

Informe geotécnico de Interpretación, – CAJ

Para:	Ing. Alejandro Villani avillani@latinoconsult.com.ar	Fecha:	30/05/2024
Empresa:	EPTISA - Latinoconsult S.A.	De:	MSc Ing. Civil Emiliano Agostini
Con Copia:	Ing. Santiago Ocaranza	N° Doc.:	1002-2024 - Informe Interpretación - Centro Ambiental Jujuy - EPTISA RV- A.docx
		Revisión	RV-A



Tabla de contenido

1	<i>Introducción</i>	<i>1</i>
1.1	Objeto perseguido por la Investigación geotécnica.....	1
2	<i>Descripción de La Obra</i>	<i>1</i>
3	<i>Ubicación</i>	<i>1</i>
4	<i>Ubicación de las Auscultaciones.....</i>	<i>2</i>
5	<i>Ensayos SPT y Correlaciones SPT</i>	<i>3</i>
5.1	Introducción.....	3
5.2	Metodología	3
5.3	Características Técnico-Instrumentales Sonda: SPT (Estándar Penetration Test)	4
5.4	Valuación resistencia dinámica a la punta (R_{pd})	4
5.5	Evaluación estadística	4
5.6	Corrección N_{SPT} en presencia de nivel freático	4
5.7	Peso unitario.....	4
5.8	Corrección del Número de Golpes Por Energía y Confinamiento (ASTM D-6066).....	5
5.9	Densidad Relativa	5
5.10	Ensayo SPT-01	6
5.11	Ensayo SPT-02	8
5.12	Ensayo SPT-03	10
6	<i>Perfil Geotécnico</i>	<i>12</i>
6.1	Descripción General	12
6.2	Unidades Geotécnicas	12
7	<i>Prueba de Compactación Proctor Modificado y Valor Soporte Relativo CBR en Laboratorio</i>	<i>13</i>
7.1	Ensayo Proctor Modificado	13
7.2	Valor Soporte relativo e Hinchamiento.....	13
8	<i>Conveniencia Relativa de los Suelos Como Relleno Compactado</i>	<i>13</i>
9	<i>Ensayos DCP (ASTM D-6951) - CBR In-Situ</i>	<i>15</i>
9.1	Introducción.....	15
9.2	Ensayo DCP-01	15
9.3	Resumen de Resultados	15
10	<i>Ejecución de terraplenes para caminos</i>	<i>16</i>
10.1	Extendido.....	16
10.2	Humectación o desecación	16
10.3	Compactación	16
10.4	Terminación	17

11	<i>Control de Compactación.....</i>	18
11.1	<i>Control de la densidad</i>	18
12	<i>Equipos de Compactación Mecánica y Métodos.....</i>	20
13	<i>Parámetros Geotécnicos.....</i>	21
13.1	<i>Introducción.....</i>	21
13.2	<i>Peso Unitario</i>	21
13.3	<i>Módulo de Corte y Modulo de Young</i>	21
13.4	<i>Módulo de reacción de la subrasante</i>	23
13.5	<i>Coeficiente de empuje en reposo</i>	23
13.6	<i>Parámetros Resistentes.....</i>	23
13.7	<i>Parámetros para el cálculo de los Asentamientos en Función del Tiempo.....</i>	24
13.8	<i>Modelo Geotécnico.....</i>	24
14	<i>Nivel de fundación recomendado para el diseño.....</i>	26
15	<i>Consideraciones sobre la napa freática.....</i>	26
16	<i>Agresividad del Terreno.....</i>	26
17	<i>Fundaciones Directas o Superficiales.....</i>	27
17.1	<i>Introducción.....</i>	27
17.2	<i>Capacidad de Carga en losas de Cimentación</i>	27
18	<i>Capacidad de Expansión de Los Suelos.....</i>	28
19	<i>Estabilización Química.....</i>	28
20	<i>Consideraciones sobre el ingreso de aguas superficiales al suelo de fundación.</i>	28
21	<i>Estabilidad de las Excavaciones</i>	29
21.1	<i>Tipos de suelo según la OSHA.....</i>	29
21.2	<i>Pendiente máxima admisible</i>	29
21.3	<i>Talud Admisible de Excavaciones</i>	29
22	<i>Altura crítica de excavación con talud vertical</i>	30
23	<i>Presión Lateral de Suelos</i>	31
23.1	<i>Cálculo de la presión lateral de suelos</i>	31
24	<i>Clasificación del Sitio de Emplazamiento de la Construcción Según INPRES CIRSOC 103 Parte 1, 2018.....</i>	32
25	<i>Fundaciones Sometidas a Acción Sísmica</i>	35
25.1	<i>Capacidad del suelo de fundación</i>	35
25.2	<i>Arrostramiento</i>	35
26	<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	36
26.1	<i>Conclusiones</i>	36
26.2	<i>Recomendaciones</i>	36
27	<i>Limitaciones</i>	38

28	<i>Apéndice A: Laboratorio de Suelos..... II</i>
29	<i>Apéndice B: Anexo Fotográfico XVI</i>

Lista de Tablas

Tabla 3-1: Áreas de estudio.....	1
Tabla 4-1: Coordenadas Geográficas de los Puntos de Sondeo	2
Tabla 5-1: Ensayo DPSH-B y Calculo de la Resistencia Dinámica de Punta.....	7
Tabla 5-2: Análisis Estadístico y Correlación de Ensayo DPSH-B con ensayo SPT.....	7
Tabla 5-3: Corrección del número de Golpes SPT por energía y confinamiento	7
Tabla 5-4: Ensayo DPSH-B y Calculo de la Resistencia Dinámica de Punta.....	9
Tabla 5-5: Análisis Estadístico y Correlación de Ensayo DPSH-B con ensayo SPT.....	9
Tabla 5-6: Corrección del número de Golpes SPT por energía y confinamiento	9
Tabla 5-7: Ensayo DPSH-B y Calculo de la Resistencia Dinámica de Punta.....	11
Tabla 5-8: Análisis Estadístico y Correlación de Ensayo DPSH-B con ensayo SPT.....	11
Tabla 5-9: Corrección del número de Golpes SPT por energía y confinamiento	11
Tabla 6-1: Perfil Geotécnico SPT - 01.....	12
Tabla 6-2: Perfil Geotécnico SPT - 02.....	12
Tabla 6-3: Perfil Geotécnico SPT - 03.....	12
Tabla 7-1: Resultados del Ensayo Proctor Modificado sobre la muestra SPT 01 – M2	13
Tabla 7-2: Resultados de los Ensayos de Valor Soporte Relativo e Hinchamiento.....	13
Tabla 8-1: Conveniencia Relativa de los Suelos Como Relleno Compactado	14
Tabla 11-1: Control de la Calidad de Terraplenes, (MOPU 1978).....	19
Tabla 12-1: Equipos de Compactación y Métodos	20
Tabla 13-1: Parámetros geotécnicos para el cálculo de asentamientos en función del tiempo	24
Tabla 13-2: Parámetros geotécnicos recomendados Sondeo 1.	24
Tabla 13-3: Parámetros geotécnicos recomendados Sondeo 2.	24
Tabla 13-4: Parámetros geotécnicos recomendados Sondeo 2.	25
Tabla 14-1: Nivel de fundación recomendado (D_f) y unidades geotécnicas afectadas.	26
Tabla 18-1: Capacidad de expansión de los suelos en función del índice plástico	28
Tabla 20-1: Pendiente Máxima Admisible	29
Tabla 20-2: Pendientes Admisibles Para en excavaciones en el sector estudiado	29
Tabla 23-1: Clasificación del sitio – Influencia del suelo.....	33
Tabla 23-2: Parámetros Espectrales - Fuente: http://contenidos.inpres.gob.ar/zonas	34

Lista de Figuras

Figura 3-1: Ubicación del Predio.....	1
Figura 4-1: Ubicación de los Sondeos.....	2
Figura 13-1: Variación del Módulo de Corte en función de la amplitud de las deformaciones γ	21
Figura 13-2: Variación de la rigidez al corte del suelo para distintos niveles de deformación (Atkinson & Sallfors, 1991).	22
Figura 17-1: Grafico $q_{adm(neta)}/S_u$ vs D_f/B para Losas de cimentación FS=3.....	27
Figura 22-1: Coeficiente Sísmico Zonal (C_0) según NAA-80; Artículo 3.2.1.1.b	31
Figura 23-1: Zonificación sísmica de la República Argentina - Inpres Cirsoc 103 Parte 1, 2018.....	32

1 Introducción

Latinconsult S.A., a través del Ing. Santiago Ocaranza, solicito Agostini Ingeniería S.A.S. la realización de la investigación y caracterización geotécnica del predio destinado al emplazamiento de una planta de biogás y al de la ampliación del vertedero del Centro Ambiental Jujuy (en adelante CAJ) con el objeto de ampliar el espacio disponible para la deposición de RSU. Por tal motivo Agostini Ingeniería ejecuto una serie de ensayos de campo, toma de muestras y ejecución de ensayos de laboratorio con el objeto de caracterizar la respuesta de los suelos presentes en el sector de estudios.

Este informe presenta los resultados la campaña geotécnica realizada en Abril y Mayo del 2024, en la cual se ejecutaron ensayos de campo, toma de muestras y ensayos de laboratorio.

1.1 Objeto perseguido por la Investigación geotécnica

La presente investigación tiene por fin determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el predio de obra, con el objeto de determinar los parámetros necesarios para ejecutar fundaciones y caminos de acceso, para garantizar la durabilidad de la obra para el periodo de diseño.

EL fin perseguido es la caracterización geotécnica de los suelos en el sector donde se emplazará el proyecto.

2 Descripción de La Obra

La obra se compone de una planta para la producción de biogas, la ejecución de un vertedero RSU y caminería de acceso.

3 Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en La Finca EL Pongo próximo a ruta Provincial al Sur de la Ciudad de Palpalá, La Figura 3-1 presenta la ubicación del predio de obra.



Figura 3-1: Ubicación del Predio.

La Tabla 3-1, muestra las coordenadas de los sectores a estudiar.

Tabla 3-1: Áreas de estudio.

Designación	Coordenadas DMS	Cota Aproximada
CAJ	24°17'49.5"S ; 65°9'18.5"O	1048

4 Ubicación de las Auscultaciones

Durante la campaña geotécnica ejecutada, se realizaron tres ensayos de penetración Estándar (SPT), tres excavaciones con perforadora automática y un sondeos DCP para determinar CBR in Situ. La ubicación de las auscultaciones, sus coordenadas y cota aproximada mediante GPS, se muestran en la Figura 4-1 y Tabla 4-1.



Figura 4-1: Ubicación de los Sondeos

Tabla 4-1: Coordenadas Geográficas de los Puntos de Sondeo

Punto	Descripción	Sondeos	Latitud	Longitud	Cota TN Aprox. GPS
S1	Planta de Bio-Gas	DCP Nro 1 SPT Nro 1	24°17'48.50"S	65° 9'18.50"O	1041
S2	Ampliación del Vertedero	SPT Nro 2	24°17'51.40"S	65° 9'7.10"O	1052
S3	Ampliación del Vertedero	SPT Nro 3	24°17'59.90"S	65° 8'54.60"O	1055

5 Ensayos SPT y Correlaciones SPT

5.1 Introducción

El ensayo SPT es una herramienta comúnmente utilizada en ingeniería civil y geotecnia para investigaciones de suelos, diseño de cimentaciones, evaluación de capacidad portante del suelo, entre otros fines. Proporciona información valiosa sobre las características del suelo en profundidad, lo que ayuda a los ingenieros y geotécnicos a tomar decisiones informadas en el diseño y la construcción de estructuras y cimentaciones. Los ensayos penetrométricos dinámicos son muy conocidos e utilizados en el campo por los geólogos y geotécnicos dada su simplicidad ejecutiva, economía y rapidez de ejecución.

Su elaboración, interpretación y visualización gráfica consiente "catalogar y crear parámetros" del suelo atravesándolo con una imagen continua, que permite también hacer una comparación de las durezas de los diferentes niveles atravesados y una correlación directa con sondeos para la determinación estratigráfica.

La sonda penetrométrica permite además reconocer bastante bien el espesor de los mantos del subsuelo, la cota de eventuales niveles freáticos y superficies de rotura sobre los taludes, así como la consistencia del terreno en general.

5.2 Metodología

5.2.1 Preparación del sitio

Se elige el lugar donde se realizará el ensayo SPT. Este sitio suele ser seleccionado estratégicamente para representar las condiciones del suelo en la ubicación de interés. Se establece el punto de perforación y se instala un casing para evitar el colapso de las paredes del agujero en caso de requerirse.

5.2.2 Perforación

Se perfora un agujero en el suelo utilizando equipos de perforación adecuados. Este agujero se hace hasta alcanzar la profundidad deseada o hasta llegar a una capa de suelo firme.

5.2.3 Instalación del equipo de ensayo

Una vez que se alcanza la profundidad deseada, se instala el equipo de ensayo en el agujero. Esto generalmente incluye una barra de perforación, un martillo de caída libre y una barra de muestreo estándar.

5.2.4 Martilleo

Se deja caer el martillo de caída libre desde una altura específica sobre la parte superior de la barra de muestreo. El martillo pesa aproximadamente 63.5 kg y está diseñado para golpear la barra de muestreo con una energía constante.

5.2.5 Registro de golpes

Se registra el número de golpes necesarios para que la barra de muestreo penetre una cierta distancia en el suelo. Esta distancia suele ser de 30 centímetros (12 pulgadas) y se conoce como "recorrido de penetración".

5.2.6 Interpretación de resultados

El valor registrado de golpes, conocido como "valor N_{30} ", se utiliza para estimar las propiedades del suelo en el lugar de la perforación. Valores más altos de N_{30} indican suelos más densos y consistentes, mientras que valores más bajos pueden indicar suelos más sueltos y blandos.

5.2.7 Extracción del equipo

Una vez completado el ensayo, se retira el equipo de ensayo del agujero y se sella adecuadamente para evitar la contaminación o el colapso del agujero.

5.3 Características Técnico-Instrumentales Sonda: SPT (Estándar Penetration Test)

• Normativa de Referencia	ASTM D-1586
• Peso masa de golpeo	63.5[Kg]
• Altura de caída libre	0.75[m]
• Peso sistema de golpeo	8[kg]
• Largo del varillaje	1.5[m]
• Peso varillaje al metro	6.3[kg/m]
• Profundidad niple primer varillaje	0.80m
• Avance puntaza	0.30m
• Número golpes por puntaza	N ₃₀
• Coeficiente de correlación	1
• Revestimiento/lodos	No

5.4 Valuación resistencia dinámica a la punta (R_{pd})

Formula de los holandeses

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd} resistencia dinámica punta (área A);

e hincia promedio por golpe δ / N ;

M peso masa de golpeo (altura caída H);

P peso total varillaje sistema golpeo.

5.5 Evaluación estadística

La elaboración estadística de los datos numéricos del ensayo SPT, permite determinar valores representativos del número de golpes del estrato (k) considerado.

Para el presente análisis se realizó la elaboración estadística de cada estrato utilizando el valor mínimo, el cual representa el valor mínimo del número de golpes en el estrato considerado.

5.6 Corrección N_{SPT} en presencia de nivel freático

La corrección se aplica en presencia de nivel freático solo si el número de golpes es mayor que 15 (la corrección se efectúa si todo el estrato está en nivel freático).

$$N_{SPT, CORREGIDO} = 15 + 0,5 \cdot (N_{SPT} - 15)$$

donde

N_{SPT} es el valor promedio en el estrato

5.7 Peso unitario

El peso unitario ha sido estimado a partir de correlaciones basadas en el número de golpes del ensayo SPT.

Las correlaciones utilizadas se presentan a continuación:

Meyerhof et al., válida para arcillas, arcillas arenosas y limosas predominantemente con cohesión.

$$\gamma = 1,3936 + 0,0918 \cdot N_{SPT_m} - 0,004 \cdot N_{SPT_m}^2 + 6,2 \cdot 10^{-5} \cdot N_{SPT_m}^3$$

Meyerhof et al, válida para arenas, gravas, limos, limo arenoso.

$$\gamma = 1,29968 + 0,05291 \cdot N_{SPT_{corr}} - 0,00106 \cdot (N_{SPT_{corr}}^2 + 7,58 \cdot 10^{-6} \cdot N_{SPT_{corr}}^3)$$

5.8 Corrección del Número de Golpes Por Energía y Confinamiento (ASTM D-6066)

La determinación del valor de N_{60} : resistencia a la penetración normalizada al 60 % de la relación de energía de la barra de penetración. se realiza corrigiendo el valor de N_{SPT} bruto a una relación de energía equivalente de 60 %. El valor N_{60} , se ha determinado mediante la siguiente ecuación:

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER_i/60)$$

Donde

N_{SPT} es el valor del número de golpes medido en campo

ER_i es la relación de energía expresada como un porcentaje para el sistema utilizado

En suelos granulares, el valor de N_{60} se afecta por la presión de sobrecarga efectiva, σ'_v . Por esa razón, el valor de N_{60} obtenido en la exploración de campo ante presiones de sobrecarga efectiva diferentes se debe cambiar para que corresponda a un valor estándar de σ'_{v0} . Para la determinación del Número de golpes corregido por confinamiento $N_{1,60}$ se ha utilizado la siguiente expresión:

$$N_{1,60} = CN \times N_{60}$$

Donde

CN es el factor de corrección.

Para la determinación del factor de corrección CN. se ha utilizado la expresión propuesta por Liao y Whitman (1986) donde:

$$CN = 9,8 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}}$$

σ'_v es la tensión efectiva vertical

5.9 Densidad Relativa

La densidad relativa es una medida de la densidad de arenas y gravas limpias. Se define como

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

Donde e_{max} y e_{min} son la relación de vacíos máxima y mínima y e es la relación de vacíos.

