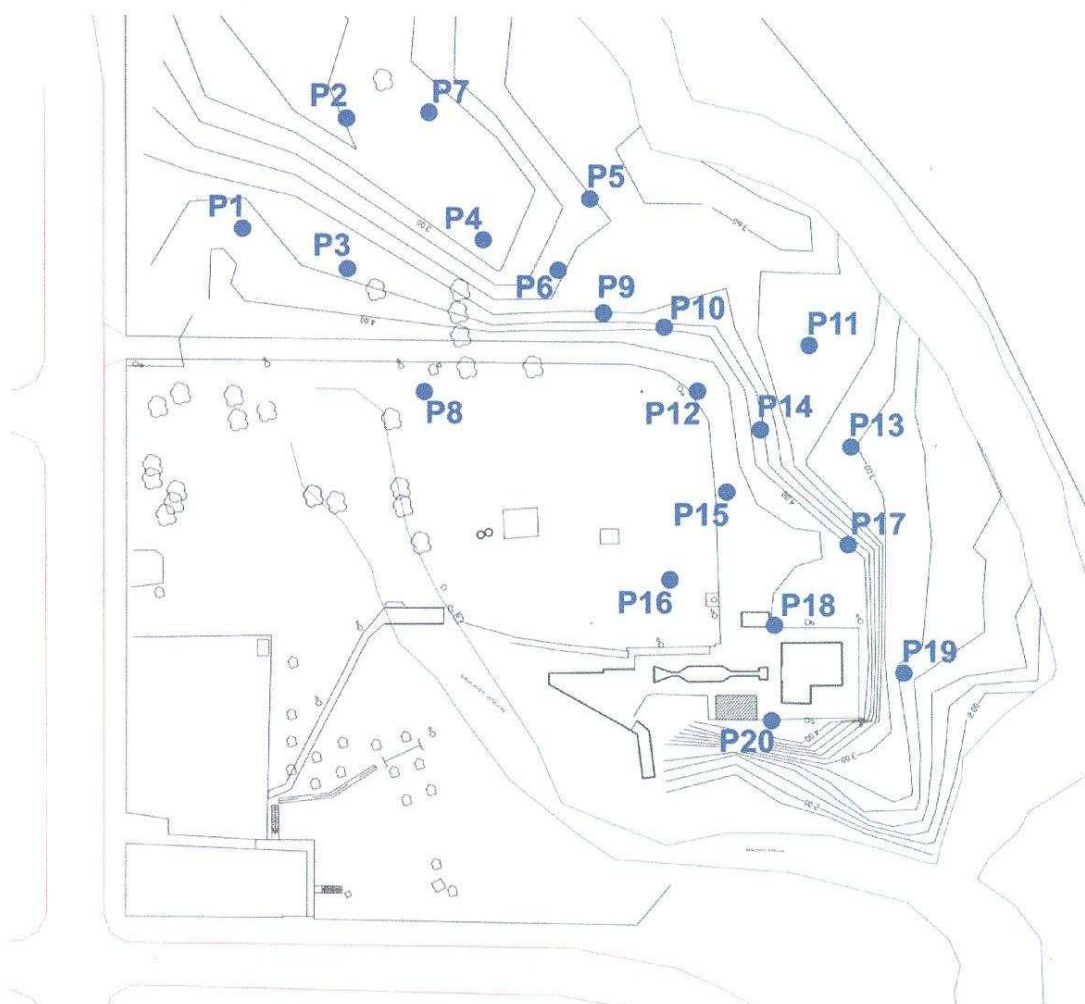


Figura 1. Croquis de ubicación de los puntos de estudio

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO

En respuesta a la solicitud planteada los objetivos del estudio fueron:

- reconocimiento de los diferentes estratos presentes en el subsuelo;
- verificación directa de la existencia de napa freática y localización en profundidad respecto de la boca de la perforación;
- verificación directa de la existencia del techo de roca y localización en profundidad respecto de la boca de la perforación;
- recomendación de valores de tensiones admisibles para las instalaciones de la Planta que involucren fundaciones directas mediante bases.

