



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS

CALDAS LA SALADA– 9101

SENA

CONTRATAR LOS ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y LOS DISEÑOS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES, CON FUNDAMENTO EN EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 DE EDIFICACIONES DEL SENA A NIVEL NACIONAL, UBICADAS EN ZONAS DE AMENAZA SÍSMISCA ALTA E INTERMEDIA. FASE 2. ZONA 2, 3 Y 4.

FECHA:
MARZO DE 2015

REVISIÓN. 00

TABLA DE CONTENIDO

1.0	INTRODUCCION.-	2
1.1	OBJETO-	2
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.-	3
1.3	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	3
2.0	TOPOGRAFÍA.-	3
3.0	GEOLOGÍA.-	4
4.0	INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-	5
4.1	DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-	8
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.-	12
4.3	NIVEL DE AGUAS.-	14
4.4	ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE ARENAS.-	14
5.0	PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-	17
6.0	METODOLOGIAS DE DISEÑO.-	19
7.0	ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-	19
7.1	ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-	19
7.2	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-	27
8.0	REHABILITACIÓN SÍSMICA DE EDIFICIOS.-.	28
9.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-.	30
9.1	REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS.-	40
10.0	PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO.-	41
11.0	OBSERVACIONES FINALES.-	42

Fecha	Versión	Proyecto	Modificaciones	Motivo
10-11-14	1	38 Estructuras (35 de 1 piso y 3 de 2 pisos)	---	---
19-12-14	2	38 Estructuras (35 de 1 piso y 3 de 2 pisos)	Se ajusta de acuerdo con visita efectuada y de acuerdo con análisis de licuación efectuados.	Visita
16-01-15	3	38 Estructuras (35 de 1 piso y 3 de 2 pisos)	Se complementa de acuerdo con observaciones	Observaciones interventoría
06-02-15	4	39 Estructuras (36 de 1 piso y 3 de 2 pisos)	Se ajusta en la descripción del proyecto el número de estructuras analizadas	Observaciones interventoría
23-04-15	5	39 Estructuras (36 de 1 piso y 3 de 2 pisos)	Se ajusta de acuerdo con observaciones de interventoría	Observaciones interventoría

Bogotá, D.C., Abril 23 de 2015
EYR-S 13502 – La Salada

Doctora
GABRIELA MENDEZ
Ciudad

Estimada Doctora:

Tenemos el gusto de entregarle el estudio de suelos definitivo para las estructuras del **CENTRO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA – SENA (Código 9101)** ubicado en el municipio de Caldas (Antioquia).

1.0 INTRODUCCION.-

1.1 OBJETO-

El presente estudio tiene por objeto realizar la evaluación geotécnica de la cimentación de las estructuras existentes para verificar su condición de trabajo. Dentro del análisis geotécnico se establecen las características de la cimentación y su profundidad, las propiedades geomecánicas de los diferentes estratos que conforman el subsuelo, los parámetros geotécnicos de trabajo actuales incluyendo factores de seguridad para evaluar así la necesidad de proyectar refuerzo a los cimientos existentes.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.-

De acuerdo con la información suministrada a esta consultoría en la zona de estudio se cuenta con 39 estructuras, de las cuales 36 cuentan con 1 piso y 3 con 2 pisos. Dichas estructuras están construidas en muros de carga y/o pórticos de concreto reforzado con luces entre ejes de muros y/o columnas entre 3.0m y 5.0m. Las cargas actuales, estimadas por áreas aferentes, son inferiores a 5.0 ton/ml para cargas distribuidas e inferiores a 30 toneladas para cargas puntuales.

Las cargas descritas para los análisis efectuados han sido estimadas a partir de áreas aferentes. Por lo que es importante aclarar que la determinación de las cargas hace parte del análisis de vulnerabilidad estructural y ante la ausencia de esta información, es válido y completamente suficiente (para el alcance de este estudio) el estimado de cargas realizado

1.3 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Con base en todo lo anterior se programaron perforaciones exploratorias para determinar las características geomecánicas del subsuelo. El presente informe incluye una evaluación de los parámetros de trabajo actuales de la cimentación de las estructuras así como los parámetros para un posible refuerzo y/o incremento en las cargas.

2.0 TOPOGRAFÍA.-

El predio donde se encuentran implantadas las estructuras existentes presenta una topografía con pendientes que varían entre 0% y 56%. A continuación se ilustra una fotografía:



3.0 GEOLOGÍA.-

El municipio de Caldas se caracteriza por un relieve colinado y montañoso modelado en unidades geológicas de origen metamórfico, ígneo, tanto volcánico como plutónico y depósitos antiguos y recientes, los cuales corresponden a depósitos aluviales y de vertiente. Se pueden mencionar como unidades metamórficas las Anfibolitas del Alto de Minas, Anfibolitas Granatíferas de Caldas y los Esquistos de Caldas como las unidades más antiguas y que hacen parte del grupo Caldas. Se presentan también los Esquistos de Cajamarca. Las unidades ígneas están representadas por el miembro volcánico y volcanosedimentario del Complejo Quebradagrande y el Stock de Amagá. Aparece también una pequeña parte de la Dunita de Medellín hacia los límites con el municipio de Envigado. Entre los depósitos se presentan depósitos de deslizamientos, flujos de escombros y/o lodos de diferente grado de madurez y depósitos aluviales y aluviotorrenciales, además de los llenos de origen antrópico¹.

Es importante anotar que la geología descrita es general y de carácter regional.

¹ Tomado de la *Microzonificación Sísmica detallada de los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado. Consorcio Microzonificación 2006.*

En caso de requerirse una descripción geológica específica para la zona del proyecto así como un análisis de riesgos, se deberá efectuar un estudio geológico local el cual no hace parte del alcance del presente estudio.

4.0 INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-

Para la determinación de sondeos esta consultoría se basa en las especificaciones establecidas en la NSR-10, de acuerdo con las consideraciones fijadas en el título H.10 “Rehabilitación sísmica de edificios”.

De acuerdo con lo anterior se efectuaron 23 sondeos distribuidos así: 16 de 2.00/4.50m y 7 de 5.00/8.00m de profundidad perforados con barreno manual. A lo largo de los sondeos se realizó el ensayo de penetración estándar como índice de consistencia de los suelos limosos y arcillosos y como medida de la densidad de los estratos granulares allí detectados. Adicionalmente se tomó un número suficiente de muestras alteradas para inspección visual y posterior envío al laboratorio para ensayos de límites de Atterberg, humedad natural, granulometría, pesos unitarios y clasificación USCS y AASHTO.

Es importante anotar que al obtener rechazo en algunos sondeos a profundidades menores a las propuestas y a partir de lo expuesto en el numeral H.3.2.5 de la NSR-10, donde se tiene que para la categoría de las estructuras (baja) podrán suspenderse los sondeos al encontrar aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, se ha decidido suspender los sondeos a menores profundidades y compensar los metros lineales faltantes en otros sondeos.

Adicionalmente se tiene que el alcance de los trabajos no contemplaba la ejecución de sondeos por rotación.

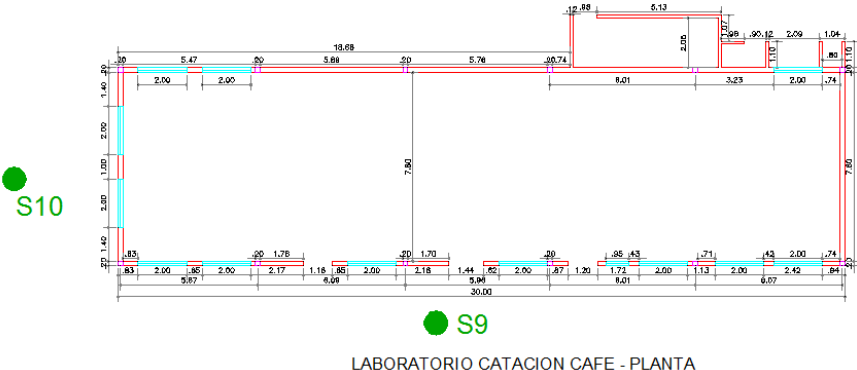
A continuación se muestra un esquema con la localización de los sondeos

efectuados. Se debe anotar que el plano corresponde al esquema enviado a esta consultoría no contando con un plano georreferenciado:



Así mismo y a partir de la solicitud de la interventoría a continuación se muestra una planta de una de las estructuras objeto de estudio, ubicando algunos de los sondeos efectuados. Se debe anotar que esta consultoría no cuenta con una planta general del grupo de estructuras existentes, la planta de localización de sondeos

presentada corresponde a la información suministrada por parte del consorcio desde el día cero (inicio de actividades).



A continuación se ilustran algunas fotografías de los trabajos de campo adelantados:

	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
1		Ejecución de perforaciones

2		Ejecución de perforaciones
3		Toma de muestras

4.1 DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-

A continuación se describe la estratigrafía promedio detectada a partir de los niveles actuales del terreno:

- a) 0.0 – 0.50/1.60 m. Capa vegetal seguida por limo orgánico con raíces y/o seguida por relleno de escombros, limo, arena y gravas. Los mayores espesores de relleno se detectaron en los sondeos No. 8 y 21 con 1.60m y

1.20m de espesor respectivamente. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 1 y 9 golpes/pie.



b) 0.50/1.60 – 1.00/5.50 m. Limo arcillo arenoso amarillo rojizo y/o carmelito grisáceo, de consistencia blanda a dura, con vetas de óxido, algunas raíces, trazos de turba en algunos sectores y algunas gravas. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 1 y 18 golpes/pie, obteniendo rechazo en algunos sondeos a 2.0m de profundidad, con valores hasta de 20 golpes para 0". La resistencia al corte tomada con penetrómetro manual arrojó valores entre 1.00 y 2.75 Kg/cm². En los sondeos No. 5 y 9 no se encontró este estrato.

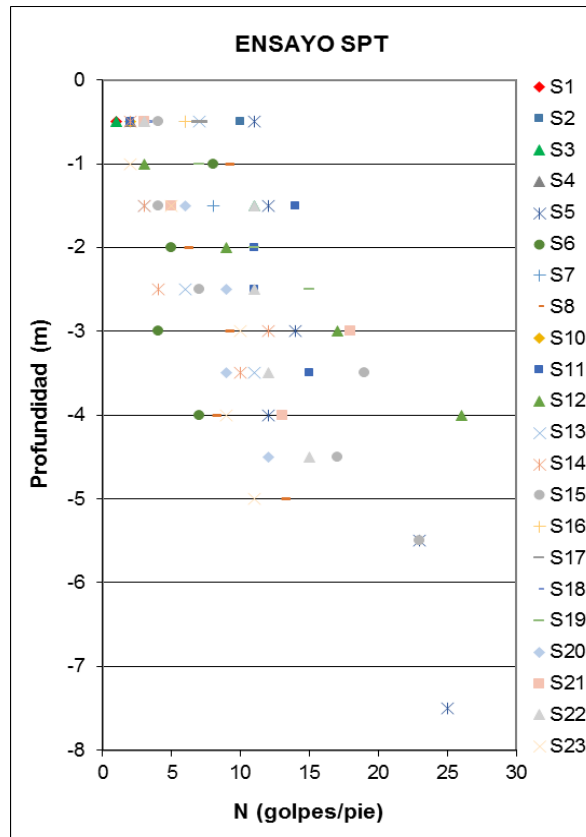


c) 1.00/5.50 – 8.00 m.

Arena limosa y/o arcillosa carmelita amarilla y/o habana de densidad muy suelta a compacta, con vetas de óxido y algunas gravas hasta de 1". En algunos sectores la arena se encuentra muy fina y de color habana verdosa. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 3 y 26 golpes/pie, obteniendo rechazo en algunos sondeos con valores hasta de 50 golpes para 3".



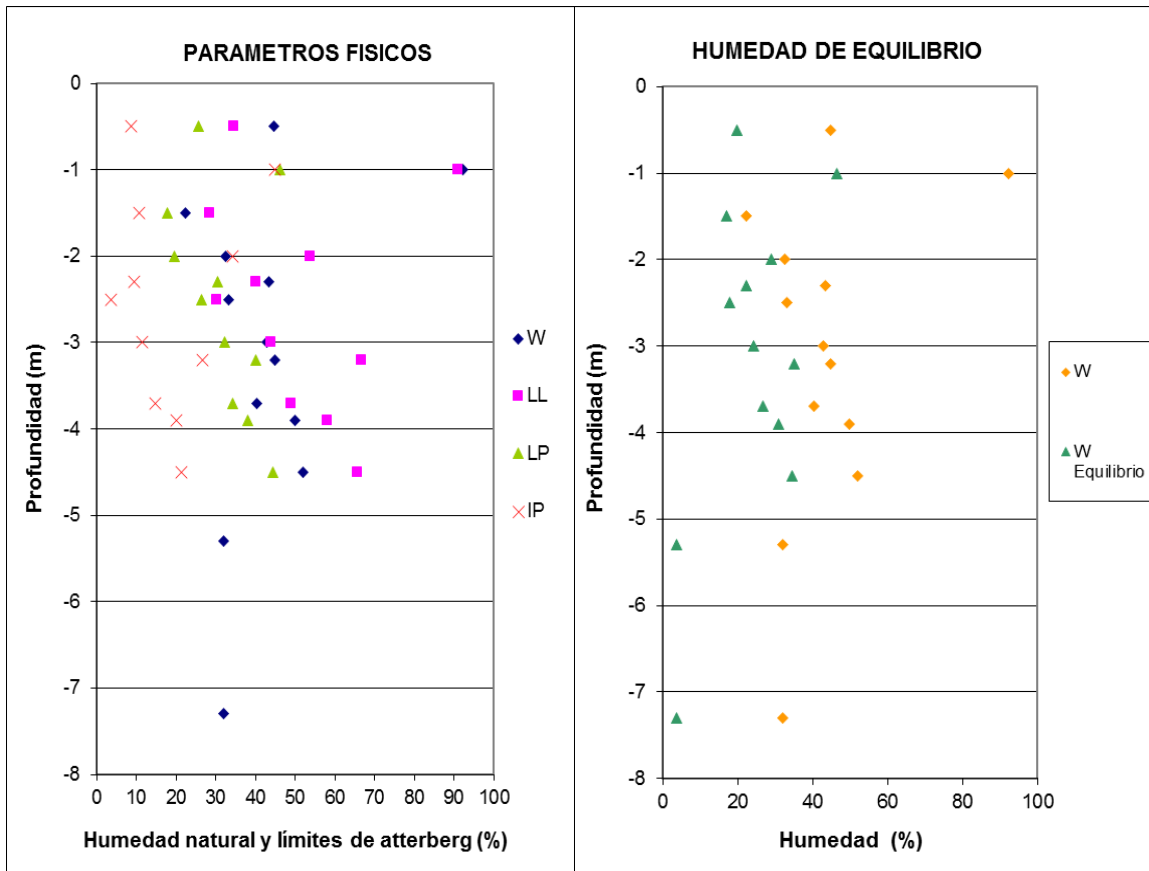
Con base en los ensayos de penetración estándar efectuados en campo se realizaron gráficas de N en función de la profundidad para cada uno de los sondeos, observando un aumento en la consistencia y/o densidad del suelo con la profundidad como se ilustra a continuación:



4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.-

Límites de Atterberg.-

Teniendo en cuenta la estratigrafía encontrada a lo largo de la zona explorada y de acuerdo con la frecuencia y tipos de ensayos especificados se tomaron muestras representativas de los mantos para enviar al laboratorio a realizar los diferentes ensayos. A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de humedad natural y límites de Atterberg, se realizaron gráficas de los parámetros físicos en función de la profundidad obteniendo humedades de equilibrio inferiores a la humedad natural, condición que indica condiciones no expansivas de los suelos como se ilustra a continuación:



Así mismo a continuación se incluye un cuadro con el resumen de los ensayos de laboratorio efectuados.

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Peso unitario (gr/cm ³)	Dispersión	% Expansión	CLASIFICACIÓN	
										USCS	AASHTO
1	3	1.50 – 2.00	22.31	28.56	17.74	10.85	1.94	---	---	CL	A-4
3	4	2.50 – 3.00	33.16	30.17	26.45	3.72	1.85	---	---	ML	A-4
4	3	1.50 – 2.00	32.45	53.82	19.60	34.22		---	20	CH	A-7-6
5	6	5.30 – 5.80	31.91	NL	NP	---	1.77	---	---	SM	A-4
6	5	3.70 – 4.20	40.28	49.01	34.19	14.82	1.79	---	---	ML	A-7-5
10	2	0.50 – 1.00	92.34	91.05	46.20	44.85	1.42	---	---	MH	A-7-5
11	4	2.00 – 2.50	43.30	40.09	30.54	9.56	1.88	---	---	ML	A-7-5
13	3	4.50 – 2.00	33.56	NL	NP	---	1.69	---	---	SM	A-2-4
19	4	2.50 – 3.00	42.78	43.77	32.28	11.48	1.82	NO	---	ML	A-7-5
20	7	7.30 – 7.80	31.92	NL	NP	---	1.75	---	---	SM	A-2-4
21	4	2.70 – 3.20	44.84	66.74	40.17	26.57	1.78	---	---	MH	A-7-5
22	6	4.50 – 5.00	51.92	65.72	44.34	21.39	1.66	---	---	MH	A-7-5
23	5	3.90 – 4.40	49.85	58.14	38.13	20.01	1.75	---	---	MH	A-7-5

Granulometría

A partir de las muestras seleccionadas se efectuó el ensayo de granulometría con el fin de determinar la distribución por tamaño de dichas muestras.

Con base en las granulometrías efectuadas sobre los materiales arenosos encontrados en la zona se tiene que éstos corresponden a arenas limosas (SM) y/o limos de baja plasticidad (ML). Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	%pasa tamiz #200	Fracción gruesa	% Retenido total #4	A.A.S.H.T.O	U.S.C.S
1	3	1.50 – 2.00	55.51	44.39	7.73	A-4	CL
2	2	0.00 – 0.50	56.86	43.14	6.22	A-4	ML
3	4	2.50 – 3.00	68.56	31.44	4.24	A-4	ML
5	6	5.30 – 5.80	42.92	57.08	0.00	A-4	SM
13	3	1.50 – 2.00	26.64	73.36	5.64	A-2-4	SM
20	7	7.30 – 7.80	32.64	67.36	0.00	A-2-4	SM

4.3 NIVEL DE AGUAS.-

Se detectó agua libre solo en algunos sondeos entre 0.50 m y 5.0 m de profundidad. Sin embargo estos niveles pueden variar de acuerdo con el régimen de lluvias.

4.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE ARENAS.-

Con base en los resultados de los ensayos de penetración estándar y sus valores corregidos, se realizó un análisis de potencial de licuación de las arenas para un sismo de magnitud de 7.5 en la Escala Sismológica de Magnitud de Momento y para una aceleración de sismo de 0.20g, valor fijado por la NSR-10 como aceleración del sitio. El análisis se realizó utilizando el método propuesto por Seed

et-al y modificado por Roberts².

A partir de los resultados obtenidos se tiene que dada la densidad del estrato de arena así como la profundidad del nivel freático, se evidencian algunos puntos susceptibles a la licuación.

Proyecto: SENA - LA SALADA según Roberts et-al, marzo de 1995
Cliente: GABRIELA MENDEZ

Aceleración del Sitio según NSR-10 0,2
Magnitud Sismo 7,5
Nivel freático (mt) 1,5
Peso unitario promedio (ton/mt3) 1,7

Profundidad (mts)	SPT (N)	SPT corr (N)	CSR	Esf tot (ton/m2)	Pres. poros (ton/m3)	Esf. efectivo (ton/m3)
1,50	11	10	0,1281	2,55	0,00	2,55
1,00	11	14	0,1287	1,70	0,00	1,70
2,00	12	10	0,1494	3,40	0,50	2,90
3,00	14	10	0,1786	5,10	1,50	3,60
4,00	12	8	0,1974	6,80	2,50	4,30
5,50	23	12	0,2147	9,35	4,00	5,35
7,00	25	11	0,2248	11,90	5,50	6,40
5,00	13	7	0,2100	8,50	3,50	5,00
1,00	3	4	0,1287	1,70	0,00	1,70
2,00	9	8	0,1494	3,40	0,50	2,90
3,00	17	12	0,1786	5,10	1,50	3,60
4,00	26	16	0,1974	6,80	2,50	4,30
1,50	3	3	0,1281	2,55	0,00	2,55
2,50	6	5	0,1658	4,25	1,00	3,25
3,50	11	7	0,1890	5,95	2,00	3,95
3,00	12	9	0,1786	5,10	1,50	3,60
3,50	10	7	0,1890	5,95	2,00	3,95
2,50	7	6	0,1658	4,25	1,00	3,25
3,50	19	13	0,1890	5,95	2,00	3,95
4,50	17	10	0,2042	7,65	3,00	4,65
5,50	23	12	0,2147	9,35	4,00	5,35
3,50	9	6	0,1890	5,95	2,00	3,95
4,50	12	7	0,2042	7,65	3,00	4,65
7,00	14	6	0,2248	11,90	5,50	6,40

² Roberts, "Reconsideration of Initiation of Liquefaction in Sandy Soils" ASCE Geotechnical Journal de Marzo de 1995.

A continuación se incluye la expresión empleada para el cálculo del CSR, propuesta por Seed y Idriss [Seed & Idriss, 1971], [Seed & Idriss, 1982] y modificado por Roberts de acuerdo con el artículo que se adjunta al informe:

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \left(\frac{r_d}{r_m} \right)$$

Donde,

τ_{av} = Tensión de corte promedio

a_{max} = Aceleración pico horizontal en la superficie del terreno daa por un sismo

g = Aceleración de la gravedad

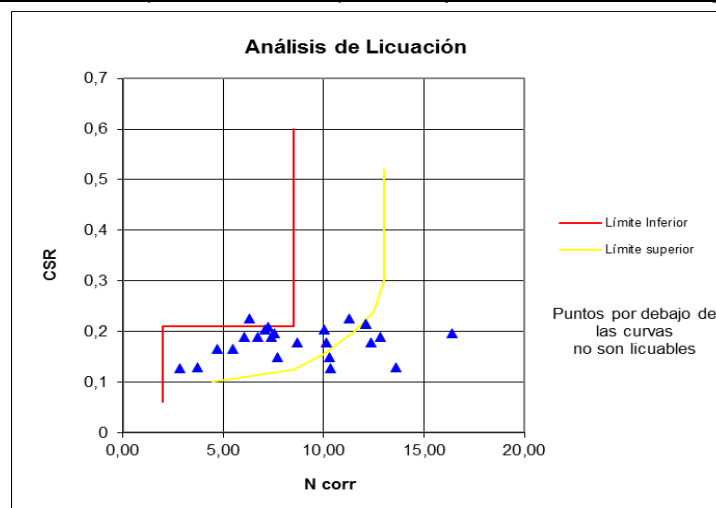
σ_{vo} = Tensión total vertical

σ'_{vo} = Tensión efectiva vertical

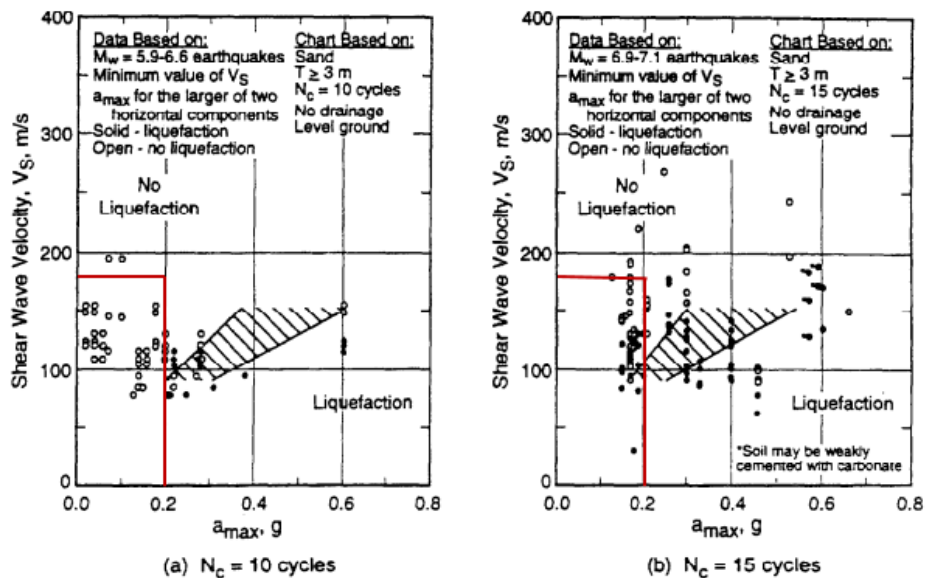
r_d = Coeficiente de reducción de tensiones

A continuación se ilustra una gráfica obtenida a partir del análisis efectuado. Al final del presente informe se incluyen las memorias de cálculo correspondiente.

Se anota que la línea superior (línea roja) corresponde a arenas limosas y/o arcillosas y la línea inferior (línea amarilla) corresponde a arenas limpias.



A partir de lo anterior y aun cuando los suelos detectados no corresponden a suelos arenosos limpios susceptibles a licuación, se verificó la posibilidad de presentar licuación mediante la velocidad de onda cortante calculada a partir de las correlaciones del ensayo de SPT arrojando un valor promedio de 182 m/s, el cual se comparó con la aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie, $A_0 = 0.20$, mediante las curvas propuestas por Stokoe et al., 1998, como se muestra a continuación:



De todo lo anterior se concluye que el estrato de arena no es susceptible a presentar fenómeno de licuación.

5.0 PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-

Teniendo en cuenta las características geomecánicas del subsuelo obtenidas del programa de ensayos de campo y laboratorio, se determinaron los parámetros de resistencia al corte y compresibilidad de los mantos a lo largo de la profundidad explorada obteniendo lo siguiente:

Estrato	Profundidad (m)	γ (Ton/m ³)	Qu (Kg/cm ²)	c (Kg/cm ²)	N (golpes/pie)	ϕ (°)	E (t/m ²)
1	0.00 – 0.50/1.60	1.53	0.40	0.20	2 a 9	---	600
2	0.50/1.60 – 1.10/5.50	1.73	1.00	0.50	1 a 18	---	750
3	1.10/5.50 – 8.00	1.80	---	---	3 a 26	28	1442

- Los valores de peso unitario ilustrados en el cuadro corresponden al promedio de los obtenidos en los ensayos de laboratorio en cada estrato.
- Los valores de Qu ilustrados en el cuadro para el estrato No. 1 (limo orgánico) se obtuvieron a partir de correlaciones con el ensayo SPT. Para el estrato No. 2 se obtuvieron a partir de los ensayos de penetrómetro manual efectuados en campo.
- Los valores de ángulo de fricción en los estratos granulares fueron obtenidos a partir de las formulaciones de Osaki en función del SPT de la siguiente manera:

$$\text{Osaki: } F_i = (20N)^{1/2} + 15$$

- Los módulos de elasticidad fueron calculados a partir de las correlaciones de acuerdo con la literatura, Tabla 5-5 Equations for stress-strain modulus Es by several test methods (FOUNDATION –ANALYSIS AND DESIGN- JOSEPH E. BOWLES), donde se tiene lo siguiente:

Arenas y/o material granulares:

$$E \text{ (kPa)} = 500 (N+15)$$

$$E \text{ (kPa)} = 18000 + 750N$$

$$E \text{ (kPa)} = (15200 \text{ to } 22000) \ln N$$

Rellenos, arcillas y/o limos:

$$E \text{ (kPa)} = 320 (N+15)$$

$$E \text{ (kPa)} = (100 \text{ to } 500) c$$

Finalmente no sobra anotar que los parámetros finales adoptados hacen parte de los criterios y la experiencia del geotecnista de diseño.