Para estimar la densidad relativa se utilizó la formulación propuesta por Gibbs & Holtz (1957). Se propuso una correlación válida para cualquier presión eficaz, para gravas D_r se sobre estima, para limos es subestimado.

$$D_r = \left[1,5 \cdot \left(\frac{N_{SPT}}{F} \right)^2 \right] - 0,6$$

Donde:

$$F = 0,0065 \cdot \sigma'_{v0}{}^2 + 1,68 \cdot \sigma'_{v0} + 14$$

σ'_{v0} s la presión efectiva vertical en [T/m²]

5.10 Ensayo SPT-01

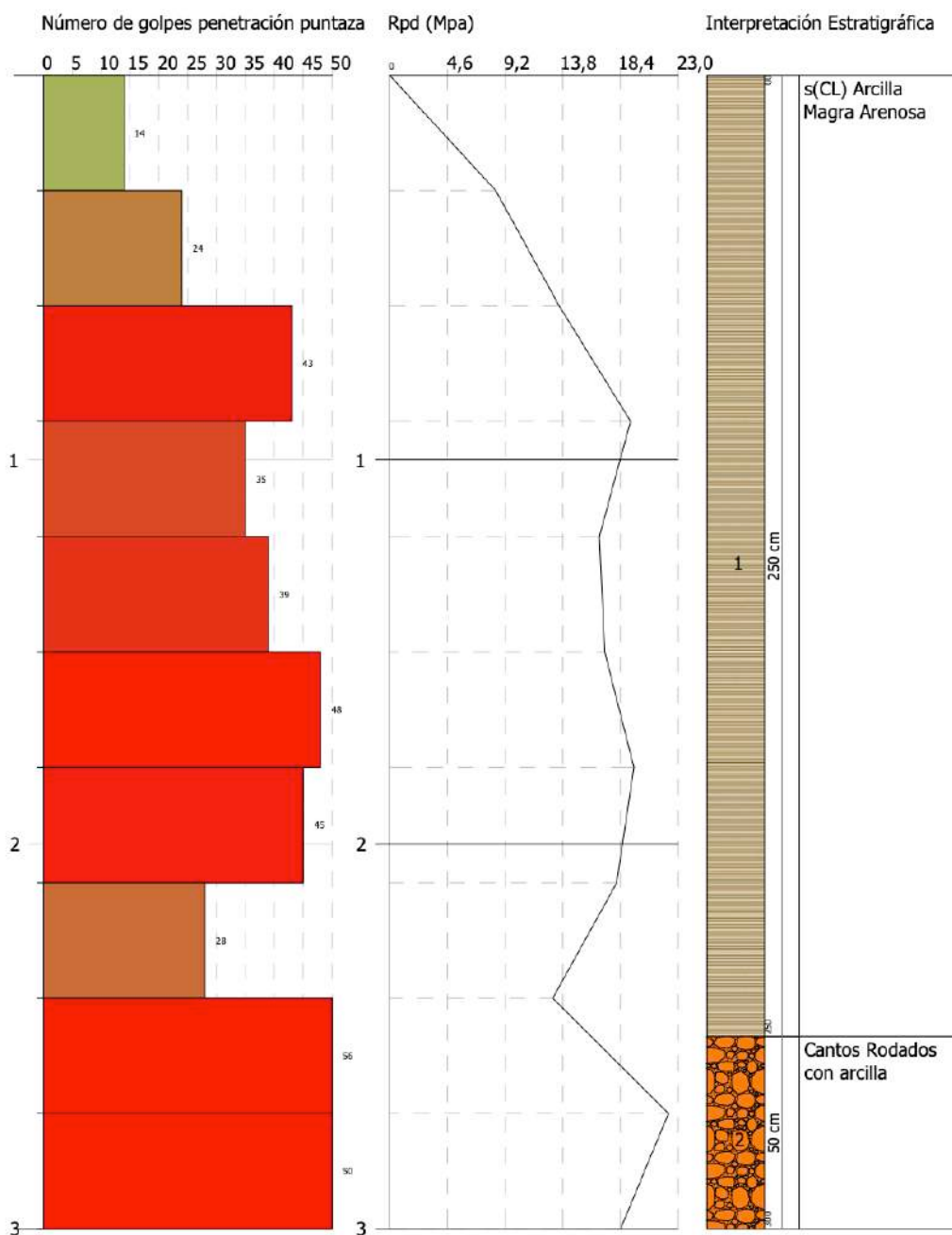
Agostini Ingeniería
Independencia 1082 - San Salvador de Jujuy - Argentina
+54 9 (388) 513-7677
www.agostini.ar

ENSAYO PENETROMÉTRICO DINÁMICO N.º 1
Equipo utilizado... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Cliente: GIRSU EPTISA
Descripción: Centro Ambiental Jujuy
Localidad: Finca El Pongo Jujuy

25/04/2024

Escala 1:15



MSC. ING CIVIL EMILIANO AGOSTINI

GEOLOGO MIGUEL ANGEL AGOSTINI

Tabla 5-1: Ensayo DPSH-B y Calculo de la Resistencia Dinámica de Punta

Prof. [m]	N ₂₀	Coeficiente de reducción de sonda Chi	Resistencia dinámica reducida [MPa]	R _{pd} [MPa]
0,30	14	0,803	8,47	10,55
0,60	24	0,747	13,51	18,09
0,90	43	0,642	19,22	29,95
1,20	35	0,686	16,73	24,38
1,50	39	0,631	17,15	27,17
1,80	48	0,626	20,94	33,44
2,10	45	0,622	18,11	29,14
2,40	28	0,717	13,00	18,13
2,70	56	0,613	22,22	36,26
3,00	50	0,609	18,41	30,25

R#: Rechazo total a la penetración

Tabla 5-2: Análisis Estadístico y Correlación de Ensayo DPSH-B con ensayo SPT

Ud. Nro.	Prof. [m]	N _{PDM}	R _{pd} [MPa]	SUCS ASTM D-2487	γ [kN/m³]	σ' _v [kPa]	β _t	N _{SPT,k}
U1	2,5	14	10,55	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,4	25,5	1,15	16
U2	3	50	30,25	Cantos Rodados con arcilla	22,26	56,56	1,16	R

R#: Rechazo total a la penetración

Tabla 5-3: Corrección del número de Golpes SPT por energía y confinamiento

Ud. Nro.	Prof. (m)	N _{SPT,k} (-)	SUCS ASTM D-2487	γ [kN/m³]	Dr (%)	N ₆₀ (-)	σ' _v (KPa)	CN (-)	N _{1,60} (-)
U1	2,5	16	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,4	-	16,1	25,5	1,7	27,37
U2	3	R	Cantos Rodados con arcilla	22,26	73,21	R	56,56	1,32	R

R#: Rechazo total a la penetración

5.11 Ensayo SPT-02

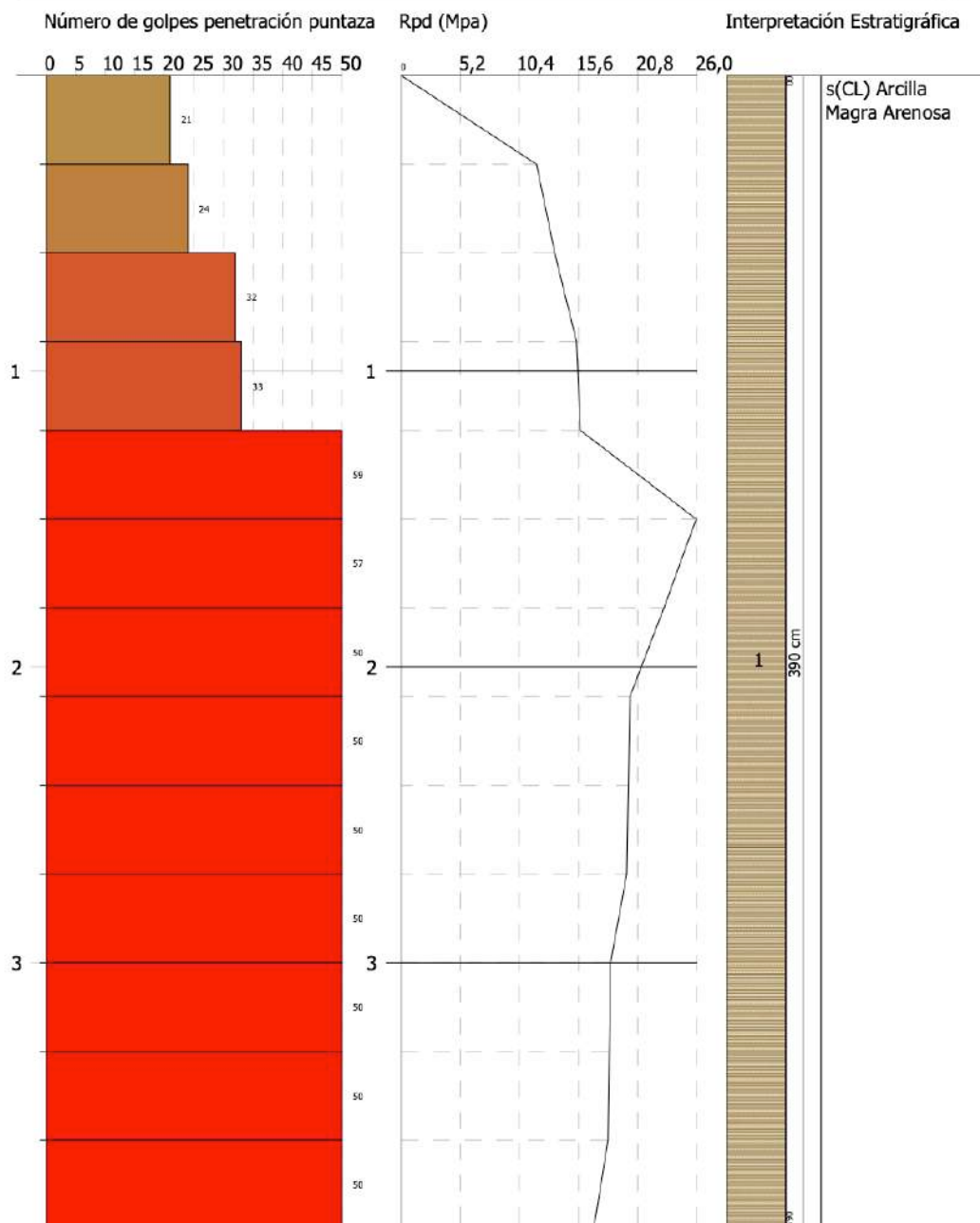
Agostini Ingeniería
Independencia 1082 - San Salvador de Jujuy - Argentina
+54 9 (388) 513-7677
www.agostini.ar

ENSAYO PENETROMÉTRICO DINÁMICO Nr.2
Equipo utilizado... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Cliente: GIRSU EPTISA
Descripción: Centro Ambiental Jujuy
Localidad: Finca El Pongo Jujuy

30/4/2024

Escala 1:20



MSC. ING CIVIL EMILIANO AGOSTINI

GEOLOGO MIGUEL ANGEL AGOSTINI

Tabla 5-4: Ensayo DPSH-B y Calculo de la Resistencia Dinámica de Punta

Prof. [m]	N ₂₀	Coefficiente de reducción de sonda Chi	Resistencia dinámica reducida [MPa]	R _{pd} [MPa]
0,30	21	0,753	11,91	15,83
0,60	24	0,747	13,51	18,09
0,90	32	0,692	15,41	22,29
1,20	33	0,686	15,78	22,99
1,50	59	0,631	25,94	41,10
1,80	57	0,626	24,87	39,70
2,10	50	0,622	20,13	32,38
2,40	50	0,617	19,98	32,38
2,70	50	0,613	19,84	32,38
3,00	50	0,609	18,41	30,25
3,30	50	0,605	18,29	30,25
3,60	50	0,601	18,18	30,25
3,90	50	0,597	16,95	28,38

Tabla 5-5: Análisis Estadístico y Correlación de Ensayo DPSH-B con ensayo SPT

Ud. Nro.	Prof. [m]	N _{PDM}	R _{pd} [MPa]	SUCS ASTM D-2487	γ [kN/m ³]	σ' _v [kPa]	β _t	N _{SPT,k}
U1	3,9	21	15,83	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,69	40,35	1,15	24

R†: Rechazo total a la penetración N>50

Tabla 5-6: Corrección del número de Golpes SPT por energía y confinamiento

Ud. Nro.	Prof. (m)	N _{SPT,k} (-)	SUCS ASTM D-2487	γ (KN/ m ³)	Dr (%)	N ₆₀ (-)	σ' _v (KPa)	CN (-)	N _{1,60} (-)
U1	3,9	24	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,69	-	24,15	40,35	1,56	37,65

R†: Rechazo total a la penetración N>50

5.12 Ensayo SPT-03

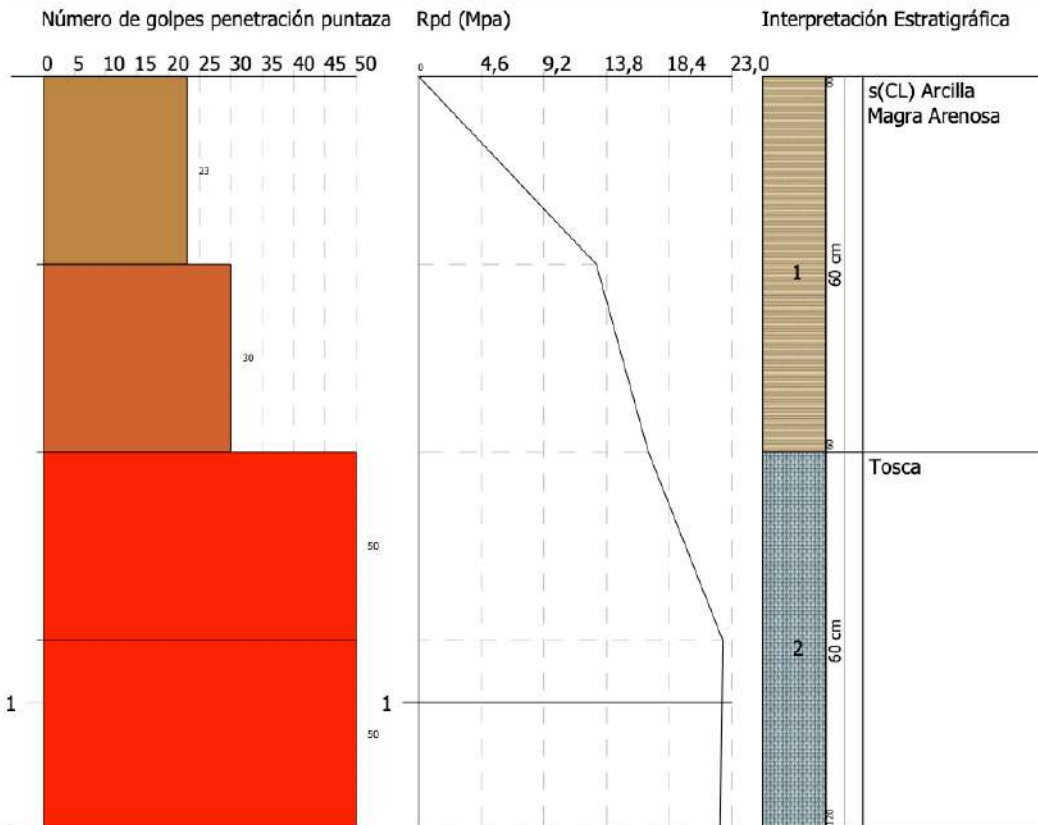
Agostini Ingeniería
Independencia 1082 - San Salvador de Jujuy - Argentina
+54 9 (388) 513-7677
www.agostini.ar

ENSAYO PENETROMÉTRICO DINÁMICO Nr.3
Equipo utilizado... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Cliente: GIRSU EPTISA
Descripción: Centro Ambiental Jujuy
Localidad: Finca El Pongo Jujuy

30/4/2024

Escala 1:10



MSC. ING CIVIL EMILIANO AGOSTINI

GEOLOGO MIGUEL ANGEL AGOSTINI

Tabla 5-7: Ensayo DPSH-B y Calculo de la Resistencia Dinámica de Punta

Prof. [m]	N ₂₀	Coficiente de reducción de sonda Chi	Resistencia dinámica reducida [MPa]	R _{pd} [MPa]
0,30	23	0,753	13,05	17,33
0,60	30	0,747	16,89	22,61
0,90	50	0,642	22,34	34,83
1,20	50	0,636	22,16	34,83

Tabla 5-8: Análisis Estadístico y Correlación de Ensayo DPSH-B con ensayo SPT

Ud. Nro.	Prof. [m]	N _{PDM}	R _{pd} [MPa]	SUCS ASTM D-2487	γ [kN/m³]	σ' _v [kPa]	β _t	N _{SPT,k}
U1	0,6	23	17,33	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,79	6,24	1,14	26
U2	1,2	50	34,83	Tosca	22,0	19,83	1,14	R

R‡: Rechazo total a la penetración N>50

Tabla 5-9: Corrección del número de Golpes SPT por energía y confinamiento

Ud. Nro.	Prof. (m)	N _{SPT,k} (-)	SUCS ASTM D-2487	γ (kN/ m³)	Dr (%)	N ₆₀ (-)	σ' _v (kPa)	CN (-)	N _{1,60} (-)
U1	0,6	24	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,79	-	26,17	6,24	1,7	44,5
U2	1,2	R	Tosca	22,0	-	R	19,83	1,7	R

R‡: Rechazo total a la penetración N>50

6 Perfil Geotécnico

6.1 Descripción General

En términos generales los suelos superiores en la zona se conforman de Arcillas Magras Arenosas que se asientan en una sucesión de cantos rodados con gravas y arcillas las cuales se pueden observar en las barrancas del sector donde se pretende construir la ampliación del vertedero.

6.2 Unidades Geotécnicas

Las unidades geotécnicas identificadas en el sector, para cada una de las excavaciones ejecutadas en campo, se muestran en las tablas que se presentan a continuación. Los parámetros determinados en laboratorio fueron obtenidos a partir de muestras alteradas extraídas de las excavaciones.

Se informa:

- SUCS: clasificación mediante Sistema Unificado de Clasificación de Suelos,
- AASHTO: Clasificación Vial
- P#200: Porcentaje Pasante en masa del tamiz Nro. 200
- ω : humedad natural,
- LL, LP, IP: limite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad.
- NF: nivel freático

Tabla 6-1: Perfil Geotécnico SPT - 01

Ud.	Prof. [m]	SUCS	AASHTO	P#200 [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ω [%]	NF
U1	2,5	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	A6 A-7-6	60,5 65,4	33,8 46,0	17,4 21,9	19,0 24,3	11,6 19,9	No Observado
U2	3	Cantos Rodados con arcilla	-	-	-	-	-	-	

Tabla 6-2: Perfil Geotécnico SPT - 02

Ud.	Prof. [m]	SUCS	AASHTO	P#200 [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ω [%]	NF
U1	3,9	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	A6 A-7-6	60,0 69,2	34,6 46,1	13,0 23,8	20,5 23,9	13,8 18,4	No Observado

Tabla 6-3: Perfil Geotécnico SPT - 03

Ud.	Prof. [m]	SUCS	AASHTO	P#200 [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ω [%]	NF
U1	0,6	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	A6	63,6	33,4	14,8	18,6	12,8	No Observado
U2	1,2	Tosca Arcillosa	A-7-6	61,9	42,7	20,0	22,7	11,0	

7 Prueba de Compactación Proctor Modificado y Valor Soporte Relativo CBR en Laboratorio

7.1 Ensayo Proctor Modificado

Con el objeto de determinar la densidad seca máxima de laboratorio y humedad optima de compactación de la capa superficial en el Sector de Planta de Bio-Gas, se ejecutó un ensayo Proctor Modificado (ASTM D-1557) sobre una muestra representativa.

Tabla 7-1: Resultados del Ensayo Proctor Modificado sobre la muestra SPT 01 – M2

Punto	Descripción	SUCS (ASTM D-2487)	AASHTO (ASTM D-3282)	$\gamma_{d,max}$ [kN/m ³] (ASTM D-1557)	ω_{opt}
S1	Planta de Biogás	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	A-7-6 (10)	16.8	18.3

Se puede apreciar que en ambos puntos el Grado de Compactación (GC) se encuentra entre 70 y 80%, Se deberá compactar el suelo para aumentar la densidad relativa para cumplir con los requerimientos técnicos típicos de las especificaciones técnicas de caminos y terraplenes.

7.2 Valor Soporte relativo e Hinchamiento

De la campaña de terreno se tomaron muestras, sobre las cuales se realizaron ensayos Proctor Modificado (ASTM D-1557). y Ensayos CBR según Normativa Argentina DNV E6-84 Método Dinámico N°1 (Simplificado). Los resultados de los ensayos de laboratorio se resumen a continuación. Se ha determinado en laboratorio el valor soporte relativo de los suelos superiores y se han determinado el valor de CBR para la densidad del 95% respecto a la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Tabla 7-2: Resultados de los Ensayos de Valor Soporte Relativo e Hinchamiento

Muestra	SUCS (ASTM D-2487)	Clasificación AASHTO (ASTM D-3282)	Pasante Tamiz #200 (ASTM D-6913)	Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)	Proctor Modificado ASTM D-1557		CBR ASTM D-1883
					$\gamma_{d,max}$ 95 % [kN/m ³]	W% opt [%]	
SPT-01 M2	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	A-7-6 (10)	57,6	21,4	16.8	18.3	8,8

8 Conveniencia Relativa de los Suelos Como Relleno Compactado

Las recomendaciones expuestas en este apartado surgen del Manual de Diseño 7.2 del U.S. NAVFAC de 1982. Como se observa en la Tabla 8-1.

Los Suelos Superiores tipo s(CL). Presentan una puntuación de 7 como relleno compactado para caminos, y de 7 para utilizarlo como capa superficial de rodamiento resultando un suelo de conveniencia relativa media.