3. TRABAJOS DE CAMPO

Las perforaciones fueron realizadas en el período comprendido entre el 7 y el 11 de agosto del 2012. Se trabajó en 20 (veinte) puntos de estudio, realizándose perforaciones con equipamiento rotativo manual, con extracción de muestras y determinación de N(SPT) a cada metro de profundidad.

Durante los procesos de perforación y excavación se realizaron las siguientes tareas:

- caracterización de los suelos presentes en el perfil a partir de la descripción táctil-visual de los materiales resultantes en el proceso de perforación,
- determinación directa de la existencia o no de niveles de napa freática y techo de roca, y localización de los mismos en profundidad con respecto a la boca de la perforación,
- recolección de muestras alteradas para análisis de laboratorio,
- en las perforaciones de la nueva planta determinación de N(SPT) a cada metro de profundidad.

La Tabla 1 presenta las profundidades y cotas relevantes determinadas en cada uno de los puntos de estudio. Se tomó como sistema de cotas el suministrado por el solicitante en el plano de mensura del predio. En la columna “profundidad de la napa freática” se indica la profundidad a la que se encontró la filtración, junto con la profundidad de equilibrio de la napa freática, determinada una vez finalizada la perforación.

Tabla 1. Cotas y profundidades relevantes

Punto de exploración	Cota de la boca de perforación (m)	Profundidad de la napa freática ⁽¹⁾ (m)	Profundidad máx. alcanzada ⁽¹⁾ (m)
P1	+3,90	2,80 / 3,75	6,45
P2	+2,90	1,10 / 2,45	6,45
P3	+3,80	2,60 / 2,75	6,45
P4	+3,00	2,45 / 3,00	6,45
P5	+3,40	3,00 filtración	6,45
P6	+3,40	2,50 / 2,65	6,45
P7	+2,70	1,20 filtración	6,45
P8	+3,20	2,10 / 2,75	6,45
P9	+3,60	2,60 / 2,75	6,45
P10	+3,80	2,65 / 2,70	6,45
P11	+3,20	1,50 / 2,75	6,45
P12	+4,10	1,50 / 2,55	6,45
P13	+2,90	0,85 / 1,10	6,45
P14	3,10	1,15 / 2,45	6,45
P15	+4,00	1,80 / 1,95	6,45
P16	+3,80	2,55	6,45
P17	+4,00	1,50 / 1,95	6,45
P18	+4,20	2,80 / 3,95	6,45
P19	+2,80	1,30 / 2,55	6,45
P20	+4,20	2,20	6,45

⁽¹⁾ medidas a partir de la boca de la perforación

En los puntos **P1**, **P2**, **P9**, **P11** y **P13** se realizó un mapeo del techo de roca mediante ensayos de penetración dinámica continua, alcanzándose la condición de rechazo a profundidades del orden de los 10m.

4. TRABAJOS DE LABORATORIO

Sobre el total de las muestras recolectadas en las perforaciones, fueron escogidas un total de 59 muestras para los análisis de laboratorio. Las muestras procesadas fueron seleccionadas con el objetivo de caracterizar los diferentes estratos encontrados en los procesos de perforación de cada punto de estudio. Dichos estratos fueron identificados, en el campo, a través de la descripción táctil-visual de los materiales resultantes del proceso de perforación.

Sobre las muestras seleccionadas se realizaron determinaciones de humedad natural, ensayos de análisis granulométrico y de determinación de límites de consistencia (límite líquido y límite plástico).

A partir de la información obtenida a través del análisis granulométrico y las determinaciones de límites de consistencia, se realizó la clasificación de cada muestra procesada mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). La Tabla 2 presenta un resumen los resultados obtenidos en las muestras analizadas.