6.0 METODOLOGIAS DE DISEÑO.-

Para efectos del desarrollo de los diseños se seguirán metodologías elásticas clásicas, modelos clásicos de la Ingeniería geotécnica incluidos en la literatura especializada y utilizada ampliamente por esta oficina a lo largo de su ejercicio profesional. Así mismo se utilizaron los siguientes modelos o paquetes computacionales:

- Programa de sondeos.
- Cbear: Para el cálculo de capacidad portante de cimientos superficiales.
- Slide 5.0 de Rocscience para el cálculo de factor de seguridad en sismo para capacidad portante.
- Settle 3D: Programa de elementos finitos para el cálculo de asentamientos.
- PHASE: Para la modelación mediante métodos de elementos finitos de la interacción suelo-estructura. En el caso particular del presente análisis se utilizaron modelos constitutivos de suelo basados en el modelo elástico-plástico.

7.0 ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-

A continuación se efectúa un diagnóstico del comportamiento geotécnico de la cimentación de las estructuras existentes, revisando los parámetros de trabajo actual.

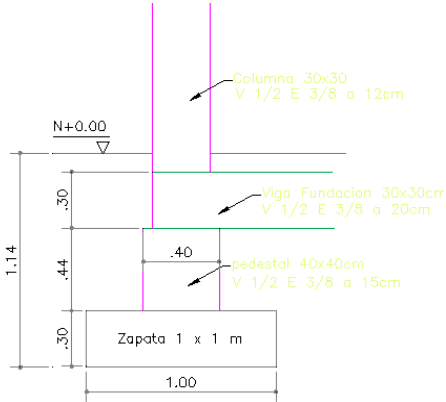
7.1 ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-

De acuerdo con los planos de cimentación y levantamientos de campo suministrados a esta consultoría se tiene que las estructuras existentes se

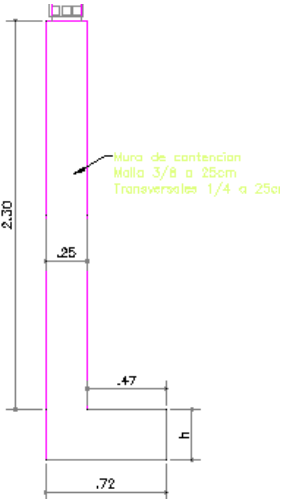
encuentran cimentadas mediante una serie de cimientos superficiales (zapatas aisladas o corridas en concreto reforzado y/o en concreto ciclópeo), apoyados entre 0.20 y 2.60m de profundidad o bien sobre el limo orgánico y/o el relleno de escombros, limo, arena y gravas o bien sobre el limo arcillo arenoso amarillo rojizo y/o carmelito grisáceo, de consistencia blanda a dura que allí se encuentran.

A continuación se describen los diferentes tipos de cimientos para cada una de las estructuras y sus correspondientes dimensiones:

Cimiento aislado



Cimiento corrido



ESTRUCTURA	CIMIENTO	a x b (m)	h (m)	PROFUNDIDAD DE APOYO (m)	
1	Corrido	0.30	0.15	0.60	
3	Corrido	0.30	0.40	0.65	
4	Corrido	0.30	0.40	0.65	
5	Corrido	0.30	0.40	0.65	
16	Aislada	1.00 x 1.00	0.35	2.21	
18	Corrido	0.20	0.20	0.35	
20	Corrido en piedra	0.30	0.30	0.50	
22	Corrido en piedra	0.20	0.25	0.54	
23	Aislada	1.00 x 1.00	1.40	1.40	
24	Corrido	0.20	0.45	0.45	
25	a	Corrido	0.20	0.35	0.35
	b	Corrido	0.20	0.40	0.40
26	Corrido	0.20	0.55	0.75	
27	Corrido en concreto de baja resistencia	0.20	0.20	0.20	
29	Corrido	0.20	0.40	0.40	
31	Corrido	0.20	0.45	0.45	
32	Corrido	0.50	0.44	0.44	
33	Corrido				
34	Corrido	0.20	0.40	0.40	
36	Corrido	0.20	0.35	0.75	
39	Aislada	0.40 x 0.40	0.30	0.60	

42	Aislada	0.90 x 0.90	1.42	1.82
50	Aislada	0.40 x 0.40	0.40	0.70
51	Aislada	1.40 x 1.40	0.40	1.27
52	Corrido	0.30	0.40	0.70
53	Aislada	1.40 x 1.40	0.20	0.95
54	Corrido	0.80	0.50	0.50
55	Aislada	0.50	0.33	0.79
58	Aislada (pedestal)	0.40 x 0.40	1.15	1.75
63	Aislada	1.00 x 1.00	0.30	1.14
64	Aislada	0.92 x 0.92	0.30	1.22
65	Corrido	0.72	0.30	2.60
66	Corrido	0.25	0.25	0.25
67	Corrido	0.30	0.30	0.30
68	Corrido	0.50	0.74	0.74
73	Corrido	0.33	0.66	0.96
75	Corrido	0.20	0.35	1.37
77	Aislada	1.06 x 1.06	0.55	1.02
80	Corrido	0.20	0.55	0.55
81	Aislada	0.50 x 0.50	0.30	0.70

Es importante anotar que a partir de la visita efectuada por parte de esta consultoría se observa que la totalidad de las estructuras se encuentran en buen estado y por tal motivo se ajustan las recomendaciones dadas en versiones de informe anteriores.

De acuerdo con lo anterior y para efectos de análisis se han seleccionado diferentes tipos de cimientos de acuerdo con sus características geométricas, tal como se ilustra en los siguientes cuadros para cimientos aislados y corridos. Se anota que los cimientos analizados se consideran representativos de la totalidad de estructuras:

CIMENTOS AISLADOS			
Cimiento tipo	a x b (m)	Área (m²)	Estructura #
1	1.00 x 1.00	1,00	16 - 23 - 63
2	0.40 x 0.40	0,16	39 - 50 - 58
3	1.40 x 1.40	1,96	51 - 53
4	0.92 x 0.92	0,85	64
5	1.06 x 1.06	1,12	77

CIMENTOS CORRIDOS		
Cimiento tipo	b (m)	Estructura #
6	0.30	1 - 3 - 4 - 5 - 20 - 52 - 67
7	0.20	27
8	0.72	65
9	0.50	68

Con base en las cargas actuales estimadas por esta consultoría a partir de áreas aferentes se tiene que actualmente los cimientos aislados se encuentran dimensionados para trabajar con una presión de contacto variable entre 4.40 y 13.70 Ton/m². Los cimientos corridos se encuentran trabajando a una presión de contacto entre 6.0 y 9.10 Ton/m².

Así mismo y de acuerdo con la resistencia al corte del suelo de cimentación de cada uno de los elementos, se tiene que el estrato sobre el cual se apoyan los cimientos presenta una capacidad portante última variable entre 19.64 y 46.98 Ton/m² para las zapatas aisladas y entre 14.39 y 40.91 Ton/m² para las zapatas corridas. Anexo al presente informe se incluyen las memorias de cálculo.

Es importante anotar que los cálculos de capacidad portante se han efectuado utilizando el programa CBEAR, el cual involucra los parámetros de resistencia al corte del estrato de fundación, el peso unitario, niveles de agua, dimensiones de los cimientos y la profundidad de apoyo, quedando el análisis dentro de lo establecido por la NSR-10. El programa utiliza la metodología de Meyerhof (1963) y de Vesic (1975), cuya ecuación se muestra a continuación:

$$\text{Capacidad portante última}$$

$$q_u = c N_c s_c d_c + q N_q s_q d_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

Donde,

c = Cohesión del suelo de fundación

q = Sobrecarga sobre el terreno

γ = Peso específico del suelo de fundación.

B = Ancho transversal de la cimentación

N_c, N_q, N_γ = Coeficientes dependientes del ángulo de rozamiento

s_c, s_q, s_γ = Factores de forma

$$s_q = 1 + \frac{b}{L} \tan \varphi; \quad s_c = 1 + \frac{N_q b}{N_c L}; \quad s_\gamma \approx 1 - \frac{1}{2}(0.2 + \tan^6 \varphi) \frac{b}{L} \approx 1 - 0.4 \frac{b}{L}$$

d_c, d_q, d_γ = Factores de profundidad

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{b}; \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \tan \varphi}; \quad d_\gamma = 1$$

D es la distancia entre la base de cimentación y la superficie del terreno.

Se anota que los coeficientes y factores de forma y profundidad empleados para el cálculo se ilustran en las memorias de cálculo adjuntas para cada tipo de zapata analizado.

CIMENTOS AISLADOS					
Cimiento tipo	Área (m²)	Presión de contacto - Condición actual (Ton/m²)	Capacidad portante última (T/m²)	Factor de seguridad Condición actual	Capacidad admisible para un FS = 3.0 (T/m²)
1	1,00	4,4	44,69	10,2	14,90
2	0,16	5,9	19,64	3,3	6.50
3	1,96	5,4	39,03	7,3	13.00
4	0,85	8,9	46,98	5,3	15.70
5	1,12	13,7	42,51	3,1	14.20

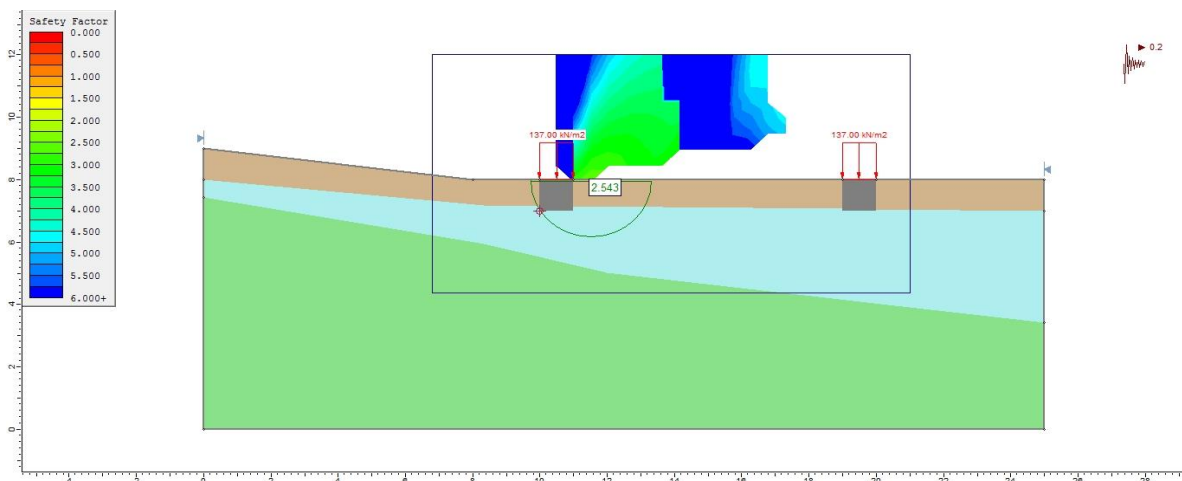
CIMENTOS CORRIDOS					
Cimiento tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición actual (Ton/m²)	Capacidad portante última (T/m²)	Factor de seguridad Condición actual	Capacidad admisible para un FS = 3.0 (T/m²)
6	0,30	6,0	18,5	3,1	6.20
7	0,20	6,0	14,39	2,4	4.80
8	0,72	8,3	25,12	3,0	8.40
9	0,45	9,1	40,91	4,5	13.60

Nota: Los valores de factor de seguridad ilustrados en el cuadro anterior corresponden al factor de seguridad bajo el cual se encuentran trabajando actualmente los cimientos, calculado con la siguiente fórmula:

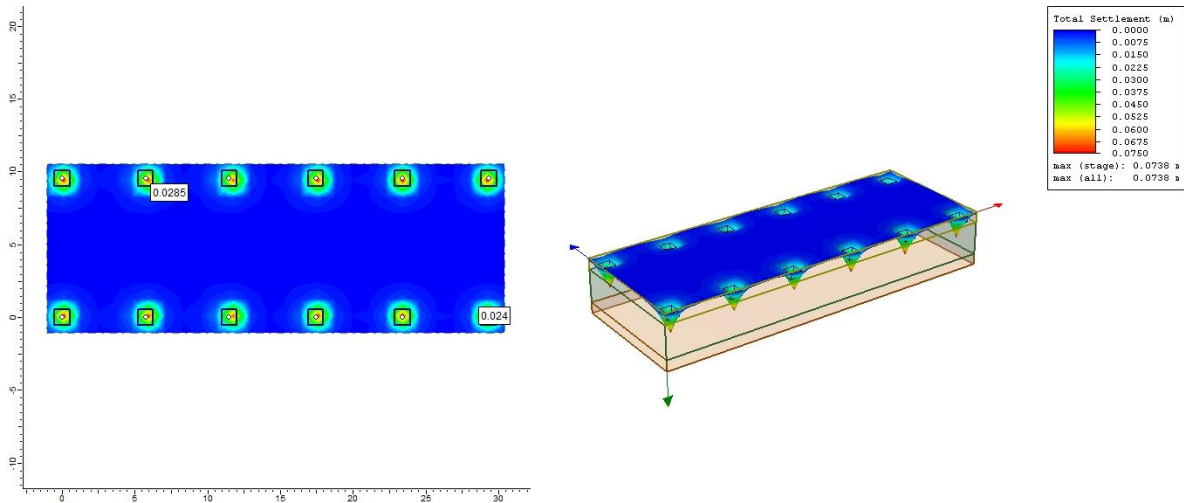
$$FS = \frac{\text{Capacidad portante última}}{\text{Presión de contacto}}$$

A partir de lo anterior se tienen factores de seguridad inaceptables para la condición actual para las zapatas tipo 7, correspondientes a las estructuras No. 27. Para las demás zapatas se consideran aceptables los factores de seguridad obtenidos.

Así mismo a continuación se ilustra el análisis de capacidad portante en la condición sismo para el cimiento aislado tipo 5 obteniendo que el actual factor de seguridad de 3.10 en condición estática alcanzaría un valor de 2.54 ante la eventualidad de sismo de $A_a=0.20g$ (NSR-10) el cual se considera aceptable.



Adicionalmente se tiene que los asentamientos que debió presentar la cimentación durante la construcción de la estructura por efectos de las cargas generadas por ésta debieron alcanzar los 2 a 3cm como se ilustra a continuación:



Los anteriores asentamientos fueron ya desarrollados dada la edad de la estructura.

7.2 COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-

A partir de un incremento estimado del orden del 30% ante cargas de sismo (Hipótesis de sismo) se revisó la condición de trabajo de las zapatas existentes obteniendo lo siguiente:

CIMIENTOS AISLADOS				
Cimiento tipo	Área (m ²)	Presión de contacto - Condición actual + hipótesis de sismo (Ton/m ²)	Capacidad portante última (T/m ²)	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
1	1,00	5,7	44,69	7,9
2	0,16	7,7	19,64	2,6
3	1,96	7,0	39,03	5,6
4	0,85	11,6	46,98	4,0
5	1,12	17,9	42,51	2,4

CIMIENTOS CORRIDOS				
Cimiento tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición actual + hipótesis de sismo (Ton/m ²)	Capacidad portante última (T/m ²)	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
6	0,30	7,8	18,5	2,4
7	0,20	7,8	14,39	1,8
8	0,72	10,8	25,12	2,3
9	0,45	11,8	40,91	3,5

Con base en lo anterior se tienen que las zapatas 7, correspondientes a la estructura No. 27, presentan factores de seguridad inaceptables para la condición actual y ante un eventual sismo. Para los demás cimientos se tienen factores de seguridad aceptables.

8.0 REHABILITACIÓN SÍSMICA DE EDIFICIOS.-

A continuación se revisan las consideraciones tenidas en cuenta para la rehabilitación sísmica de las estructuras de acuerdo con el título H.10 de la NSR-10:

- **Información del suelo de cimentación:**
 - Condiciones del sitio de cimentación: La recopilación de la información de las condiciones del subsuelo, así como la configuración de la cimentación de las estructuras existentes, han sido analizados previamente a lo largo del presente informe.
 - Cargas de diseño de los cimientos: Las cargas descritas para los análisis efectuados han sido estimadas a partir de áreas aferentes. Se debe anotar que el análisis de cargas hace parte del análisis de vulnerabilidad estructural y esta oficina no contó con dicha información, siendo válido y completamente suficiente para el efecto el estimado de cargas realizado.

- **Amenazas sísmicas del sitio:**

- Ruptura de una falla: Las condiciones geológicas generales de la zona de estudio fueron descritas en el numeral 3.0. Es de anotar que en caso de requerirse una descripción geológica específica para la zona del proyecto así como un análisis de riesgos, se deberá efectuar un estudio geológico local el cual no hace parte del alcance del presente estudio.
- Licuación: En el numeral 4.4 del presente informe se efectúan los análisis de licuación de arenas en donde aun cuando los suelos detectados no corresponden a suelos arenosos limpios susceptibles a licuación, se verificó la posibilidad de presentar licuación mediante la velocidad de onda cortante calculada a partir de las correlaciones del ensayo de SPT arrojando un valor promedio de 182 m/s, el cual se comparó con la aceleración horizontal pico efectiva del terreno, ratificando que el estrato de arena no es susceptible a presentar fenómeno de licuación.
- Compactación diferencial: Dado que no existe susceptibilidad a presentarse fenómeno de licuación de acuerdo con los análisis efectuados en el numeral 4.4 del presente informe, así como el rango pequeño de valores de N, se tiene que no se presentará potencial de compactación diferencial de los suelos ante una vibración del terreno.
- Deslizamientos: A partir de la visita efectuada por parte de esta consultoría se observa que la totalidad de las estructuras se encuentran en buen estado sin potenciales importantes de deslizamiento. Lo anterior unido a que el predio se encuentra en una zona urbana ya consolidada. Mayores análisis se encuentran por fuera del alcance del presente informe.
- Avalancha o inundación: A partir de la visita de campo efectuada se tiene que no se anticipan procesos de avalancha o inundación dado que no se

detectaron cuerpos de agua en la zona de influencia del predio. Análisis más detallados se encuentran por fuera del alcance del presente trabajo.

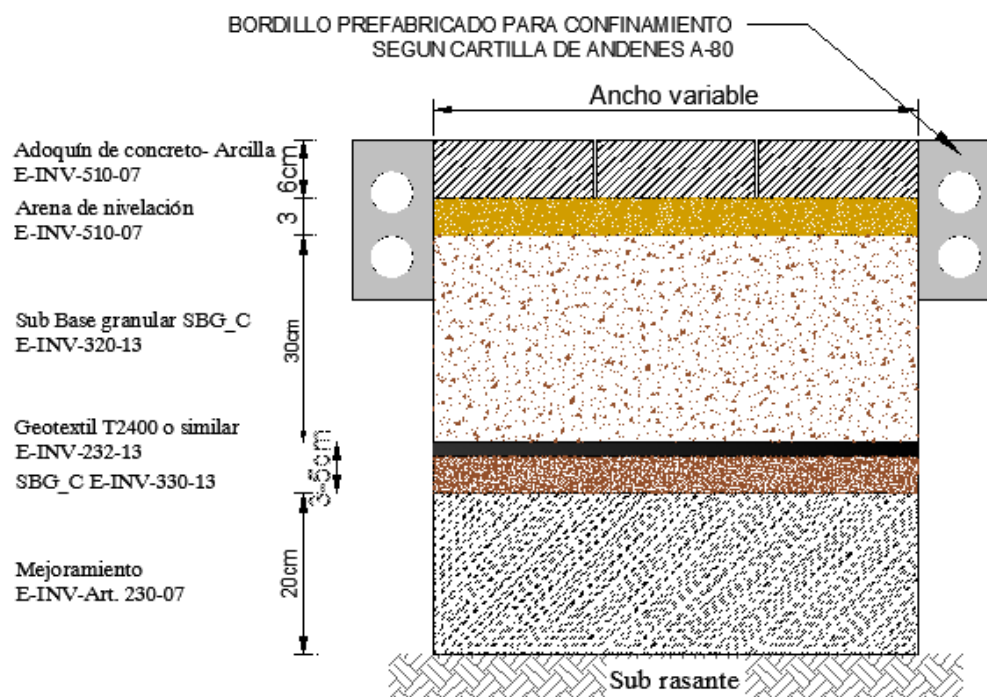
9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-.

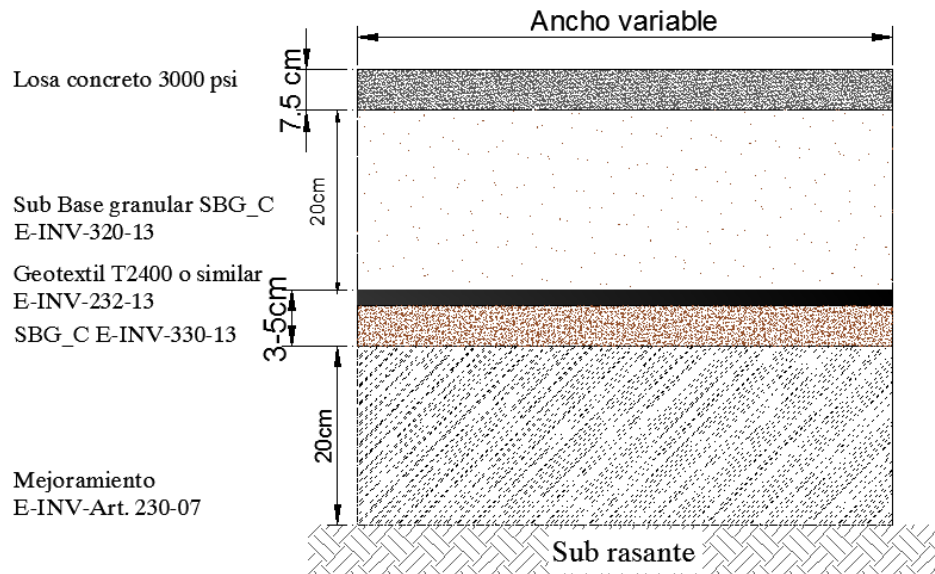
De acuerdo con todo lo anterior a continuación se resumen las principales conclusiones:

- Las estructuras de 1 a 2 pisos existentes se encuentran apoyadas mediante cimientos superficiales tipo zapatas aisladas y/o corridas adecuadas para la época de construcción y el nivel de cargas dado.
- De la información suministrada se tiene que los cimientos presentan dimensiones variables entre 0.40m x 0.40m y 1.40m x 1.40m de lado para los cimientos aislados y entre 0.20m y 0.80m de ancho para cimientos corridos, apoyados a profundidades variables entre 0.20m y 2.60m de profundidad o bien sobre el limo orgánico y/o el relleno de escombros, limo, arena y gravas o bien sobre el limo arcillo arenoso amarillo rojizo y/o carmelito grisáceo, de consistencia blanda a dura que allí se encuentran.
- Es importante anotar que si bien se menciona que dada la profundidad de apoyo de algunos cimientos estos podrían estar sobre el limo orgánico que allí se encuentra, se tiene que la NSR-10 no objeta el apoyo de cimientos en materiales con contenidos orgánicos y esta consultoría también lo considera aceptable.
- Las zapatas aisladas y/o corridas se encuentran actualmente trabajando a una presión de contacto variable entre 4.40 Ton/m² y 13.70 Ton/m².

- Se revisó la condición de los cimientos teniendo en cuenta las cargas actuales obteniendo factores de seguridad inaceptables para los cimientos de la estructura No. 27, los cuales de acuerdo con el levantamiento de campo se encuentran fundidos en concreto de baja resistencia no reforzado, evidenciando un comportamiento deficiente de la cimentación.
- Así mismo se obtuvo factores de seguridad aceptables en condición actual para las demás estructuras.
- Se revisó la condición de los cimientos teniendo en cuenta las cargas actuales y ante hipótesis de sismo obteniendo factores de seguridad inaceptables para los cimientos de la estructura No. 27 y aceptables para las demás estructuras.
- A partir de los análisis de licuación efectuados se tiene que para los suelos detectados, con alto contenido de limo y los cuales no corresponden a suelos arenosos limpios, no se presenta susceptibilidad al fenómeno de licuación.
- Las estructuras No. 33, 34 y 36 se encuentran dentro de la ronda de un río. Así mismo la estructura No. 65 es propensa a inundación, por lo tanto se recomienda la revisión de dichas condiciones por parte de un especialista hidráulico no siendo del alcance geotécnico dicho fenómeno.
- Dada la ausencia de vigas de amarre en las estructuras No. 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 34, 36, 42, 51, 54, 55, 65, 68, 73, 77, 77 y 81 se tiene que el ingeniero estructural deberá tener en cuenta dicha condición en sus modelos.

- Debido a que no se proyectan excavaciones ni taludes permanentes, en el presente informe no se incluyen recomendaciones para la protección de edificaciones vecinas, ni medidas para la estabilización de taludes, ni parámetros para diseño de muros de contención.
- De acuerdo con el levantamiento de campo suministrado se tiene que en inmediaciones de la totalidad de estructuras se encuentran sumideros de drenaje natural. Como recomendación se propone la proyección de andenes perimetrales de 1.50m de ancho, que impidan el paso del agua al suelo de fundación. De acuerdo con el material encontrado en suelo de fundación de la zona del proyecto, se valida cualquiera de las siguientes alternativas para la proyección de dichos andenes:





- **Mejoramiento de la subrasante.**

El mejoramiento se realizará en material de rajón o de subbase con un mínimo de 20 cm. De todas formas su espesor definitivo podrá ser superior de acuerdo con lo establecido en el terreno por el ingeniero geotecnista durante sus visitas.

Con el fin de evitar la contaminación y migración de material en la capas granulares de pavimento se incluye un elemento de separación, para esto se dispondrá de un geotextil tejido T2400 o similar. Si el mejoramiento se realiza con rajón o materiales punzantes, bajo la tela y sobre el material de mejoramiento se dispondrá un relleno de en material de subbase granular tipo SBG-C con el espesor tal que genere una superficie uniforme para el apoyo del geotextil.

Así mismo se tiene que el espesor de sello a colocarse sobre el rajón será tal que llene los vacíos y genere una superficie uniforme para el apoyo del geotextil.

- **Recomendación de los materiales.**

Las recomendaciones que se dan a continuación se basan en el artículo del INVIAS 2007, 2013 y el libro de Ingeniería de pavimentos para carreteras del Ing. Alfonso Montejo Fonseca.

Capa de arena:

La arena que se utilice como material de la capa sobre la cual se van a colocar los adoquines, deberá contener la siguiente curva granulométrica:

Tamiz		% que pasa, en peso
ICONTEC	Alternativo	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No 4	90 - 100
2.36 mm	No 8	75 - 100
1.18 mm	No 16	50 - 95
600 μ m	No 30	25 - 60
300 μ m	No 50	10 - 30
150 μ m	No 100	0 - 15
75 μ m	No 200	0 - 5

Especificaciones del adoquín:

Las especificaciones de los adoquines están regidas por la norma INV-510-07 y NTC 2017.

Subbase granular:

Las características del material de sub-base y base deben estar de acuerdo el capítulo 3 artículo INV-320-13.

Los agregados deberán satisfacer los requisitos indicados en la tabla 320-2 (Subbase granular) de la norma, además deberán ajustar alguna franja granulométrica que se muestra en la tabla 320-3.

La base granular deberá ser de tipo SBG_C con franja granulométrica SBG-38. Granulometría Sub Bases granulares INVIAS 320-2013.