Tabla 8-1: Conveniencia Relativa de los Suelos Como Relleno Compactado

Group Symbol	Soil Type	Rolled Earth Fill Dams			Canal Sections		Foundations		Roadways		
		Homogeneous Embankment	Core	Shell	Erosion Resistance	Compacted Earth Lining	Seepage Important	Seepage Not Important	Fills		Surfacing
									Frost Heave Not Possible	Frost Heave Possible	
GW	Well graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	-	-	1	1	-	-	1	1	1	3
GP	Poorly-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	-	-	2	2	-	-	3	3	3	-
GM	Silty gravels, poorly graded gravel-sand-silt mixtures	2	4	-	4	4	1	4	4	9	5
GC	Clayey gravels, poorly graded gravel-sand-clay mixtures	1	1	-	3	1	2	6	5	5	1
SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines	-	-	3 if gravelly	6	-	-	2	2	2	4
SP	Poorly-graded sands, gravelly sands, little or no fines	-	-	4 if gravelly	7 if gravelly	-	-	5	6	4	-
SM	Silty sands, poorly graded sand-silt mixtures	4	5	-	8 if gravelly	5 erosion critical	3	7	6	10	6
SC	Clayey sands, poorly graded sand-clay mixtures	3	2	-	5	2	4	8	7	6	2
ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands with slight plasticity	6	6	-	-	6 erosion critical	6	9	10	11	-
CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays	5	3	-	9	3	5	10	9	7	7
OL	Organic Silts and organic silt-clays of low plasticity	8	8	-	-	7 erosion critical	7	11	11	12	-
HN	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts	9	9	-	-	-	8	12	12	13	-
CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays	7	7	-	10	8-vol change critical	9	13	13	8	-
OR	Organic clays of medium high plasticity	10	10	-	-	-	10	14	14	14	-

Referencias

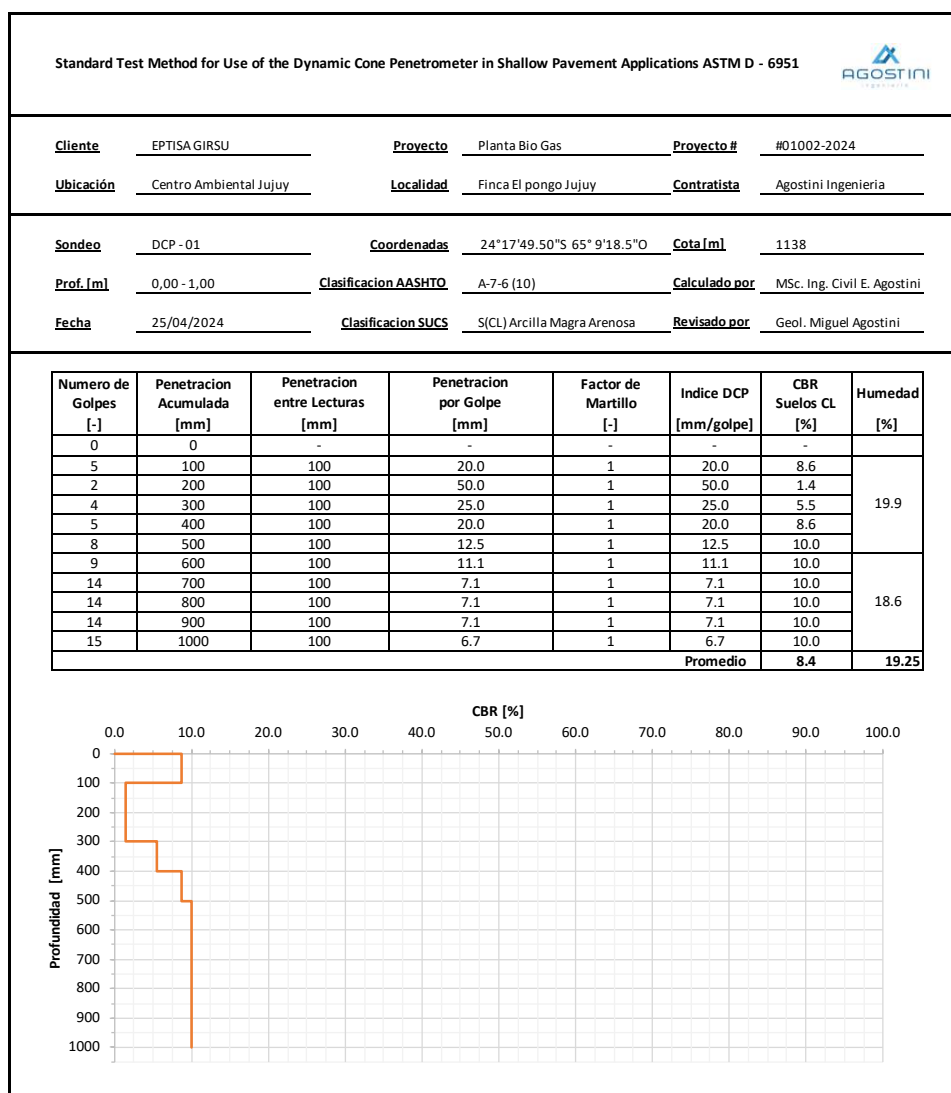
- 1 = Más conveniente
14 = Menos conveniente
-- = No apropiado para este tipo de uso

9 Ensayos DCP (ASTM D-6951) - CBR In-Situ

9.1 Introducción

Este método de prueba se utiliza para evaluar in situ la resistencia del suelo no perturbado y / o materiales compactados. La tasa de penetración del DCP de 8 kg se puede utilizar para estimar el valor de CBR in situ (Valor Soporte Relativo), para identificar el espesor de los estratos, la resistencia al corte de los estratos y otras características del material. Para la estimación del valor soporte relativo se utilizó la correlación propuesta en la normativa ASTM D-6951 Para suelos tipo CL con CBR <10

9.2 Ensayo DCP-01



9.3 Resumen de Resultados

El valor promedio en estado natural para ambos ensayos DCP fue de 8.4. Valor similar al obtenido en el CBR de laboratorio al compactar el suelo al 95% de la densidad seca máxima obtenida en el Ensayo Proctor. Sin embargo, se deberá considerar el valor superficial (CBR=1.4%) en caso de ejecutar plateas de fundación o pavimentos sin realizar mejoramientos. En el sondeo número 1 se ha observado que las primeras capas poseen una resistencia muy baja CBR=1,4 para el segundo incremento.

10 Ejecución de terraplenes para caminos

La ejecución del terraplén se compone de tres operaciones que se repiten cíclicamente para cada tongada, hasta alcanzar la cota asignada en proyecto; a continuación, se describen las etapas:

10.1 Extendido

Primeramente, se procederá al extendido del suelo en tongadas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada. El material que componga cada tongada deberá ser homogéneo y presentar características uniformes; en caso contrario, deberá conseguirse esta uniformidad mezclándolos convenientemente.

El espesor de estas tongadas será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles en obra, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Por lo general, dicho espesor oscila entre los 15 a 20 cm. de la tongada delgada empleada en suelos finos o secos y los 20 a 40 cm. de la tongada media, empleada en suelos granulares o húmedos.

Durante la construcción del terraplén deberá mantenerse una pendiente transversal que asegure una rápida evacuación de las aguas y reduzca el riesgo de erosión de la obra de tierra.

10.2 Humectación o desecación

Una vez ha sido extendida la tongada de terreno, se procede a acondicionar la humedad del suelo. Este proceso es especialmente importante, ya que cumple una doble función:

- Por un lado, asegura una óptima compactación del material, asegurando la suficiente resistencia y reduciendo los posteriores asentamientos del terraplén.
- Por otro, evita que las variaciones de humedad que se produzcan después de la construcción provoquen cambios excesivos de volumen en el suelo, ocasionando daños y deformaciones en el firme.

Suele tomarse como humedad de referencia la determinada en el ensayo de Proctor Normal o Modificado, denominada humedad óptima Proctor. Su valor es cercano a la humedad de equilibrio, que es la que alcanzará definitivamente el firme pasado un tiempo después de su construcción.

10.3 Compactación

El objetivo de este proceso es aumentar la estabilidad y resistencia mecánica del suelo. Se logra impartiendo energía de vibración a las partículas que conforman el suelo, produciendo una reordenación de éstas, que adoptarán una configuración energéticamente más estable.

La calidad de la compactación se refiere a la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor. En cimientos y núcleos, se exigen densidades de al menos el 95% del Proctor Normal, mientras que, en coronación, la densidad obtenida debe superar el 100% de la obtenida en dicho ensayo.

La compactación de las tongadas siempre se efectuará desde fuera hacia el centro del terraplén; debe llevarse un especial cuidado en los bordes y taludes del mismo, debiendo emplearse una de las siguientes técnicas constructivas:

- Compactar una franja de por lo menos 2 m. de ancho desde el talud, en tongadas más delgadas y mediante maquinaria ligera apropiada (rodillos pequeños, bandejas vibradoras, etc.)
- Dotar de un ancho suplementario (1 m.) al terraplén sobre los valores estipulados en proyecto. Posteriormente se recortará el exceso colocado, pudiendo ser reutilizado.
- El relleno se efectúa sobre perfil teórico de proyecto y los taludes se compactan directamente mediante maquinaria apropiada.

10.4 Terminación

Una vez construido el terraplén se realizará el acabado geométrico del mismo, reperfilando los taludes y la superficie, empleándose generalmente la motoniveladora. Se realizará una última pasada con la compactadora sin aplicar vibración con el fin corregir posibles irregularidades producidas por el paso de la maquinaria y sellar la superficie.

11 Control de Compactación

Para asegurar el correcto comportamiento del terraplén es necesario establecer una serie de procedimientos de control y comprobación de diversas características del suelo que van a determinar su comportamiento mecánico.

11.1 Control de la densidad

La densidad del suelo, en referencia a la obtenida en el ensayo Proctor, define directamente su grado de compactación. Para realizar la determinación de la densidad en obra, existen diversos artefactos:

- Método de la arena (ASTM D1556): Consiste en la excavación de un agujero en la zona a ensayar, determinando el peso del material extraído. Para determinar el volumen del agujero, éste se rellena de arena empleando un recipiente calibrado que permita conocer la cantidad introducida. Conociendo masa y volumen, puede hallarse la densidad del suelo.
- Método radioactivo (ASTM D2922, ASTM D3017): Se basa en la interacción de la radiación gamma con los electrones existentes en las partículas del suelo. El aparato nuclear –un contador Geiger- mide la diferencia entre la energía emitida y la recibida, que es proporcional a la densidad del suelo.

Se debe elaborar y ejecutar un programa de control sistemático del grado de compactación en terreno, que involucre la determinación de la densidad y el contenido de humedad del material compactado en el sitio, relacionando los resultados de estos ensayos con los límites de densidad y contenido de humedad deseados o especificados.

En cada capa se comprobará su grado de compactación referida al Proctor del material. El control de la compactación de los rellenos será realizado en forma permanente realizando una inspección visual de las diversas operaciones

No se procederá a la extensión de ninguna nueva capa hasta que se haya comprobado “in situ” el grado de compactación (humedad y densidad) de la anterior y los resultados obtenidos sean satisfactorios.

Una capa será aceptada si las mediciones de densidad tienen valores iguales o superiores a 95% Proctor Modificado (PM). Sólo se aceptará hasta un 10% de valores por debajo de la exigencia, pero éstos nunca podrán ser menores a 92% PM.

El contenido de humedad durante la compactación deberá mantenerse en el rango w_{opt} a $w_{opt}+3\%$. Donde w_{opt} es la humedad óptima obtenida a través del ensayo Proctor.

En caso de que la capa ensayada sea rechazada, se deberá escarificar, ajustar humedad y recompactar hasta obtener resultados aceptables.

La cantidad de ensayos para controlar la densidad y la humedad está establecida según la recomendación propuesta por del Ministerio de Obras Publicas de España (1978). La Inspección de obra determinará más puntos de control cuando lo crea conveniente.

Tabla 11-1: Control de la Calidad de Terraplenes, (MOPU 1978)

MATERIA A CONTROLAR		ENSAYO	LOTE
MATERIALES	En el lugar de procedencia	• 1 Proctor normal	- 1.000m ³ de material - 1 vez al día
		• 1 Granulométrico • 1 Límites Atterberg	- 5.000 m ³ de material - 1 vez cada 3 días
		• 1 CBR laboratorio • 1 Materia orgánica	- 10.000 m ³ de material - 1 vez a la semana
	En el tajo o lugar de empleo	- Examinar los montones procedentes de la descarga de camiones, desechando los que a simple vista contengan restos de tierra vegetal, materia orgánica o bolos - Señalar aquellos lotes que presenten alguna anomalía en su aspecto - Tomar muestras de los lotes señalados para repetir los ensayos efectuados en el lugar de procedencia	
EXTENSIÓN		- Comprobar <i>grosso modo</i> el espesor y anchura de las tongadas - Vigilar la temperatura ambiente, siempre superior a 2º C	
COMPACTACIÓN	Centro del terraplén	• 5 Det. de Humedad • 5 Det. de Densidad	- 5.000m² de tongada - 1 vez al día
	Franjas laterales (2.00 m)	• 1 Det. de Humedad • 1 Det. de Densidad	- Cada 100 metros lineales a ambos lados
GEOMETRÍA		- Cotas de replanteo de eje, con mira cada 20 m. más los puntos singulares - Anchura y pendiente transversal en los mismos puntos - Existencia de desigualdades de anchura, rasante o pendiente transversal aplicando la regla de 3 m. en caso de sospecha	

12 Equipos de Compactación Mecánica y Métodos

En la Tabla 12-1 se presentan los diferentes equipos de compactación que existen en el mercado, su aplicabilidad en función del tipo de suelos a estabilizar, el espesor de la capa a compactar, el número de pasadas requerido, características específicas de los equipos a emplear.

Para los suelos superiores tipo s(CL), con $IP < 30$ se recomienda utilizar rodillos pata de cabra, el espesor de la capa a compactar deberá ser de 15 cm con 4 a 6 pasadas, el área de contacto del pie deberá ser de 7 a 14 ft² y la presión de contacto de 200 a 400 psi.

Para el caso de terraplenes ejecutados con materiales seleccionados según ASTM D-1241, se sugiere el empleo de rodillos lisos vibratorios, el espesor de la capa a compactar deberá ser de 15 a 20cm con 3 a 5 pasadas. Peso mínimo del rodillo 10[tn].

Tabla 12-1: Equipos de Compactación y Métodos

Equipment Type	Applicability	Requirements for Compaction of 95 to 100 Percent Standard Proctor Maximum Density			Possible Variations in Equipment												
		Compacted Lift Thickness, in.	Passes or Coverages	Dimensions and Weight of Equipment													
Sheepsfoot Rollers	For fine-grained soils or dirty coarse-grained soils with more than 20 percent passing No. 200 sieve. Not suitable for clean coarse-grained soils. Particularly appropriate for compaction of impervious zone for earth dam or linings where bonding of lifts is important.	6	4 to 6 passes for fine-grained soil. 6 to 8 passes for coarse-grained soil.	<table><thead><tr><th>Soil Type</th><th>Foot Contact Area sq. ft.</th><th>Foot Contact Pressure psi</th></tr></thead><tbody><tr><td>Fine-grained soil PI>30</td><td>5 to 12</td><td>250 to 500</td></tr><tr><td>Fine-grained soil PI<30</td><td>7 to 14</td><td>200 to 400</td></tr><tr><td>Coarse-grained soil</td><td>10 to 14</td><td>150 to 250</td></tr></tbody></table> Efficient compaction of soils wet of optimum requires less contact pressure than the same soils at lower moisture contents.	Soil Type	Foot Contact Area sq. ft.	Foot Contact Pressure psi	Fine-grained soil PI>30	5 to 12	250 to 500	Fine-grained soil PI<30	7 to 14	200 to 400	Coarse-grained soil	10 to 14	150 to 250	For earth dam, highway and airfield work, articulated self propelled rollers are commonly used. For smaller projects, towed 40 to 60 inch drums are used. Foot contact pressure should be regulated so as to avoid shearing the soil on the third or fourth pass.
Soil Type	Foot Contact Area sq. ft.	Foot Contact Pressure psi															
Fine-grained soil PI>30	5 to 12	250 to 500															
Fine-grained soil PI<30	7 to 14	200 to 400															
Coarse-grained soil	10 to 14	150 to 250															
Rubber Tire Roller	For clean, coarse-grained soils with 4 to 8 percent passing the No. 200 sieve.	10	3 to 5 coverages	Tire inflation pressures of 35 to 130 psi for clean granular material or base course and subgrade compaction. Wheel load 18,000 to 25,000 lbs.	Wide variety of rubber tire compaction equipment is available. For cohesive soils, light-wheel loads, such as provided by single-wheel equipment, may be substituted for heavy-wheel load if lift thickness is decreased. For granular soils, large-size tires are desirable to avoid shear and rutting.												
Do.....	For fine-grained soils or well graded, dirty coarse-grained soils with more than 8 percent passing the No. 200 sieve.	6 to 8	4 to 6 coverages	Tire inflation pressures in excess of 65 psi, for fine-grained soils of high plasticity. For uniform clean sands or silty fine sands, use large size tires with pressures of 40 to 50 psi.													
Smooth Wheel Rollers	Appropriate for subgrade or base course compaction of well-graded sand-gravel mixtures.	8 to 12	4 coverages	Tandem type rollers for base course or subgrade compaction 10 to 15 ton weight, 300 to 500 lb per lineal in. of width of rear roller.	3-wheel rollers obtainable in wide range of sizes. 2-wheel tandem rollers are available in the range of 1 to 20 ton weight. 3-Axle tandem rollers are generally used in the range of 10 to 20 tons weight. Very heavy rollers are used for proof rolling of subgrade or base course.												
Do....	May be used for fine-grained soils other than in earth dams. Not suitable for clean well-graded sands or silty uniform sands.	6 to 8	6 coverages	3-wheel roller for compaction of fine-grained soil; weights from 5 to 6 tons for materials of low plasticity to 10 tons for materials of high plasticity.													
Vibrating Sheepsfoot Rollers	For coarse-grained soils sand-gravel mixtures	8 to 12	3 to 5	1 to 20 tons ballasted weight. Dynamic force up to 20 tons.	May have either fixed or variable cyclic frequency.												
Vibrating Smooth Drum Rollers	For coarse-grained soils sand-gravel mixtures - rock fills	6 to 12 (soil) to 36 (rock)	3 to 5 4 to 6	- do -	- do -												
Vibrating Baseplate Compactors	For coarse-grained soils with less than about 12 percent passing No. 200 sieve. Best suited for materials with 4 to 8 percent passing No.200 sieve, placed thoroughly wet.	8 to 10	3 coverages	Single pads or plates should weigh no less than 200 lbs. May be used in tandem where working space is available. For clean coarse-grained soil, vibration frequency should be no less than 1,600 cycles per minute.	Vibrating pads or plates are available, hand-propelled, single or in gangs, with width of coverage from 1-1/2 to 15 ft. Various types of vibrating drum equipment should be considered for compaction in large areas.												
Crawler Tractor	Best suited for coarse-grained soils with less than 4 to 8 percent passing No. 200 sieve, placed thoroughly wet.	6 to 10	3 to 4 coverages	Vehicle with "Standard" tracks having contact pressure not less than 10 psi.	Tractor weight up to 85 tons.												
Power Tamper or Rammer	For difficult access, trench backfill. Suitable for all inorganic soils.	4 to 6 in. for silt or clay, 6 in. for coarse-grained soils.	2 coverages	30-lb minimum weight. Considerable range is tolerable, depending on materials and conditions.	Weights up to 250 lbs., foot diameter 4 to 10 in.												