Tabla 2. Resumen de resultados de los trabajos de laboratorio

Punto de estudio	Muestra	Prof. (m)	W_{NAT} (%)	LP	LL	Pasa #200 (%)	Pasa #40 (%)	Clasificación de suelos (SUCS)
P1	M3	3,0	36,0	24	38	90,0	100	Arcilla de baja compresibilidad – CL
	M6	6,0	45,9	34	55	92,4	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P2	M1	1,0	47,7	33	73	98,7	100	Arcilla de alta compresibilidad – CH
	M4	4,0	44,2	36	54	99,1	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M6	6,0	77,0	36	53	98,7	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P3	M4	4,0	40,0	26	43	93,0	100	Arcilla de baja compresibilidad – CL
	M5	5,0	57,7	35	58	96,2	100	Limo de alta compresibilidad – MH

Tabla 2 (cont.). Resumen de resultados de los trabajos de laboratorio

Punto de estudio	Muestra	Prof. (m)	W _{NAT} (%)	LP	LL	Pasa #200 (%)	Pasa #40 (%)	Clasificación de suelos (SUCS)
P4	M2	2,0	48,8	36	52	99,3	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	52,2	36	56	99,3	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P5	M4	4,0	-	39	78	99,0	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M6	6,0	47,0	34	48	99,5	100	Limo de baja compresibilidad – ML
P6	M1	1,0	35,0	34	42	99,7	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M2	2,0	35,4	31	84	94,0	100	Arcilla de alta compresibilidad – CH
	M3	3,0	54,7	39	55	99,2	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M4	4,0	51,5	41	57	99,2	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	36,5	32	61	98,4	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M6	6,0	53,9	38	54	99,1	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P7	M3	3,0	52,0	39	61	98,9	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	49,1	37	54	98,5	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P8	M1	1,0	45,8	41	62	98,4	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M2	2,0	41,6	32	43	97,5	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M3	3,0	42,5	32	43	99,3	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M4	4,0	50,6	37	49	99,4	100	Limo de baja compresibilidad – ML
P9	M1	1,0	46,6	38	61	99,5	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M3	3,0	53,3	35	54	97,9	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	47,1	40	59	99,8	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P10	M1	2,0	46,4	31	52	98,8	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M4	4,0	49,7	37	52	99,1	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M6	6,0	47,1	35	51	98,9	100	Limo de alta compresibilidad – MH

Tabla 2 (cont.). Resumen de resultados de los trabajos de laboratorio

Punto de estudio	Muestra	Prof. (m)	w_{NAT} (%)	LP	LL	Pasa #200 (%)	Pasa #40 (%)	Clasificación de suelos (SUCS)
P11	M1	1,0	47,9	35	49	91,8	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M2	2,0	43,2	34	44	99,6	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M3	3,0	46,4	37	53	98,3	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P12	M3	3,0	39,7	34	57	99,3	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P13	M1	1,0	47,1	35	49	94,7	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M3	3,0	56,6	37	63	98,4	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P14	M2	2,0	40,6	32	64	97,1	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M4	4,0	51,2	36	55	97,1	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P15	M2	2,0	36,3	36	51	91,8	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M4	4,0	52,9	41	63	98,3	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	50,5	33	55	98,8	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P16	M1	1,0	43,8	38	56	90,0	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M2	2,0	51,5	41	72	97,6	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M3	3,0	54,9	41	70	95,7	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M4	4,0	50,7	39	59	98,0	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	52,8	40	54	96,7	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M6	6,0	57,0	41	58	97,2	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P17	M2	2,0	47,0	42	53	98,3	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M4	4,0	40,2	29	45	98,1	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M6	6,0	44,3	34	50	97,9	100	Limo de baja compresibilidad – ML
P18	M1	1,0	18,5	22	22	91,0	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M2	2,0	48,5	40	59	96,8	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M4	4,0	44,4	44	67	98,8	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M6	6,0	60,7	34	64	98,0	100	Limo de alta compresibilidad – MH