TAMIZ		% PASA SBG			
		INV SBG-50		INV SBG-38	
ICONTEC	Alterno	L. inf	L. sup	L. inf	L. sup
50 mm	2"	100	100		
37.5 mm	1 1/2"	70	95	100	100
25 mm	1"	60	90	75	95
19 mm	3/4"	53	83	65	90
9.5 mm	3/8"	40	70	45	75
4.75 mm	#4	25	55	30	60
2 mm	#10	15	40	20	45
425 um	#40	6	25	8	30
75 um	#200	2	15	2	15

Geotextil:

Siempre es necesario utilizar un geotextil tejido para separar la subrasante de la estructura del pavimento. La función del geotextil, en éste caso, consiste en evitar la migración de materiales finos a las capas granulares de apoyo de la estructura de pavimento. El geotextil que se escoja deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	D 4632	< 50 %	≥ 50 %
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1100	700
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro.	D 6241	2200	

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
valor mínimo (N)			1375
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N) (Nota 1)	D 4533	400	250

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	VMPR
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 1)	D 4491	0.02
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D 4751	0.6
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo (%)	D 4355	50

Nota 1. La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

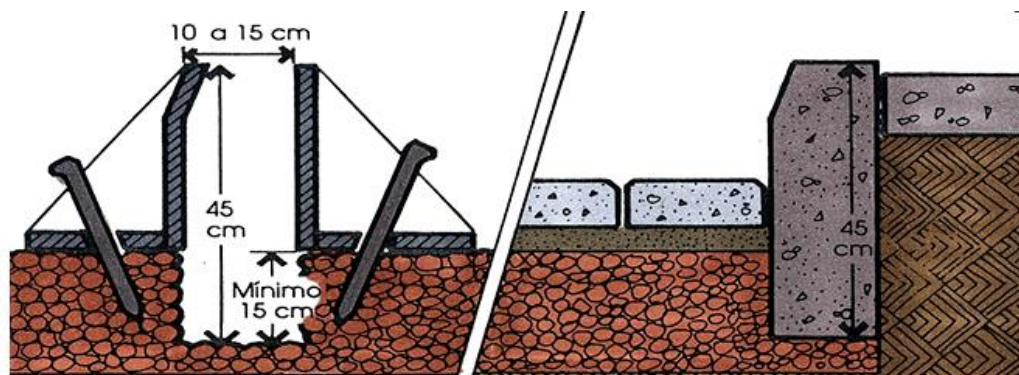
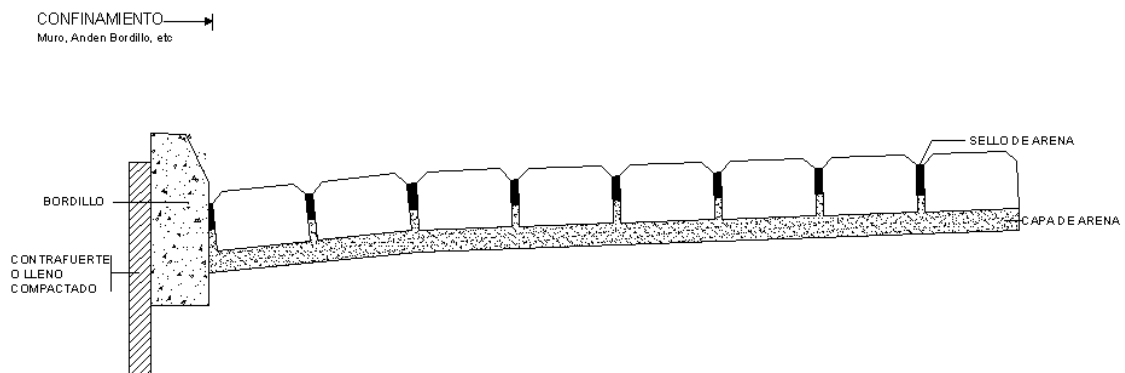
Recomendaciones generales de construcción para la estructura en adoquín

Confinamiento Externo

El confinamiento deberá impedir el desplazamiento lateral de la capa de adoquines debido a los empujes del tráfico peatonal. Es indispensable construir el confinamiento antes de esparcir la capa de arena, para poder colocar ésta y los adoquines dentro de una caja, cuyo fondo sea la base compactada y sus paredes la estructura de confinamiento.

El confinamiento externo está conformado, en general, por: el cordón de un andén, un bordillo contra zona verde o un cordón, a ras contra otro tipo de pavimento. Como estos elementos están en contacto directo con las llantas de los vehículos. Los bordillos vaciados en obra se hacen con formaleta, vibrados y bien acabados. Tienen un espesor de 10 cm para tránsito peatonal, y 45 cm de profundidad, para que penetre 15 cm en la base. Si son prefabricados, necesitan un respaldo firme (andén) o un contrafuerte de concreto.

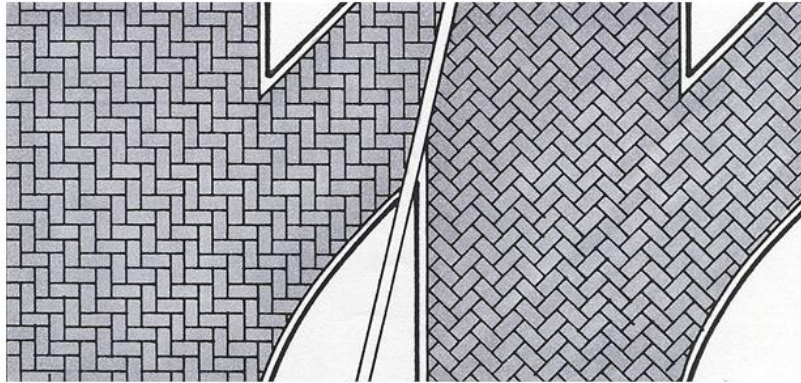
El límite mínimo para el confinamiento será de 10cm. por debajo de la capa de arena, y nunca podrá estar a menos de 3cm del nivel de acabado del piso fino. A continuación se ilustran los esquemas del confinamiento.



Esquemas de confinamiento para el adoquín.

Patrón de colocación

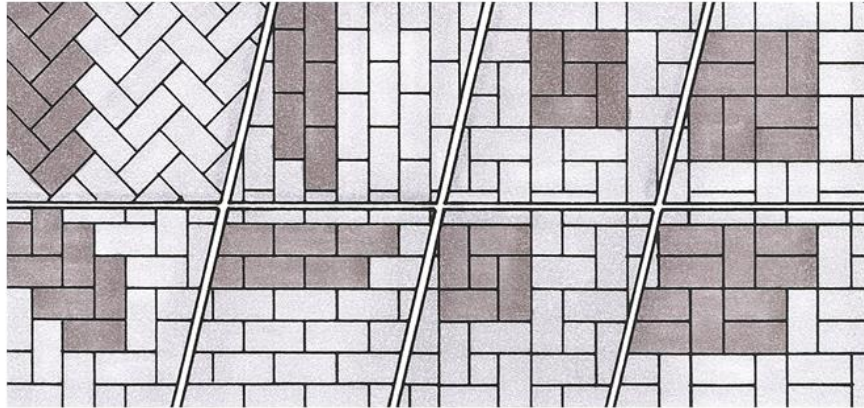
En cuanto al patrón de colocación de los adoquines se tiene que los adoquines rectangulares se colocarán preferiblemente en espina de pescado, pueden ir alineado con el eje de la vía o inclinada, sin cambio en curvas o esquinas. El esquema se observa a continuación:



Esquema de colocación de los adoquines en espina de pescado

Este patrón se considera como universal e isotrópico, es decir, no importa cómo vaya colocado sobre el plano, nunca deja juntas continuas de más de 300 mm. Por lo general se coloca alineado a 45° con respecto al eje de la vía. Como principio de colocación, las unidades siempre se deben colocar de a dos y de lado.

Aquellos adoquines que siendo casi rectangulares no lo permiten, se colocarán en sentido perpendicular al sentido de circulación. Los adoquines cuadrados y hexagonales sólo son aconsejables para tráfico peatonal, pues tienden a rotar. En pavimentos peatonales los despieces no están sujetos a ningún tipo de restricción, los esquemas de colocación se ilustran a continuación:



Esquema de colocación de los adoquines para vías peatonales.

La instalación se completa con las piezas necesarias para ajustar el despiece en los espacios libres contra confinamientos. No podrán usarse piezas menores a 1/4 de adoquín y en su reemplazo podrá utilizarse un mortero de arena.

Recomendaciones generales para la construcción de la estructura granular.

La subrasante se compactará con un vibrocompactador cuyo peso estático no exceda 3 T. Un mayor peso del equipo podrá producir en los suelos fallas por capacidad portante y el remoldeo del suelo.

La subrasante de la estructura del pavimento deberá ser aprobada por un ingeniero geotecnista.

Los materiales a utilizar deberán cumplir con la norma especificada.

La subbase se compactará en capas de máximo 15 cm hasta alcanzar una densidad mínima del 95% del ensayo proctor modificado o en todo caso la exigida por la norma. La densidad se verificará en un punto cada 200 m².

Con el objeto de controlar el grado de compactación se harán antes de iniciar la construcción de la estructura granular un mínimo de 3 ensayos proctor sobre el material a utilizar.

- Finalmente y dado los factores de seguridad inadmisibles en condición actual para los cimientos de la estructura No. 27 y del levantamiento de campo donde se observa un comportamiento deficiente dichos cimientos, se tiene que los elementos deberán ser reforzados de acuerdo con las recomendaciones establecidas en el siguiente numeral.
- Los análisis de estabilidad de taludes adyacentes a edificaciones no hacen parte del alcance del presente informe.
- Es importante anotar que a partir de la visita efectuada por parte de esta consultoría se observa que la totalidad de las estructuras se encuentran en buen estado y por tal motivo se ajustan las recomendaciones dadas en versiones de informe anteriores

9.1 REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS.-

Teniendo en cuenta la recomendación de reforzar los cimientos de la estructura No. 27 y dado el análisis efectuado y en todo caso para aquellos elementos que del análisis estructural surja la necesidad de reforzar, dicho refuerzo se efectuará mediante el recalce de las zapatas incrementando el área de contacto de las mismas. Los recalces o nuevos cimientos se proyectarán a partir de los siguientes parámetros:

- a) El área final de las zapatas se dimensionará para una presión de contacto máxima de $P = 5.0 \text{ ton/m}^2$.

- b) El diseño de reforzamiento deberá incluir la revisión del amarre de los cimientos mediante vigas de amarre proyectadas para trasladar un 10% de la carga dada a los cimientos vecinos.
- c) Los asentamientos previstos podrán alcanzar valores hasta de 3cm a desarrollarse durante la transferencia de cargas.
- d) Finalmente y de considerarse constructivamente preferible podrían amarrarse las columnas existentes mediante una losa maciza proyectada con un área igual a la proyección del piso tipo y un módulo de reacción del subsuelo K_s de 2366 ton/m³.

10.0 PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO.-

De acuerdo con la NSR-10 y el Decreto 092 de Enero 17 de 2011 se tiene que el suelo de este proyecto es tipo **D**.

Lo anterior teniendo en cuenta la tabla A.2.4-1 en donde clasifican como tipo D aquellos suelos con un valor de N ponderado entre 15 y 50 golpes/pie y/o con un valor de resistencia al corte (S_u) entre 0.50 y 1.00 Kg/cm².

Para el presente caso se tiene que se obtuvo rechazo en 14 de las 23 perforaciones efectuadas, a 2.0/6.0m de profundidad, con valores de N hasta de 14 golpes para 3". Así mismo de acuerdo con las lecturas del penetrómetro manual tomadas en campo en los sondeos No. 19, 20, 21 y 22, se obtienen valores de resistencia al corte entre 1.00 y 2.75 Kg/cm².

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que según la NSR-10 el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30.0m superiores del perfil, en donde en el presente caso se obtuvo rechazo a 2.0/6.0m de

profundidad, el suelo clasifica como tipo D con los siguientes parámetros de diseño sísmico:

$$A_a = 0.20 \qquad F_a = 1.40$$

$$A_v = 0.25 \qquad F_v = 1.90$$

11.0 OBSERVACIONES FINALES.-

Las recomendaciones aquí incluidas se basan en el proyecto y estratigrafía descritos. De presentarse alguna variación se deberá dar aviso a esta oficina para tomar las medidas pertinentes.

Sin pormenores para más, nos suscribimos de ustedes.

Atentamente,

E Y R ESPINOSA Y RESTREPO S.A.



Ing. Carlos Restrepo G.
Matrícula No. 2520222127
AYR/cmc



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

ANEXOS

- CERTIFICADOS DE PAZ Y SALVO
- CARTA RESPONSABILIDAD
- IMPLANTACION GENERAL
- PERFORACIONES: LOCALIZACION Y REGISTROS
- MEMORIAS DE CALCULO
- CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS
- ARTICULO DE LICUACION
- CARTA APROBACION PLANOS REFORZAMIENTO EN CIMENTACION



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

CERTIFICADOS DE PAZ Y SALVO

PAZ Y SALVO

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Certifica que:

El Consorcio SENA II FASE con NIT. 900.755.261-0 en ejecución del contrato 786 de 2014 y a través de la comisión liderada por Juan Edelcoro Arenas, adelantó los trabajos de estudios de suelos en esta sede y realizó las reparaciones en los sitios en los que se hicieron la muestras.

Igualmente cumplió con las normas de seguridad industrial, utilizando los EPP necesarios para la protección del personal de trabajo.

Con lo anterior se reciben a satisfacción los trabajos realizados por el Consorcio SENA II FASE en la sede Centro de los recursos Naturales Reuon Laxalada

Se firma a los 1 () del mes de octubre del 2014.

Juan Edelcoro Arenas

Firma arquitecto encargado o director de la sede del SENA

Nombre Juan Gabriel Edelcoro Arenas

Cargo Admon.



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Bogotá D.C., Enero 16 de 2015
EYR S 13502 – La Salada

Doctora
GABRIELA MENDEZ
Ciudad

Apreciados Señores:

Yo, **CARLOS JAIME RESTREPO GARCIA**, Ingeniero Civil identificado con Cédula de Ciudadanía No 79.154.926 de Bogotá y Matrícula profesional No.2520222127, expedida por el Consejo Nacional de Ingeniería y Arquitectura de Cundinamarca.

CERTIFICO QUE: El estudio entregado correspondiente a la revisión de las cimentaciones de las estructuras existentes en donde actualmente funciona el **CENTRO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA – SENA (Código 9101)** ubicado en el municipio de Caldas (Antioquia), ha sido efectuado mediante las perforaciones aprobadas por la interventoría, la exploración de cimentación suministrada a esta consultoría y ensayos de laboratorio suficientes para determinar el comportamiento geomecánico, asumiendo la responsabilidad por los análisis numéricos realizados.

Cordialmente;



CARLOS RESTREPO G.
Tarjeta Profesional No. 2520222127
CRG/fh

REPUBLICA DE COLOMBIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería
y Arquitectura



MATRÍCULA No. 2520222127CND

Ingeniero Civil

APELLIDOS

Restrepo Garcia

NOMBRES

Carlos Jaime

C.C. 79.154.926

UNIVERSIDAD
De Los Andes

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Oscar Villegas".

Presidente del Consejo



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

IMPLANTACION GENERAL







CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

PERFORACIONES: LOCALIZACION Y REGISTROS



REGISTRO DE PERFORACIÓN /03



Proyecto: <u>CENTRO DE RECURSOS NATURALES</u>	Cliente: <u>SENA</u>	EYR-S: <u>13502</u>	SONDEO: <u>1</u>
<u>RENOVABLES LA SALADA.</u>	Fecha inicio: <u>18/09/2014</u>	Fecha Fin: <u>18/09/2014</u>	
Equipo: <u>Barreno</u>	Perforador: <u>Luis Julio</u>	NIVEL DEL AGUA (m)	
Profundidad: <u>2.0m</u>		Cota Inicio: _____	
Coordenadas:		DIA	HORA
Norte: _____		18	9:00
Este: _____		PROF	DIA
		0,5	HORA
		PROF	PROF

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
0,5	1-A										Capa vegetal.
											Limo orgánico de color carmelito oscuro con raíces.
1,0	2-A				0	0	1				Arcilla areno limosa con raíces y vetas de oxidación, de consistencia muy blanda.
1,5											
2,0	3-A				3	5	6/1"				Arena arcillosa de color gris con vetas verdes y de oxidación, con gravas pequeñas y de densidad suelta.

OBSERVACIONES: Se obtuvo rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /03



Proyecto: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 2
Fecha inicio: 18/09/2014		Fecha Fin: 18/09/2014	
Equipo: Barreno		Perforador: Luis Julio	
Profundidad: 2.0m		Cota Inicio:	

NIVEL DEL AGUA (m)					
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
18	12:00	1,6			

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
0,5	1-A	[Perfil visual]									Limo orgánico de color carmelito oscuro con raíces.
1,0	2-A				1	1	9				Limo arcillo arenoso con vetas de oxidación y raíces, de consistencia dura.
1,5	3-A				3	2	6/1"				Arena de grano fino arcillo limosa de color carmelito con vetas grises y de oxidación, con gravas pequeñas y de densidad muy suelta.
2,0											

OBSERVACIONES: Se obtuvo rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



Proyecto / Ciudad:	CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.	Cliente:	SENA	EYR-S:	13502	SONDEO:	3		
		Fecha inicio:	19/10/2014	Fecha Fin:	19/10/2014				
Equipo:	Barreno	Perforador:	Luis Julio	NIVEL DEL AGUA (m)					
				DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
				No se detectó nivel de agua					
Profundidad:	3 m	Cota Inicio:		Coordenadas:					
				Norte:					
				Este:					

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
	1-A										Capa vegetal.
1	2-A				1	1	1				Limo orgánico arcilloso con raíces, de color carmelito oscuro.
2	3-A				2	5	6				Arena de grano fino y medio arcillosa, con gravas pequeñas, con oxidaciones y vetas amarillentas, de densidad suelta a media
3	4-A				2	9	6/1"				

OBSERVACIONES: _____ Se obtuvo rechazo _____

CONVENCIONES

TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
	TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /03



Proyecto: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 4
Fecha inicio: 19/09/2014	Fecha Fin: 19/09/2014		
Equipo: Barreno	Perforador: Luis Julio	NIVEL DEL AGUA (m)	
		DIA	HORA
		PROF	DIA
		HORA	PROF
		No se detectó nivel de agua	
Profundidad: 2.0m	Cota Inicio:	Norte:	Este:

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
0,5	1-A										Capa vegetal.
1,0	2-A				1	1	1				Limo orgánico de color carmelito oscuro, con raíces y vetas de oxidación.
1,5	3-A				4	8	14/5"				Arcilla areno limosa de color habano con vetas verdosas y de oxidación, con raíces y de consistencia muy blanda.
2,0											Arena de color gris claro y habano con gravas pequeñas y de densidad compacta.

OBSERVACIONES: Se obtuvo rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04


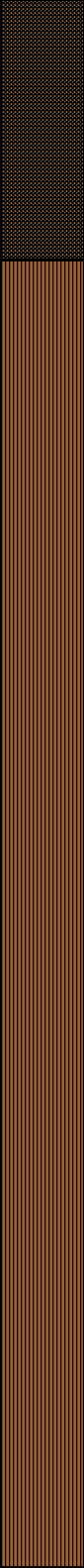


Proyecto / Ciudad: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 5																														
Equipo: Barreno	Perforador: Luis Julio	Fecha inicio: 20/09/2014 Fecha Fin: 20/09/2014																															
Profundidad: 8 m	Cota Inicio:	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="6">NIVEL DEL AGUA (m)</th> </tr> <tr> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> </tr> <tr> <td colspan="6">No se detectó nivel de agua</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>		NIVEL DEL AGUA (m)						DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF	No se detectó nivel de agua																	
NIVEL DEL AGUA (m)																																	
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF																												
No se detectó nivel de agua																																	
Coordenadas: Norte: _____ Este: _____																																	

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
1	1-A										Relleno arenoso de color carmelito con material de construcción con raíces.
	2-A				4	5	6				
	3-A				4	5	7				
2	4-A				4	6	9				Arena fina limosa de color amarillo con vetas carmelitas, con gravas, de densidad suelta a media.
	5-A				4	5	7				
3	6-A				6	9	14				Arena de grano fino arcillosa de color carmelito claro y habano, de densidad compacta.
	7-A				7	11	14				
	8	7-A									

OBSERVACIONES: _____

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04															
Proyecto / Ciudad:		CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.			Cliente:		SENA		EYR-S:	13502	SONDEO:	6			
Equipo:		Barreno			Perforador:		Luis Julio		Fecha inicio: 21/09/2014 Fecha Fin: 21/09/2014						
Profundidad:		4,2 m.			Cota Inicio:				Nivel del Agua (m) DIA HORA PROF DIA HORA PROF No se detectó nivel de agua						
Coordenadas:					Norte:		Este:								
Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN				
					15 cm	15 cm	15 cm								
	1-A										Relleno de limo areno arcilloso de color carmelito, con gravas y raíces.				
1	2-A				3	5	3				Limo arcillo arenoso de color amarillo rojizo con gravas pequeñas, de consistencia firme.				
2	3-A				2	2	3				Limo arenoso de color carmelito con vetas negras, con gravas y de consistencia medio firme.				
3	4-A				2	2	2				Limo arcillo arenoso de color carmelito amarillento, con turba y gravas pequeñas, de consistencia blanda a firme.				
4	5-A				3	3	4								
OBSERVACIONES: _____															
CONVENCIONES										<table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td>TIPO DE MUESTRA</td> <td>A ALTERADA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TS INALTERADA</td> </tr> </table>		TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA		TS INALTERADA
TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA														
	TS INALTERADA														

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



INGENIERIA DE SUELOS

Proyecto / Ciudad:	CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA.	Cliente:	SENA	EYR-S:	13502	SONDEO:	7		
Fecha inicio:	22/09/2014	Fecha Fin:	22/09/2014						
Equipo:	Barreno	Perforador:	Luis Julio	NIVEL DEL AGUA (m)					
				DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
				No se detectó nivel de agua					
Profundidad:	2,4 m.	Cota Inicio:							
				Norte:					
				Este:					

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
1	1-A										Limo orgánico arenoso de color carmelito oscuro con raíces y gravas pequeñas.
	2-A				2	3	4				Limo arcilloso de color amarillo con vetas grises, con raíces y de consistencia firme.
2	3-A				3	4	4				
	4-A				14	14/2"					

OBSERVACIONES: _____ Se obtuvo rechazo _____

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



Proyecto / Ciudad: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 8
Fecha inicio: 23/09/2014		Fecha Fin: 23/09/2014	
Equipo: Barreno		Perforador: Luis Julio.	
Profundidad: 5,5 m.		Cota Inicio:	
Coordenadas:		NIVEL DEL AGUA (m)	
Norte:		DIA	HORA
Este:		PROF	DIA
		HORA	PROF
		No se detectó nivel de agua	

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
1	1-A	Perfil de perforación con muestra alterada (A) y muestra inalterada (TS)									Relleno de limo orgánico de color carmelito, con raíces y vetas amarillas, de consistencia firme.
	2-A				3	4	5				
2	3-A										Limo areno arcilloso de color carmelito con vetas amarillas y de oxidación.
	4-A						2	2	4		Limo arcillo arenoso de color amarillo con gravas de cuarzo de 1 1/2" con vetas grises y de oxidación, de consistencia firme.
3	5-A						4	3	6		Limo areno arcilloso de color carmelito oscuro con vetas amarillas, con grava pequeñas de arenisca, de consistencia firme.
	6-A						3	3	4		
4	7-A						7	6	8		Arena limo arcillosa de color carmelito con vetas amarillas, con gravas pequeñas y pintas de talco, de densidad suelta.
5	8-A						9/1"				

OBSERVACIONES: Se obtuvo rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /03



Proyecto: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 9																														
Fecha inicio: 24/09/2014		Fecha Fin: 24/09/2014																															
Equipo: Barreno		Perforador: Luis Julio																															
Profundidad: 2.0m		Cota Inicio:																															
Coordenadas:		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th colspan="6">NIVEL DEL AGUA (m)</th> </tr> <tr> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> </tr> <tr> <td colspan="6">No se detectó nivel de agua</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		NIVEL DEL AGUA (m)						DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF	No se detectó nivel de agua																	
NIVEL DEL AGUA (m)																																	
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF																												
No se detectó nivel de agua																																	
Norte:		Este:																															

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
0,5	1-A										Limo orgánico arenoso de color carmelito, con gravas y raíces.
1,0	2-A										
1,5	3-A					9					Arena de grano fino limosa de color gris con vetas verdes, con gravas de 1", de densidad media.
2,0					9	9/1"					

OBSERVACIONES: Se obtuvo rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04




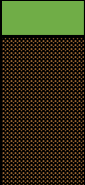
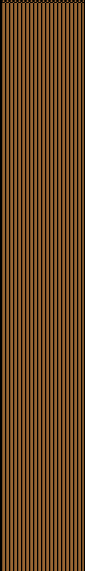
Proyecto / Ciudad: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 10
Fecha inicio: 24/09/2014	Fecha Fin: 24/09/2014		
Equipo: Barreno	Perforador: Luis Julio	NIVEL DEL AGUA (m)	
Profundidad: 2,1 m. Cota Inicio: _____		Coordenadas:	
		Norte: _____	
		Este: _____	


Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
	1-A										Capa vegetal.
1	2-A				1	1	1				Limo orgánico arenoso de color carmelito con vetas amarillas, con raíces y gravas.
2	3-A				5	9/3"					Limo arcillo arenoso de color carmelito con vetas amarillas, con gravas pequeñas, de consistencia muy blanda a dura.

OBSERVACIONES: _____ Se obtuvo rechazo _____

CONVENCIONES

TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
	TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04																														
Proyecto / Ciudad:		CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.			Cliente:		SENA		EYR-S:	13502	SONDEO:	11																		
Fecha inicio:		24/09/2014			Fecha Fin:		24/09/2014																							
Equipo:		Barreno			Perforador:		Luis Julio		NIVEL DEL AGUA (m)																					
Profundidad:		4,2 m.			Cota Inicio:				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> </tr> <tr> <td>24</td> <td>5:00</td> <td>1,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF	24	5:00	1,8									
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF																									
24	5:00	1,8																												
Coordenadas:		Norte:		Este:																										
Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN																			
					15 cm	15 cm	15 cm																							
1	1-A										Capa vegetal.																			
	2-A				1	1	1				Relleno limo arenoso de color carmelito con gravas de 6"																			
2	3-A				3	6	8				Limo areno arcilloso de colores verde, amarillo, gris y carmelito, con gravas pequeñas, de consistencia dura.																			
	4-A				3	5	5				Limo arcillo arenoso de color carmelito brillante, con gravas pequeñas, de consistencia dura a firme.																			
3					2	2	2																							
	5-A				3	3	4																							
4																														
OBSERVACIONES: _____																														
CONVENCIONES <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TIPO DE MUESTRA</td> <td>A ALTERADA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TS INALTERADA</td> </tr> </table>												TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA		TS INALTERADA															
TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA																													
	TS INALTERADA																													

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04																																		
Proyecto / Ciudad: <u>CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.</u>				Cliente: <u>SENA</u>			EYR-S: <u>13502</u>	SONDEO: <u>12</u>																										
Equipo: <u>Barreno</u>				Perforador: <u>Luis Julio</u>			Fecha inicio: <u>25/09/2014</u> Fecha Fin: <u>25/09/2014</u>																											
Profundidad: <u>4,5 m.</u>				Cota Inicio: _____			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">NIVEL DEL AGUA (m)</th> </tr> <tr> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>12:00</td> <td>1,5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NIVEL DEL AGUA (m)						DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF	25	12:00	1,5									
NIVEL DEL AGUA (m)																																		
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF																													
25	12:00	1,5																																
										Coordinadas: Norte: _____ Este: _____																								
Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN																							
					15 cm	15 cm	15 cm																											
1	1-A										Capa vegetal.																							
											Limo orgánico arenoso de color carmelito con raíces.																							
											Limo arcillo arenoso de color habano amarillento, con gravas de 4" y 5".																							
1	2-A				1	1	1				Arena limo arcillosa de grano grueso y medio, de color habano grisoso con vetas brillantes y carmelitas, de consistencia muy blanda.																							
2	3-A				2	3	5				Arena de grano fino y medio de color gris claro, con gravas de cuarzo pequeñas, de densidad muy suelta.																							
3	4-A				6	7	9				Arena limosa de color carmelito con vetas grises, con gravas pequeñas, de densidad media a compacta.																							
4	5-A				6	11	14																											
OBSERVACIONES: _____																																		
										CONVENCIONES <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TIPO DE MUESTRA</td> <td>A ALTERADA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TS INALTERADA</td> </tr> </table>		TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA		TS INALTERADA																			
TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA																																	
	TS INALTERADA																																	

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



Proyecto / Ciudad: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBABLES LA SALADA. **Ciudad:** RENOVBABLES LA SALADA. **Cliente:** SENA **EYR-S:** 13502 **SONDEO:** 13
Fecha inicio: 25/09/2014 **Fecha Fin:** 25/09/2014

Equipo: Barreno **Perforador:** Luis Julio **Profundidad:** 5 mts **Cota Inicio:** _____
 Coordenadas: Norte: _____ Este: _____

NIVEL DEL AGUA (m)					
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
No se detectó nivel de agua					

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
1	1-A										Capa vegetal.
	2-A										2
2	3-A				2	2	2				Arena gruesa limo arcillosa de color amarillo con vetas de oxidación, con gravas pequeñas, de consistencia medio firme a firme.
3	4-A										
4	5-A				3	5	7				Arena de grano fino, medio y grueso, limosa de color habano verdoso, con gravas de cuarzo pequeñas, de densidad dura.
	6-A										

OBSERVACIONES: _____ Se obtuvo rechazo

CONVENCIONES

TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
	TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



Proyecto / Ciudad: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBLES LA SALADA. **Ciudad:** RENOVBLES LA SALADA. **Cliente:** SENA **EYR-S:** 13502 **SONDEO:** 14
Fecha inicio: 26/09/2014 **Fecha Fin:** 26/09/2014

Equipo: Barreno **Perforador:** Luis Julio **NIVEL DEL AGUA (m):**
 Coordenadas:

DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
26	10:00	1,3			

Profundidad: 4 m **Cota Inicio:** Norte: Este:

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
1	1-A										Capa vegetal.
	2-A				1	1	1				Limo orgánico de color carmelito oscuro, con raíces.
2	3-A				1	1	1				Limo areno arcilloso de color gris verdoso, de consistencia muy blanda a blanda.
	4-A				4	1	2				
3	5-A				3	4	6				Arena fina limosa de color gris claro con vetas verdes, con gravas de cuarzo brillante, de densidad suelta.
	6-A				5	5	5				

OBSERVACIONES: _____

CONVENCIONES

TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
	TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



Proyecto / Ciudad:	CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.	Cliente:	SENA	EYR-S:	13502	SONDEO:	15		
		Fecha inicio:	26/09/2014	Fecha Fin:	26/09/2014				
Equipo:	Barreno	Perforador:	Luis Julio	NIVEL DEL AGUA (m)					
				DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
				No se detectó nivel de agua					
Profundidad:	6 mts	Cota Inicio:		Coordenadas:					
				Norte:					
				Este:					

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
	1-A										Relleno de concreto con arena y gravas de 4".
1	2-A				1	2	2				Limo arcillo arenoso de color carmelito claro con vetas amarillas, con gravas, de consistencia medio firme.
2	3-A				1	2	2				Limo areno arcilloso de color amarillo con vetas habanas, con gravas pequeñas, de consistencia medio firme.
3	4-A				3	3	4				
4	5-A				7	9	10				
5	6-A				7	9	9				Arena limo arcillosa de grano fino, de color amarillo con vetas habanas, con gravas pequeñas, de densidad suelta a compacta.
6	7-A				6	9	14				

OBSERVACIONES: Rebota la pesa. Rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /03



Proyecto: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 16
Fecha inicio: 27/09/2014		Fecha Fin: 27/09/2014	
Equipo: Barreno		Perforador: Luis Julio	
Profundidad: 2.0m		Cota Inicio:	

NIVEL DEL AGUA (m)					
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
No se detectó nivel de agua					

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
0,5	1-A										Capa vegetal.
1,0	2-A				1	2	3				Relleno areno arcilloso con raíces de color carmelito oscuro, con gravas pequeñas.
1,5											Limo arenoso de color carmelito con gravas pequeñas y raíces, de consistencia medio firme.
2,0	3-A				6/0"						Limo areno arcilloso de color carmelito amarillento, con gravas pequeñas, de consistencia firme.