13 Parámetros Geotécnicos

13.1 Introducción

Los parámetros geotécnicos relevantes para el diseño de estructuras geotécnicas son:

- rigidez: modulo de corte a baja deformación (G_0); modulo de Young E_s coeficiente de Poisson (ν) y módulo de reacción de la subrasante (k_s)
- resistencia: ángulo de fricción interna (ϕ) y cohesión efectiva (c')
- consolidación: coeficiente de compresibilidad (C_c) y permeabilidad (k)
- peso unitario (γ) en estado natural

13.2 Peso Unitario

El peso unitario de la U1 ha sido determinado mediante ensayos de densidad in situ ejecutados en campo mediante el método de la Arena ASTM D-1557

El Peso Unitario de la U2 se ha determinado en base a correlaciones del Numero de Golpes del ensayo de penetración.

13.3 Módulo de Corte y Modulo de Young

13.3.1 Rigidez Elástica

Pruebas de laboratorio han mostrado que la rigidez de un suelo está influenciada por la amplitud de las deformaciones cíclicas, la relación de vacíos (e), las tensiones efectivas medias principales (σ'_m), el Indice Plastico (IP), la relación de sobre consolidación (OCR) y el número de cargas cíclicas.

El módulo de corte secante de un elemento de suelo varia con la amplitud cíclica de deformaciones de corte. A bajas amplitudes de deformaciones el módulo secante es elevado, pero este decrece al aumentar la amplitud de las deformaciones Ver Figura 13-1.

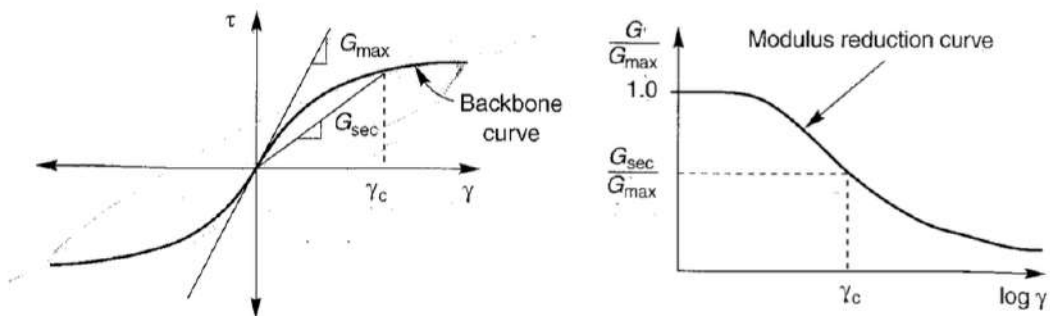


Figura 13-1: Variación del Módulo de Corte en función de la amplitud de las deformaciones γ

Debido a que la mayoría de las pruebas geo-sísmicas inducen deformaciones de corte γ inferiores a 3×10^{-4} , la velocidad de propagación de las ondas de corte (V_s) determinadas mediante pruebas geo-sísmicas (MASW, SASW, Refracción Y Reflexión Sísmica, Cross Hole, etc), pueden ser utilizadas para determinar G_0 como:

$$G_0 = \rho \cdot V_s^2$$

Donde

ρ = densidad [kg/m^3]

V_s = Velocidad de Propagacion de las Ondas de Corte [m/s]

Cuando no se dispone de la Velocidad de las ondas de corte (V_s), El módulo de corte a baja deformación (G_0) puede ser estimado de diferentes modos.

Para la determinación del módulo de corte a baja deformación (G_0) se utilizó la expresión propuesta por Ohta and Goto (1976), Seed et al (1986) que correlaciona el número de golpes corregido del ensayo de penetración estándar $(N_1)_{60}$ con el módulo de corte a baja deformación (G_0) mediante:

$$G_0 = 20000 \cdot (N_1)_{60}^{0,333} \cdot (\sigma'_m)$$

G_0 : Módulo de Corte a baja deformación [lb/ft²]

σ'_m : Tensión Efectiva Media [lb/ft²]

La tensión efectiva media viene representada por el promedio de la traza del tensor de tensiones.

$$\sigma'_m = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3}{3} = \frac{\sigma'_v + 2\sigma'_h}{3} = \frac{\sigma'_v + 2 \cdot K_0 \cdot \sigma'_v}{3} = \sigma'_v \left(\frac{1 + 2 \cdot K_0}{3} \right) \approx \sigma'_v \cdot \left(\frac{2}{3} \right)$$

Donde

K_0 es el coeficiente de presión de tierras en reposo determinado mediante la Formula de Jaky donde:

$$K_0 = 1 - \sin(\varphi)$$

13.3.2 Módulo de Corte Secante y Modulo de Young

El módulo de corte secante G_s se computa utilizando la teoría de la elasticidad considerando el coeficiente de Poisson y la deformación de corte γ_s que se estima en función del tipo de estructura, utilizando la relación hiperbólica propuesta por Hardin & Drnevich (1972):

$$\frac{G_s}{G_0} = \frac{1}{1 + \frac{\gamma_s}{\gamma_r}}$$

donde G_0 es la rigidez de corte inicial a baja deformación; γ_r es la deformación por corte umbral de referencia $\gamma_r = \frac{\tau_{max}}{G_0}$; τ_{max} el esfuerzo cortante en el momento de la rotura; y γ_s es la deformación por corte (distorsión angular) para el tipo de problema analizado.

Santos y Correia (2001) sugieren el uso de una distorsión angular umbral más pequeña, donde $\gamma_r = \gamma_{0.7}$, para la cual el módulo de corte secante G_s se reduce a aproximadamente el 70% de G_0 .

La ecuación puede ser rescrita como:

$$\frac{G_s}{G_0} = \frac{1}{1 + 0,385 \frac{\gamma_s}{\gamma_{0.7}}}$$

Para el tipo de problema analizado la deformación por corte (distorsión angular) de referencia $\gamma_{0.7} = 1 \cdot 10^{-4}$. Para cargas estáticas sobre fundaciones, adoptando una deformación de corte representativa $\gamma_s \approx 1 \cdot 10^{-3}$, resulta $G_{s,est} \approx 0.2 \cdot G_0$ (Atkinson and Salfors, 1991). En la Figura 13-2 se muestra la rigidez al corte del suelo para distintos niveles de deformación.

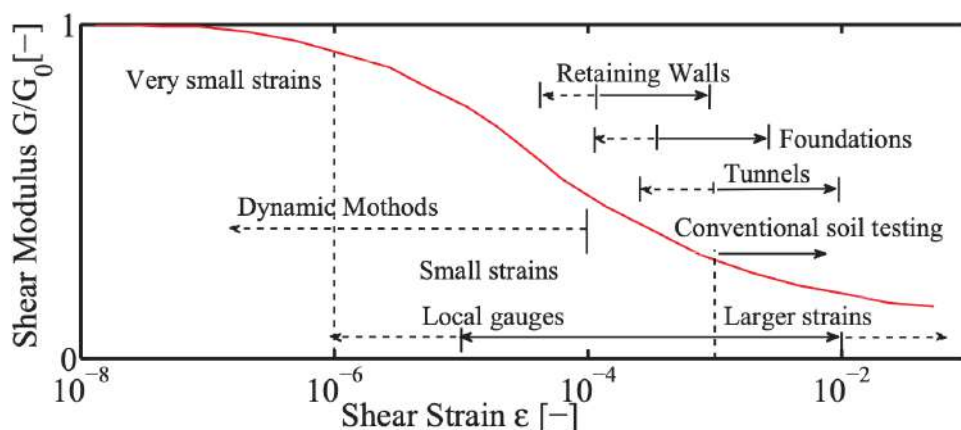


Figura 13-2: Variación de la rigidez al corte del suelo para distintos niveles de deformación (Atkinson & Salfors, 1991).

El módulo de corte G_s se relaciona con el módulo de Young mediante la expresión:

$$E_s = G_s \cdot 2(1 + \nu)$$

Donde ν es el coeficiente de Poisson, en este caso puede adoptarse $\nu = 0.3$.

El módulo de rigidez de recarga, modulo del suelo para cargas dinámica, puede estimarse a partir de:

$$E_{ur} = 3 \cdot E_s$$

13.4 Módulo de reacción de la subrasante

13.4.1 Módulo de balasto estático

El módulo de reacción de la subrasante se puede estimar mediante la expresión (Vesic 1961):

$$k_s = \frac{0,65}{B} \cdot \frac{E_s}{1 - \nu^2} \cdot \sqrt[12]{\frac{E \cdot B^4}{E_p \cdot I_p}} \cdot \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{B}{L} \right)$$

donde E_s es el módulo de Young del terreno informado para cada sector, E_p e I_p son el módulo de Young y el momento de inercia de la fundación, y B y L las dimensiones de la fundación.

13.4.2 Módulo de balasto dinámico

El módulo de reacción se puede estimar mediante la expresión (Vesic 1961) (ver capítulo 3.7.1). Para el cálculo de coeficiente de balasto para acciones dinámicas deberá utilizarse el módulo de rigidez de recarga E_{ur} , para este caso $E_s = 3 \cdot E_{ur}$

13.5 Coeficiente de empuje en reposo

El coeficiente de empuje en reposo es una medida del estado tensional del terreno. Se lo define como:

$$K_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v}$$

donde σ'_h es la presión horizontal y σ'_v es la presión vertical.

No se efectuaron ensayos que permitan medir el coeficiente de empuje en reposo. Se recomiendan los siguientes rangos de valores:

- Arcillas : $K_0 = 0.65$

13.6 Parámetros Resistentes

Los parámetros resistentes se han estimado a partir de correlaciones en función del número de golpes del ensayo SPT.

13.6.1 Angulo de Fricción Interna

Para suelos granulares, el Angulo de fricción interna se estima mediante la correlación propuesta por Peck, Hanson y Thornburn (1974), que dio una correlación entre $N_{1,60}$, y ϕ .

$$\phi' = 27.1 + 0.3 N_{1,60} - 0,00054 (N_{1,60})^2$$

Donde $N_{1,60}$ se determina según ASTM D 6066

En el caso de suelos Cohesivos el ángulo de fricción interna critico puede estimarse a través de la correlación propuesta por Mitchell (1976)

$$\sin(\phi'_{cv}) = 0.80 - 0.094 \cdot \ln(IP) \pm 0.05$$

13.6.2 Resistencia al corte no drenado

La resistencia al corte no drenado S_u , se puede estimarse a partir del ensayo SPT mediante las correlaciones propuestas por Terzaghi & Peck Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica 1948

Donde

$$q_u = 12,5 \cdot N_{SPT} [kPa]$$

$$S_u = \frac{q_u}{2} [kPa]$$

13.7 Parámetros para el cálculo de los Asentamientos en Función del Tiempo

Para la estimación de los parámetros de asentamientos en función del tiempo para los suelos cohesivos, se recomiendan utilizar las ecuaciones que se muestran en la tabla que se presenta a continuación, realizando un análisis de sensibilidad haciendo variar los parámetros según el rango obtenido en los ensayos de laboratorio.

Tabla 13-1: Parámetros geotécnicos para el cálculo de asentamientos en función del tiempo

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Índice de compresión	C_c	—	0,009(LL-10)
Índice de recompresión	C_r	—	$C_c/5$ $C_c/10$
Relación de vacíos inicial	e_0	—	0,70 1,40
Grado de preconsolidación	OCR	—	1.0
Permeabilidad	k	cm/s	$1 \cdot 10^{-2}$ $1 \cdot 10^{-4}$

Donde LL es el Limite Liquido del Suelo

13.8 Modelo Geotécnico

En base a los ensayos ejecutados se recomienda emplear los parámetros geotécnicos que se informan en la tabla que se muestra a continuación basados en las condiciones más desfavorables detectadas durante los ensayos ejecutados:

Tabla 13-2: Parámetros geotécnicos recomendados Sondeo 1.

Ud.	Prof. [m]	SUCS	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	S_u [kPa]	ν [-]	E_s [MPa]
U1	2,5	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,4	-	-	61,6	0,33	16,04
U2	3	Cantos Rodados con arcilla	21	0	35	-	0,33	53,31

Tabla 13-3: Parámetros geotécnicos recomendados Sondeo 2.

Ud.	Prof. [m]	SUCS	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	S_u [kPa]	ν [-]	E_s [MPa]
U1	3,9	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,7	-	-	90,03	0,33	25,07

Tabla 13-4: Parámetros geotécnicos recomendados Sondeo 2.

Ud.	Prof. [m]	SUCS	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	S_u [kPa]	ν [-]	E_s [MPa]
U1	0,6	s(CL) Arcilla Magra Arenosa	20,79	-	-	96,89	0,33	27,32
U2	1,2	Tosca Arcillosa	22,0	-	-	188	0,33	61,15

14 Nivel de fundación recomendado para el diseño

En la Tabla 14-1 se indican los niveles de fundación recomendados para el diseño de fundaciones y la/s unidad/es geotécnicas afectadas.

Tabla 14-1: Nivel de fundación recomendado (D_f) y unidades geotécnicas afectadas.

Sector	Tipo de Fundación	Profundidad de desplante (D_f) [m]	Unidad Geotécnica Afectada	Clasificación SUCS
Sondeo 1 – Planta de Biogas	Fundación Superficial mediante Plateas o Losas de Cimentación	0,40	U1	s(CL) Arcilla Magra Arenosa

Nota: Agostini Ingeniería S.A.S. no será responsable por la extrapolación de los resultados de los sondeos ejecutados en campo; sin embargo, se estima que las condiciones en todo el predio son similares pudiendo variar estacionalmente las condiciones del nivel freático.

15 Consideraciones sobre la napa freática

El nivel freático no se ha observado en las perforaciones hasta la profundidad investigada. No se ha realizado un monitoreo estacional de la variación del nivel freático en el predio estudiado.

16 Agresividad del Terreno

De acuerdo con los antecedentes de la consultora y a trabajos elaborados por otras empresas en base a ensayos de laboratorio para determinar la agresividad del suelo, se establece que el suelo analizado clasifica al entorno como A2 (ambientes normales).

En base a esta clasificación, para todas las estructuras en contacto con tierra se recomienda el empleo de hormigones de calidad no menor a H-25, fabricados con cemento Portland normal (CPN) sin aditivos y una relación a/c máxima de 0.50.

Para estructuras hormigonadas in-situ se recomienda un recubrimiento mínimo de 50mm respecto a las armaduras principales. Este valor no tiene en cuenta el espesor de la capa de limpieza.

Estas recomendaciones se fundamentan en las tablas 2.1, 2.5 y 7.7.2 del Reglamento CIRSOC 201 (2005).

17 Fundaciones Directas o Superficiales

17.1 Introducción

Se realiza el cálculo de capacidad de carga ultima de fundaciones superficiales para las zonas de planta de biogás. Se consideran losas de cimentación rectangulares.

17.2 Capacidad de Carga en losas de Cimentación

Para la determinación de la capacidad de carga en losas de cimentación se deberá emplear la formulación propuesta por Terzaghi, en la cual se plantea el cálculo de la capacidad de carga como se muestra a continuación:

$$q_{neta(u)} = q_u - q = 5,14 \cdot S_u \cdot \left(1 + \frac{0,195 \cdot B}{L}\right) \cdot \left(1 + \frac{0,4 \cdot D_f}{B}\right)$$

Para FS = 3 la capacidad de carga neta admisible del suelo es entonces

$$q_{adm(neta)} = \frac{q_u - q}{FS} = 1,713 \cdot S_u \cdot \left(1 + \frac{0,195 \cdot B}{L}\right) \cdot \left(1 + \frac{0,4 \cdot D_f}{B}\right)$$

Donde

S_u es la resistencia al corte en condición no drenada [kPa]

B = Lado Menor en Planta de la losa de cimentación [m]

L = Lado mayor de la losa de cimentación [m]

D_f = Profundidad de Desplante [m]

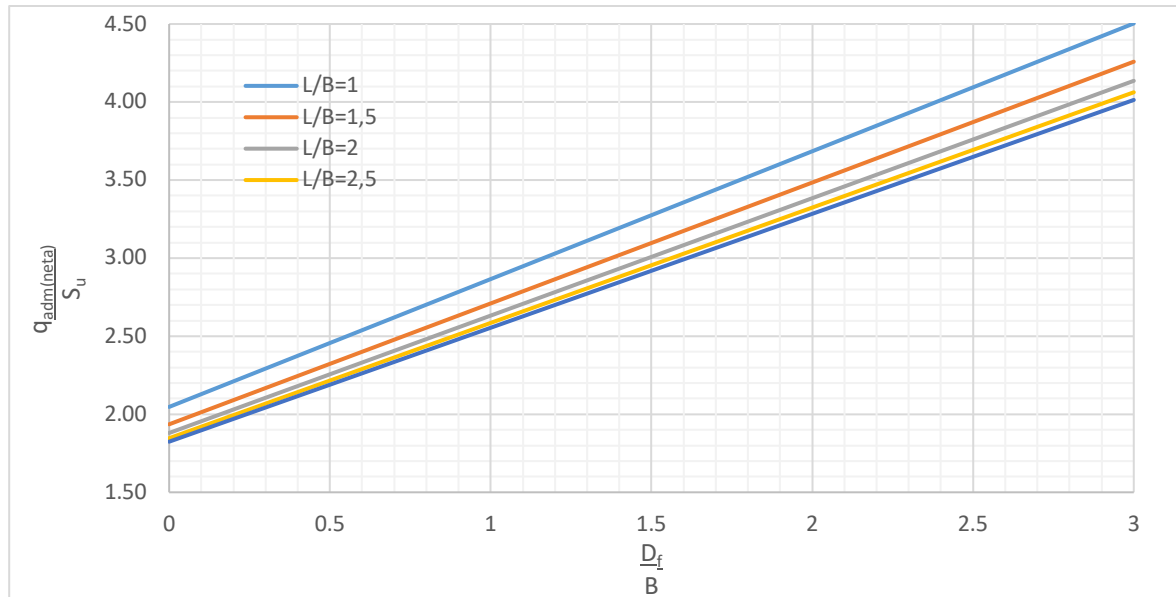


Figura 17-1: Gráfico $q_{adm(neta)}/S_u$ vs D_f/B para Losas de cimentación FS=3

Para determinar la capacidad de carga se deberá utilizar la gráfica de la Figura 17-1 entrando con D_f/B , trazar una recta vertical que corte la línea que corresponde al valor de la relación L/B de la losa, y desde este punto trazar una recta horizontal que corte el eje de ordenadas para obtener la relación $q_{adm(neta)}/S_u$. Una vez determinada la relación bastara multiplicar la relación por la resistencia al corte en condición no drenada del estrato (S_u) para obtener la tensión admisible neta ($q_{adm(neta)}$)

Se puede considerar para geometrías con relación de lado $L/B=1$ que:

$$q_{adm(neta)} = 2 \cdot S_u = 2 \cdot 61,6 [\text{kPa}] = 123,2 [\text{kPa}]$$

18 Capacidad de Expansión de Los Suelos

El uso de arcillas bastante compactas para la construcción de fundaciones puede entrañar el peligro de su subsecuente expansión por aumento del volumen al contacto con el agua. Si la expansión es desigual tienden a formarse fisuras, por lo cual la estructura de la arcilla puede llegar a desintegrarse. La magnitud del hinchamiento depende de la capacidad de expansión inherente al material, y de otros factores como el contenido de humedad al cual este fue colocado, del método y la extensión de la compactación y de la presión proveniente del peso de la fundación y superestructura que lo cubre.

En términos generales se ha encontrado que la capacidad potencial linchamiento del índice plástico (Holtz y Gibbs, 1956, Seed et al. 1962) en la forma que se indica en la Tabla 18-1

Tabla 18-1: Capacidad de expansión de los suelos en función del índice plástico

Índice Plástico	Capacidad Potencial de Expansión
0 - 10	Baja
10 - 20	Media
20 - 35	Alta
35 -	Muy Alta

Los suelos superiores tipo s(CL) poseen índices plásticos de entre 20 y 35 por lo que la capacidad potencial de expansión es alta de acuerdo con Holtz y Gibbs, 1956, Seed et al. (1962).