Tabla 2 (cont.). Resumen de resultados de los trabajos de laboratorio

Punto de estudio	Muestra	Prof. (m)	W _{NAT} (%)	LP	LL	Pasa #200 (%)	Pasa #40 (%)	Clasificación de suelos (SUCS)
P19	M1	1,0	48,7	34	51	93,2	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M3	3,0	52,8	43	58	97,0	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	43,8	36	50	98,4	100	Limo de alta compresibilidad – MH
P20	M1	1,0	49,1	34	50	97,8	100	Limo de baja compresibilidad – ML
	M3	3,0	44,2	32	56	91,9	100	Limo de alta compresibilidad – MH
	M5	5,0	49,0	43	73	98,9	100	Limo de alta compresibilidad – MH

5. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUBSUELO

En este ítem se presenta una breve descripción de los perfiles estratigráficos encontrados en las zonas de estudio analizadas.

5.1 Perfil del subsuelo en la Zona de Reactores Integrados (P1 a P6)

El perfil se presenta compuesto por una cobertura de limos y arcillas, de colores gris y gris oscuro, en su mayoría de alta compresibilidad y consistencia media hasta las máximas profundidades alcanzadas (6,45m). En los puntos **P1** y **P3** se encontró una capa superficial de rellenos de 2,80 y 1,20m respectivamente.

Al momento de los trabajos de campo se detectó presencia de napa freática en todas las perforaciones, detectándose un nivel de equilibrio variable según los puntos, entre cotas +1,50 y +0,15m. Vale la pena destacar que los trabajos de campo se realizaron en época de copiosas lluvias.

5.2 Perfil del subsuelo en la Zona de Desinfección UV y Bombeo de agua tratada (P9 y P10)

El perfil se presenta compuesto por un estrato superficial de suelo orgánico de 0,40m de espesor, seguido de limos de alta compresibilidad y consistencia media.

La napa freática se ubicó a cotas +0,85 y +1,10m, en **P9** y **P10** respectivamente.

5.3 Perfil del subsuelo en la Zona del Edificio Principal (P11, P13 y P14)

El perfil encontrado en esta zona está compuesto por una capa superior suelo orgánico o relleno, seguida de limos de color gris oscuro de consistencia blanda a media.

La napa freática se ubicó a cotas +0,45 y +0,65m, en **P11** y **P14** respectivamente, mientras que en el punto **P13** el nivel de equilibrio de la napa freática registrado al finalizar la perforación se ubicó a cota +2,05.

5.4 Perfil del subsuelo en Zona de Planta Existente (P12, P15 a P20)

La zona de influencia de las perforaciones citadas está caracterizada por un estrato superior de suelo orgánico, seguido de limos de coloraciones gris oscuro, que se presentan de alta compresibilidad y consistencias variando de blanda a firme, dependiendo de la ubicación y la profundidad. En los puntos **P12** y **P15** se encontró una capa superficial de rellenos de 0,40 y 1,00m respectivamente.

La napa freática detectada en estas perforaciones mostró un comportamiento variable, posiblemente debido a la presencia de pavimentos y edificaciones. Los niveles registrados varían entre cotas +0,25 y +2,05m.

5.5 Comentarios Generales

En cuanto a la plasticidad de los materiales encontrados, la gran mayoría de las muestras analizadas (45 de 59) se clasifican como de alta compresibilidad (MH y CH). Este tipo de materiales pueden presentar elevado potencial expansivo, caracterizándose por presentar marcados procesos de expansión-contracción en correspondencia con el aumento-disminución de su contenido de humedad. Vale la pena mencionar que en general las muestras clasificadas como ML, presentan valores de límites líquidos cercanos a 50, por lo cual si bien se clasifican como de baja compresibilidad, dichos suelos presentan una plasticidad media a alta.