OBSERVACIONES: Rebota la pesa. Rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /03



Proyecto: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 17
Fecha inicio: 27/09/2014		Fecha Fin: 27/09/2014	
Equipo: Barreno		Perforador: Luis Julio	
Profundidad: 2.0m		Cota Inicio:	

NIVEL DEL AGUA (m)					
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
No se detectó nivel de agua					

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
0,5	1-A										Relleno areno limoso de color carmelito, con gravas.
1,0	2-A				2	3	4				Limo arenoso de color carmelito con vetas grises y de oxidación, con gravas pequeñas, de consistencia firme.
1,5	3-A				11/4"						Limo arcilloso de color carmelito con vetas grises y amarillentas, con gravas pequeñas y raíces, de consistencia dura.
2,0											

OBSERVACIONES: Rebota la pesa. Rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /03



Proyecto: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 18
Fecha inicio: 27/09/2014		Fecha Fin: 27/09/2014	
Equipo: Barreno	Perforador: Luis Julio	NIVEL DEL AGUA (m)	
Coordenadas:		No se detectó nivel de agua	
Profundidad: 2.0m	Cota Inicio:	Norte:	Este:

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
0,5	1-A	[Perfil de perforación]									Capa de asfalto de 0,1 m.
1,0	2-A			1	2	3					Limo areno arcilloso de color carmelito con gravas de 3" y 4".
1,5											
2,0	3-A				4	14/4"					Limo arenoso de color carmelito claro con vetas verdosas y de oxidación, con gravas pequeñas, de consistencia dura.

OBSERVACIONES: Rebota la pesa. Rechazo

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



Proyecto / Ciudad:	CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBLES LA SALADA.	Cliente:	SENA	EYR-S:	13502	SONDEO:	19		
		Fecha inicio:	27/09/2014	Fecha Fin:	27/09/2014				
Equipo:	Barreno	Perforador:	Luis Julio	NIVEL DEL AGUA (m)					
				DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF
				No se detectó nivel de agua					
Profundidad:	3 m	Cota Inicio:		Coordenadas:					
				Norte:					
				Este:					

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
	1-A										Relleno de limo arenoso de color carmelito oscuro, con material de construcción, con gravas y raíces.
1	2-A				2	3	4			1,00	Limo arcillo arenoso de color carmelito y gris verdoso con vetas de oxidación, de consistencia firme.
2	3-A				3	3	8				Limo areno arcilloso de color carmelito claro con vetas amarillas, verdes y de oxidación, con gravas pequeñas y de consistencia dura.
3	4-A				3	3	11				

OBSERVACIONES: Rebota la pesa. Rechazo

CONVENCIONES

TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
	TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04




Proyecto / Ciudad:	CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBLES LA SALADA.	Cliente:	SENA	EYR-S:	13502	SONDEO:	20
Fecha inicio:	28/09/2014	Fecha Fin:	28/09/2014				
Equipo:	Barreno	Perforador:	Luis Julio				
Profundidad:	8 m	Cota Inicio:					
				NIVEL DEL AGUA (m)			
				DIA	HORA	PROF	DIA
				28	4:00	5	
				Coordenadas:			
				Norte: _____			
				Este: _____			


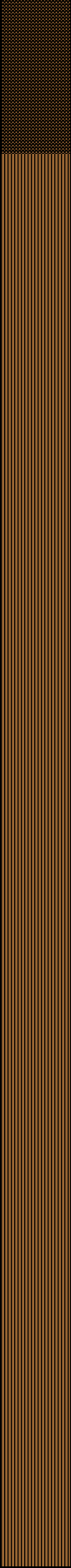
Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
	1-A										Capa vegetal.
1	2-A				1	1	2			1.50	Relleno de limo arenoso de color carmelito, con material de construcción y raíces.
2	3-A				2	3	4				Limo areno arcilloso de color carmelito claro, de consistencia dura.
3	4-A				3	3	5				Limo areno arcilloso de color carmelito y amarillo, con gravas pequeñas y de consistencia firme.
4	5-A				3	4	5				
5	6-A				4	5	7				
6											
7											
8	7-A				4	6	8				Arena fina limosa de color carmelito claro con vetas habanas, negras y rojas, de consistencia firme a dura.

OBSERVACIONES: _____

CONVENCIONES

TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
	TS INALTERADA

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04															
Proyecto / Ciudad:		CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.			Cliente:			SENA		EYR-S:	13502	SONDEO:	21		
Fecha inicio:		29/09/2014			Fecha Fin:		29/09/2014								
Equipo:		Barreno			Perforador:		Luis Julio		NIVEL DEL AGUA (m)						
Profundidad:		4,2 m.			Cota Inicio:				DIA		HORA		PROF		
									No se detectó nivel de agua						
									Norte:						
									Este:						
Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN				
					15 cm	15 cm	15 cm								
	1-A										Capa vegetal.				
1	2-A				1	1	2				Relleno de limo orgánico de color carmelito oscuro y escombros.				
2	3-A				2	2	3		2,00		Limo areno arcilloso de color carmelito con vetas carmelitas claras, de consistencia dura.				
3	4-A				4	7	9				Limo areno arcilloso de color carmelito claro con vetas negras, con gravas pequeñas, de consistencia medio firme a dura.				
4	5-A				5	7	6								
OBSERVACIONES: _____															
CONVENCIONES <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">TIPO DE MUESTRA</td> <td style="padding: 2px;">A ALTERADA</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">TS INALTERADA</td> </tr> </table>												TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA		TS INALTERADA
TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA														
	TS INALTERADA														

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04																																		
Proyecto / Ciudad: <u>CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVIABLES LA SALADA.</u>			Cliente: <u>SENA</u>			EYR-S: <u>13502</u>	SONDEO: <u>22</u>																											
Fecha inicio: <u>29/09/2014</u>			Fecha Fin: <u>29/09/2014</u>																															
Equipo: <u>Barreno</u>			Perforador: <u>Luis Julio</u>			NIVEL DEL AGUA (m)																												
			Cota Inicio: _____			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>PROF</th> </tr> <tr> <td>29</td> <td>3:00</td> <td>2,5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>5:00</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF	29	3:00	2,5				29	5:00	4									
DIA	HORA	PROF	DIA	HORA	PROF																													
29	3:00	2,5																																
29	5:00	4																																
Profundidad: <u>5 mts</u>			Este: _____																															
Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN																							
					15 cm	15 cm	15 cm																											
1	1-A										Relleno areno limoso de color carmelito con gravas pequeñas.																							
	2-A			2	2	1					Limo arcillo arenoso de color carmelito claro con raíces, de consistencia blanda.																							
2	3-A			3	5	7			2,75		Limo areno arcilloso de color carmelito claro, de consistencia muy dura.																							
3	4-A			3	5	7					Limo arcillo arenoso de color rojizo con vetas amarillas y grises, con gravas pequeñas, de consistencia dura.																							
4	5-A			4	5	7																												
5	6-A			5	7	8																												
OBSERVACIONES: _____																																		
CONVENCIONES										<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TIPO DE MUESTRA</td> <td>A ALTERADA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TS INALTERADA</td> </tr> </table>		TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA		TS INALTERADA																			
TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA																																	
	TS INALTERADA																																	

REGISTRO DE PERFORACIÓN /04



Proyecto / Ciudad: CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVBLES LA SALADA.	Cliente: SENA	EYR-S: 13502	SONDEO: 23
Fecha inicio: 30/09/2014	Fecha Fin: 30/09/2014		
Equipo: Barreno	Perforador: Luis Julio.	NIVEL DEL AGUA (m)	
Profundidad: 5,5 m.		Cota Inicio: _____	
Coordenadas:		DIA	HORA
Norte: _____		30	9:00
Este: _____		30	11:30
		PROF	DIA
		2,5	
		PROF	HORA
		3,9	
		PROF	PROF

Prof. (mts)	Mtra No. - Tipo	Perfil	BARRENA	Recup (%)	SPT			RQD (%)	Veleta kg/cm ²	Penetro metro kg/cm ²	DESCRIPCIÓN
					15 cm	15 cm	15 cm				
	1-A										Relleno de limo orgánico de color carmelito, con raíces y escombros.
1	2-A				1	1	1				Limo orgánico de color carmelito oscuro con vetas de oxidación, de consistencia muy blanda.
2	3-A				1	1	4				Limo arcillo arenoso de color carmelito con vetas negras y grises, de consistencia medio firme.
3	4-A				3	4	6				Limo areno arcilloso de color carmelito con vetas rojizas, con gravas pequeñas de cuarzo, de consistencia dura.
4	5-A				3	4	5				Limo areno arcilloso de color rojizo con vetas carmelitas y grises, de consistencia firme.
5	6-A				4	5	6				Limo areno arcilloso con gravas pequeñas, de consistencia dura.

OBSERVACIONES: _____

CONVENCIONES	TIPO DE MUESTRA	A ALTERADA
		TS INALTERADA



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

MEMORIAS DE CÁLCULO

**CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE
CIMIENTO TIPO 1**

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 1.00000 LENGTH = 1.00000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	25.70			
SHAPE - CONC.	1.19455	1.00000	0.60000	30.70	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
EMBEDMENT	1.45600	1.00000	1.00000	44.69	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	44.69		-0.0000		0.00000		44.69

CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE CIMIENTO TIPO 2

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS					
Using Vesic (1975)					
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 0.40000 LENGTH = 0.40000					
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***					
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)	
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	10.28	
SHAPE - CONC.	1.19455	1.00000	0.60000	12.28	SELECTED
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	12.28	SELECTED
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	12.28	SELECTED
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	12.28	SELECTED
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	12.28	SELECTED
EMBEDMENT	1.60000	1.00000	1.00000	19.64	SELECTED
	FNC	+	FNQ	+	FNG
COMBINE EFFECTS of FACTORS	19.64		-0.0000		0.00000
				=	Q
					19.64

**CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE
CIMIENTO TIPO 3**

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 1.40000 LENGTH = 1.40000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	25.70			
SHAPE - CONC.	1.19455	1.00000	0.60000	30.70	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
EMBEDMENT	1.27142	1.00000	1.00000	39.03	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	39.03		-0.0000		0.00000		39.03

**CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE
CIMIENTO TIPO 4**

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 0.92000 LENGTH = 0.92000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	25.70			
SHAPE - CONC.	1.19455	1.00000	0.60000	30.70	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
EMBEDMENT	1.53043	1.00000	1.00000	46.98	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	46.98		-0.0000		0.00000		46.98

CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE CIMIENTO TIPO 5

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 1.06000 LENGTH = 1.06000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	25.70			
SHAPE - CONC.	1.19455	1.00000	0.60000	30.70	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	30.70	SELECTED		
EMBEDMENT	1.38490	1.00000	1.00000	42.51	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	42.51		-0.0000		0.00000		42.51

CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE CIMIENTO TIPO 6

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 0.30000 LENGTH = 1.00000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	10.28			
SHAPE - CONC.	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
EMBEDMENT	1.80000	1.00000	1.00000	18.50	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	18.50		-0.0000		0.00000		18.50

CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE CIMIENTO TIPO 7

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 0.20000 LENGTH = 1.00000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	10.28			
SHAPE - CONC.	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
EMBEDMENT	1.40000	1.00000	1.00000	14.39	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	14.39		-0.0000		0.00000		14.39

CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE CIMIENTO TIPO 8

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 0.72000 LENGTH = 1.00000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	10.28			
SHAPE - CONC.	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	10.28	SELECTED		
EMBEDMENT	2.44444	1.00000	1.00000	25.12	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	25.12		-0.0000		0.00000		25.12

CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE CIMIENTO TIPO 9

E Y R – S: 13502
PROYECTO: SENA – LA SALADA
CLIENTE: GABRIELA MENDEZ

PROTOTYPE ENGINEERING

CBEAR/PC - BEARING CAPACITY ANALYSIS							
Using Vesic (1975)							
* EFFECTIVE BASE DIMENSIONS : WIDTH = 0.50000 LENGTH = 1.00000							
*** SUMMARY OF BEARING CAPACITY FACTORS ***							
FACTORS	C	Q	G	BEARING CAPACITY (Ton/m**2)			
BEARING CAP.	5.14000	1.00000	0.00000	25.70			
SHAPE - CONC.	1.00000	1.00000	1.00000	25.70	SELECTED		
SHAPE ECC.	1.00000	1.00000	1.00000	25.70	SELECTED		
INCLINATION	1.00000	1.00000	1.00000	25.70	SELECTED		
BASE TILT	1.00000	1.00000	1.00000	25.70	SELECTED		
GROUND SLOPE	1.00000	1.00000	1.00000	25.70	SELECTED		
EMBEDMENT	1.59200	1.00000	1.00000	40.91	SELECTED		
	FNC	+	FNQ	+	FNG	=	Q
COMBINE EFFECTS of FACTORS	40.91		-0.0000		0.00000		40.91

ENSAYO HIDROMETRO CORRIENTE CON DISPERSANTE (ASTM 422)

Proyecto : SENA - LA SALADA
 Sondeo : 19 - M 4
 Profundidad (m): 2,50 - 3,00
 Peso muestra seca (gr): 50
 Descripción : Limo arcilloarenoso - ocre rojizo vetas habanas .
 Fecha : 19-oct-14

Tiempo (min)	Temp (°C)	Lectura Hidrómetro	Lectura corregida Hidrómetro	% más Fino	Hidrómetro corregido menisco	L	L/t	K	Diámetro (mm)
0,25	16	47	44	89,8	48	8,4	33,60	0,0146	0,085
0,5	16	42	39	79,6	43	9,2	18,40	0,0146	0,063
1	16	38	35	71,4	39	9,9	9,90	0,0146	0,046
2	16	36	33	67,3	37	10,2	5,10	0,0146	0,033
4	16	34	31	63,2	35	10,5	2,63	0,0146	0,024
8	16	31	28	57,1	32	11,1	1,39	0,0146	0,017
16	16	28	25	51,0	29	11,5	0,72	0,0146	0,012
30	16	26	23	46,9	27	11,9	0,40	0,0146	0,009
60	16	22	19	38,8	23	12,5	0,21	0,0146	0,007
120	16	17	14	28,6	18	13,3	0,11	0,0146	0,005
240	16	14	11	22,4	15	13,8	0,06	0,0146	0,004
480	16	11	8	16,3	12	14,3	0,03	0,0146	0,003
1440	16	8	5	10,2	9	14,8	0,01	0,0146	0,001

ENSAYO HIDROMETRO SIN DISPERSANTE (ASTM 4221)

Proyecto : SENA - LA SALADA
 Sondeo : 19 - M 4
 Profundidad (m): 2,50 - 3,00
 Peso muestra seca (gr): 25
 Descripción : Limo arcilloarenoso - ocre rojizo vetas habanas .
 Fecha : 19-oct-14

Tiempo (min)	Temp (°C)	Lectura Hidrómetro	Lectura corregida Hidrómetro	% más Fino	Hidrómetro corregido menisco	L	L/t	K	Diámetro (mm)
0,25	16	24,0	21,0	85,7	25,0	12,2	48,80	0,0146	0,102
0,5	16	20,0	17	69,4	21,0	12,9	25,80	0,0146	0,074
1	16	17,0	14	57,1	18,0	13,3	13,30	0,0146	0,053
2	16	10,0	7	28,6	11,0	14,5	7,25	0,0146	0,039
4	16	4,0	1	4,1	5,0	15,5	3,88	0,0146	0,029
8	16	1,0	-2	-8,2	2,0	16,0	2,00	0,0146	0,021

Humedad % = 42,78
 Gs= 2,61
 Dispersante: Silicato de Sodio
 Factor corrección por Temperatura = -0,9
 Constante del hidrómetro= 3,9
 % DISPERSION = 0
 SUELO NO DISPERSIVO

EYR ESPINOSA Y RESTREPO S. A.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Norma ASTM D 422

CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ

OBRA: SENA - LA SALADA

EYR - S: 13502

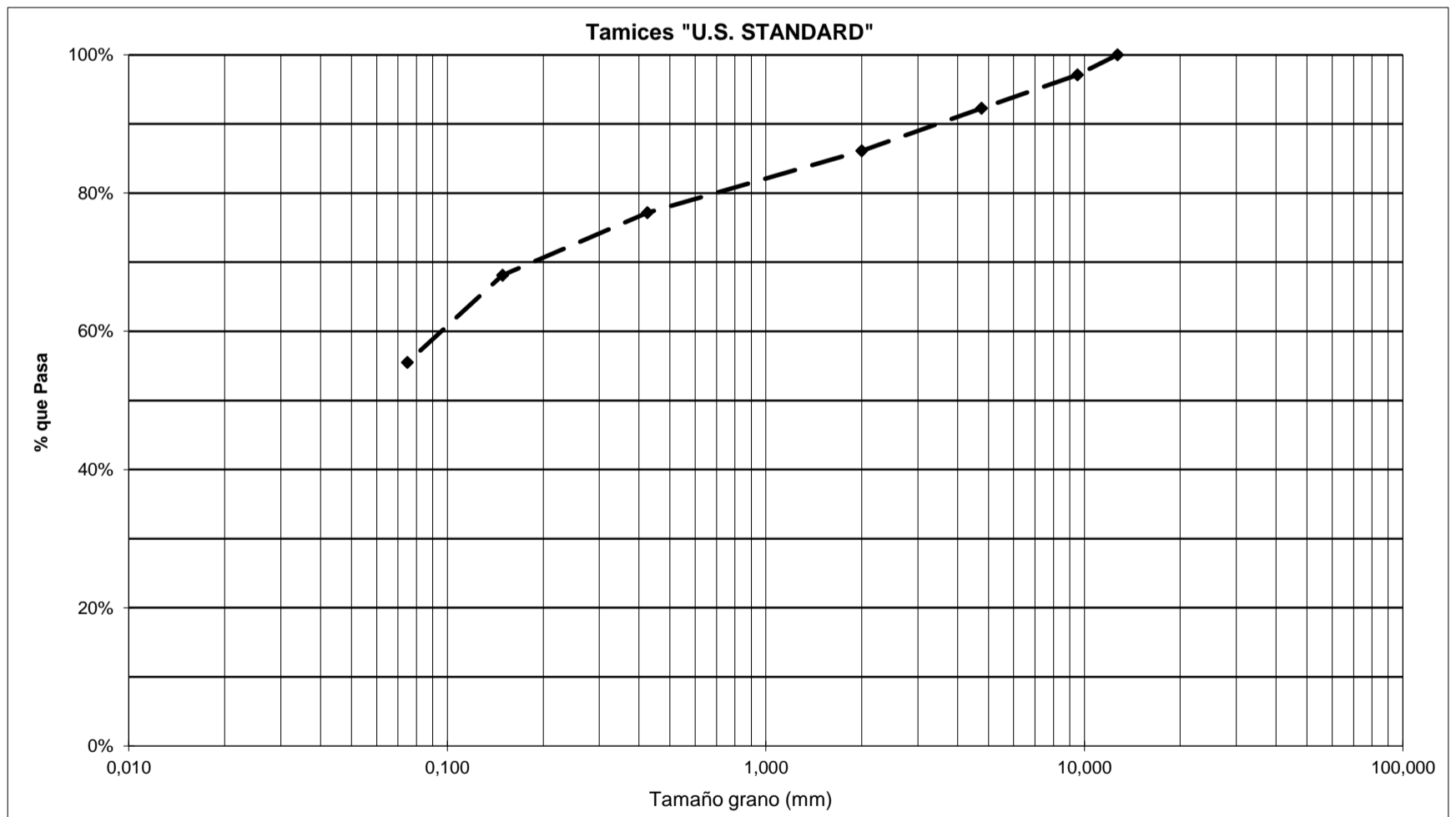
FECHA ENSAYO: 19-oct-14

DESCRIPCION DE MUESTRA: Arcilla arenosa con gravilla - gris clara .

SONDEO : 1 MUESTRA: 3

PROFUNDIDAD MTS : 1,50 - 2,00

TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL		
3"					Peso total Neto:	450,00 grs
2 1/2"					Humedad :	22,31%
2"					Limite Liquido:	28,56%
1 1/2"					Limite Plastico	17,74%
1"					Indice de Plasticidad:	10,82%
3/4"					Clasificacion:	
1/2"				100,00%	AASHTO	A - 4
3/8"	13,00	2,89%	2,89%	97,11%	U.S.C.	CL
#4	21,80	4,84%	7,73%	92,27%	% Pasa tamiz #200	55,51%
#10	27,60	6,13%	13,87%	86,13%	Fraccion gruesa	44,49%
#40	40,30	8,96%	22,82%	77,18%	50% Fraccion gruesa	22,24%
#100	40,70	9,04%	31,87%	68,13%	% Retenido total #4	7,73%
#200	56,80	12,62%	44,49%	55,51%	Cu	
FONDO	249,80	55,51%	100,00%		Cg	
TOTAL	450,00	100,00%				



Laboratorista: Javier Menjura

EYR ESPINOSA Y RESTREPO S. A.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Norma ASTM D 422

CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ

OBRA: SENA - LA SALADA

FECHA ENSAYO: 19-oct-14

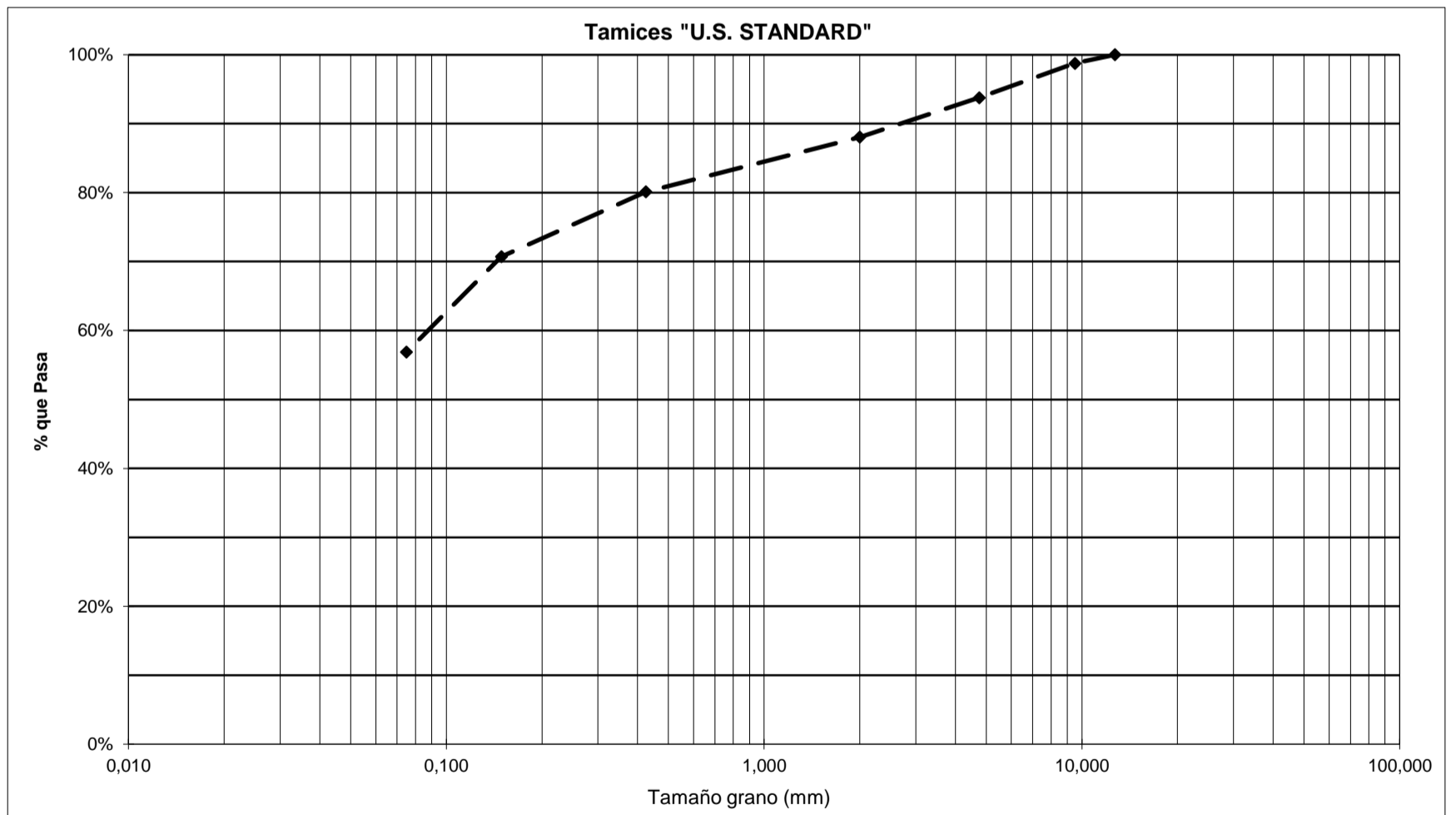
EYR - S: 13502

DESCRIPCION DE MUESTRA: Limo arcilloarenoso con gravilla - ocre vetas habanas .