19 Estabilización Química

Debido a que la capacidad potencial de expansión es alta, se recomienda que durante la estabilización mecánica, el empleo de estabilización química mediante la adición de un porcentaje de Cal al 5% en masa de suelo seco.

El objeto de la estabilización química es la de reducir la plasticidad de los suelos superiores expuestos a cambios de humedad y así disminuir las posibles expansiones que pudiese sufrir la estructura del suelo Arcilloso superior.

20 Consideraciones sobre el ingreso de aguas superficiales al suelo de fundación.

Se deberá evitar el ingreso de aguas superficiales, pues estas suelen producir una alteración de la estructura del suelo, conllevando a cambios volumétricos pudiendo producirse asentamientos diferenciales en la estructura o levantamiento de apoyos debido a la expansión de los suelos.

En los terrenos limo-arcillosos la parte superior expuesta por la excavación suele ablandarse como consecuencia de la absorción de agua de lluvia, y del efecto de remoldeo, que se produce simplemente al caminar sobre la misma. Por ello al menos el hormigón de limpieza de las zapatas en arcilla debe echarse inmediatamente después de terminada la excavación. Si esto no puede realizarse, la excavación debe dejarse de 10 a 15 cm por encima de la cota definitiva de cimentación hasta el momento en que todo esté preparado para hormigonar.

21 Estabilidad de las Excavaciones

Según la Agencia de administración de seguridad y salud en el trabajo de los Estados Unidos (US Occupational Safety and Health Administration **OSHA**), Las pendientes máximas permisibles para excavaciones de menos de 6.09m pueden estimarse a partir de una clasificación simplificada de los suelos propuesta por la agencia gubernamental.

21.1 Tipos de suelo según la OSHA

- **Roca estable:** se define como la materia mineral sólida natural que puede excavarse con lados verticales y permanecer intacta mientras está expuesta. (Ejemplo: granito o arenisca).
- **Suelo Tipo A:** son suelos cohesivos con una resistencia a la compresión no confinada de 1.5 toneladas por pie cuadrado o más. (Ejemplo: arcilla, arcilla limosa, arcilla arenosa, arcilla franca)
- **Suelo tipo B:** son suelos cohesivos con una resistencia a la compresión no confinada superior a 0,5 toneladas por pie cuadrado pero inferior a 1,5 (tsf) (Ejemplo: grava angular, limo, limo limoso)
- **Suelo Tipo C:** son suelos cohesivos con una resistencia a la compresión no confinada de 0.5 tsf o menos. (Ejemplo: grava, arena y arena arcillosa, suelo sumergido, suelo del que se filtra libremente el agua).

21.2 Pendiente máxima admisible

En la Tabla 21-1 se muestran los valores recomendados para la pendiente máxima de los taludes según el tipo de suelo.

Tabla 21-1: Pendiente Máxima Admisible

Tipo de Suelo	Pendiente del talud (x:y)	Angulo del Talud
Roca Estable	Vertical	90°
Tipo A	¾:1	53°
Tipo B	1:1	45°
Tipo C	1½:1	34°

21.3 Talud Admisible de Excavaciones

Los suelos superiores predominantemente conformados Arcillas Magras Arenosas s(CL), son suelos estables en taludes verticales. Se recomienda por razones de seguridad hasta profundidades de hasta 6m respecto al nivel del terreno natural, utilizar los valores de pendiente admisible que se presentan en la Tabla 21-2. No obstante, se deberán rellenar lo más rápido posible para evitar el ingreso de agua de lluvia y de escurrimiento superficial para evitar cambios en la humedad natural y posible disminución de la resistencia.

Si se superan los 6m de profundidad en las excavaciones se deberá verificar la estabilidad de esta mediante análisis numérico ejecutado por un Ingeniero especialista en geotecnia.

Tabla 21-2: Pendientes Admisibles Para en excavaciones en el sector estudiado

Tipo de Suelo	Pendiente del talud (x:y)	Angulo del Talud
Tipo A	¾:1	53°

22 Altura critica de excavación con talud vertical

En el caso de muros de retención sin fricción con rellenos de suelos cohesivos, la presión activa a cualquier profundidad debajo del muro se calcula como:

$$\sigma_a = k_a \cdot \gamma \cdot z - 2c\sqrt{k_a}$$

Debido al efecto de la cohesión, P_a es negativa en la parte superior del muro de retención. La profundidad z_{90} en la que la presión activa se vuelve igual a 0 (Limite máximo de la excavación vertical sin contención o Entibamiento de las paredes, se determina mediante la ecuación:

$$k_a \cdot \gamma \cdot z_{90} - 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} = 0$$

$$z_{90} = \frac{2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a}}{k_a \cdot \gamma} = \frac{2 \cdot c}{\gamma \cdot \sqrt{k_a}}$$

Donde

z_{90} es la altura critica donde la presión activa se hace igual a cero.

Por debajo de este nivel (z_{90}) se deberá entibar la excavación según la evaluación de las solicitaciones y cálculo de un ingeniero especialista en geotecnia y estructuras.

Para la condición no drenada $\phi=0$ $K_a=1$ y $c=S_u$

$$z_{90} = \frac{2 \cdot S_u}{\gamma}$$

23 Presión Lateral de Suelos

Las estructuras de retención, tales como los muros que soportan taludes de masas de suelos, requieren un pleno conocimiento de las fuerzas laterales que son causadas por la presión lateral de la tierra que actúan entre las estructuras de retención y las masas de suelo que son retenidas.

23.1 Cálculo de la presión lateral de suelos

Para el cálculo de la presión lateral que el suelo ejerce sobre las estructuras de contención o pantallas se deberán utilizar las ecuaciones propuestas por Rankine, para casos de presiones activas y Pasivas, Jacky para caso de presión en estado en reposo, y Mononobe y Okabe para el cálculo de empujes activos sísmicos.

Estas Ecuaciones deberán ser utilizadas según el criterio y experiencia del calculista, para la determinación de los esfuerzos que solicitarán a las estructuras de contención para realizar el correcto dimensionado y verificaciones de seguridad. Se deberán utilizar los parámetros geotécnicos que se detallan en la Tabla 13-2.

$C_0 = 0,05$ según NAA-80 Artículo 3.2.1.1.b ver Figura 23-1

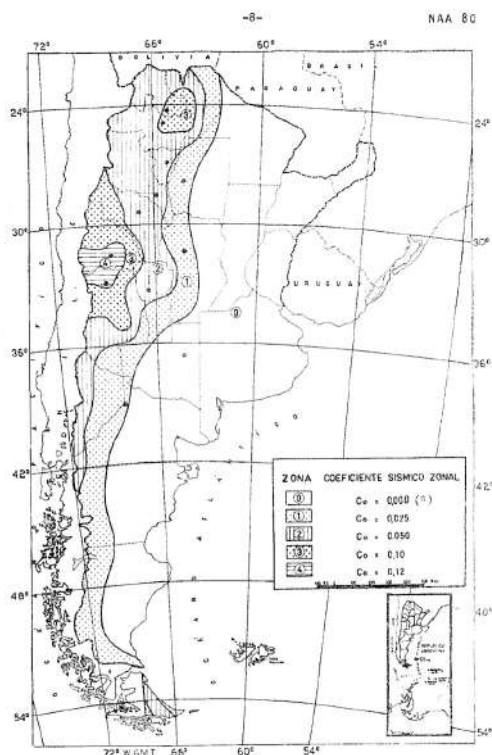


Figura 23-1: Coeficiente Sísmico Zonal (C_0) según NAA-80; Artículo 3.2.1.1.b

$$C = 2 \cdot C_0 = 0,20$$

$$C_v = 0,5 \cdot C = 0,10$$

Estos valores deben ser considerados por el calculista.

El Angulo de fricción hormigón-suelo será estimado como:

$$\delta = 2/3 \cdot (\varphi)$$

donde

φ = ángulo de fricción interna del suelo

24 Clasificación del Sitio de Emplazamiento de la Construcción Según INPRES CIRSOC 103 Parte 1, 2018

Debe reconocerse la fundamental incidencia que tiene suelo de fundación sobre el que se asienta la construcción, tanto en su respuesta dinámica como en el nivel de daños provocados por las acciones sísmicas.

Para la determinación de las acciones sísmicas de diseño, el sitio del emplazamiento se clasifica en seis categorías según las características de los suelos comprendidos en una profundidad de 30m desde la superficie de terreno natural.

La clasificación se basa en la velocidad media de la onda de corte V_{sm} . A los efectos de la clasificación del sitio es suficiente la evidencia geológica, la información existente de estudios preliminares o de los realizados con motivo de la construcción en estudio. Es aceptable utilizar la correlación entre la velocidad de la onda de corte y el ensayo de penetración normalizado (SPT) o la resistencia al corte no drenado.

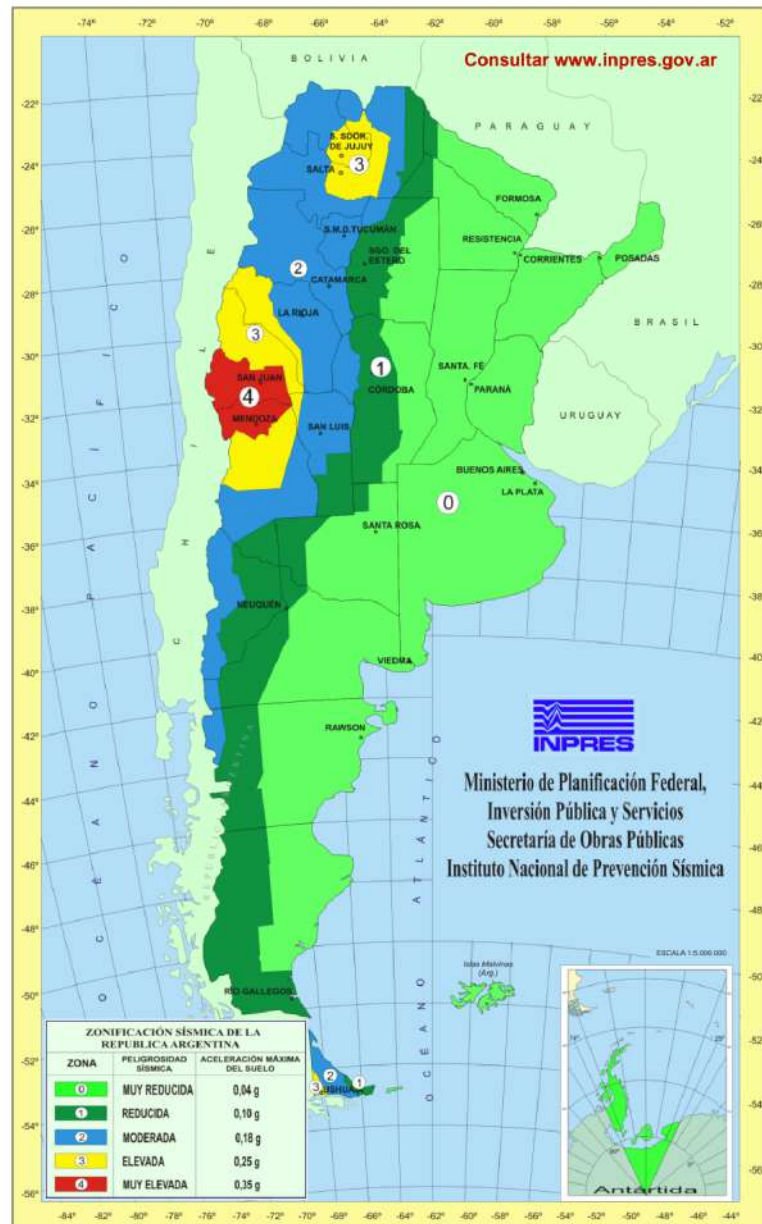


Figura 24-1: Zonificación sísmica de la República Argentina - Inpres Cirsoc 103 Parte 1, 2018.

La Tabla 24-1 presenta la clasificación de los sitios.

Tabla 24-1: Clasificación del sitio – Influencia del suelo

Tipo espectral	Sitio	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELOS	PROPIEDADES DE SUELO PROMEDIO		
			Velocidad media de la onda de corte, V_{sm} (m/s)	Nº de golpes medio del ensayo de penetración normalizado N_m	Resistencia media al corte no drenado S_{um} (kPa)
Tipo 1	S_A	Formación de roca dura, con presencia superficial y escasa meteorización.	>1500	-	-
	S_B	Formación de roca dura con pequeña capa de suelo denso y/o roca meteorizada <3m	760 a 1500	-	-
	S_C	Formación de roca blanda o meteorizada que No cumple con S _A y S _B . Gravas y/o arenas muy densas. Suelo cohesivo pre-consolidado, muy duro. Gravas y/o arenas de densidad media.	360 a 760	>50	>100
Tipo 2	S_D	Suelo cohesivo consistente, de baja plasticidad. Gravas y/o arenas de baja densidad.	180 a 360	15 a 50	50 a 100
Tipo 3	S_E	Suelo cohesivo blando de baja plasticidad.	<180	<15	< 50
S_F		Suelos dinámicamente inestables. Requieren estudios especiales.			

En suelos estratificados los parámetros utilizados para clasificar el sitio se determinan como se muestra a continuación:

La velocidad equivalente de las ondas de corte $V_{s,30}$ se define como:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}.$$

La resistencia penetrométrica dinámica $N_{spt,30}$ equivalente viene definida como:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}.$$

La resistencia no drenada equivalente $C_{u,30}$ viene definida como:

$$C_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{C_{u,i}}}$$

Donde:

- h_i Espesor del i-esimo estrato comprendido en los primeros 30m de profundidad
- $V_{s,i}$ Velocidad de las ondas de corte en el i-esimo estrato
- $N_{SPT,i}$ Numero de golpes N_{SPT} en el i-esimo estrato
- $C_{u,i}$ Cohesión no drenada en el i-esimo estrato
- N Numero de estratos comprendidos en los primeros 30m de profundidad
- M Numero de estratos de terreno de grano grueso comprendidos en los primeros 30m de profundidad
- K Numero de estratos de suelos de grano fino comprendidos en los primeros 30m de profundidad.

Para los ensayos ejecutados se ha determinado que la resistencia penetrométrica dinámica equivalente mínima es de:

$$N_{spt,30} > 50$$

Según el Reglamento INPRES CIRSOC 103 Parte I de 2018 se determina en función de las coordenadas del proyecto:

- **Zona Sísmica:** LA Finca el Pongo – Provincia de Jujuy, donde se encuentra el Predio de Estudio, pertenece a la Zona Sísmica 3, (Sismicidad Elevada)
- **Tipo Espectral – Sitio:** El tipo espectral es de 1y el sitio es Sc

En la Tabla 24-2 se resumen los parámetros espectrales para la Zona Sísmica 2 según INPRES CIRSOC 103 Parte 1 2018 donde para todos los casos se define al coeficiente de proximidad a fallas para la zona del espectro sensible a la aceleración $N_a = 1$ y al coeficiente de proximidad a fallas para la zona del espectro sensible a la velocidad. $N_v = 1,2$

Tabla 24-2: Parámetros Espectrales - Fuente: <http://contenidos.inpres.gob.ar/zonas>

Tipo Espectral (Sitio)	Zona Sísmica 3	
	as = 0,25	
	C_a	C_v
1 (S_A, S_B, S_C)	0,29 N_a	0,39 N_v
2 (S_D)	0,32 N_a	0,47 N_v
3 (S_E)	0,35 N_a	0,74 N_v

25 Fundaciones Sometidas a Acción Sísmica

El proyecto de fundaciones deberá realizarse de acuerdo con principios establecidos de la Mecánica de Suelos, basados en la capacidad de carga (carga última) de las mismas o en el control de deformaciones.

25.1 Capacidad del suelo de fundación

La evaluación de la capacidad del suelo tomará en cuenta la cercanía a los límites del predio y la superposición de efectos con otras fundaciones.

Se admite adoptar una distribución uniforme de presiones en estado último, cuya resultante debe pasar por el punto de aplicación de la acción.

Para cada combinación de cargas se debe cumplir:

$$S_u \leq \phi S_n$$

Donde:

S_u es la solicitación requerida para cada estado limite a verificar.

S_n capacidad nominal de la fundación (Solicitación última del suelo).

ϕ es el factor de reducción de resistencia.

Para combinaciones de acciones que incluyen sismo $\phi = 0,7$

La aplicación de los principios del diseño por capacidad puede conducir a solicitaciones mayores que las solicitaciones que corresponderían a la construcción en comportamiento elástico. Es lógico limitar el valor de diseño a estas últimas porque son el límite correspondiente al terremoto de diseño. Si las solicitaciones en las fundaciones se determinan a partir de las condiciones de diseño por capacidad en la superestructura, se puede adoptar $\phi = 1$ en las combinaciones que incluyan sismo. El límite superior de las solicitaciones son las correspondientes al comportamiento elástico del sistema estructural.

25.2 Arrostramiento

Deberán vincularse las bases y fundaciones aisladas, mediante un sistema de arrostramiento que limite los desplazamientos relativos entre los puntos de apoyo de la superestructura, en ambas direcciones de análisis.

Los arrostramientos deben ubicarse entre el coronamiento y el plano de fundación de las bases y zapatas.

26 Conclusiones y recomendaciones

26.1 Conclusiones

En el Sector de Planta de Biogas

- Se han detectado dos unidades geotécnicas:
La primera se conforma de arcillas magras arenosas, se encuentran plastificadas en superficie y secas en profundidad muy densas a partir de los -0,40m de profundidad.
Por debajo se ha detectado un manto de Cantos Rodados con Arcillas y gravas muy denso.
- Se han caracterizado geotécnicamente los materiales presentes en el sector de estudio.
- No se ha observado la presencia del nivel freático en ninguna de las auscultaciones ejecutadas para el periodo del año investigado hasta la profundidad investigada.
- Se ha realizado la categorización del sitio de construcción en base al reglamento Inpres Cirsoc 103 Parte 1 -2018. Se ha determinado que el Predio Pertenece a la Zona Sísmica 3, Tipo Espectral 1 Sitio S_C.

En el Sector de Vertedero

- Se han detectado dos unidades geotécnicas:
La primera se conforma de arcillas magras arenosas, se encuentran plastificadas en superficie y secas en profundidad muy densas La profundidad del Manto es variable.
En el Sondeo 3 se ha detectado la presencia de una tosca arcillosa muy densa la cual deforma el trepano arcillero helicoidal de la perforadora debido a la dureza del terreno.
- Se han caracterizado geotécnicamente los materiales presentes en el sector de estudio.
- No se ha observado la presencia del nivel freático en ninguna de las auscultaciones ejecutadas para el periodo del año investigado hasta la profundidad investigada.
- Se ha realizado la categorización del sitio de construcción en base al reglamento Inpres Cirsoc 103 Parte 1 -2018. Se ha determinado que el Predio Pertenece a la Zona Sísmica 3, Tipo Espectral 1 Sitio S_C.

26.2 Recomendaciones

En base a los ensayos realizados y a los antecedentes geológicos y geotécnicos del lugar, se recomienda:

Sector Planta de Bio Gas

- Tipo de Fundación: Fundación Directa mediante losas de cimentación o plateas.
- Profundidad de Fundación Sector 1: D_f=-0,40m medidos desde el nivel de terreno natural al momento de ensayo sobre Unidad Geotécnica U1 - s(CL) arcillas magras arenosas
- Se recomienda realizar estabilización mecánica y química de la subrasante utilizando rodillos pata de cabra y empleando cal al 5% para reducir la plasticidad y posibles expansiones del suelo.