Con respecto a la consistencia de los estratos de limos y arcilla perforados hasta las máximas profundidades investigadas, en general es blanda a media. La excepción a lo comentado la constituye la zona de influencia de los puntos **P12**, **P15**, **P16** y **P18**, en la que los suelos presentan una consistencia media a firme. En ninguna de las perforaciones realizadas se alcanzó la condición de rechazo en el ensayo SPT, hasta las máximas profundidades investigadas, de 6m. Tal cual fue informado en el ítem 3 (TRABAJOS DE CAMPO), en algunos puntos de la planta, asociados a las instalaciones indicadas por el solicitante, se realizó el mapeo del techo de roca, encontrándose la condición de rechazo en los ensayos de penetración dinámica continua a profundidades del orden de los 10m, en todos los puntos estudiados.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A la luz de los resultados obtenidos es posible formular las siguientes **conclusiones y recomendaciones**.

6.1 Condiciones de excavabilidad

En función de los suelos encontrados, puede afirmarse que las tareas de excavación pueden ser realizadas con equipos de mediano porte hasta las máximas profundidades investigadas, del orden de los 6 metros..

De mantenerse las condiciones hidráulicas subterráneas encontradas al momento de las perforaciones, debería preverse la necesidad de utilización de bombeos y entibados, en toda la zona de estudio. Vale la pena recordar que los trabajos de campo se realizaron en una semana de abundantes precipitaciones.

6.2 Pavimentos

Dada la presencia en la zona de estudio, de suelos de alta compresibilidad y consistencia blanda a media, para la construcción de pavimentos industriales o de caminería interna de la Planta, se recomienda que la sub-rasante en la que se apoye el paquete estructural del pavimento se conforme mediante la sustitución de los limos negros presentes, por una capa de 50cm de espesor de material de aporte, que presente un CBR > 5 al 95% del Peso Unitario Seco Máximo, determinado en ensayos Proctor Modificado.

En las zonas en donde se encuentre superficialmente la presencia suelos con materia vegetal, los mismos deberán ser sustituidos en todo su espesor.

6.2 Fundaciones superficiales

En este ítem se detallan las recomendaciones para la alternativa de fundaciones directas, separando el área de estudio en cinco zonas. La Tabla 3 presenta para cada una de las zonas, la cota de apoyo, la tensión admisible, el valor recomendado para el coeficiente de balasto al nivel indicado, y la ubicación del nivel de napa freática.

En todos los casos se recomienda construir las bases sobre una capa de hormigón pobre de regularización de 10cm de espesor. Se deberá tener especial cuidado para evitar que el material de apoyo de las bases cambie drásticamente su tenor de humedad natural, por lo cual se recomienda especialmente construir el hormigón de regularización inmediatamente después de realizada la excavación. Los valores de tensión recomendados fueron formulados bajo estas hipótesis.

Tabla 3. Recomendaciones para fundaciones directas

Zona	Cota de apoyo (m)	Tensión Admisible (kPa)	Coeficiente de Balasto (kg/cm ³)	Cota de napa freática (m)
Reactores Integrados (P1 a P7)	+0,50 a -0,50	50	1,30 (1,10 a 1,50)	+0,15 a +1,05
Desinfección UV + Bombeo de Agua Tratada (P9 y P10)	-0,50	125	2,50 (2,30 a 2,65)	+0,85 a +1,10
Edificio Principal (P11, P13, P14)	+1,00	65	1,50	+0,45 a +0,65 +2,05 (P13)
P12, P15, P16, P18	+1,50	150	3,00	1,25 a 2,05
P17, P19, P20	+1,00	65	1,50	+0,25 (P19) +2,05 (P17, P20)

6.3 Fundaciones profundas

En caso de que se contemple la opción de fundaciones mediante pilotes, la alternativa recomendada es la de pilotes entubados, dada la presencia de suelos de consistencia blanda y napa freática.

La Tabla 4 presenta las cargas admisibles en kN en función del diámetro, para pilotes de 8,00m de longitud media de fuste.

Tabla 4. Cargas admisibles para pilotes de 8,00m de longitud de fuste

Diámetro (m)	Carga admisible a la compresión (kN)
0,30	320
0,50	740

100kN = 10 ton

Por INSUELOS S.R.L



Ing. Ernesto Patrone



MSc. Ing. Leonardo Abreu