SONDEO : 2 MUESTRA: 2

PROFUNDIDAD MTS : 0,00 - 0,50

TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL		
3"					Peso total Neto:	405,00 grs
2 1/2"					Humedad :	44,67%
2"					Limite Liquido:	34,57%
1 1/2"					Limite Plastico	25,78%
1"					Indice de Plasticidad:	8,79%
3/4"					Clasificacion:	
1/2"				100,00%	AASHTO	A - 4
3/8"	5,00	1,23%	1,23%	98,77%	U.S.C.	M L
#4	20,20	4,99%	6,22%	93,78%	% Pasa tamiz #200	56,86%
#10	23,20	5,73%	11,95%	88,05%	Fraccion gruesa	43,14%
#40	32,10	7,93%	19,88%	80,12%	50% Fraccion gruesa	21,57%
#100	38,10	9,41%	29,28%	70,72%	% Retenido total #4	6,22%
#200	56,10	13,85%	43,14%	56,86%	Cu	
FONDO	230,30	56,86%	100,00%		Cg	
TOTAL	405,00	100,00%				



Laboratorista: Javier Menjura

EYR ESPINOSA Y RESTREPO S. A.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Norma ASTM D 422

CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ

OBRA: SENA - LA SALADA

EYR - S: 13502

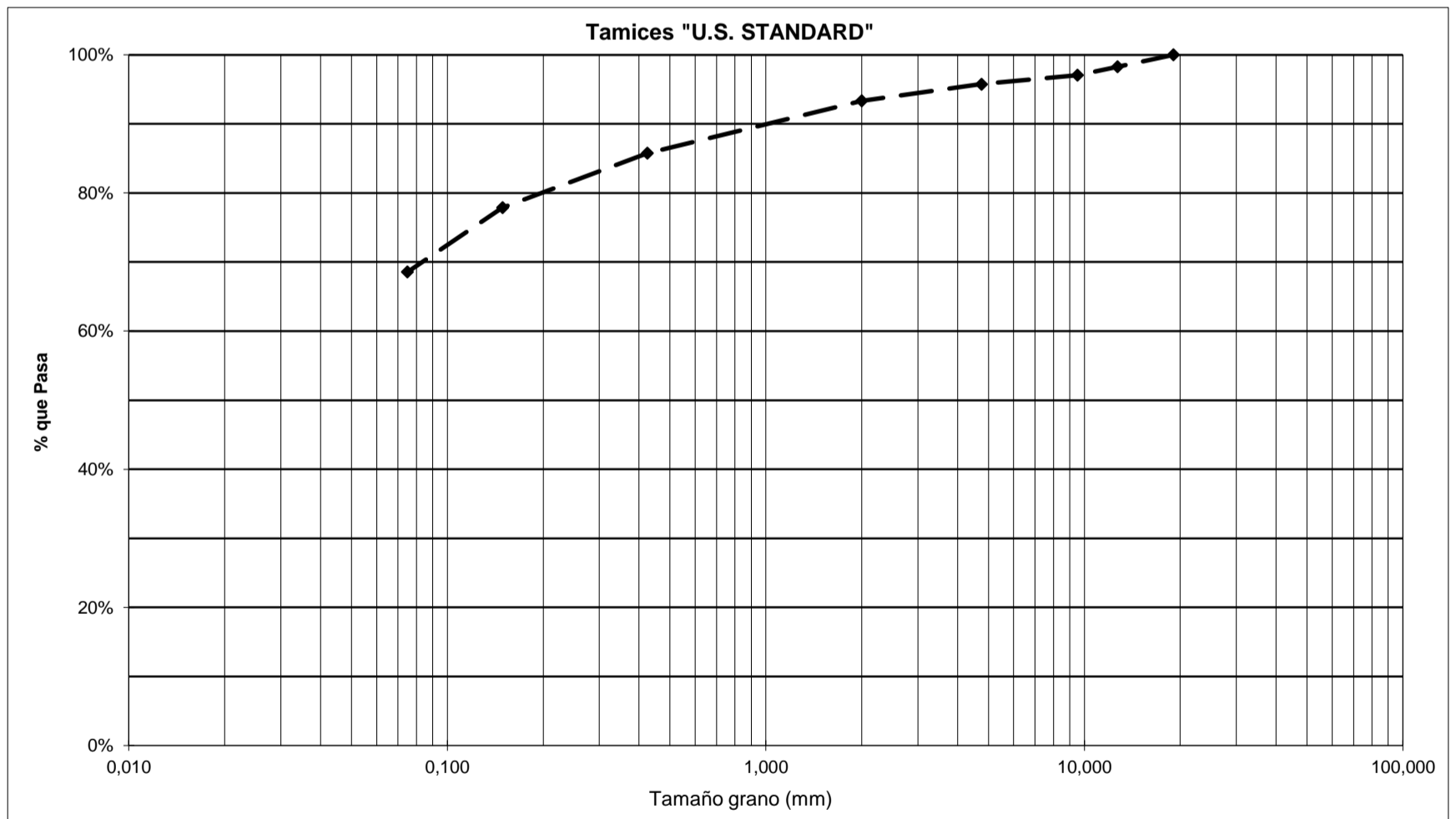
FECHA ENSAYO: 19-oct-14

DESCRIPCION DE MUESTRA: Limo arenoso con gravilla - gris claro verdoso .

SONDEO : 3 MUESTRA: 4

PROFUNDIDAD MTS : 2,50 - 3,00

TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL		
3"					Peso total Neto:	320,60 grs
2 1/2"					Humedad :	33,16%
2"					Limite Liquido:	30,17%
1 1/2"					Limite Plastico	26,45%
1"					Indice de Plasticidad:	3,72%
3/4"				100,00%	Clasificacion:	
1/2"	5,50	1,72%	1,72%	98,28%	AASHTO	A - 4
3/8"	4,00	1,25%	2,96%	97,04%	U.S.C.	M L
#4	4,10	1,28%	4,24%	95,76%	% Pasa tamiz #200	68,56%
#10	7,80	2,43%	6,67%	93,33%	Fraccion gruesa	31,44%
#40	24,20	7,55%	14,22%	85,78%	50% Fraccion gruesa	15,72%
#100	25,30	7,89%	22,11%	77,89%	% Retenido total #4	4,24%
#200	29,90	9,33%	31,44%	68,56%	Cu	
FONDO	219,80	68,56%	100,00%		Cg	
TOTAL	320,60	100,00%				



Laboratorista: Javier Menjura

EYR ESPINOSA Y RESTREPO S. A.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Norma ASTM D 422

CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ

OBRA: SENA - LA SALADA

FECHA ENSAYO: 19-oct-14

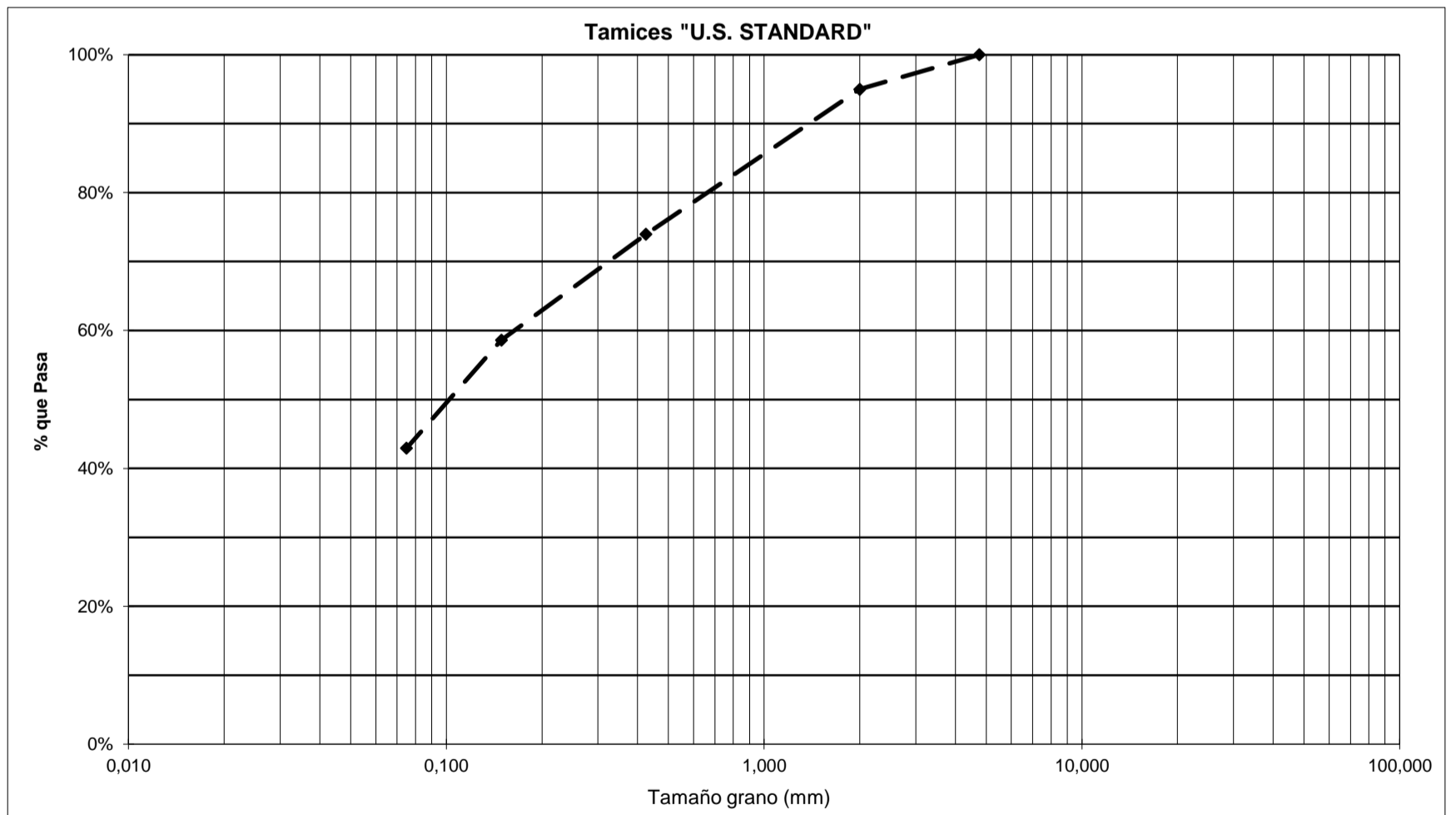
EYR - S: 13502

DESCRIPCION DE MUESTRA: Arena fina limosa - carmelita micácea vetas ocre .

SONDEO : 5 MUESTRA: 6

PROFUNDIDAD MTS : 5,30 - 5,80

TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL		
3"					Peso total Neto:	402,10 grs
2 1/2"					Humedad :	31,91%
2"					Limite Liquido:	N L
1 1/2"					Limite Plastico	N P
1"					Indice de Plasticidad:	
3/4"					Clasificacion:	
1/2"					AASHTO	A - 4
3/8"					U.S.C.	S M
#4				100,00%	% Pasa tamiz #200	42,92%
#10	20,10	5,00%	5,00%	95,00%	Fraccion gruesa	57,08%
#40	84,60	21,04%	26,04%	73,96%	50% Fraccion gruesa	28,54%
#100	61,70	15,34%	41,38%	58,62%	% Retenido total #4	0,00%
#200	63,10	15,69%	57,08%	42,92%	Cu	
FONDO	172,60	42,92%	100,00%		Cg	
TOTAL	402,10	100,00%				



Laboratorista: Javier Menjura

EYR ESPINOSA Y RESTREPO S. A.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Norma ASTM D 422

CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ

OBRA: SENA - LA SALADA

EYR - S: 13502

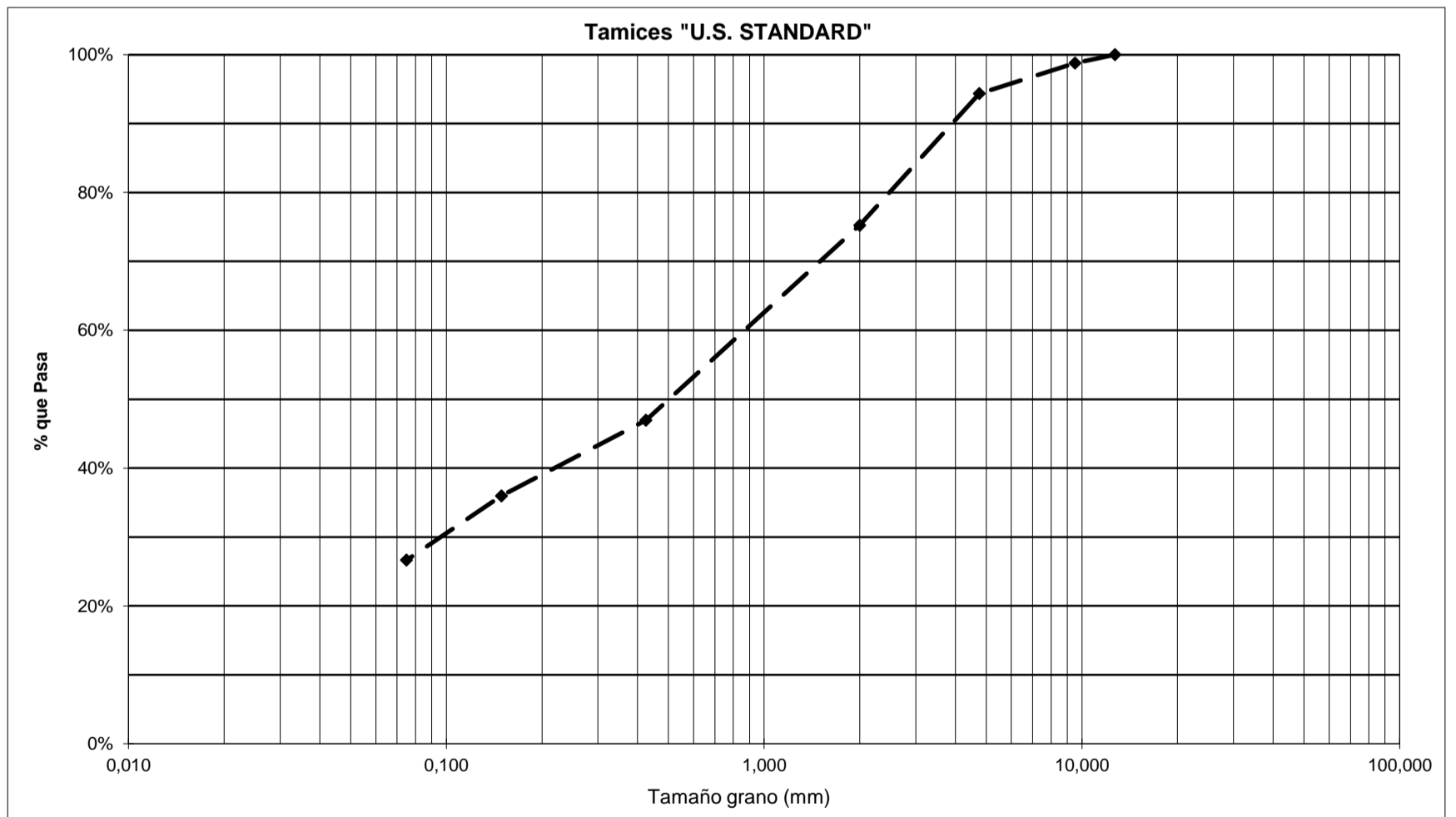
FECHA ENSAYO: 19-oct-14

DESCRIPCION DE MUESTRA: Arena limosa amarilla vetas ocre .

SONDEO : 13 MUESTRA: 3

PROFUNDIDAD MTS : 1,50 - 2,00

TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL		
3"					Peso total Neto:	232,40 grs
2 1/2"					Humedad :	33,56%
2"					Limite Liquido:	N L
1 1/2"					Limite Plastico	N P
1"					Indice de Plasticidad:	
3/4"					Clasificacion:	
1/2"				100,00%	AASHTO	A-2-4
3/8"	2,80	1,20%	1,20%	98,80%	U.S.C.	S M
#4	10,30	4,43%	5,64%	94,36%	% Pasa tamiz #200	26,64%
#10	44,40	19,10%	24,74%	75,26%	Fraccion gruesa	73,36%
#40	65,80	28,31%	53,06%	46,94%	50% Fraccion gruesa	36,68%
#100	25,50	10,97%	64,03%	35,97%	% Retenido total #4	5,64%
#200	21,70	9,34%	73,36%	26,64%	Cu	
FONDO	61,90	26,64%	100,00%		Cg	
TOTAL	232,40	100,00%				



Laboratorista: Javier Menjura

EYR ESPINOSA Y RESTREPO S. A.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Norma ASTM D 422

CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ

OBRA: SENA - LA SALADA

FECHA ENSAYO: 19-oct-14

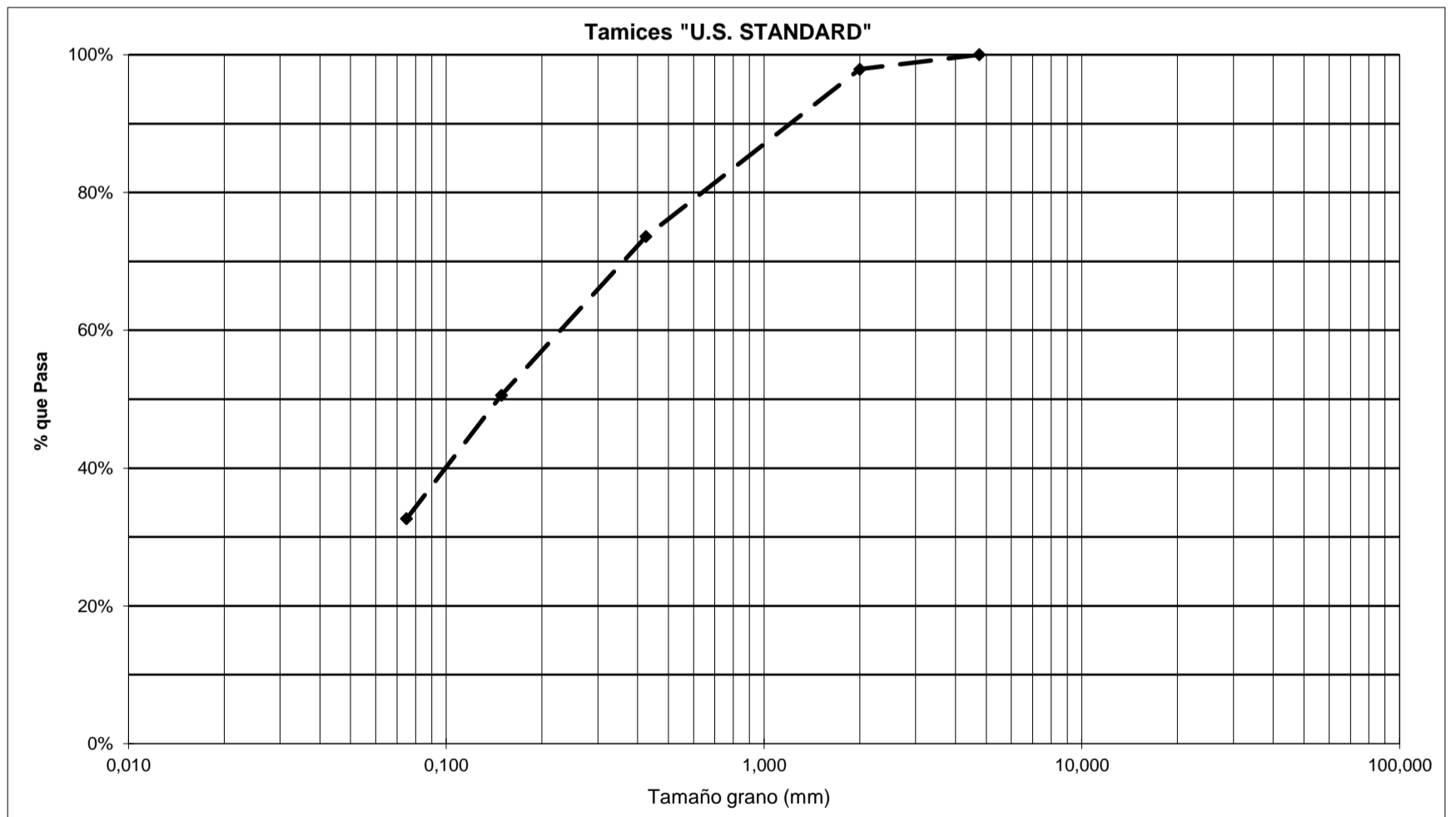
EYR - S: 13502

DESCRIPCION DE MUESTRA: Arena limosa habana - micácea vetas ocre rojizas .

SONDEO : 20 MUESTRA: 7

PROFUNDIDAD MTS : 7,30 - 7,80

TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL		
3"					Peso total Neto:	390,00 grs
2 1/2"					Humedad :	31,92%
2"					Limite Liquido:	N L
1 1/2"					Limite Plastico	N P
1"					Indice de Plasticidad:	
3/4"					Clasificacion:	
1/2"					AASHTO	A-2-4
3/8"					U.S.C.	S M
#4				100,00%	% Pasa tamiz #200	32,64%
#10	8,20	2,10%	2,10%	97,90%	Fraccion gruesa	67,36%
#40	94,80	24,31%	26,41%	73,59%	50% Fraccion gruesa	33,68%
#100	89,90	23,05%	49,46%	50,54%	% Retenido total #4	0,00%
#200	69,80	17,90%	67,36%	32,64%	Cu	
FONDO	127,30	32,64%	100,00%		Cg	
TOTAL	390,00	100,00%				



Laboratorista: Javier Menjura

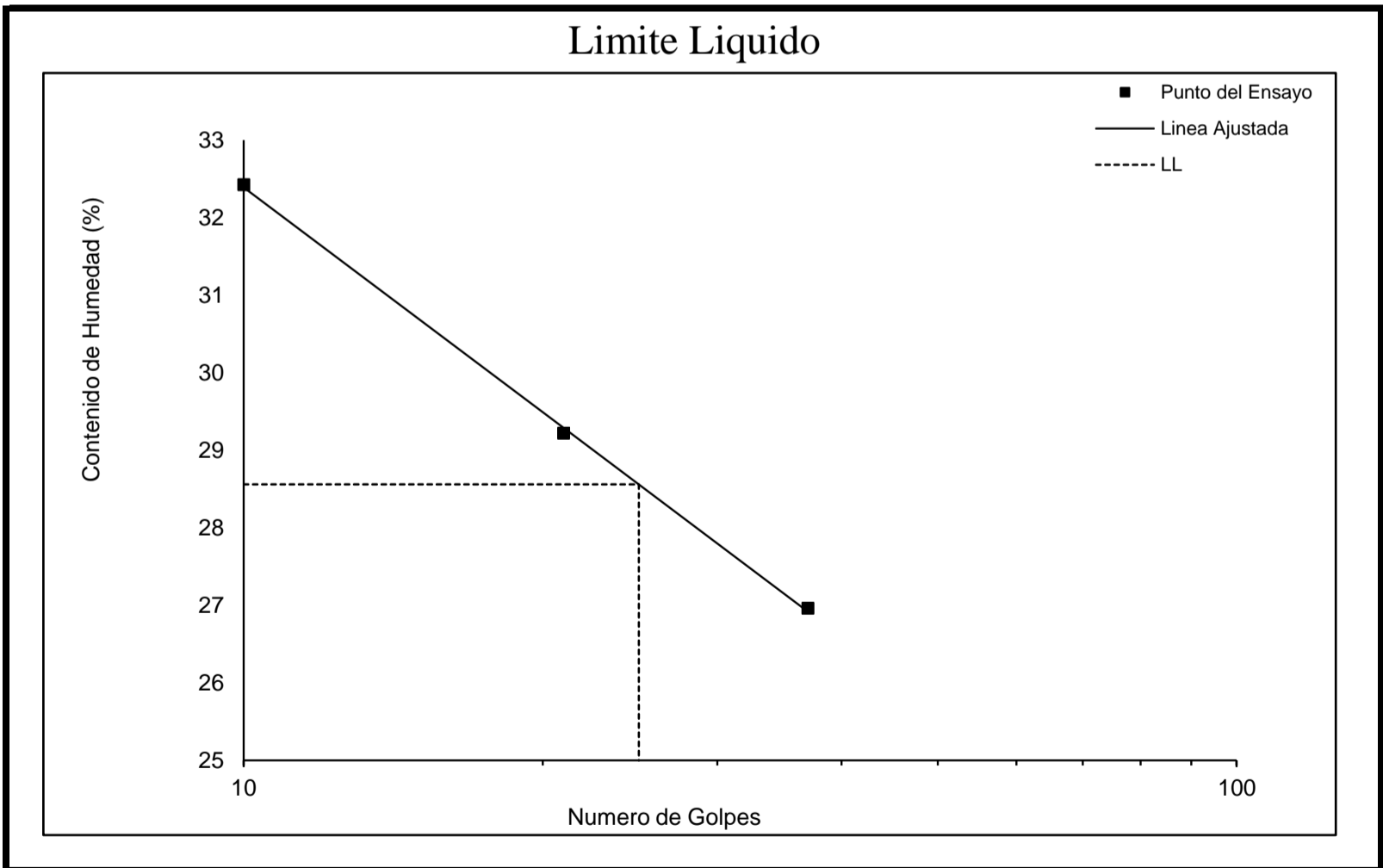
CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ OBRA: SENA - LA SALADA EYR - S: 13502 SONDEO : 1 DESCRIPCION: Arcilla arenosa con gravilla - gris clara .	FECHA: 19-oct-14 MUESTRA: 3 PROFUNDIDAD MTS : 1,50 - 2,00
LIMITES DE CONSISTENCIA	
Norma ASTM D 4318	

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpe	37	21	10	
Recipiente No.	26	40	39	
Pr + Ph	16,91	18,54	23,44	607,00
Pr + Ps	14,78	15,75	19,30	506,60
P Agua	2,13	2,79	4,14	100,40
Pr	6,88	6,20	6,53	56,60
Ps	7,90	9,55	12,77	450,00
% Humedad	26,96%	29,21%	32,42%	22,31%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	28,56%
Limite Plastico:	17,74%
Indice de Plasticidad:	10,82%
Humedad Natural:	22,31%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	21	32	
Pr + Ph	15,34	17,18	
Pr + Ps	13,99	15,62	
P Agua	1,35	1,56	
Pr	6,41	6,79	
Ps	7,58	8,83	
% Humedad	17,81%	17,67%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A - 4
U.S.C.	CL