La tensión admisible a utilizar Para losas de Cimentación: $q_{adm(neta)} = 123,2[kPa]$

Recomendaciones Adicionales:

- Un ingeniero especialista deberá verificar que en las excavaciones se haya alcanzado el estrato resistente indicado en la Tabla 14-1 para cada alternativa.
- Se recomienda emplear hormigón de limpieza según lo indicado en el presente informe
- Se recomienda evitar el ingreso de agua a las excavaciones según lo indicado en el presente informe.
- Se deberá permitir el libre drenaje y evitar el ingreso de aguas superficiales a las excavaciones, ya que al entrar en contacto el suelo arcilloso con el agua superficial, se ve alterada su estructura, disminuyendo su resistencia al corte.
- Se deberán verificar los asentamientos admisibles de las edificaciones en función de las cargas del proyecto.
- Se deberá verificar que el coeficiente de seguridad en estado limite ultimo sea siempre mayor o igual a 3
- Se deberán respetar las pendientes máximas admisibles de las excavaciones indicadas en el presente informe con el objeto de salvaguardar la vida y seguridad de los operarios de la construcción.
- En caso de observar cambios en la estratigrafía descripta se recomienda ampliar la campaña para geotécnica.

27 Limitaciones

Este Informe ha sido preparado para el uso exclusivo Latinconsult S.A., GIRSU y EPTISA

Las conclusiones y recomendaciones han sido transmitidas usando estándares admitidos dentro de la práctica de la ingeniería geotécnica y están basadas en la información del proyecto provista por el Ing. Santiago Ocaranza y el Ing. Alejandro Villani y los datos de la exploración del subsuelo realizada en el presente trabajo.

Dichas conclusiones y recomendaciones no reflejan variaciones en las condiciones subsuperficiales, las cuales son posibles de existir en zonas no exploradas. Estas variaciones pueden ser debidas a cambios naturales o a condiciones creadas por antiguas actividades de construcción. Si tales condiciones llegaran a ser evidentes durante la construcción, será necesario revisar las conclusiones y recomendaciones basándose en las condiciones observadas en el lugar.

Finalmente, quedamos a su disposición para evacuar cualquier duda relacionada con la interpretación del presente Informe.


EMILIANO AGOSTINI
MSC. INGENIERO CIVIL
MP N° 1442- CI

Agostini Ingeniería S.A.S no será responsable por la extrapolación de los resultados de los sondeos ejecutados en campo en el presente informe.

La transmisión a terceros del presente informe se podrá realizar únicamente con la autorización por escrito de Agostini Ingeniería S.A.S.

Apéndices

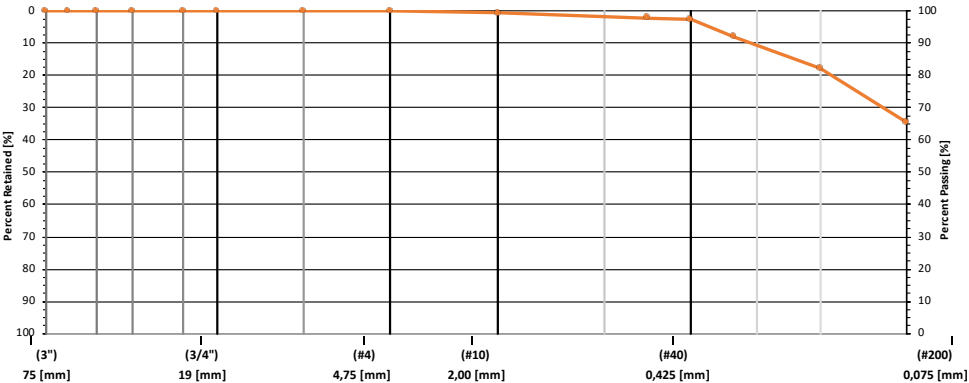
28 Apéndice A: Laboratorio de Suelos

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Ciente	GIRSU	Proyecto	Planta de Biogas	Proyecto #	1002-2024		
Ubicación	Finca El Pongo	Localidad	PALPALA	Contratista	Agostini Ingeniería		
Calicata	SPT 1	UTM WGS84 [m]		Cota [m]			
Muestra No.	M-1	Clasificación SUCS	s(CL) Arcilla magra arenosa	Ensayado por	Tec. A. Maldonado		
Prof. [m]	0,00 a 0,50	Clasificación AASHTO	A6 (10)	Calculado por	MSc. Ing. Civil E. Agostini		
Fecha	08/05/2024	Rev.	0	Revisado por	Geol. Miguel Agostini		

Distribucion de particulas por tamaño (Graduacion) de Suelos Usando Analisis Por Tamizado ASTM D-6913

Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Resumen Tipo de Suelo	Porcentaje %	
3"	75.00	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0	
2 1/2"	63.00	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0			
2"	50.00	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	37.50	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0			
1"	25.00	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0			
3/4"	19.00	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0			
3/8"	9.50	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0			
#4	4.75	0.0	421.0	0.0	0.0	100.0			
Peso de la submuestra [gr]		200.0							
#10	2.000	1.2	198.8	0.6	0.6	99.4	Arenas (S)	34.6	
#30	0.600	3.2	195.6	1.6	2.2	97.8			
#40	0.425	1.2	194.4	0.6	2.8	97.2			
#50	0.300	10.5	183.9	5.3	8.0	92.0			
#100	0.150	19.6	164.3	9.8	17.9	82.2			
#200	0.075	33.5	130.8	16.8	34.6	65.4			
							Limo/Arcilla (M/C)	65.4	
							Total	100.0	

Curva Granulométrica ASTM D-2487



Sieve Size [mm]	Percent Retained [%]
75 [mm]	0
19 [mm]	0
4.75 [mm]	0
2.00 [mm]	0.6
0.425 [mm]	17.9
0.075 [mm]	100

Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

	LL	LP	w%
Pesafiltro. No.	N°	122	127
Numero de Golpes	N ₆₀	28	-
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _{wet}	33.5	16.8
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	M _{dry}	26.7	15.6
Peso del Pesafiltro	M _f	8.3	9.1
Peso de Agua	M _w	6.8	1.2
Peso de suelo seco	M _s	18.4	6.5
Contenido de Humedad	w%	37.5	18.5
Indice de Plasticidad	IP	19.0	Plasticidad Media
Indice de Consistencia	I _c	0.92	Rigido*
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla inorganica de Baja Plasticidad

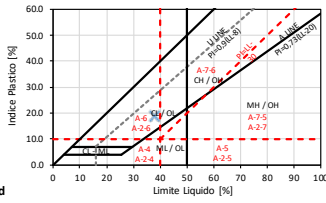
Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos ASTM D-2487

	F	=	65.4	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Finos	F ₁	=	34.6	Limos (M) Arcillas (C)
Porcentaje de Arena	D ₁₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 10%	D ₃₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 30%	D ₆₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 60%	C _u	=	-	[-]
Coefficiente de Uniformidad	C _c	=	-	[-]
Coefficiente de Curvatura	W/P	=	-	[-]
Graduacion	SUCS	=	s(CL)	
Clasificación de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Clasificacion AASHTO ASTM D-3282

	F	=	65.4	Material Limo Arcilla
PI	PI	=	19.0	[%]
LL	LL	=	37.5	[%]
GC	GC	=	A6	[-]
GI	GI	=	10	[-]
Clasificación de Grupo:	A6			
Indice de Grupo:	(10)			

Carta de Plasticidad
ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Cliente	GIRSU	Proyecto	Planta de Biogas	Proyecto #	1002-2024		
Ubicación	Centro Ambiental Jujuy	Localidad	Finca El Pongo Jujuy	Contratista	Agostini Ingeniería		
Calicata	SPT 1	UTM WGS84 [m]		Cota [m]			
Muestra No.	M - 2	Clasificación SUCS	s(CL) Arcilla magra arenosa	Ensayado por	Tec. A. Maldonado		
Prof. [m]	0,50 a 1,00	Clasificación AASHTO	A-7-6 (10)	Calculado por	MSc. Ing. Civil E. Agostini		
Fecha	06/05/2024	Rev.	0	Revisado por	Geol. Miguel Agostini		

Distribución de partículas por tamaño (Graduación) de Suelos Usando Análisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr] 407.4							Resumen	
Designación del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0		
#4	4.75	0.0	407.4	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
#10	2.000	1.4	198.6	0.7	0.7	99.3	Arenas (S)	42.4
#30	0.600	5.0	193.6	2.5	3.2	96.8		
#40	0.425	1.6	192.0	0.8	4.0	96.0		
#50	0.300	19.0	173.0	9.5	13.5	86.5		
#100	0.150	25.5	147.5	12.8	26.3	73.8		
#200	0.075	32.3	115.2	16.2	42.4	57.6		
							Limo/Arcilla (M/C)	57.6
							Total	100.0

Curva Granulométrica ASTM D-2487

Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

	N°	LL	LP	w%
Pesafiltro. No.	N°	122	6	78
Numero de Golpes	N ₆₀	25	-	-
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _{wet}	27.5	17.5	192.4
Peso Seco de Suelo + Pesafiltro	M _{dry}	21.7	15.9	173.8
Peso del Pesafiltro	M _f	8.3	8.6	73.8
Peso de Agua	M _w	5.8	1.6	18.6
Peso de suelo seco	M _s	13.4	7.3	100.0
Contenido de Humedad	w%	43.3	21.9	18.6
Indice de Plasticidad	IP	21.4	Plasticidad Media	
Indice de Consistencia	I _c	1.16	Muy Rígido*	
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad	

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ASTM D-2487

	F	=	57.6	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Finos	F ₁	=	42.4	Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Característico Pasante 10%	D ₁₀	=	0.08	[mm]
Diametro Característico Pasante 30%	D ₃₀	=	0.43	[mm]
Diametro Característico Pasante 60%	D ₆₀	=	8.50	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	113.33	[-]
Coefficiente de Curvatura	C _z	=	0.28	[-]
Graduación	W/P	=	P	
Clasificación de Grupo:	SUCS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Clasificación AASHTO ASTM D-3282

	F	=	57.6	Material Limo Arcilla
PI	PI	=	21.4	[%]
LL	LL	=	43.3	[%]
GC	GC	=	A-7-6	[-]
GI	GI	=	10	[-]
Clasificación de Grupo:	A-7-6			
Indice de Grupo:	(10)			

Carta de Plasticidad ASTM D-2487 y ASTM D-3282

Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles				ASTM D - 1557 ASTM D - 4718			
Ciente	GIRSU	Proyecto	Planta de Biogas	N° Proyecto	1002-2024		
Ubicación	Centro Ambiental Jujuy	Localidad	Finca El Pongo Jujuy	Contratista	Agostini Ingeniería		
Calicata - Muestra	SPT 1 - M - 2	UTM WGS84 [m]	0.00	Cota Aproximada TN	0.0		
Prof. [m]	0.50 a 1.00	Clasificación USCS	s(CL) Arcilla magra arenosa	Clasificación AASHTO	A-7-6 (10)		
Inicio Hor. [m]	-	Fin de Horizonte [m]	-	Espesor de Estrato [m]	-		
Muestreo	06/05/2024	Ensayado Por	Tec. A. Maldonado	Revisado Por	MSc. Ing. Civil E. Agostini		
Metodo	A	Diametro Molde [mm]	101.6	Volumen Molde [cm³]	943.3		
Peso Pison [N]	44.5	Altura de Caída [mm]	457.2	Golpes por Capa	25		
Nro. de Capas	5	Material A Ensayar	Pasante No. 4	Peso del Molde [gr]	1646.0		

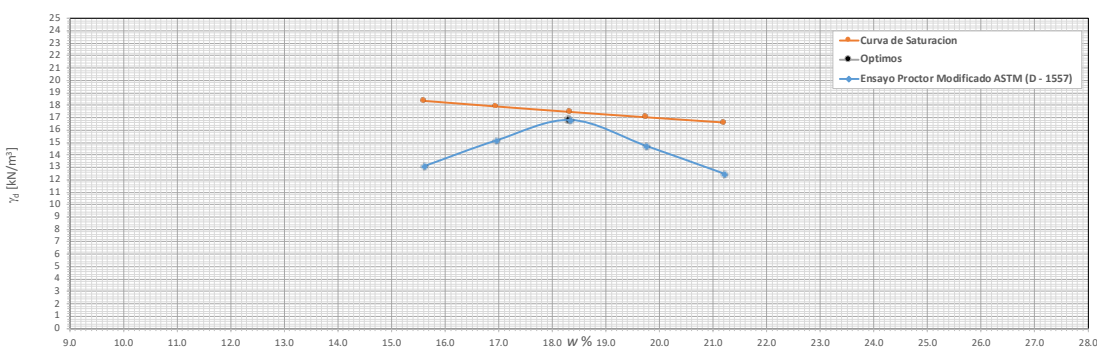
Ensayo Proctor Modificado ASTM (D - 1557)							
Ensayo N°			1	2	3	4	5
Peso Muestra Humeda + Molde	M _h	[gr]	3102.0	3353.0	3560.0	3341.0	3101.0
Peso del Molde	M _{md}	[gr]	1646.0	1646.0	1646.0	1646.0	1646.0
Peso Muestra Humeda	M _{h2}	[gr]	1456.0	1707.0	1914.0	1695.0	1455.0
Volumen del Molde	V	[cm³]	943.3	943.3	943.3	943.3	943.3
Densidad Húmeda (Fracción Fina)	ρ _m	[kg/m³]	1543.5	1809.6	2029.0	1796.9	1542.5
Densidad Seca (Fracción Fina)	ρ _d	[kg/m³]	1335.1	1547.2	1714.5	1500.4	1272.5
Peso Unitario Seco (Fracción Fina)	γ _d	[kN/m³]	13.1	15.2	16.8	14.7	12.5

Curva de Saturación (ASTM D - 1557)							
Ensayo N°			1	2	3	4	5
Gravedad Específica de Los Suelos (ASTM D-845)	G _s	[-]	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650
Humedad de Saturación	w _{sat}	[%]	37.0	26.8	20.5	28.8	40.7
Peso Especifico Seco maximo con cero vacios de aire	γ _{sat}	[kN/m³]	18.4	17.9	17.5	17.0	16.6

Método de Prueba Estándar para determinación en laboratorio del Contenido de Humedad de Suelos y Rocas en Masa (ASTM D - 2216)							
Fracción Fina							
Ensayo N°			1	2	3	4	5
Pesafiltro	N°	[-]	#001	#001	#001	#001	#001
Pesafiltro + Suelo Húmedo	M _{hws}	[g]	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0
Pesafiltro + Suelo Seco	M _{hss}	[g]	259.0	257.0	255.0	253.0	251.0
Peso del Pesafiltro	M _f	[g]	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
Peso del Agua	M _w	[g]	27.0	29.0	31.0	33.0	35.0
Peso del Suelo Seco	M _s	[g]	173.0	171.0	169.0	167.0	165.0
Contenido de Humedad der la Fracción Fina	w _f	[%]	15.6	17.0	18.3	19.8	21.2
Fracción Gruesa							
Ensayo N°			1	2	3	4	5
Pesafiltro	N°	[-]	#002	#002	#002	#002	#002
Pesafiltro + Suelo Húmedo	M _{hws}	[g]	278.0	278.0	278.0	278.0	278.0
Pesafiltro + Suelo Seco	M _{hss}	[g]	278.0	278.0	278.0	278.0	278.0
Peso del Pesafiltro	M _f	[g]	78.0	78.7	78.7	79.7	78.7
Peso del Agua	M _w	[g]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Suelo Seco	M _s	[g]	200.0	199.3	199.3	198.3	199.3
Contenido de Humedad Fracción Gruesa	w _g	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Corrección Por Sobretemaño (ASTM D - 4718)							
Ensayo N°			1	2	3	4	5
Masa de Suelo Seco (Fracción Fina)	M _{hfs}	[g]	407.4	407.4	407.4	407.4	407.4
Masa de Suelo Seco (Fracción Gruesa)	M _{hcs}	[g]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Porcentaje de la Fracción Fina en Masa de Suelo Seco	P _f	[%]	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Porcentaje de la Fracción Gruesa en Masa de Suelo Seco	P _c	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Contenido de Humedad Fracción Gruesa	w _g	[%]	15.6	17.0	18.3	19.8	21.2
Contenido de Humedad Fracción Gruesa	w _c	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gravedad Específica de la Fracción Gruesa (ASTM C-127)	G _{m (SSD)}	[-]	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650
Peso Unitario del Agua	γ _w	[kN/m³]	9.802	9.802	9.802	9.802	9.802
Contenido de Humedad Corregido (Total Fino+Grueso)	C _w	[%]	15.6	17.0	18.3	19.8	21.2
Peso Unitario Seco Corregido (Total Fino + Grueso)	C _{γd}	[kN/m³]	13.1	15.2	16.8	14.7	12.5

γ _{dmax} [kN/m³]	16.8
ω % opt	18.3



Determinación del Valor Soporte e Hinchamiento de Suelos - Método Dinámico N°2 (Completo)						VN - E6 - 84			
Cliente	GIRSU		Proyecto	Planta de Biogas		N° Proyecto	1002-2024		
Ubicación	Centro Ambiental Jujuy		Progresiva	Finca El Pongo Jujuy		Contratista	Agostini Ingeniería		
Muestra	SPT 1 - M - 2		Coord. WGS84	-		Cota Aproximada TN	- [m.s.n.m.]		
Prof.	0,50 a 1,00 [m]		Clasificación USCS	s(CL) Arcilla magra arenosa		Clasificación AASHTO	A-7-6 (10)		
Inicio Hor.	-		Fin de Horizonte	-		Espesor de Estrato	-		
Muestreo	06/05/2024		Ensayado Por	Tec. A. Maldonado		Revisado Por	MSc. Ing. Civil E. Agostini		

Humedades

MOLDE N°	GOLPES / CAPA	SUELO HUMEDO [gr]	SUELO SECO [gr]	AGUA [gr]	ω% [%]
8	12	500.0	423.0	77.0	18.2
1	25	500.0	423.0	77.0	18.2
5	56	500.0	423.0	77.0	18.2

Proctor

Humedad Optima ω _{opt} [%]	Densidad Seca Maxima γ _{d max} [gr/cm³]
18.3	1.71

Datos

Aro de [kg]	Cte K. [kg/div]	Sobrecarga [kg]
1000	3.7	4.54

MOLDE N°	GOLPES / CAPA	PESO M+S+A [gr]	PESO MOLDE [gr]	PESO S+A [gr]	VOLUMEN [cm³]	γ [gr/cm³]	ω [%]	γ _d [gr/cm³]	ALTURA [cm]	HINCHAMIENTO [cm]					HINCHAMIENTO [%]	PROBETA EMBEBIDA	HUMEDAD FINAL
										1° DIA	2° DIA	3° DIA	4° DIA				
8	12	8121	4422	3699	2114	1.75	18.2	1.48	11.66	0.011	0.160	0.201	0.242	2.08			
1	25	8521	4570	3951	2113	1.87	18.2	1.58	11.66	0.100	0.140	0.172	0.199	1.71			
5	56	8617	4422	4195	2106	1.99	18.2	1.69	11.66	0.061	0.085	0.096	0.165	1.42			

MOLDE N°	GOLPES / CAPA	PENETRACION [in]	0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175	0.200	0.300	0.400	0.500	V.S.R
		Factor de Calculo (n)													
8	12	L	0	2	9	11	15	18	21	29	34	37			6.2
		Lc													
		V.S.R = n x Lc					4.1				6.2	5.3	0.0	0.0	
1	25	L	0	6	11	13	19	22	30	37	43	47			7.8
		Lc													
		V.S.R = n x Lc					5.2				7.8	6.8	0.0	0.0	
5	56	L	0	10	14	18	23	26	38	41	55	61	69		10.0
		Lc													
		V.S.R = n x Lc					6.3				10.0	8.8	8.2	0.0	

GRADO DE COMPACTACION [%]	γ _d [gr/cm³]	VALOR SOPORTE RELATIVO ADOPTADO	Modulo de Balasto K [kg/cm²] (Placa de 30" de diametro)
95	1.63	8.8	4.00