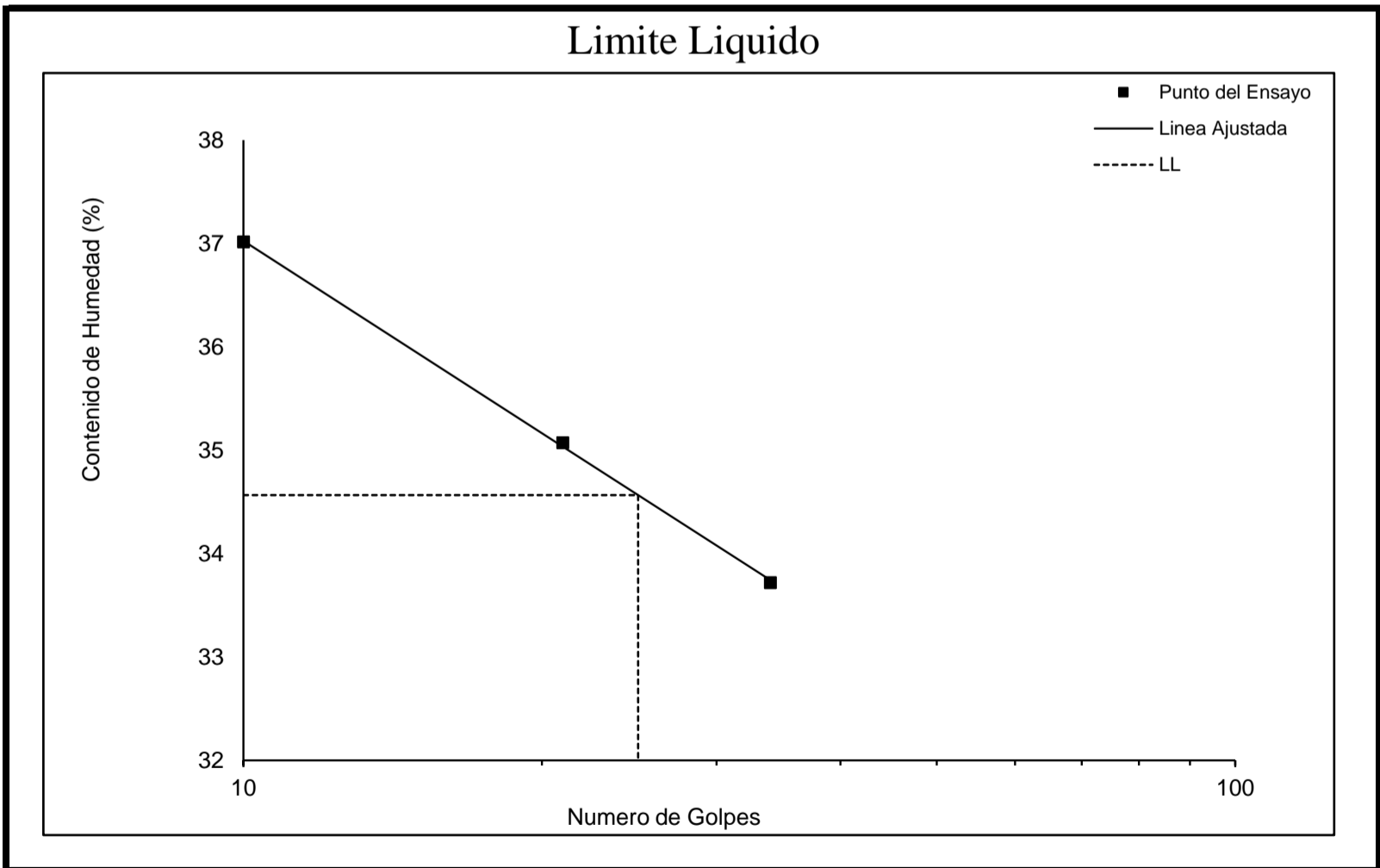
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ		FECHA:	19-oct-14
OBRA:	SENA - LA SALADA			
EYR - S:	13502			
SONDEO :	2	MUESTRA:	2	PROFUNDIDAD MTS : 0,00 - 0,50
DESCRIPCION:	Limo arcilloarenoso con gravilla - ocre vetas habanas .			
LIMITES DE CONSISTENCIA			Norma ASTM D 4318	

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpe	34	21	10	
Recipiente No.	44	49	48	
Pr + Ph	16,88	16,14	23,75	665,10
Pr + Ps	14,25	13,65	19,02	484,20
P Agua	2,63	2,49	4,73	180,90
Pr	6,45	6,55	6,24	79,20
Ps	7,80	7,10	12,78	405,00
% Humedad	33,72%	35,07%	37,01%	44,67%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	34,57%
Limite Plastico:	25,78%
Indice de Plasticidad:	8,78%
Humedad Natural:	44,67%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	60	66	
Pr + Ph	14,28	14,21	
Pr + Ps	12,72	12,63	
P Agua	1,56	1,58	
Pr	6,70	6,47	
Ps	6,02	6,16	
% Humedad	25,91%	25,65%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A - 4
U.S.C.	ML



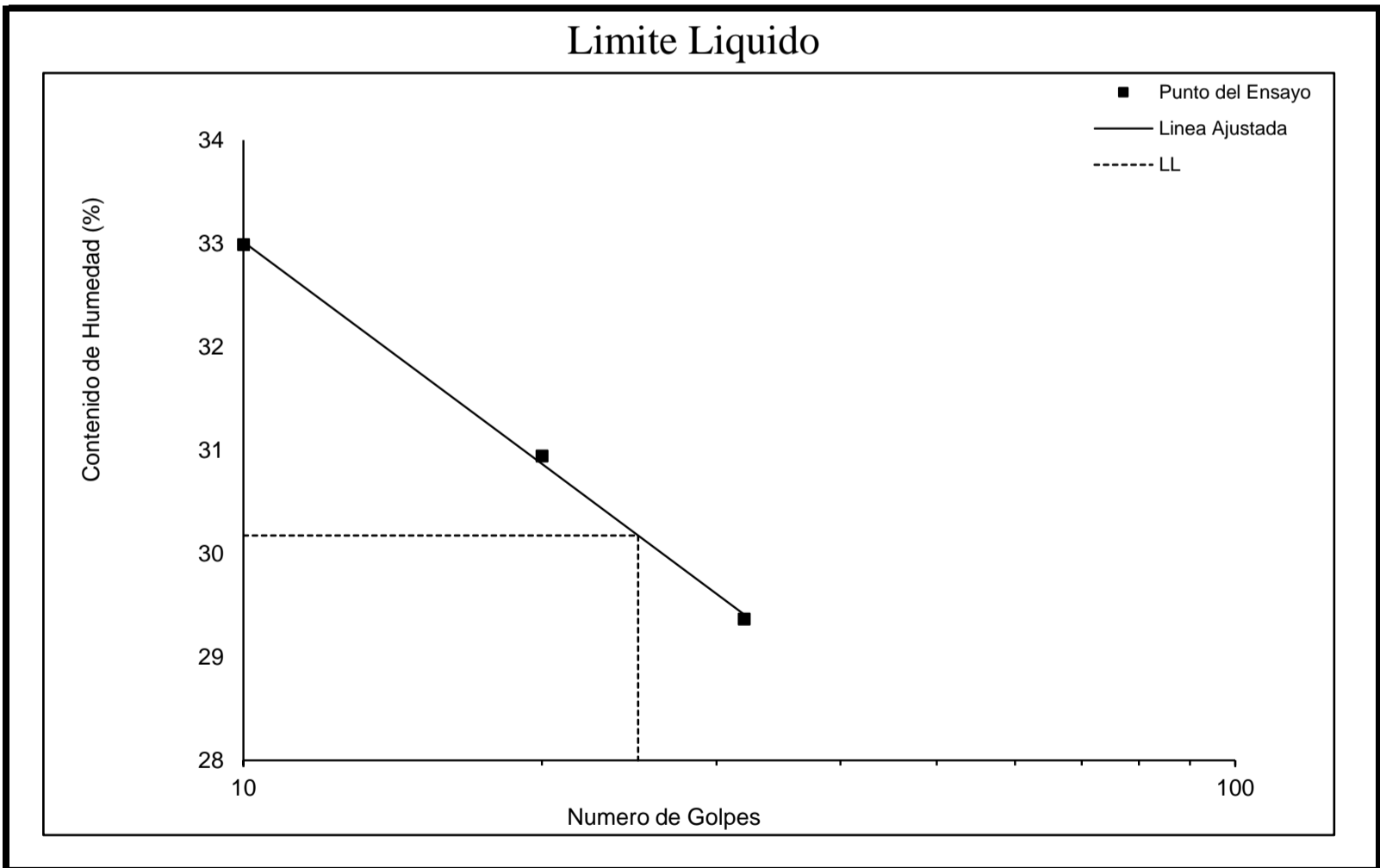
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ		FECHA:	19-oct-14	
OBRA:	SENA - LA SALADA				
EYR - S:	13502				
SONDEO :	3	MUESTRA:	4	PROFUNDIDAD MTS :	2,50 - 3,00
DESCRIPCION:	Limo arenoso con gravilla - gris claro verdoso .				
LIMITES DE CONSISTENCIA			Norma ASTM D 4318		

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpe	32	20	10	
Recipiente No.	46	29	23	
Pr + Ph	14,70	20,38	22,84	468,20
Pr + Ps	12,85	17,06	18,74	361,90
P Agua	1,85	3,32	4,10	106,30
Pr	6,55	6,33	6,31	41,30
Ps	6,30	10,73	12,43	320,60
% Humedad	29,37%	30,94%	32,98%	33,16%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	30,17%
Limite Plastico:	26,45%
Indice de Plasticidad:	3,72%
Humedad Natural:	33,16%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	66	60	
Pr + Ph	14,52	16,38	
Pr + Ps	12,84	14,35	
P Agua	1,68	2,03	
Pr	6,47	6,70	
Ps	6,37	7,65	
% Humedad	26,37%	26,54%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A - 4
U.S.C.	ML



CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ			FECHA:	19-oct-14
OBRA:	SENA - LA SALADA				
EYR - S:	13502				
SONDEO :	4	MUESTRA:	3	PROFUNDIDAD MTS :	1,50 - 2,00
DESCRIPCION:	Arcilla gris cclara .				
LIMITES DE CONSISTENCIA				Norma ASTM D 4318	

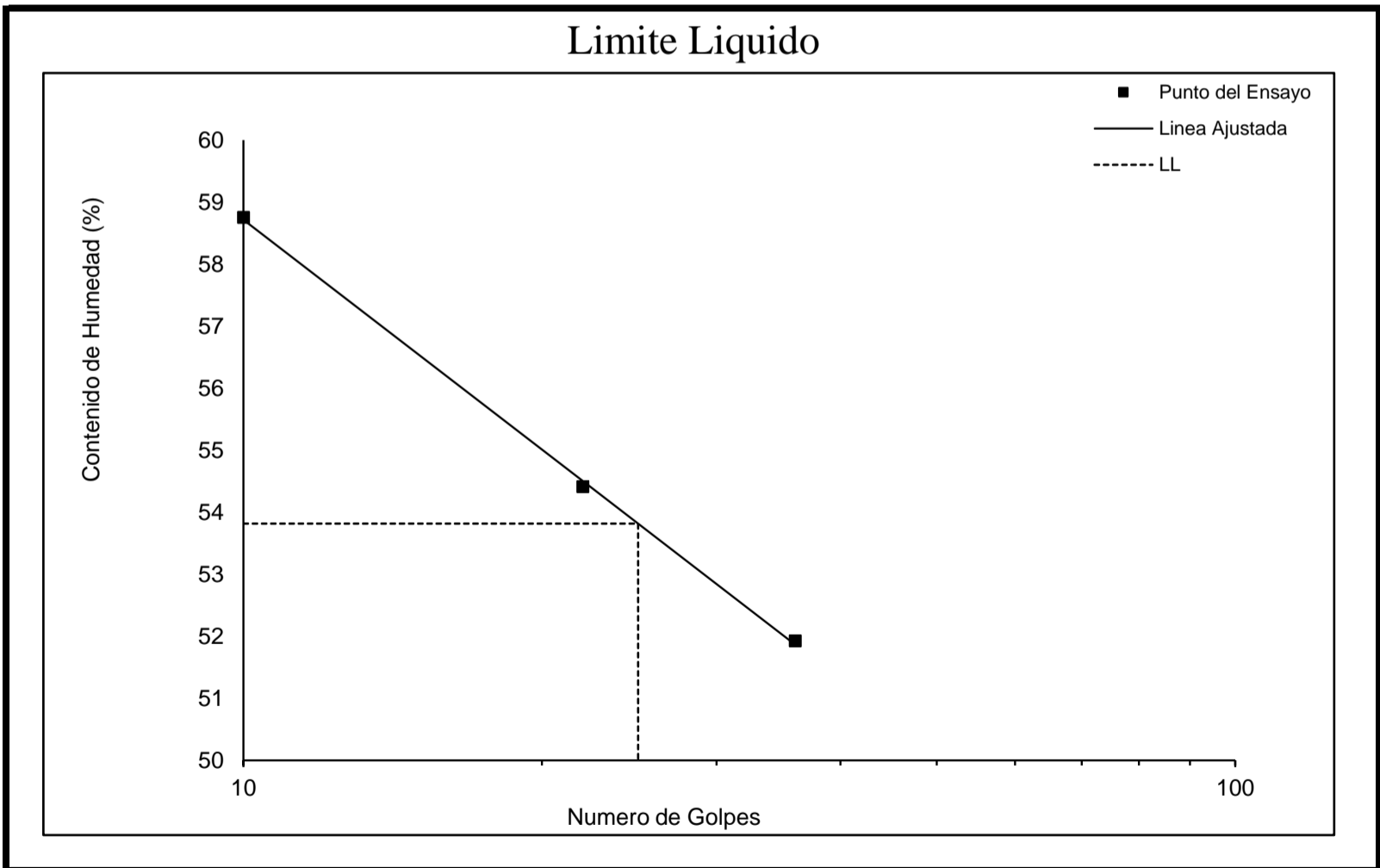
LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpe	36	22	10	
Recipiente No.	16	13	30	8
Pr + Ph	18,04	20,03	22,33	156,50
Pr + Ps	13,99	15,28	16,42	139,30
P Agua	4,05	4,75	5,91	17,20
Pr	6,19	6,55	6,36	86,30
Ps	7,80	8,73	10,06	53,00
% Humedad	51,92%	54,41%	58,75%	32,45%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	53,82%
Limite Plastico:	19,60%
Indice de Plasticidad:	34,22%
Humedad Natural:	32,45%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	69	70	
Pr + Ph	16,94	16,26	
Pr + Ps	15,26	14,68	
P Agua	1,68	1,58	
Pr	6,76	6,55	
Ps	8,50	8,13	
% Humedad	19,76%	19,43%	

Expansión Libre : 20,00%

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-6
U.S.C.	CH



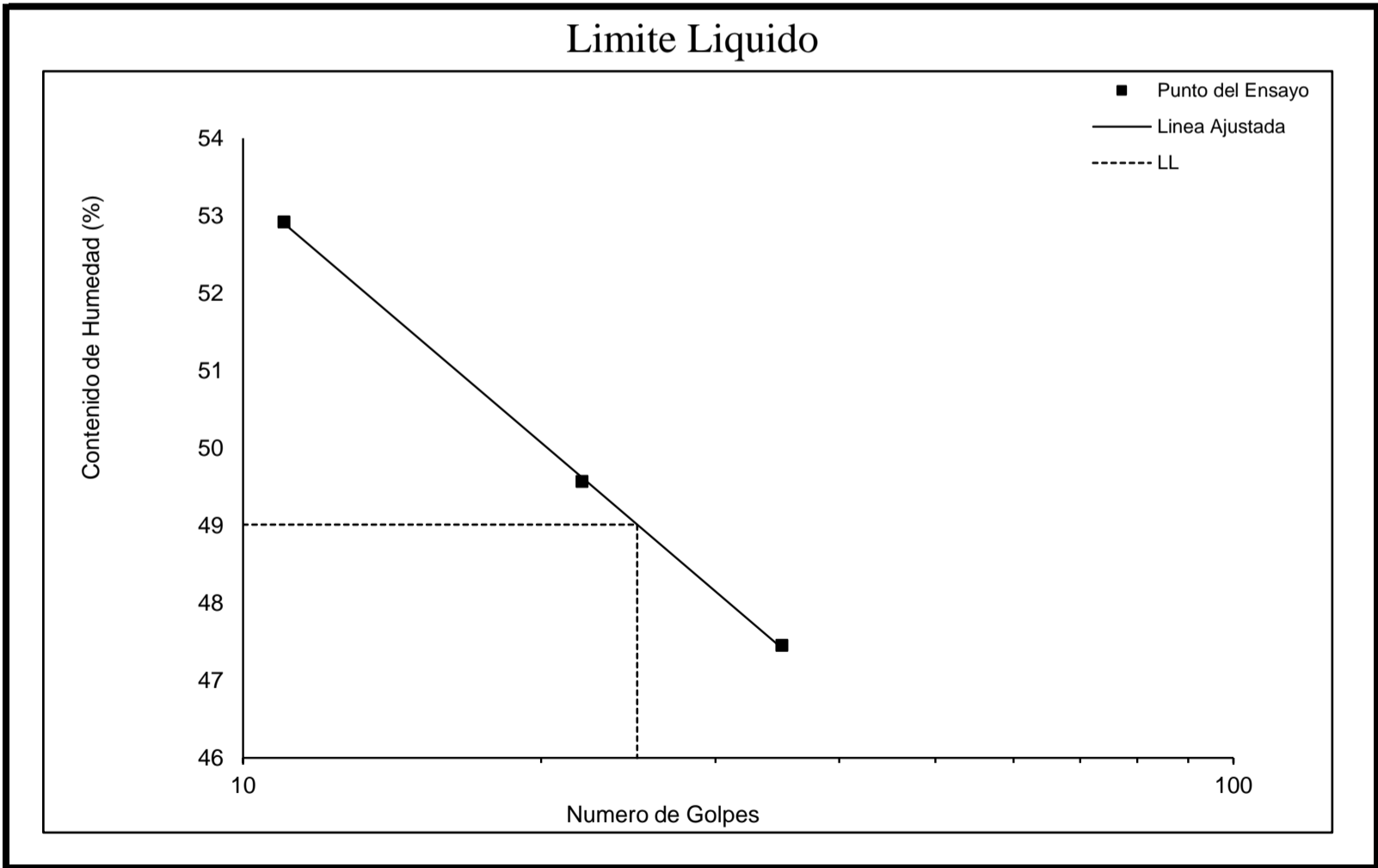
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ			FECHA:	19-oct-14
OBRA:	SENA - LA SALADA				
EYR - S:	13502				
SONDEO :	6	MUESTRA:	5	PROFUNDIDAD MTS :	3,70 - 4,20
DESCRIPCION:	Limo arcilloarenoso - ocre vetas rojizas .				
LIMITES DE CONSISTENCIA				Norma ASTM D 4318	

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpe	35	22	11	
Recipiente No.	25	18	40	9
Pr + Ph	21,58	20,32	22,99	128,80
Pr + Ps	16,65	15,75	17,18	117,20
P Agua	4,93	4,57	5,81	11,60
Pr	6,26	6,53	6,20	88,40
Ps	10,39	9,22	10,98	28,80
% Humedad	47,45%	49,57%	52,91%	40,28%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	49,01%
Limite Plastico:	34,19%
Indice de Plasticidad:	14,82%
Humedad Natural:	40,28%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	6	1	
Pr + Ph	19,43	19,09	
Pr + Ps	16,65	16,41	
P Agua	2,78	2,68	
Pr	8,53	8,56	
Ps	8,12	7,85	
% Humedad	34,24%	34,14%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-5
U.S.C.	ML



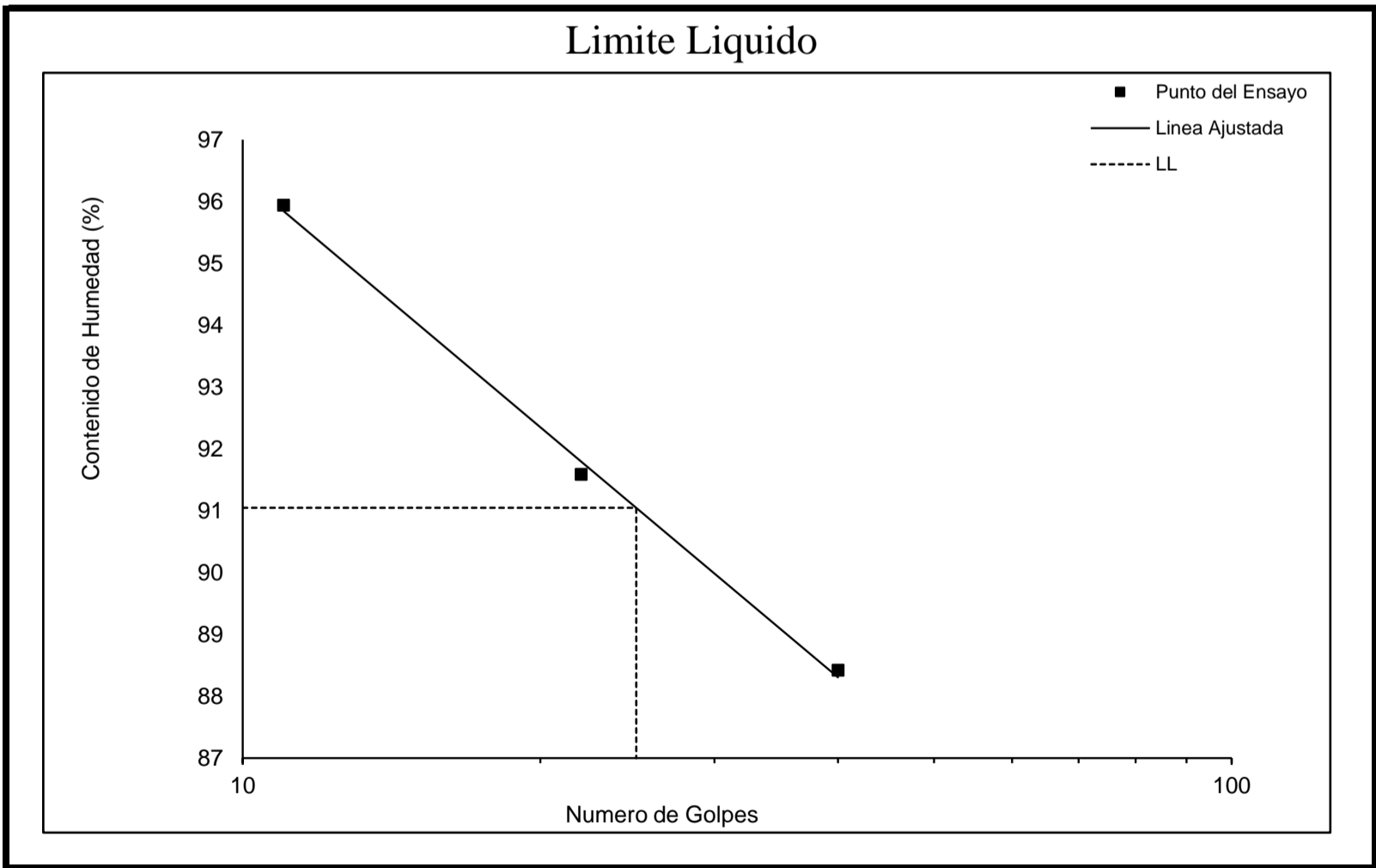
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ		FECHA:	19-oct-14
OBRA:	SENA - LA SALADA			
EYR - S:	13502			
SONDEO :	10	MUESTRA:	2	PROFUNDIDAD MTS : 0,50 - 1,00
DESCRIPCION:	Limo arcilloso - gris vetas carmelitas .			
LIMITES DE CONSISTENCIA			Norma ASTM D 4318	

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpe	40	22	11	
Recipiente No.	39	49	33	22
Pr + Ph	19,38	20,21	21,73	126,30
Pr + Ps	13,35	13,68	14,18	107,00
P Agua	6,03	6,53	7,55	19,30
Pr	6,53	6,55	6,31	86,10
Ps	6,82	7,13	7,87	20,90
% Humedad	88,42%	91,58%	95,93%	92,34%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	91,05%
Limite Plastico:	46,20%
Indice de Plasticidad:	44,85%
Humedad Natural:	92,34%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	32	11	
Pr + Ph	16,08	19,94	
Pr + Ps	13,16	16,29	
P Agua	2,92	3,65	
Pr	6,79	8,45	
Ps	6,37	7,84	
% Humedad	45,84%	46,56%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-5
U.S.C.	M H



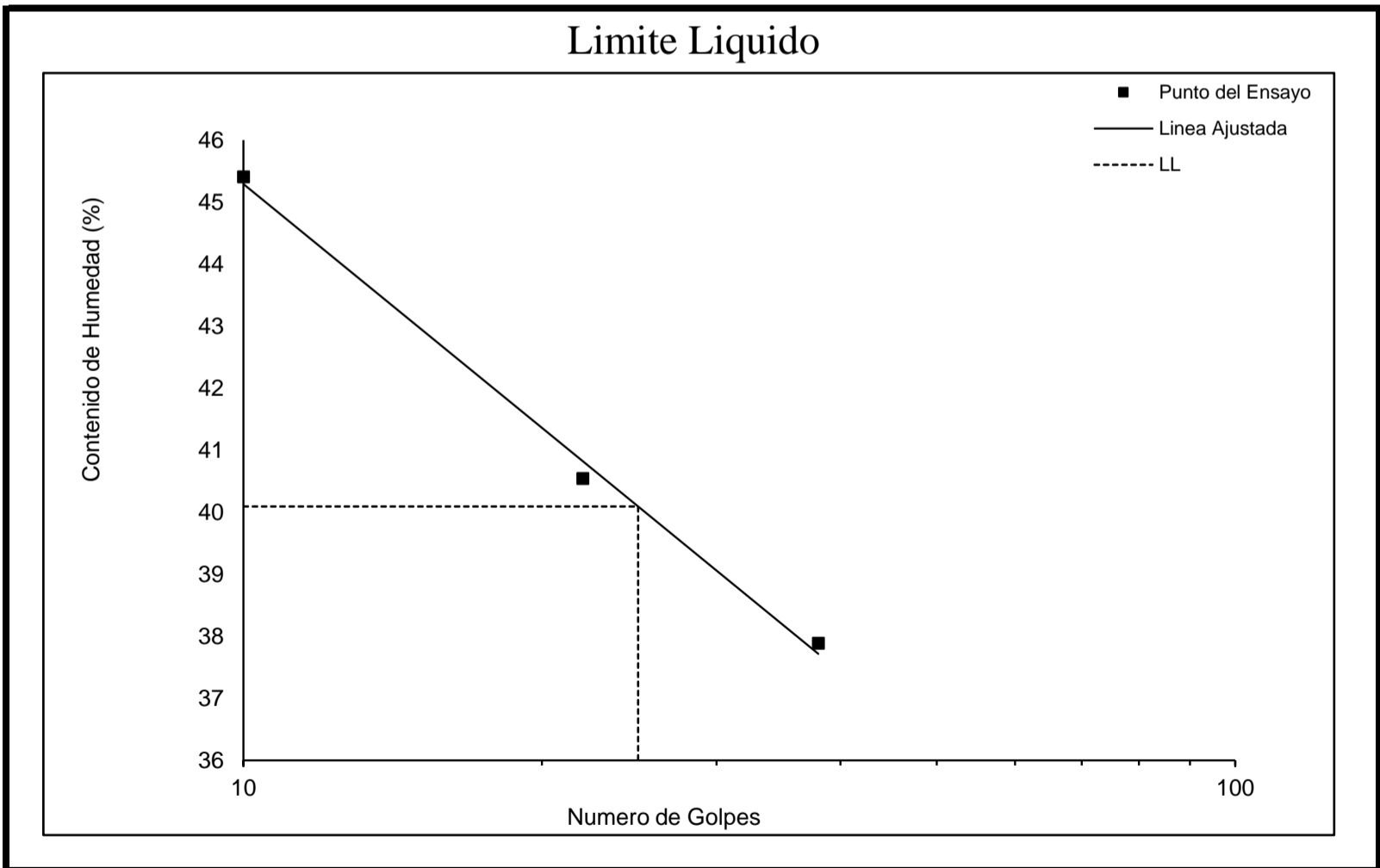
CLIENTE: AMP GABRIELA MENDEZ OBRA: SENA - LA SALADA EYR - S: 13502 SONDEO : 11 DESCRIPCION: Limo arcilloarenoso - habano vetas amarillas .	FECHA: 19-oct-14 MUESTRA: 4 PROFUNDIDAD MTS : 2,00 - 2,50
LIMITES DE CONSISTENCIA	
Norma ASTM D 4318	

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpes	38	22	10	
Recipiente No.	14	15	19	10
Pr + Ph	20,39	22,51	21,93	129,10
Pr + Ps	16,56	17,84	17,09	115,20
P Agua	3,83	4,67	4,84	13,90
Pr	6,45	6,32	6,43	83,10
Ps	10,11	11,52	10,66	32,10
% Humedad	37,88%	40,54%	45,40%	43,30%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	40,09%
Limite Plastico:	30,54%
Indice de Plasticidad:	9,56%
Humedad Natural:	43,30%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	22	37	
Pr + Ph	18,10	19,18	
Pr + Ps	15,36	16,08	
P Agua	2,74	3,10	
Pr	6,35	5,97	
Ps	9,01	10,11	
% Humedad	30,41%	30,66%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-5
U.S.C.	ML



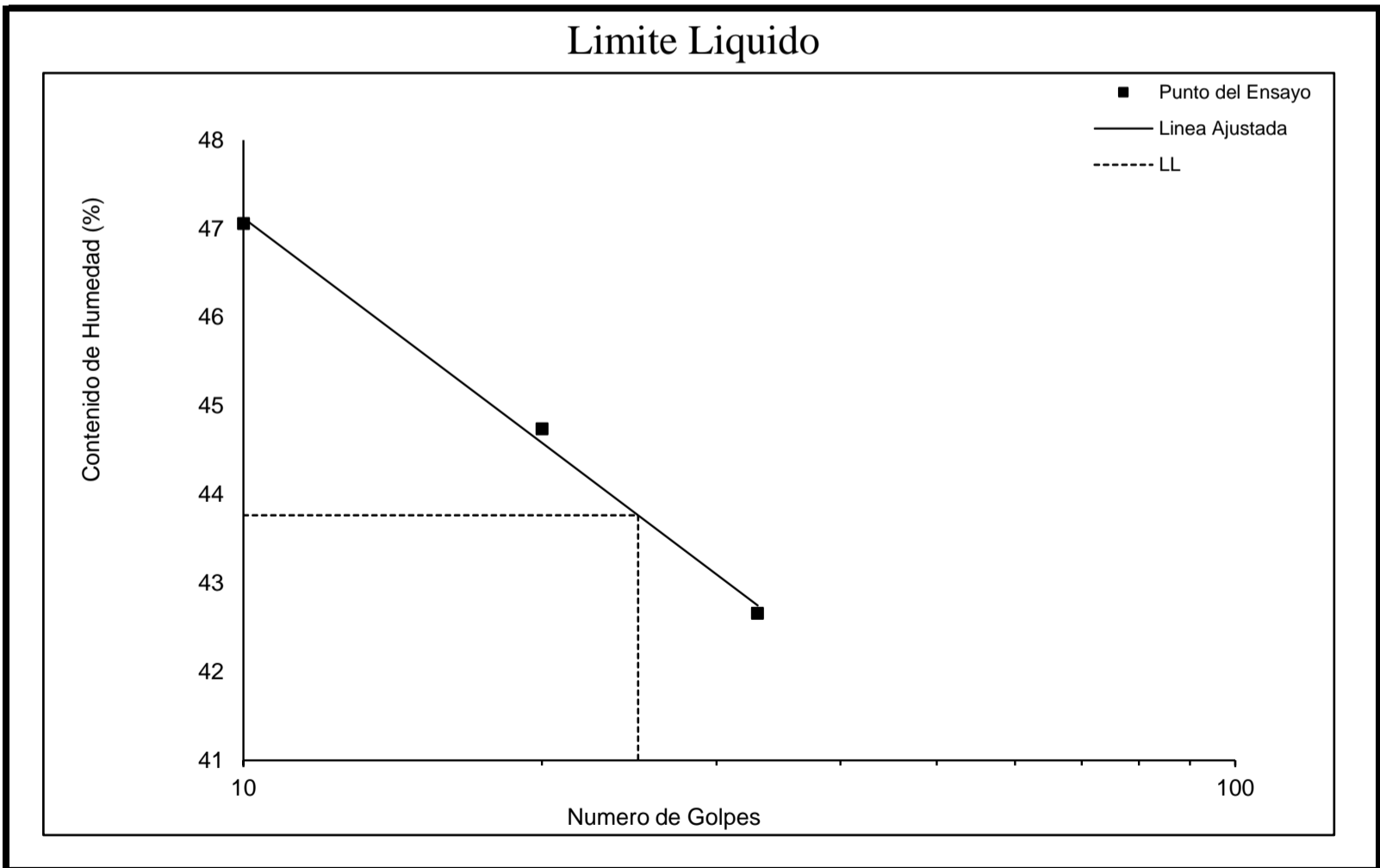
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ		FECHA:	19-oct-14	
OBRA:	SENA - LA SALADA				
EYR - S:	13502				
SONDEO :	19	MUESTRA:	4	PROFUNDIDAD MTS :	2,50 - 3,00
DESCRIPCION:	Limo arcilloarenoso - ocre rojizo vetas habanas .				
LIMITES DE CONSISTENCIA			Norma ASTM D 4318		

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpes	33	20	10	
Recipiente No.	48	31	50	31
Pr + Ph	19,55	20,43	22,33	139,00
Pr + Ps	15,57	16,05	17,22	123,90
P Agua	3,98	4,38	5,11	15,10
Pr	6,24	6,26	6,36	88,60
Ps	9,33	9,79	10,86	35,30
% Humedad	42,66%	44,74%	47,05%	42,78%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	43,77%
Limite Plastico:	32,28%
Indice de Plasticidad:	11,48%
Humedad Natural:	42,78%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	2	5	
Pr + Ph	21,74	21,35	
Pr + Ps	18,73	18,13	
P Agua	3,01	3,22	
Pr	9,42	8,14	
Ps	9,31	9,99	
% Humedad	32,33%	32,23%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-5
U.S.C.	ML



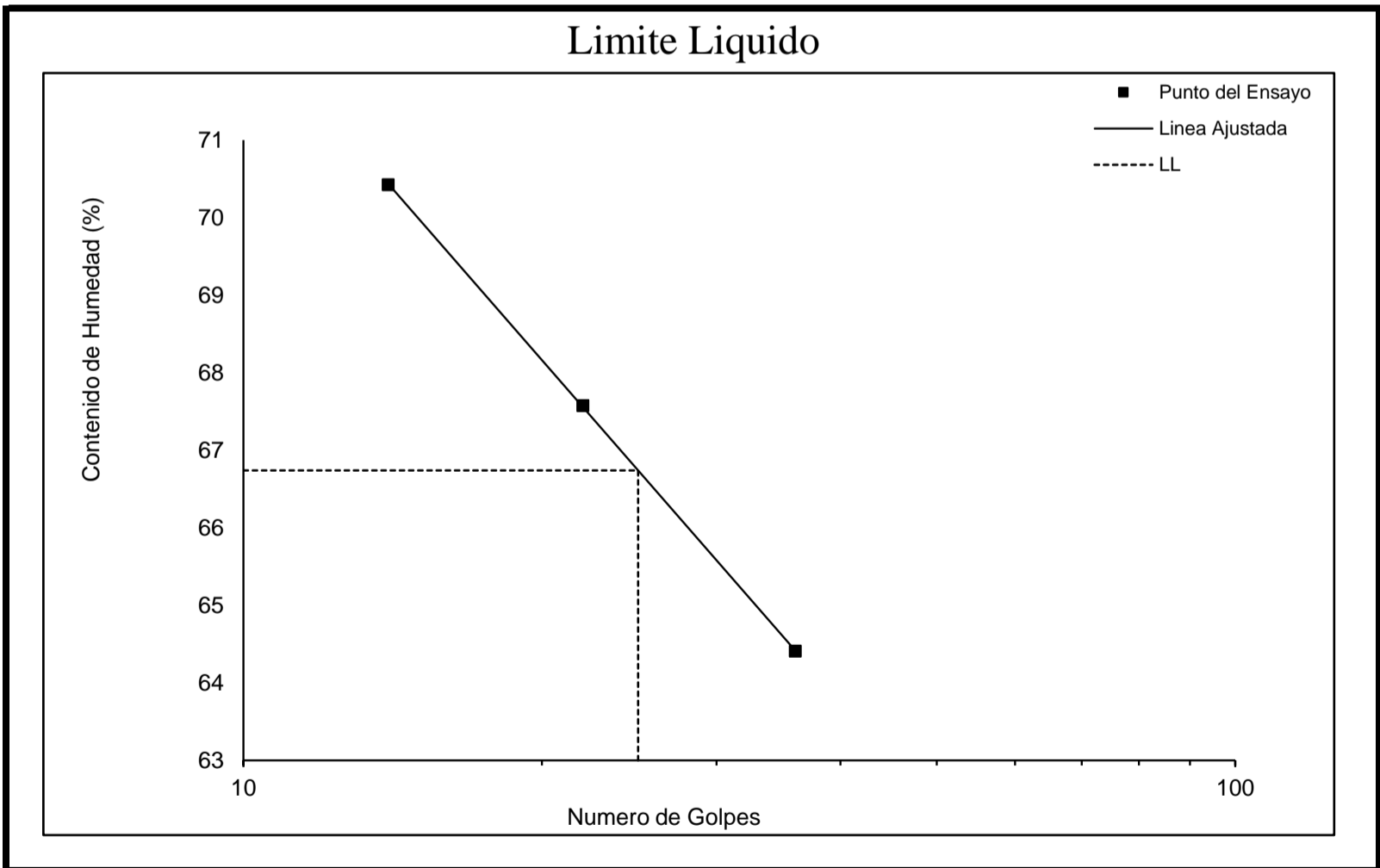
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ			FECHA:	19-oct-14
OBRA:	SENA - LA SALADA				
EYR - S:	13502				
SONDEO :	21	MUESTRA:	4	PROFUNDIDAD MTS :	2,70 - 3,20
DESCRIPCION:	Limo arcilloso ocre .				
LIMITES DE CONSISTENCIA				Norma ASTM D 4318	

LIMITE LIQUIDO			w %	
Numero de golpe	36	22	14	
Recipiente No.	26	21	42	15
Pr + Ph	21,20	20,00	21,24	133,50
Pr + Ps	15,59	14,52	15,05	119,60
P Agua	5,61	5,48	6,19	13,90
Pr	6,88	6,41	6,26	88,60
Ps	8,71	8,11	8,79	31,00
% Humedad	64,41%	67,57%	70,42%	44,84%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	66,74%
Limite Plastico:	40,17%
Indice de Plasticidad:	26,57%
Humedad Natural:	44,84%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	10	8	
Pr + Ph	19,73	19,61	
Pr + Ps	16,55	16,81	
P Agua	3,18	2,80	
Pr	8,69	9,79	
Ps	7,86	7,02	
% Humedad	40,46%	39,89%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-5
U.S.C.	M H



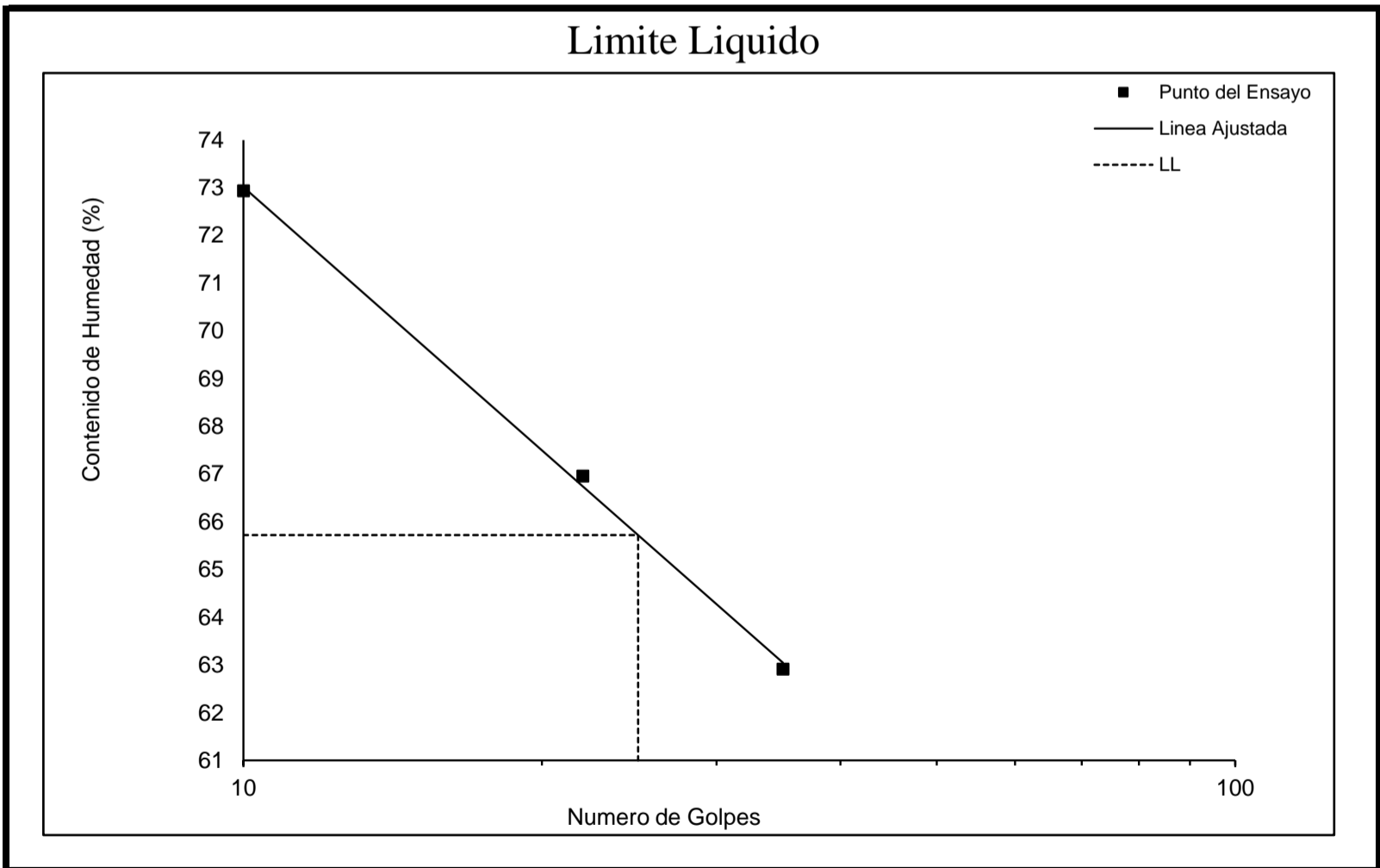
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ		FECHA:	19-oct-14	
OBRA:	SENA - LA SALADA				
EYR - S:	13502				
SONDEO :	22	MUESTRA:	6	PROFUNDIDAD MTS :	4,50 - 5,00
DESCRIPCION:	Limo arcilloso ocre rojizo - vetas habanas .				
LIMITES DE CONSISTENCIA			Norma ASTM D 4318		

LIMITE LIQUIDO			w %	
Numero de golpe	35	22	10	
Recipiente No.	47	24	17	24
Pr + Ph	17,58	17,95	20,24	132,30
Pr + Ps	13,34	13,31	14,34	116,10
P Agua	4,24	4,64	5,90	16,20
Pr	6,60	6,38	6,25	84,90
Ps	6,74	6,93	8,09	31,20
% Humedad	62,91%	66,96%	72,93%	51,92%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	65,72%
Limite Plastico:	44,34%
Indice de Plasticidad:	21,39%
Humedad Natural:	51,92%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	12	4	
Pr + Ph	20,95	20,08	
Pr + Ps	17,18	16,56	
P Agua	3,77	3,52	
Pr	8,73	8,57	
Ps	8,45	7,99	
% Humedad	44,62%	44,06%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-5
U.S.C.	M H



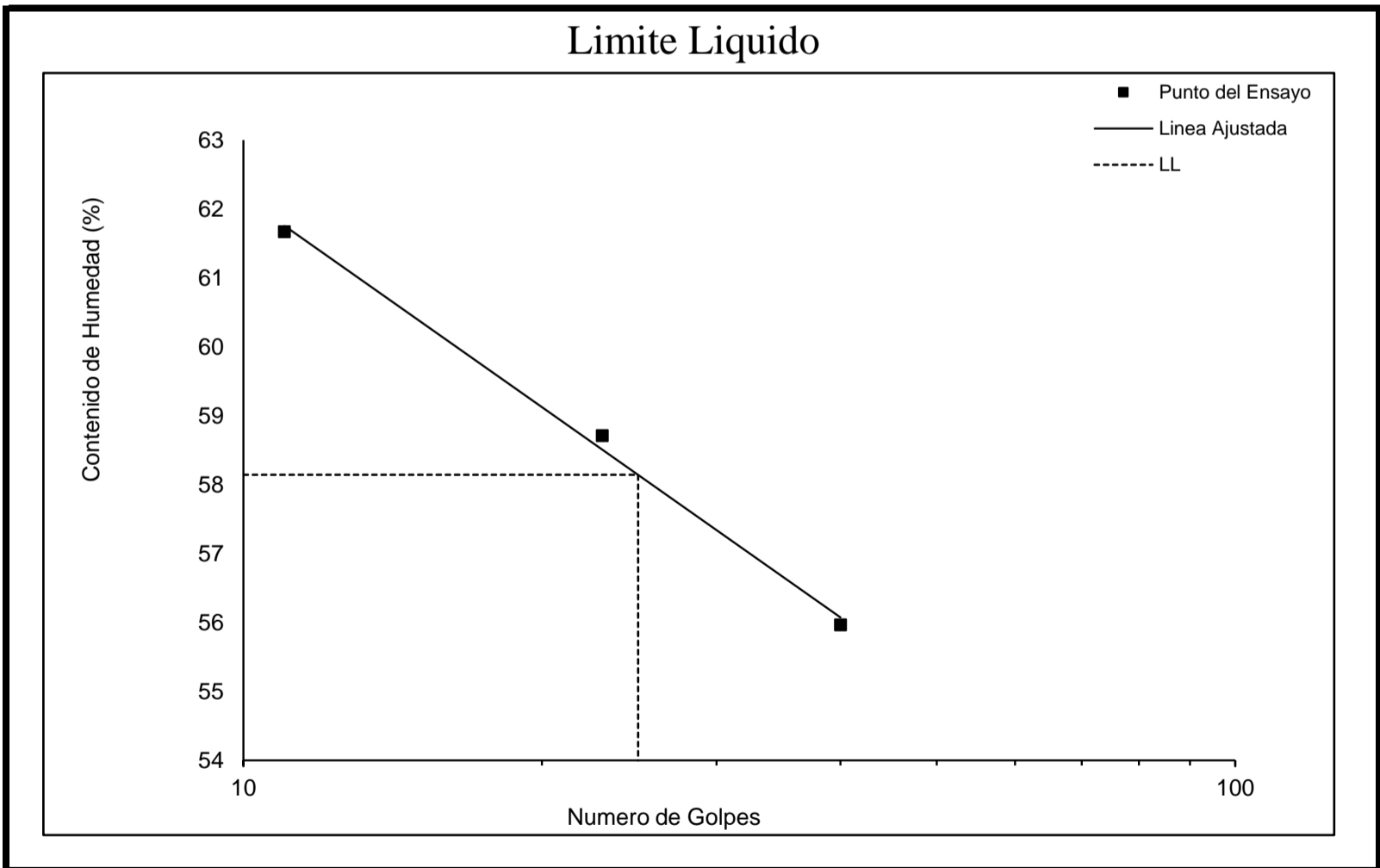
CLIENTE:	AMP GABRIELA MENDEZ			FECHA:	19-oct-14
OBRA:	SENA - LA SALADA				
EYR - S:	13502				
SONDEO :	23	MUESTRA:	5	PROFUNDIDAD MTS :	3,90 - 4,40
DESCRIPCION:	Limo arcilloso rojizo - vetas ocre .				
LIMITES DE CONSISTENCIA					Norma ASTM D 4318

LIMITE LIQUIDO				w %
Numero de golpe	40	23	11	
Recipiente No.	27	45	44	36
Pr + Ph	18,23	21,52	21,76	123,70
Pr + Ps	13,96	15,89	15,92	106,70
P Agua	4,27	5,63	5,84	17,00
Pr	6,33	6,30	6,45	72,60
Ps	7,63	9,59	9,47	34,10
% Humedad	55,96%	58,71%	61,67%	49,85%

RESULTADOS	
Limite Liquido:	58,14%
Limite Plastico:	38,13%
Indice de Plasticidad:	20,01%
Humedad Natural:	49,85%

LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	3	7	
Pr + Ph	19,54	23,64	
Pr + Ps	16,24	19,87	
P Agua	3,30	3,77	
Pr	7,59	9,98	
Ps	8,65	9,89	
% Humedad	38,15%	38,12%	

CLASIFICACION	
AASHTO	A-7-5
U.S.C.	M H



EYR ESPINOSA Y RESTREPO S. A.**PESOS UNITARIOS**

CLIENTE : AMP GABRIELA MENDEZ

FECHA : 19-oct-14

PROYECTO : SENA - LA SALADA

EYR-S : 13502

SONDEO	PROFUNDIDAD :	% W	Peso Unit.gr/cm3	% Expansión
1 - 3	1,50 - 2,00	22,31	1,940	
2 - 2	0,00 - 0,50	44,67	1,530	
3 - 4	2,50 - 3,00	33,16	1,854	
4 - 3	1,50 - 2,00	32,45		20,00
5 - 6	5,30 - 5,80	31,91	1,768	
6 - 5	3,70 - 4,20	40,28	1,794	
10 - 2	0,50 - 1,00	92,34	1,421	
11 - 4	2,00 - 2,50	43,30	1,877	
13 - 3	1,50 - 2,00	33,56	1,692	
19 - 4	2,50 - 3,00	42,78	1,815	
20 - 7	7,30 - 7,80	31,92	1,753	
21 - 4	2,70 - 3,20	44,84	1,781	
22 - 6	4,50 - 5,00	51,92	1,662	
23 - 5	3,90 - 4,40	49,85	1,745	

Laboratorista : Javier menjura

Espinosa & Restrepo S.A

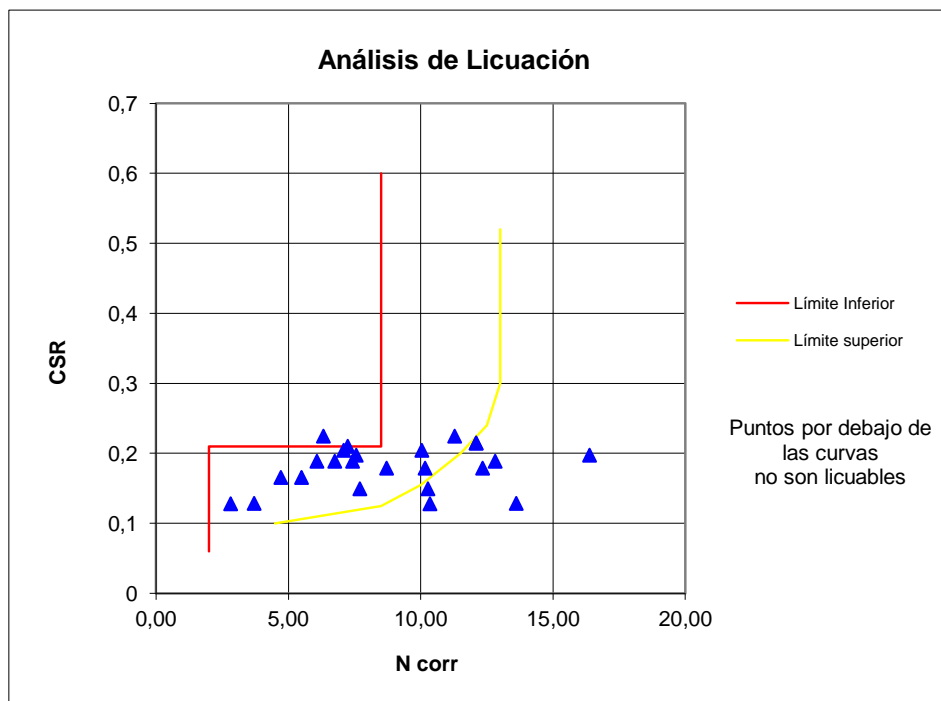
Analisis de Potencial de Licuacion en Arenas

Proyecto: SENA - LA SALADA
 Cliente: GABRIELA MENDEZ

segun Roberts et-al, marzo de 1995

Aceleracion del Sitio segun NSR-10 0,2
 Magnitud Sismo 7,5
 Nivel freatico (mt) 1,5
 Peso unitario promedio (ton/mt3) 1,7

Profundidad (mts)	SPT (N)	SPT corr (N)	CSR	tamaño part 50% (mm)	Esf tot (ton/m2)	Pres. poros (ton/m3)	Esf. efectivo (ton/m3)
1,50	11	10	0,1281		2,55	0,00	2,55
1,00	11	14	0,1287		1,70	0,00	1,70
2,00	12	10	0,1494		3,40	0,50	2,90
3,00	14	10	0,1786		5,10	1,50	3,60
4,00	12	8	0,1974		6,80	2,50	4,30
5,50	23	12	0,2147		9,35	4,00	5,35
7,00	25	11	0,2248		11,90	5,50	6,40
5,00	13	7	0,2100		8,50	3,50	5,00
1,00	3	4	0,1287		1,70	0,00	1,70
2,00	9	8	0,1494		3,40	0,50	2,90
3,00	17	12	0,1786		5,10	1,50	3,60
4,00	26	16	0,1974		6,80	2,50	4,30
1,50	3	3	0,1281		2,55	0,00	2,55
2,50	6	5	0,1658		4,25	1,00	3,25
3,50	11	7	0,1890		5,95	2,00	3,95
3,00	12	9	0,1786		5,10	1,50	3,60
3,50	10	7	0,1890		5,95	2,00	3,95
2,50	7	6	0,1658		4,25	1,00	3,25
3,50	19	13	0,1890		5,95	2,00	3,95
4,50	17	10	0,2042		7,65	3,00	4,65
5,50	23	12	0,2147		9,35	4,00	5,35
3,50	9	6	0,1890		5,95	2,00	3,95
4,50	12	7	0,2042		7,65	3,00	4,65
7,00	14	6	0,2248		11,90	5,50	6,40





CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS



Fabricamos su Mejor Opción

Certificado de Calibración No. **0313M**

Página: 1 de 4

FECHA DE CALIBRACIÓN:
Date of calibration

24 de mayo de 2014

INSTRUMENTO:

Instrument

FABRICANTE:

Manufacturer

MODELO:

Model

NÚMERO DE SERIE:

Serial number

RANGO MEDICIÓN:

Measurement Range

SOLICITANTE:

Customer

DIRECCIÓN:

Address

CIUDAD:

City

NÚMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS:

Number of pages and Documents attached

BALANZA DIGITAL

LEXUS

MIX-A 3000

YS092807

2 g 3000 g

ING. JAVIER MENJURA

CALLE 68 No. 84 A 24

BOGOTA

4

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de **Ingetest Ltda.** Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology **Ingetest Ltda.** Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsibility for damages ensuig mis use of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at apropiate intervals

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTHORIZED SIGNATURE (S)

LAURA MILENA ALARCÓN R.
Técnico Laboratorio
Calibrado por: - Calibrated by:



FRANKLIN INDABURO M.
Jefe de Laboratorio
Revisado por: - Checked by:

**Equipos para estudio
de Suelos, Concretos y Asfaltos
Mantenimiento general,
Ajuste y Calibración**

**Calle 71B No. 80 A - 20
PBX: (571) 7031158 - 2520048
www.ingetest.com
Bogotá - Colombia**

Certificado de Calibración No. 0313M

Fecha de calibración: 24-may-14

Página: 2 de 4

Norma Técnica N°: <i>Standard</i>	Norma Técnica Colombiana NTC 2031 - Primera actualización 2002-11-22
Emplazamiento Habitual del equipo de medición: <i>Location</i>	Laboratorio

1. Clase, rangos de verificación y máximos errores permisibles

Clase de Exactitud	III	Media	Máximo Error Permissible	División de verificación de la escala (e):	1 g
Rangos de Verificación		g	g	Valor de división real de la escala (d):	0.1 g
0.0		500.0	1	Número de divisiones de verificación (n):	3000
500.0		2000.0	2	Capacidad Máxima (Máx.):	3000 g
2000.0		3000.0	3	Capacidad Mínima (Mín):	2 g
				Unidades de masa en la indicación:	g
				Indicación:	Digital

2. Prueba de exactitud (NTC 2031 Numeral A.4.4.1)

2.1 Ascendente

Carga	Indicación	Aumento	Error
10.00	10.00	0.060	-0.010
20.00	20.00	0.070	-0.020
30.00	30.00	0.080	-0.030
50.00	50.00	0.080	-0.030
100.00	100.00	0.070	-0.020
200.00	200.00	0.060	-0.010
500.00	500.10	0.080	0.070
700.00	700.00	0.070	-0.020
800.00	800.00	0.070	-0.020
900.00	900.00	0.060	-0.010
1000.00	1000.00	0.050	0.000
1200.00	1200.10	0.070	0.080
1500.00	1500.10	0.040	0.110
1800.00	1800.10	0.070	0.080
2000.00	2000.00	0.040	0.010
2100.00	2100.00	0.050	0.000
2200.00	2200.10	0.040	0.110
2500.00	2500.10	0.060	0.090
3000.00	3000.00	0.070	-0.020
-	-	-	-