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282							
Cliente <u>GIRSU</u>		Proyecto <u>Planta de Biogas</u>		Proyecto # <u>1002-2024</u>		Ubicación <u>Centro Ambiental Jujuy</u>		Localidad <u>Finca El Pongo Jujuy</u>		Contratista <u>Agostini Ingeniería</u>	
Calicata <u>SPT 1</u>		UTM WGS84 [m] _____		Cota [m] _____		Muestra No. <u>M - 3</u>		Clasificación SUCS <u>s(CL) Arcilla magra arenosa</u>		Ensayado por <u>Tec. A. Maldonado</u>	
Prof. [m] <u>1,00 a 1,50</u>		Clasificación AASHTO <u>A6 (11)</u>		Calculado por <u>MSC. Ing. Civil E. Agostini</u>		Fecha <u>06/05/2024</u>		Rev. <u>0</u>		Revisado por <u>Geol. Miguel Agostini</u>	

Distribucion de particulas por tamaño (Graduacion) de Suelos Usando Analisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]		287.0					Resumen	
Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0		
#4	4.75	0.0	287.0	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
#10	2.000	0.9	199.1	0.5	0.4	99.6	Arenas (S)	39.5
#30	0.600	2.7	196.4	1.4	1.8	98.2		
#40	0.425	1.1	195.3	0.6	2.3	97.7		
#50	0.300	22.4	172.9	11.2	13.6	86.5		
#100	0.150	21.1	151.8	10.6	24.1	75.9		
#200	0.075	30.8	121.0	15.4	39.5	60.5		
							Limo Arcilla (M C)	60.5
							Total	100.0

Curva Granulometrica ASTM D-2487

Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

	N°	LL	LP	w%
Pesafiltro No.	101	9	78	
Numero de Golpes	25	-	-	
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M ₁₀₀	33.9	21.1	394.0
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	M ₁₀₀	26.9	19.5	360.8
Peso del Pesafiltro	M _c	9.2	10.3	73.8
Peso de Agua	M _w	7.0	1.6	33.2
Peso de suelo seco	M _s	17.7	9.2	287.0
Contenido de Humedad	w%	39.5	17.4	11.6
Indice de Plasticidad	IP	22.2	Plasticidad Media	
Indice de Consistencia	I _c	1.26	Muy Rígido*	
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	

Carta de Plasticidad
ASTM D-2487 y ASTM D-3282

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ASTM D-2487

Porcentaje de Finos	F	=	60.5	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Arena	F ₁	=	39.5	Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Característico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[-]
Coefficiente de Curvatura	C _c	=	-	[-]
Graduacion	W/P	=	-	
Clasificación de Grupo:	SUCS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Clasificación AASHTO ASTM D-3282

F	=	60.5	Material Limo Arcilla
PI	=	22.2	[%]
LL	=	39.5	[%]
GC	=	A6	[-]
GI	=	11	[-]
Clasificación de Grupo: A6			
Indice de Grupo: (11)			

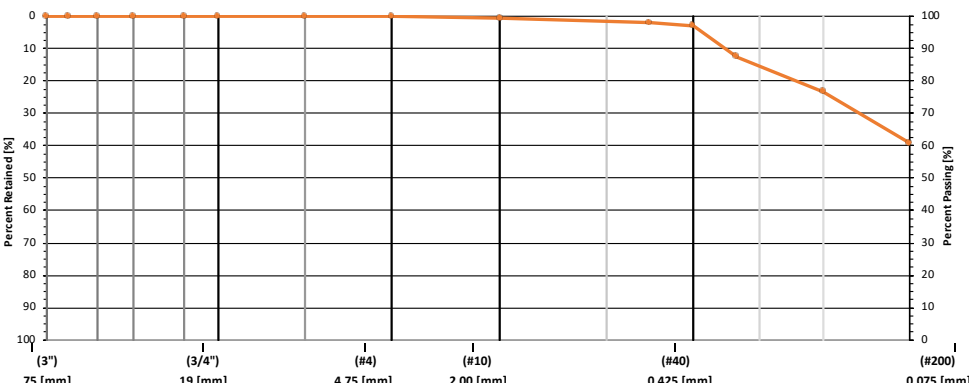
* No es valido para suelos colapsibles ni expansivos

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Cliente <u>GIRSU</u>		Proyecto <u>Planta de Biogas</u>		Proyecto # <u>1002-2024</u>			
Ubicación <u>Finca El Pongo</u>		Localidad <u>PALPALA</u>		Contratista <u>Agostini Ingeniería</u>			
Calicata <u>SPT 1</u>		UTM WGS84 [m] _____		Cota [m] _____			
Muestra No. <u>M - 4</u>		Clasificación SUCS <u>s(CL) Arcilla magra arenosa</u>		Ensayado por <u>Tec. A. Maldonado</u>			
Prof. [m] <u>1,50 a 2,00</u>		Clasificación AASHTO <u>A6 (9)</u>		Calculado por <u>MSC. Ing. Civil E. Agostini</u>			
Fecha <u>07/05/2024</u>		Rev. <u>0</u>		Revisado por <u>Geol. Miguel Agostini</u>			

Distribución de partículas por tamaño (Graduación) de Suelos Usando Análisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]		386.1					Resumen	
Designación del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0		
#4	4.75	0.0	386.1	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
#10	2.000	1.4	198.6	0.7	0.7	99.3	Arenas (S)	39.2
#30	0.600	2.6	196.0	1.3	2.0	98.0		
#40	0.425	1.7	194.3	0.9	2.9	97.2		
#50	0.300	19.4	174.9	9.7	12.6	87.5		
#100	0.150	21.2	153.7	10.6	23.2	76.9		
#200	0.075	32.1	121.6	16.1	39.2	60.8		
							Limo Arcilla (M C)	60.8
Total							100.0	

Curva Granulométrica ASTM D-2487



Sieve Size [mm]	Percent Retained [%]
75 [mm] (3")	100
19 [mm] (3/4")	0
4.75 [mm] (#4)	0
2.00 [mm] (#10)	0.7
0.425 [mm] (#40)	2.9
0.075 [mm] (#200)	39.2

Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

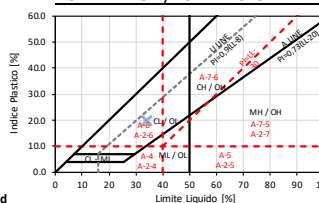
Pesafiltro. No.	N°	LL	LP	w%
Numero de Golpes	N ₆₀	14	113	78
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _{wet}	36.3	17.6	507.8
Peso Seco de Suelo + Pesafiltro	M _{dry}	29.8	16.5	459.9
Peso del Pesafiltro	10.4	8.4	73.8	
Peso de Agua	M _w	6.5	1.1	47.9
Peso de suelo seco	M _s	19.4	8.1	386.1
Contenido de Humedad	w%	33.8	13.6	12.4

Indice de Plasticidad	IP	20.2	Plasticidad Media
Indice de Consistencia	I _c	1.06	Muy Rígido*
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ASTM D-2487

Porcentaje de Finos	F	=	60.8	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Arena	F ₁	=	39.2	Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Característico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[-]
Coefficiente de Curvatura	C _z	=	-	[-]
Graduación	W P	=	-	
Clasificación de Grupo:	SUCS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Carta de Plasticidad ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Clasificación AASHTO ASTM D-3282

F	=	60.8	Material Limo Arcilla
PI	=	20.2	[%]
LL	=	33.8	[%]
GC	=	A6	[-]
GI	=	9	[-]
Clasificación de Grupo: A6			
Indice de Grupo: (9)			

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils
Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass
Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method
Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes

ASTM D - 6913
ASTM D - 4318
ASTM D - 2216
ASTM D - 4943
ASTM D - 2487
ASTM D - 3282



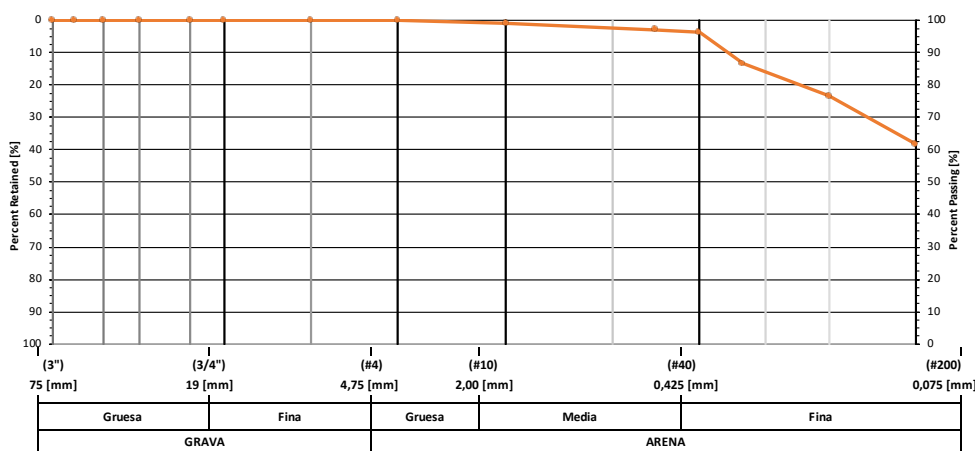
Cliente: GRSU Proyecto: Planta de Biogas Proyecto #: 1002-2024
Ubicación: Finca El Pongo Localidad: PALPALA Contratista: Agostini Ingeniería

Calicata: SPT 1 UTM WGS84 [m]: Cota [m]:
Muestra No.: M-5 Clasificación SUCS: s(CL) Arcilla magra arenosa Ensayado por: Tec. A. Maldonado
Prof. [m]: 2,00 a 2,50 Clasificación AASHTO: A-7-6 (13) Calculado por: MSc. Ing. Civil E. Agostini
Fecha: 06/05/2024 Rev.: 0 Revisado por: Geol. Miguel Agostini

Distribución de partículas por tamaño (Graduación) de Suelos Usando Análisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]								404.6	
Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Resumen		
							Tipo de Suelo	Porcentaje %	
3"	75.00	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0	
2 1/2"	63.00	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0			
2"	50.00	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	37.50	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0			
1"	25.00	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0			
3/4"	19.00	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0			
3/8"	9.50	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0			
#4	4.75	0.0	404.6	0.0	0.0	100.0			
Peso de la submuestra [gr]		200.0							
#10	2.000	1.9	198.1	1.0	1.0	99.1	Arenas (S)	38.3	
#30	0.600	3.9	194.2	2.0	2.9	97.1			
#40	0.425	1.9	192.3	1.0	3.8	96.2			
#50	0.300	19.1	173.2	9.6	13.4	86.6			
#100	0.150	19.9	153.3	10.0	23.4	76.7			
#200	0.075	29.8	123.5	14.9	38.3	61.8			
							Limo Arcilla (M C)	61.8	
							Total	100.0	

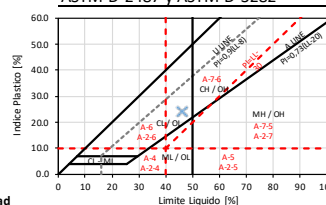
Curva Granulométrica ASTM D-2487



Límite Líquido, Límite Plástico, e Índice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

Pesafiltro. No.	N°	LL	LP	w%
Numero de Golpes	N ₆₀	87	83	78
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _h	27.3	20.6	532.3
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	M _s	22.1	18.4	478.4
Peso del Pesafiltro	M _f	10.6	8.3	73.8
Peso de Agua	M _w	5.2	2.2	53.9
Peso de suelo seco	M _s	11.5	10.1	404.6
Contenido de Humedad	w%	46.0	21.8	13.3
Índice de Plasticidad	IP	24.3	Plasticidad Media	
Índice de Consistencia	I _c	1.35	Muy Rígido*	
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad	

Carta de Plasticidad
ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ASTM D-2487

Porcentaje de Finos	F	=	61.8	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Arena	F ₁	=	38.3	Limos (M) Arcillas (C)
Dímetro Característico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]
Dímetro Característico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]
Dímetro Característico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[-]
Coefficiente de Curvatura	C _c	=	-	[-]
Graduación	W/P	=	-	
Clasificación de Grupo:	SUICS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Clasificación AASHTO ASTM D-3282

F	=	61.8	Material Limo Arcilla
PI	=	24.3	[%]
LL	=	46.0	[%]
GC	=	A-7-6	[-]
GI	=	13	[-]

Clasificación de Grupo: A-7-6
Índice de Grupo: (13)

* No es válido para suelos colapsibles ni expansivos

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis				ASTM D - 6913	
Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils				ASTM D - 4318	
Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass				ASTM D - 2216	
Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method				ASTM D - 4943	
Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)				ASTM D - 2487	
Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 3282	

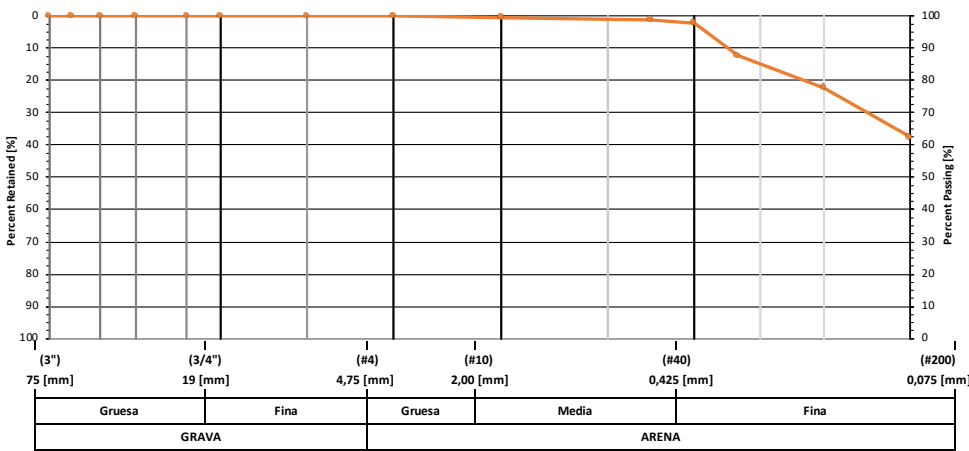
Ciente	GIRSU	Proyecto	Ampliacion Vertedero	Proyecto #	1002-2024
Ubicación	Finca El Pongo	Localidad	PALPALA	Contratista	Agostini Ingeniería

Calicata	SPT 2	UTM WGS84 [m]		Cota [m]	
Muestra No.	M-1	Clasificacion SUCS	s(CL) Arcilla magra arenosa	Ensayado por	Tec. A. Maldonado
Prof. [m]	0,00 a 0,50	Clasificacion AASHTO	A6 (10)	Calculado por	MSC. Ing. Civil E. Agostini
Fecha	07/05/2024	Rev.	0	Revisado por	Geol. Miguel Agostini

Distribucion de particulas por tamaño (Graduacion) de Suelos Usando Analisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]		329.5						Resumen	
Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]		Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0		Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0			
2"	50.00	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	37.50	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0			
1"	25.00	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0			
3/4"	19.00	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0			
3/8"	9.50	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0			
#4	4.75	0.0	329.5	0.0	0.0	100.0			
Peso de la submuestra [gr]		200.0							
#10	2.000	0.9	199.1	0.5	0.5	99.6		Arenas (S)	37.5
#30	0.600	1.4	197.7	0.7	1.2	98.9			
#40	0.425	2.1	195.6	1.1	2.2	97.8			
#50	0.300	20.3	175.3	10.2	12.4	87.7			
#100	0.150	19.8	155.5	9.9	22.3	77.8			
#200	0.075	30.5	125.0	15.3	37.5	62.5		Limo Arcilla (M) C	62.5
								Total	100.0

Curva Granulometrica ASTM D-2487



Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

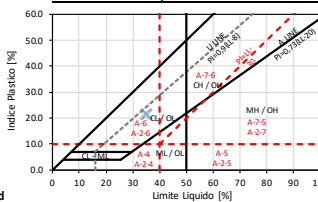
Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos

Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

			LL	LP	w%
Pesafiltro. No.	N°	[]	151	169	78
Numero de Golpes	N ₆₀	[]	27	-	-
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _{wet}	[gr]	32.4	16.8	448.7
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	M _{ds}	[gr]	26.5	15.9	403.3
Peso del Pesafiltro	M _c	[gr]	9.3	9.0	73.8
Peso de Agua	M _w	[gr]	5.9	0.9	45.4
Peso de suelo seco	M _s	[gr]	17.2	6.9	329.5
Contenido de Humedad	w%	[]	34.6	13.0	13.8
Indice de Plasticidad	IP	[]	21.6	Plasticidad Media	
Indice de Consistencia	I _c	[]	0.97	Rigido*	
Clas. Carta de Plasticidad	PC	[]	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	

Carta de Plasticidad

ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos ASTM D-2487

Porcentaje de Finos	F	=	62.5	≥50% ; M C
Porcentaje de Arena	F ₁	=	37.5	Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Característico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[]
Coefficiente de Curvatura	C _c	=	-	[]
Graduacion	W/P	=	-	
Clasificación de Grupo:	SUCS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Clasificacion AASHTO ASTM D-3282

F	=	62.5	Material Limo Arcilla
PI	=	21.6	[%]
LL	=	34.6	[%]
GC	=	A6	[]
GI	=	10	[]
Clasificación de Grupo:		A6	
Indice de Grupo:		(10)	

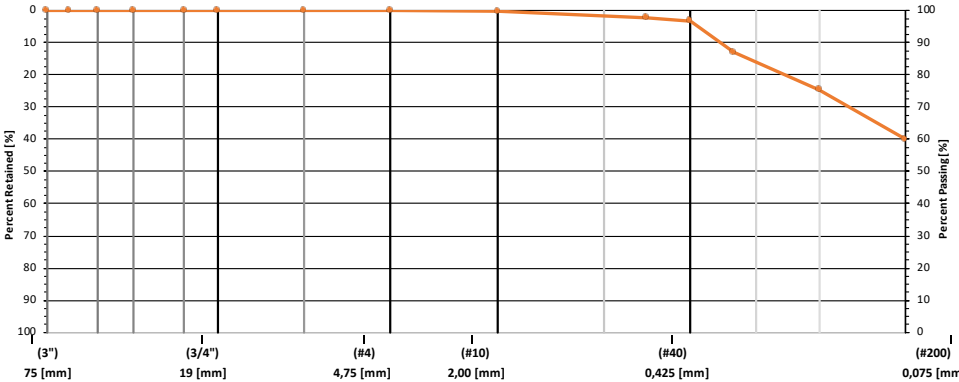
No es valido para suelos colapsibles ni expansivos

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Cliente	GIRSU	Proyecto	Ampliacion Vertedero	Proyecto #	1002-2024		
Ubicación	Finca El Pongo	Localidad	PALPALA	Contratista	Agostini Ingeniería		
Calicata	SPT 2	UTM WGS84 [m]		Cota [m]			
Muestra No.	M-2	Clasificación SUCS	s(CL) Arcilla magra arenosa	Ensayado por	Tec. A. Maldonado		
Prof. [m]	0,05 a 1,00	Clasificación AASHTO	A6 (10)	Calculado por	MSc. Ing. Civil E. Agostini		
Fecha	08/05/2024	Rev.	0	Revisado por	Geol. Miguel Agostini		

Distribucion de particulas por tamaño (Graduacion) de Suelos Usando Analisis Por Tamizado ASTM D-6913

Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Resumen Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0		
# 4	4.75	0.0	365.7	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
# 10	2.000	0.8	199.2	0.4	0.4	99.6	Arenas (S)	40.0
# 30	0.600	3.5	195.7	1.8	2.1	97.9		
# 40	0.425	2.1	193.6	1.1	3.2	96.8		
# 50	0.300	19.8	173.8	9.9	13.1	86.9		
# 100	0.150	23.1	150.7	11.6	24.7	75.4		
# 200	0.075	30.7	120.0	15.4	40.0	60.0	Limo Arcilla (M C)	60.0
Total							100.0	

Curva Granulometrica ASTM D-2487



Sieve Size [mm]	Percent Retained [%]
75 [mm]	100
19 [mm]	100
4.75 [mm]	100
2.00 [mm]	100
0.425 [mm]	100
0.075 [mm]	60

Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

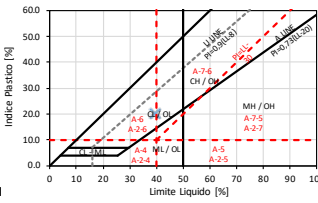
Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

	N°	LL	LP	w%
Pesafiltro. No.	101	101	10	78
Numero de Golpes	23	-	-	-
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _{ws}	31.4	17.9	495.1
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	M _{ds}	25.1	16.7	439.5
Peso del Pesafiltro	M _c	9.2	10.3	73.8
Peso de Agua	M _w	6.3	1.2	55.6
Peso de suelo seco	M _s	15.9	6.4	365.7
Contenido de Humedad	w%	39.2	18.8	15.2
Indice de Plasticidad	IP	20.5	Plasticidad Media	
Indice de Consistencia	I _c	1.17	Muy Rigido*	
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	

Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos ASTM D-2487

	F	F ₁	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	C _u	C _c	W/P
Porcentaje de Finos	=	60.0	≥ 50% ; M C					
Porcentaje de Arena	=	40.0	Limos (M) Arcillas (C)					
Diametro Caracteristico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]				
Diametro Caracteristico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]				
Diametro Caracteristico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]				
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[-]				
Coefficiente de Curvatura	C _c	=	-	[-]				
Graduacion	W/P	=	-					
Clasificación de Grupo:	SUCS	=	s(CL)					
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa					

Carta de Plasticidad
ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Clasificacion AASHTO ASTM D-3282

	F	PI	LL	GC	GI
	=	60.0			
	=	20.5			
	=	39.2			
	=	A6			
	=	10			

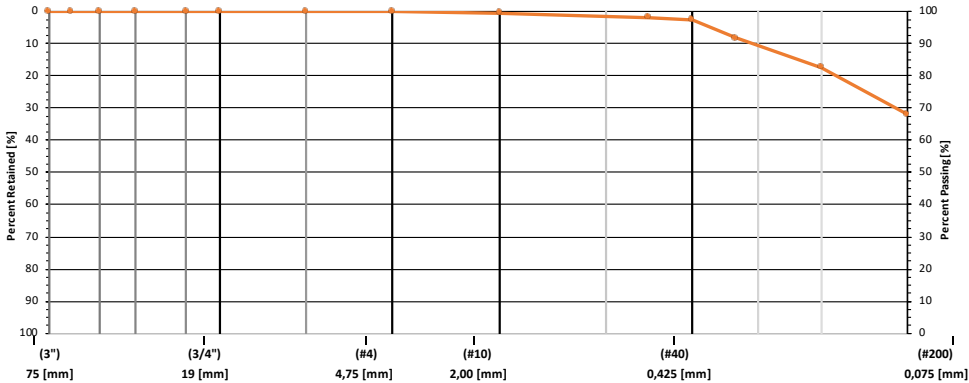
Clasificación de Grupo: A6
Indice de Grupo: (10)

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Cliente <u>GIRSU</u> Ubicación <u>Finca El Pongo</u>	Proyecto <u>Ampliacion Vertedero</u> Localidad <u>PALPALA</u>	Proyecto # <u>1002-2024</u> Contratista <u>Agostini Ingenieria</u>					
Calicata <u>SPT 2</u> Muestra No. <u>M-3</u> Prof. [m] <u>1,00 a 2,00</u> Fecha <u>08/05/2024</u>	UTM WGS84 [m] _____ Clasificacion SUCS <u>s(CL) Arcilla magra arenosa</u> Clasificacion AASHTO <u>A-7-6 (15)</u> Rev. <u>0</u>	Cota [m] _____ Ensayado por <u>Tec. A. Maldonado</u> Calculado por <u>MSC. Ing. Civil E. Agostini</u> Revisado por <u>Geol. Miguel Agostini</u>					

Distribucion de particulas por tamaño (Graduacion) de Suelos Usando Analisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]							Resumen	
Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0		
#4	4.75	0.0	365.1	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
#10	2.000	1.0	199.0	0.5	0.5	99.5	Arenas (S)	32.0
#30	0.600	2.9	196.1	1.5	2.0	98.1		
#40	0.425	1.2	194.9	0.6	2.6	97.5		
#50	0.300	11.3	183.6	5.7	8.2	91.8		
#100	0.150	18.4	165.2	9.2	17.4	82.6		
#200	0.075	29.2	136.0	14.6	32.0	68.0		
							Limo/Arcilla (M/C)	68.0
							Total	100.0

Curva Granulometrica ASTM D-2487

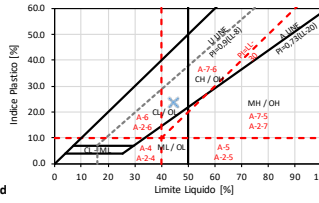


Sieve Size [mm]	Percent Retained [%]
75 [mm]	0.0
19 [mm]	0.0
4.75 [mm]	0.0
2.00 [mm]	0.5
0.425 [mm]	2.6
0.075 [mm]	14.6

Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos

	LL	LP	wP
Pesafiltro. No.	113	177	78
Numero de Golpes	27	-	-
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	25.8	17.7	505.9
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	20.5	16.2	438.9
Peso del Pesafiltro	8.4	8.8	73.8
Peso de Agua	5.3	1.5	67.0
Peso de suelo seco	12.1	7.4	365.1
Contenido de Humedad	44.2	20.3	18.4
Indice de Plasticidad	IP	23.9	Plasticidad Media
Indice de Consistencia	I _c	1.08	Muy Rígido*
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad

Carta de Plasticidad ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos ASTM D-2487

Porcentaje de Finos	F	=	68.0	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Arena	F ₁	=	32.0	Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Caracteristico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]
Diametro Caracteristico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]
Diametro Caracteristico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[-]
Coefficiente de Curvatura	C _c	=	-	[-]
Graduacion	W/P	=	-	
Clasificacion de Grupo:	SUCS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Clasificacion AASHTO ASTM D-3282

F	=	68.0	Material Limo Arcilla
PI	= <td>23.9</td> <td>[%]</td>	23.9	[%]
LL	= <td>44.2</td> <td>[%]</td>	44.2	[%]
GC	= <td>A-7-6</td> <td>[-]</td>	A-7-6	[-]
GI	= <td>15</td> <td>[-]</td>	15	[-]
Clasificacion de Grupo: A-7-6			
Indice de Grupo: (15)			

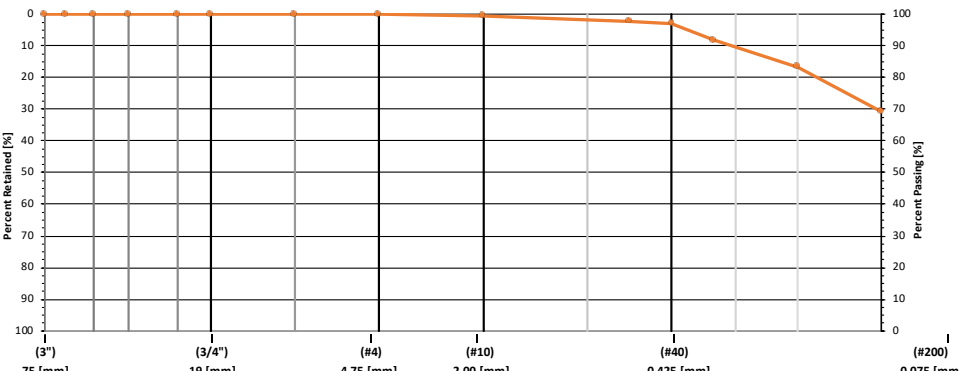
*No es valido para suelos colapsibles ni expansivos

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Ciente	GIRSU	Proyecto	Ampliación Vertedero	Proyecto #	1002-2024		
Ubicación	Finca El Pongo	Localidad	PALPALA	Contratista	Agostini Ingeniería		
Calicata	SPT 2	UTM WGS84 [m]		Cota [m]			
Muestra No.	M - 4	Clasificación SUCS	s(CL) Arcilla magra arenosa	Ensayado por	Tec. A. Maldonado		
Prof. [m]	2,00 a 4,00	Clasificación AASHTO	A-7-6 (15)	Calculado por	MSC. Ing. Civil E. Agostini		
Fecha	06/05/2024	Rev.	0	Revisado por	Geol. Miguel Agostini		

Distribución de partículas por tamaño (Graduación) de Suelos Usando Análisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]		350.4					Resumen	
Designación del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0		
#4	4.75	0.0	350.4	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
#10	2.000	1.0	199.0	0.5	0.5	99.5	Arenas (S)	30.8
#30	0.600	3.4	195.6	1.7	2.2	97.8		
#40	0.425	1.5	194.1	0.8	3.0	97.1		
#50	0.300	10.5	183.6	5.3	8.2	91.8		
#100	0.150	17.1	166.5	8.6	16.8	83.3		
#200	0.075	28.1	138.4	14.1	30.8	69.2		
							Limo Arcilla (M C)	69.2
							Total	100.0

Curva Granulométrica ASTM D-2487



Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

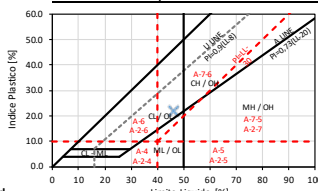
Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

	N°	LL	LP	w%
Pesafiltro. No.	83	177	78	
Numero de Golpes	30	-	-	
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M ₁₀₀	24.7	16.6	475.9
Peso Seco de Suelo + Pesafiltro	M ₁₀₀	19.6	15.1	424.2
Peso del Pesafiltro	M _f	8.3	8.8	73.8
Peso de Agua	M _w	5.1	1.5	51.7
Peso de suelo seco	M _s	11.3	6.3	350.4
Contenido de Humedad	w [%]	46.1	23.8	14.8
Indice de Plasticidad	IP [%]	22.3	Plasticidad Media	
Indice de Consistencia	I _c [-]	1.41	Muy Rígido*	
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ASTM D-2487

	F	=	69.2	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Finos	F ₁	=	30.8	Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Característico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]
Diametro Característico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[-]
Coefficiente de Curvatura	C _z	=	-	[-]
Graduación	W P	=	-	
Clasificación de Grupo:	SUCS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

Carta de Plasticidad
ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Clasificación AASHTO ASTM D-3282

	F	=	69.2	Material Limo Arcilla
PI	PI	=	22.3	[%]
LL	LL	=	46.1	[%]
GC	GC	=	A-7-6	[-]
GI	GI	=	15	[-]

Clasificación de Grupo: A-7-6
Indice de Grupo: (15)

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Cliente <u>GIRSU</u>		Proyecto <u>Ampliacion Vertedero</u>		Proyecto # <u>1002-2024</u>			
Ubicación <u>Finca El Pongo</u>		Localidad <u>PALPALA</u>		Contratista <u>Agostini Ingeniería</u>			
Calicata <u>SPT 3</u>		UTM WGS84 [m] _____		Cota [m] _____			
Muestra No. <u>M - 1</u>		Clasificacion SUCS <u>s(CL) Arcilla magra arenosa</u>		Ensayado por <u>Tec. A. Maldonado</u>			
Prof. [m] <u>0,00 a 1,00</u>		Clasificacion AASHTO <u>A6 (9)</u>		Calculado por <u>MSc. Ing. Civil E. Agostini</u>			
Fecha <u>08/05/2024</u>		Rev. <u>0</u>		Revisado por <u>Geol. Miguel Agostini</u>			

Distribucion de particulas por tamaño (Graduacion) de Suelos Usando Analisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]							Resumen	
Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0		
# 4	4.75	0.0	330.5	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
# 10	2.000	1.8	198.2	0.9	0.9	99.1	Arenas (S)	36.5
# 30	0.600	3.5	194.7	1.8	2.7	97.4		
# 40	0.425	1.6	193.1	0.8	3.5	96.6		
# 50	0.300	14.7	178.4	7.4	10.8	89.2		
# 100	0.150	20.3	158.1	10.2	21.0	79.1		
# 200	0.075	31.0	127.1	15.5	36.5	63.6		
							Limo Arcilla (M C)	63.6
							Total	100.0

Curva Granulometrica ASTM D-2487

(3")	(3/4")	(#4)	(#10)	(#40)	(#200)
75 [mm]	19 [mm]	4,75 [mm]	2,00 [mm]	0,425 [mm]	0,075 [mm]
Gruesa		Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA			ARENA		

Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos

Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

	N°	LL	LP	w%
Pesafiltro. No.	87	169	78	
Numero de Golpes	28	-	-	
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _{wet}	31.6	16.0	446.6
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	M _{dry}	26.4	15.1	404.3
Peso del Pesafiltro	M _f	10.6	9.0	73.8
Peso de Agua	M _w	5.2	0.9	42.3
Peso de suelo seco	M _s	15.8	6.1	330.5
Contenido de Humedad	w%	33.4	14.8	12.8

Indice de Plasticidad	IP	18.6	Plasticidad Media
Indice de Consistencia	I _c	1.11	Muy Rigido*
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad

Carta de Plasticidad ASTM D-2487 y ASTM D-3282

Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos ASTM D-2487

Porcentaje de Finos	F	=	63.6	≥ 50% ; M C
Porcentaje de Arena	F ₁	=	36.5	Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Caracteristico Pasante 10%	D ₁₀	=	-	[mm]
Diametro Caracteristico Pasante 30%	D ₃₀	=	-	[mm]
Diametro Caracteristico Pasante 60%	D ₆₀	=	-	[mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	-	[-]
Coefficiente de Curvatura	C _c	=	-	[-]
Graduacion	W/P	=	-	
Clasificacion de Grupo:	SUCS	=	s(CL)	
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa	

*No es valido para suelos colapsibles ni expansivos

Clasificacion AASHTO ASTM D-3282

F	=	63.6	Material Limo Arcilla
PI	=	18.6	[%]
LL	=	33.4	[%]
GC	=	A6	[-]
GI	=	9	[-]

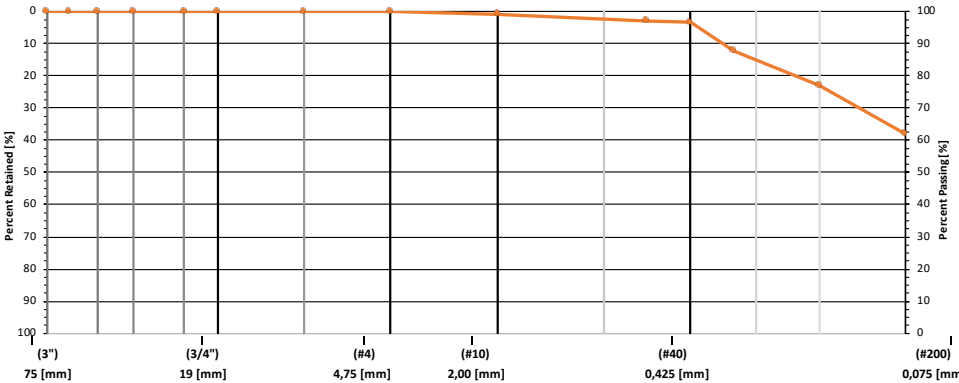
Clasificacion de Grupo: A6
Indice de Grupo: (9)

Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils Standard Test Method For Laboratory Determination Of Water Content Of Soil And Rock By Mass Standard Test Method For Shrinkage Factors of Soil by the Wax Method Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mix. for Highway Construction Purposes				ASTM D - 6913 ASTM D - 4318 ASTM D - 2216 ASTM D - 4943 ASTM D - 2487 ASTM D - 3282			
Cliente	GIRSU	Proyecto	Ampliacion Vertedero	Proyecto #	1002-2024		
Ubicación	Finca El Pongo	Localidad	PALPALA	Contratista	Agostini Ingeniería		
Calicata	SPT 3	UTM WGS84 [m]		Cota [m]			
Muestra No.	M-2	Clasificación SUCS	s(CL) Arcilla magra arenosa	Ensayado por	Tec. A. Maldonado		
Prof. [m]	1,00 a 2,00	Clasificación AASHTO	A-7-6 (12)	Calculado por	MSC. Ing. Civil E. Agostini		
Fecha	06/05/2024	Rev.	0	Revisado por	Geol. Miguel Agostini		

Distribucion de particulas por tamaño (Graduacion) de Suelos Usando Analisis Por Tamizado ASTM D-6913

Peso de la Muestra [gr]							Resumen	
Designacion del Tamiz No.	Tamaño de la Apertura [mm]	Peso Retenido [gr]	Peso Pasante [gr]	Porcentaje Retenido [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Pasante [%]	Tipo de Suelo	Porcentaje %
3"	75.00	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0	Gravas (G)	0.0
2 1/2"	63.00	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0		
2"	50.00	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0		
#4	4.75	0.0	310.8	0.0	0.0	100.0		
Peso de la submuestra [gr]		200.0						
#10	2.000	1.7	198.3	0.9	0.9	99.2	Arenas (S)	38.1
#30	0.600	4.1	194.2	2.1	2.9	97.1		
#40	0.425	1.2	193.0	0.6	3.5	96.5		
#50	0.300	17.4	175.6	8.7	12.2	87.8		
#100	0.150	21.7	153.9	10.9	23.1	77.0		
#200	0.075	30.1	123.8	15.1	38.1	61.9	Limo Arcilla (M C)	61.9
Total							100.0	

Curva Granulometrica ASTM D-2487



Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA		ARENA		

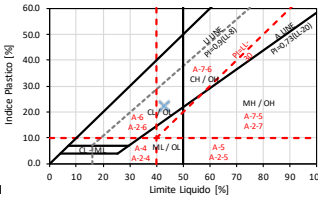
Limite Liquido, Limite Plastico, e Indice de Plasticidad de los Suelos
Contenido de Humedad de los Suelos ASTM D-4318 y ASTM D-2216

	N°	LL	LP	w%
Pesafiltro. No.	N°	177	67	78
Numero de Golpes	N ₆₀	27	-	-
Peso Hum. de Suelo + Pesafiltro	M _{wet}	24.6	15.3	418.9
Peso Seca de Suelo + Pesafiltro	M _{dry}	19.9	14.4	384.6
Peso del Pesafiltro	M _f	8.8	9.9	73.8
Peso de Agua	M _w	4.7	0.9	34.3
Peso de suelo seco	M _s	11.1	4.5	310.8
Contenido de Humedad	w%	42.7	20.0	11.0
Indice de Plasticidad	IP	22.7	Plasticidad Media	
Indice de Consistencia	I _c	1.39	Muy Rigido*	
Clas. Carta de Plasticidad	PC	CL	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	

Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos ASTM D-2487

	F		
Porcentaje de Finos	F	=	61.9 ≥ 50% ; M C
Porcentaje de Arena	F ₁	=	38.1 Limos (M) Arcillas (C)
Diametro Caracteristico Pasante 10%	D ₁₀	=	- [mm]
Diametro Caracteristico Pasante 30%	D ₃₀	=	- [mm]
Diametro Caracteristico Pasante 60%	D ₆₀	=	- [mm]
Coefficiente de Uniformidad	C _u	=	- [-]
Coefficiente de Curvatura	C _c	=	- [-]
Graduacion	W/P	=	-
Clasificacion de Grupo:	SUCS	=	s(CL)
Nombre de Grupo:	GN	=	Arcilla magra arenosa

Carta de Plasticidad ASTM D-2487 y ASTM D-3282



Clasificacion AASHTO ASTM D-3282

	F		
F	F	=	61.9
PI	PI	=	22.7
LL	LL	=	42.7
GC	GC	=	A-7-6
GI	GI	=	12

Clasificacion de Grupo: A-7-6
Indice de Grupo: (12)

29 Apéndice B: Anexo Fotográfico