2.2 Descendente

Carga	Indicación	Aumento	Error
3000.00	3000.00	0.060	-0.010
2500.00	2500.10	0.060	0.090
2200.00	2200.00	0.070	-0.020
2100.00	2100.00	0.080	-0.030
2000.00	2000.00	0.090	-0.040
1800.00	1800.00	0.070	-0.020
1500.00	1500.10	0.070	0.080
1200.00	1200.10	0.080	0.070
1000.00	1000.00	0.070	-0.020
900.00	900.00	0.030	0.020
800.00	800.00	0.030	0.020
700.00	700.00	0.040	0.010
500.00	500.00	0.030	0.020
200.00	200.00	0.040	0.010
100.00	100.10	0.040	0.110
50.00	50.00	0.070	-0.020
30.00	30.00	0.030	0.020
20.00	20.00	0.030	0.020
10.00	10.00	0.040	0.010
-	-	-	-

CERTIFICADO DE CALIBRACION No. 0313M

Fecha de calibración: 24-may-14

Página: 3 de 4

2. Repetibilidad

No.	Escala Baja			Escala Media			Escala Alta			
	Indicación	Aumento	Error	Indicación	Aumento	Error	Indicación	Aumento	Error	
1	100.000	0.060	-0.010	1000.000	0.050	0.000	3000.000	0.080	-0.030	
2	100.000	0.070	-0.020	1000.100	0.070	0.080	3000.100	0.080	0.070	
3	100.000	0.070	-0.020	1000.000	0.080	-0.030	3000.200	0.070	0.180	
4	100.000	0.080	-0.030	1000.000	0.090	-0.040	3000.000	0.080	-0.030	
5	100.000	0.080	-0.030	1000.100	0.080	0.070	3000.100	0.080	0.070	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
[E max - E min] £ 0.5 e			0.02	[E max - E min] £ 0.5 e			0.12	[E max - E min] £ 0.5 e		

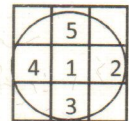
3. Discriminación

Carga	100.00	1000.00	3000.00
Indicación	100.00	1000.10	3000.00
Aumento	1.4	1.4	1.4
Indicación	101.5	1001.5	3001.4

4. Excentricidad de carga

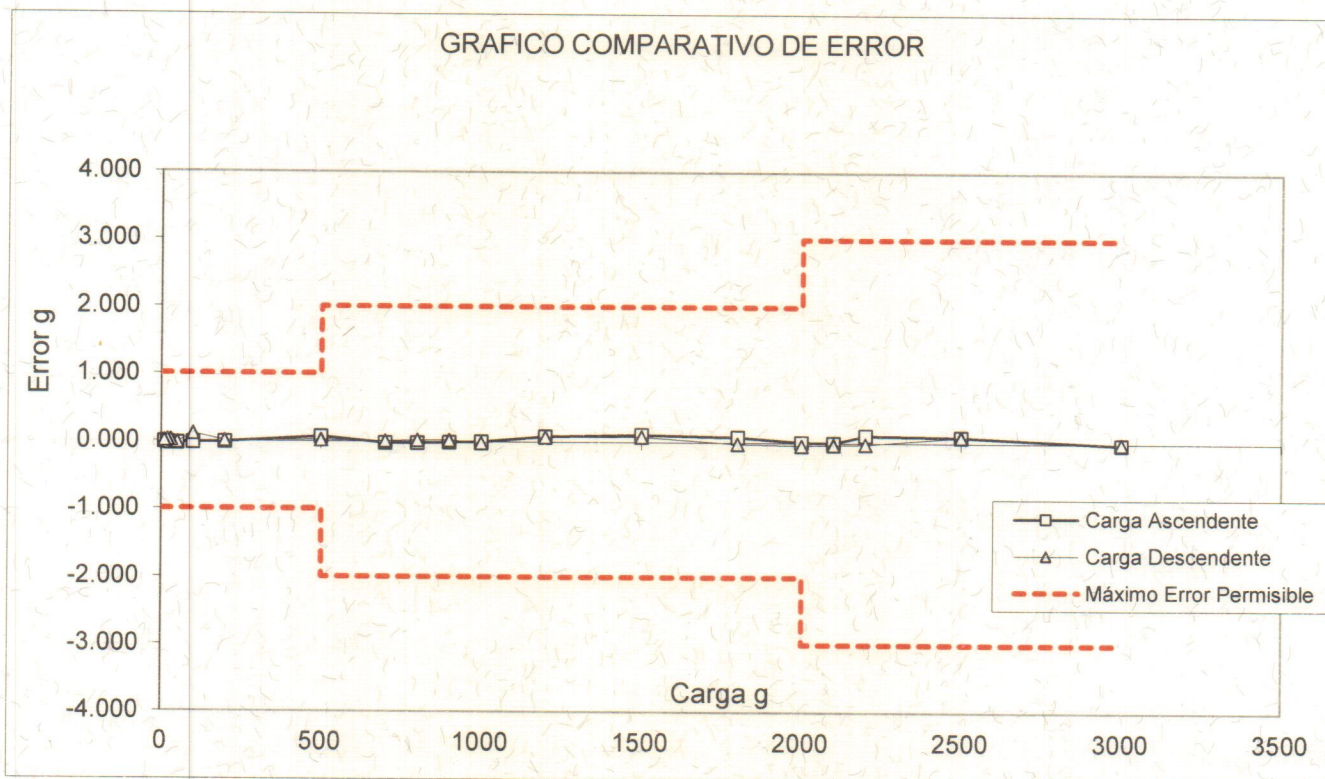
Lado	Indicación	Aumento	Error
1	1000	0.08	-0.03
2	1000.1	0.07	0.03
3	1000	0.07	-0.07
4	1000	0.07	-0.07
5	1000.1	0.08	0.02
1	1000.1	0.07	0.03

Carga < 1/3 cap. Max
1000



5. Constancia del punto cero

Hora	Tiempo	Carga	Indicación	Aumento	Error
10:10:00	-	3000.000	3000.100	0.060	0.090
10:15:00	00:05:00	0	0		0



6. Clasificación

Determinados los errores para las pruebas realizadas el Instrumento de medición se clasifica como:
 Clase **III** exactitud Media de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 2031

7. Trazabilidad

Ingetest Ltda. Garantiza la trazabilidad de los instrumentos de medición utilizados en la calibración, calibrando los patrones de trabajo a intervalos apropiados de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC - ISO-IEC 17025

Equipos utilizados durante la calibración

Fabricante	Clase	Capacidad	Serie	Modelo	No. Certificado
LEXUS	M1	2mg - 500g	1148	Cilindricas	COT-135-ALM-009-11
LEXUS	M1	1Kg - 5Kg	4222	Cilindricas	COT-135-ALM-006-11

Observaciones:



Fabricamos su Mejor Opción

Certificado de Calibración No.

0231F

Certificate of Calibration No.

PAG : 1 de 3

INSTRUMENTO Apparatus	:	MAQUINA DE ENSAYO COMPRESION INCONFINADA
FABRICANTE Manufacturer	:	INGETEST - LEXUS
MODELO Model	:	IT-1025 - MATRIX - SC1000Kg
NUMERO DE SERIE Serial Number	:	10250312 - XL11020456
INDICACIÓN Indicacion	:	DIGITAL
RANGO DE MEDICIÓN Measurement Range	:	10.0 kN
SOLICITANTE Customer	:	ING. JAVIER MENJURA
DIRECCIÓN Adress	:	CALLE 68 No. 84 A 24
FECHA DE CALIBRACIÓN Calibration Date	:	24 de mayo de 2014
NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS : Number of pages of this Certificate and Documents Attached	:	3

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de **Ingetest Ltda.** Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology Ingetest Ltda. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsibility for damages ensuing mis use of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

Firma Autorizada(s)
Authorized Signature (s)

REVISADO POR:

Franklin Indábuero M.
Director de Laboratorio

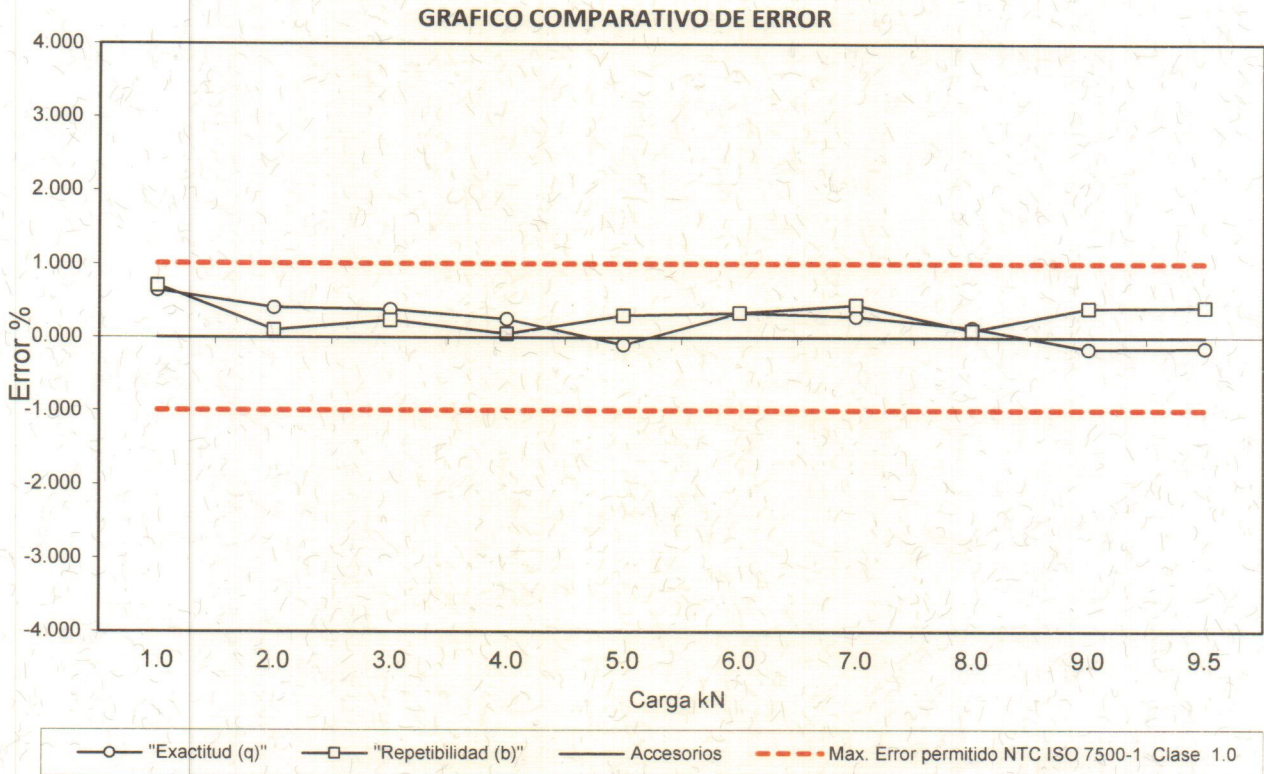
Ingetest Ltda.

CALIBRADO POR:

Laura M. Alarcón R.
Asistente Metrológico

**Equipos para estudio
de Suelos, Concretos y Asfaltos
Mantenimiento general,
Ajuste y Calibración**

**Calle 71B No. 80 A - 20
PBX: (571) 7031158 - 2520048
www.ingetest.com
Bogotá - Colombia**



ACORDE A LOS ERRORES RELATIVOS MAXIMOS PRESENTADOS Y SEGUN LAS PRESCRIPCIONES DE LA NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC ISO 7500-1, LA MAQUINA DE ENSAYO CALBRADA SE CLASIFICA COMO:

CLASE 1 DE 20 % HASTA EL 100 % DE SU CAPACIDAD MAXIMA

TRAZABILIDAD :

EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE **INGETEST LTDA**, ASEGURA EL MANTENIMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES DE TRABAJO UTILIZADOS EN LAS MEDICIONES.

EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE **INGETEST LTDA**, CUSTODIA Y MANTIENE ESTOS PATRONES, LOS CUALES HAN SIDO CERTIFICADOS POR CENAM, ACORDE A LO ESTABLECIDO EN LA NORMA EUROPEA EN-10.002-3.

Equipos utilizados en la calibración

Equipo	Fabricante	Modelo	Serie	Capacidad	Cert. No	Fecha Cal.
CELDA DE CARGA	HBM	S-35	S30522126	100 kN	IM-856	2014/05/03
INDICADOR DIGITAL	LEXUS	FOX-II	SK289443	4 mV/V	IM-856	2014/05/03

OBSERVACIONES :

- 1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **0231 F**
- 2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.
- 3.- La máquina de ensayos deberá ser calibrada inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.
- 4.- Si la máquina de ensayos es reubicada, se deberá repetir la calibración. Igualmente, cuando exista razón de duda con respecto a la exactitud de la carga, independientemente del tiempo transcurrido desde la última calibración,
- 5.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **INGETEST LTDA**. no se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.



Fabricamos su Mejor Opción

Certificado de Calibración No. 0018C

Página: 1 de 2

FECHA DE CALIBRACIÓN:
Date of calibration

24 de Mayo de 2014

INSTRUMENTO: : **COMPARADOR DE CARATULA ANALOGO**
Instrument

FABRICANTE: : **PAG GRENCHE**
Manufacturer

MODELO: : **SN**
Model

NÚMERO DE SERIE: : **98027**
Serial number

RANGO MEDICIÓN: : **0 - 30 mm**
Measurement Range

INDICACION: : **ANALOGA**
Indication

RESOLUCION : **0,01 mm**
Resolution

SOLICITANTE: : **JAVIER MENJURA**
Customer

DIRECCIÓN: : **CALLE 68 No. 84A-24**
Address

CIUDAD: : **BOGOTA**
City

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de **Ingetest Ltda.** Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology **Ingetest Ltda.** Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsibility for damages ensuing mis use of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriate intervals

Firma Autorizada(s)
AUTHORIZED SIGNATURE (S)

LAURA MILENA ALARCÓN R.
Técnico de Laboratorio



FRANKLIN INDABURO M.
Jefe de Laboratorio

**Equipos para estudio
de Suelos, Concretos y Asfaltos
Mantenimiento general,
Ajuste y Calibración**

**Calle 71B No. 80 A - 20
PBX: (571) 7031158 - 2520048
www.ingetest.com
Bogotá - Colombia**

Certificado de Calibración No. **0018C**

DATOS DE CALIBRACIÓN

No	Vr. PATRON	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA	%
	mm	mm	mm	mm	Promedio	ERROR
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000
2	3.00	3.03	3.02	3.03	3.0267	0.8889
3	6.00	6.02	6.01	6.01	6.0133	0.2222
4	9.00	9.01	9.02	9.01	9.0133	0.1481
5	12.10	12.00	12.00	12.00	12.0000	-0.8264
6	15.00	15.03	15.01	15.00	15.0133	0.0889
7	18.00	18.02	18.00	18.00	18.0067	0.0370
8	21.00	21.00	21.01	21.00	21.0033	0.0159
9	24.00	24.00	24.03	24.02	24.0167	0.0694
10	27.00	27.03	27.02	27.02	27.0233	0.0864
11	30.00	30.02	30.01	30.01	30.0133	0.0444

TRAZABILIDAD : Ingetest Ltda. Garantiza la trazabilidad de los instrumentos de medición utilizados en la calibración, calibrando los patrones de trabajo a intervalos apropiados de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC - 4513

PATRON DE REFERENCIA

INSTRUMENTO : INDICADOR DIGITAL
TIPO : DIGITAL
FABRICANTE : STARRETT
MODELO : 3600M-5
RANGO MEDICION : 0 - 12,5mm
RESOLUCION : 0,01 mm

Temperatura ambiente : 21,5 °C
Humedad Relativa : 55,2 % HR

El instrumento se encuentra dentro de las especificaciones de exactitud dadas por el fabricante para los rangos aprobados. Se recomienda revisión al cabo de un año.



Fabricamos su Mejor Opción

Certificado de Calibración No. 0312M

Página: 1 de 4

FECHA DE CALIBRACIÓN:
Date of calibration

24 de mayo de 2014

INSTRUMENTO:

Instrument

BALANZA DIGITAL

FABRICANTE:

Manufacturer

LEXUS

MODELO:

Model

MIX-H

NÚMERO DE SERIE:

Serial number

YS092522

RANGO MEDICIÓN:

Measurement Range

2 g 600 g

SOLICITANTE:

Customer

ING. JAVIER MENJURA

DIRECCIÓN:

Address

CALLE 68 No. 84 A 24

CIUDAD:

City

BOGOTA

NÚMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS:

Number of pages and Documents attached

4

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de **Ingetest Ltda.** Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology **Ingetest Ltda.** Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsibility for damages ensuing mis use of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriate intervals

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTHORIZED SIGNATURE (S)

LAURA MILENA ALARCÓN R.
Técnico Laboratorio
Calibrado por: - Calibrated by:



011 900.018.587-5

FRANKLIN INDABURO M.
Jefe de Laboratorio
Revisado por: - Checked by:

**Equipos para estudio
de Suelos, Concretos y Asfaltos
Mantenimiento general,
Ajuste y Calibración**

**Calle 71B No. 80 A - 20
PBX: (571) 7031158 - 2520048
www.ingetest.com
Bogotá - Colombia**

Certificado de Calibración No. 0312M

Fecha de calibración: 24-may-14

Página: 2 de 4

Norma Técnica N°: <i>Standard</i>	Norma Técnica Colombiana NTC 2031 - Primera actualización 2002-11-22
Emplazamiento Habitual del equipo de medición: <i>Location</i>	Laboratorio

1. Clase, rangos de verificación y máximos errores permisibles

Clase de Exactitud	III	Media	Máximo Error Permissible	División de verificación de la escala (e):	0.1 g
Rangos de Verificación		g	g	Valor de división real de la escala (d):	0.01 g
0.0		50.0	0.1	Número de divisiones de verificación (n):	6000
50.0		200.0	0.2	Capacidad Máxima (Máx.):	600 g
200.0		600.0	0.3	Capacidad Mínima (Mín):	2 g
				Unidades de masa en la indicación:	g
				Indicación:	Digital

2. Prueba de exactitud (NTC 2031 Numeral A.4.4.1)

2.1 Ascendente

Carga	Indicación	Aumento	Error
10.00	9.90	0.003	-0.098
20.00	20.00	0.002	0.003
30.00	30.00	0.007	-0.002
40.00	40.00	0.007	-0.002
50.00	50.00	0.006	-0.001
60.00	60.00	0.005	0.000
80.00	80.00	0.003	0.002
100.00	100.02	0.004	0.021
110.00	110.02	0.005	0.020
120.00	120.02	0.006	0.019
150.00	150.04	0.004	0.041
200.00	199.96	0.008	-0.043
220.00	219.99	0.005	-0.010
250.00	249.99	0.004	-0.009
300.00	299.97	0.004	-0.029
350.00	350.01	0.004	0.011
400.00	400.02	0.004	0.021
450.00	450.01	0.005	0.010
600.00	599.98	0.006	-0.021
-	-	-	-

2.2 Descendente

Carga	Indicación	Aumento	Error
600.00	599.98	0.005	-0.020
450.00	449.97	0.007	-0.032
400.00	399.98	0.007	-0.022
350.00	349.98	0.008	-0.023
300.00	299.97	0.009	-0.034
250.00	249.97	0.007	-0.032
220.00	219.98	0.008	-0.023
200.00	199.97	0.007	-0.032
150.00	149.97	0.008	-0.033
120.00	119.98	0.009	-0.024
110.00	109.97	0.007	-0.032
100.00	99.98	0.008	-0.023
80.00	79.97	0.008	-0.033
60.00	59.97	0.007	-0.032
50.00	49.97	0.007	-0.032
40.00	39.97	0.008	-0.033
30.00	29.97	0.009	-0.034
20.00	19.97	0.006	-0.031
10.00	9.98	0.005	-0.020
-	-	-	-

Certificado de Calibración No. **0312M**

Fecha de calibración: 24-may-14

Página: 3 de 4

2. Repetibilidad

No.	Escala Baja			Escala Media			Escala Alta			
	Indicación	Aumento	Error	Indicación	Aumento	Error	Indicación	Aumento	Error	
1	20.000	0.006	-0.001	99.980	0.007	-0.022	499.990	0.006	-0.011	
2	20.000	0.008	-0.003	100.010	0.009	0.006	499.980	0.007	-0.022	
3	19.980	0.008	-0.023	99.970	0.009	-0.034	499.980	0.008	-0.023	
4	19.980	0.009	-0.024	99.990	0.009	-0.014	499.990	0.009	-0.014	
5	20.010	0.009	0.006	99.990	0.008	-0.013	500.010	0.008	0.007	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
[E max - E min] £ 0.5 e			0.03	[E max - E min] £ 0.5 e			0.04	[E max - E min] £ 0.5 e		

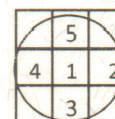
3. Discriminación

Carga	20.00	100.00	500.00
Indicación	19.99	100.00	499.99
Aumento	0.14	0.14	0.14
Indicación	20.15	100.1	500.14

4. Excentricidad de carga

Lado	Indicación	Aumento	Error
1	200.01	0.008	0.01
2	199.98	0.007	-0.03
3	199.99	0.009	-0.02
4	199.99	0.009	-0.02
5	199.97	0.007	-0.04
1	200.01	0.008	0.00

Carga < 1/3 cap. Max
200



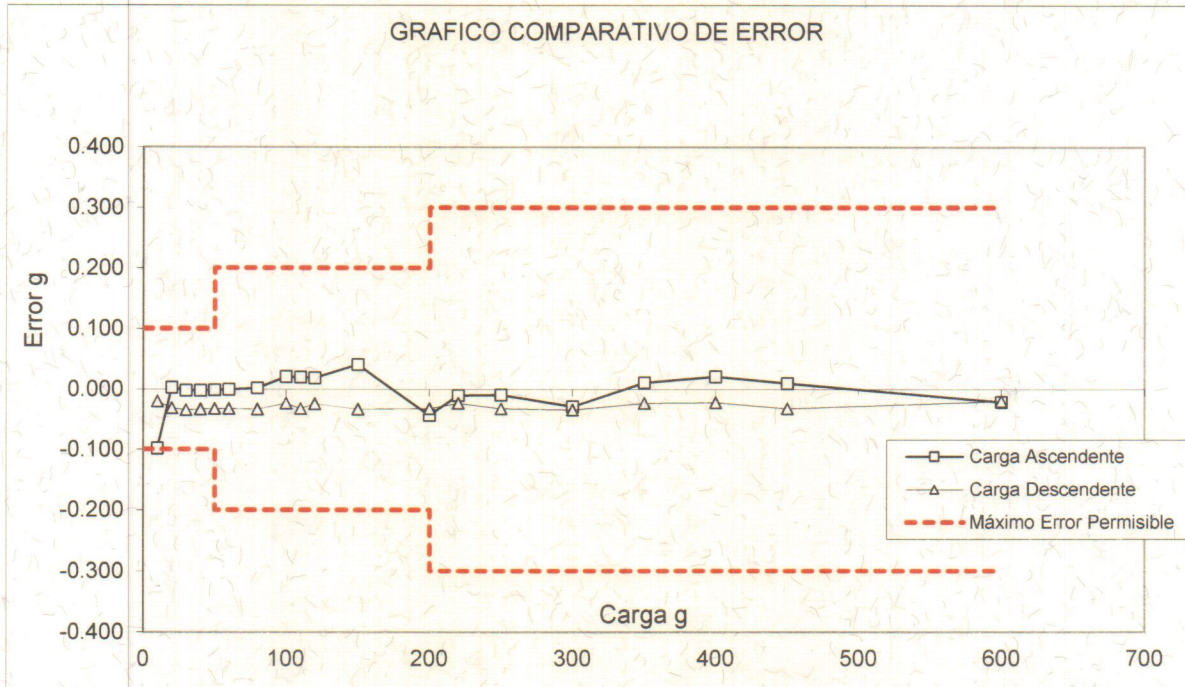
5. Constancia del punto cero

Hora	Tiempo	Carga	Indicación	Aumento	Error
10:10:00	-	600.000	599.980	0.008	-0.023
10:20:00	00:10:00	0	0		0

Certificado de Calibración No. 0312M

Fecha de calibración: 24-may-14

Página: 4 de 4



6. Clasificación

Determinados los errores para las pruebas realizadas el Instrumento de medición se clasifica como:

Clase III exactitud Media de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 2031

7. Trazabilidad

Ingetest Ltda. Garantiza la trazabilidad de los instrumentos de medición utilizados en la calibración, calibrando los patrones de trabajo a intervalos apropiados de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC - ISO-IEC 17025

Equipos utilizados durante la calibración

Fabricante	Clase	Capacidad	Serie	Modelo	No. Certificado
LEXUS	M1	2mg - 500g	1148	Cilindricas	COT-135-ALM-009-11

Observaciones: _____



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

ARTICULO DE LICUACIÓN

RECONSIDERATION OF INITIATION OF LIQUEFACTION IN SANDY SOILS

By Catherine E. Fear¹ and Edward C. McRoberts²

ABSTRACT: The Berkeley trigger criterion for evaluating the potential for earthquake-induced phenomena in sandy soils is reviewed in this paper. The historical database comprising the criterion is reconsidered using a consistent "weakest-link-in-the-chain" approach. Revised plots of average cyclic stress ratio (CSR) versus $(N_1)_{60}$ are presented using the new minimum values of $(N_1)_{60}$. Lower-bound state lines, in terms of $(N_1)_{60}$, are applied to the nonliquefied data and upper-bound state lines are applied to the liquefied data. It is found that these lines do not coincide, forming a single trigger line in either clean sand or sand with fines; instead, they define a zone in which liquefaction may or may not occur. An additional zone is defined in which earthquake-induced phenomena are likely to consist of only sand boils. This supports the necessity of site-specific investigations to determine liquefaction potential. The results of this study demonstrate the effect of fines content on liquefaction potential, but not to the same extent as found in original interpretations of the field data.

INTRODUCTION

In earthquake design of saturated sandy soils, a fundamental issue is whether or not the design earthquake could initiate phenomena such as lateral spreading, cracking, settlement, sand boils, flow slides, buoyancy, and loss of bearing capacity. These phenomena taken together are often referred to as liquefaction. Fig. 1 presents the primary source of current practice for predicting the initiation of what is called liquefaction, based on the well-known work of Seed et al. (1984), who presented a catalog of 125 case records referred to here as the Berkeley catalog. These plots define an empirical state line between case records that were designated as having liquefied and those that were not. The case records embraced by the Berkeley catalog are for level ground and the extension of these data to the design of sloping ground, dams, and other structures was presented by Seed (1983) and Rollins and Seed (1990). Professional and regulatory practice often adopt this work as a design method and, to a significant extent, it also forms a standard against which other theories and methods of liquefaction assessment are judged.

The most significant aspect of the Berkeley catalog is the assignment of a single standard penetration test (SPT) $(N_1)_{60}$ value to describe the state of the sand for a given case record. The objective of this study was to reconsider the Berkeley catalog selection of $(N_1)_{60}$ data. Although much use has been made of the original work, many of the case records are difficult to obtain and the raw data is not available in the original catalog. Fear and McRoberts (1993) summarized all the original data in catalog form, including all the borehole logs that could be located. The objective of this paper is to summarize the major findings of this work.

This study has adopted the approach of characterizing liquefaction or nonliquefaction with a single $(N_1)_{60}$ value. However, in agreement with general design practice it is argued that, all else being equal, the layer with the lowest $(N_1)_{60}$ would have the least resistance to liquefaction. Thus, a "weakest-link-in-the-chain" approach was consistently used in this study. In general, this approach is different from that used in the original work, and is considered a justifiable method for reconsidering the data. This study primarily restricts itself to a reconsideration of the $(N_1)_{60}$ data component of the case records. The state of the sand, as measured by the $(N_1)_{60}$ value, is (of course) not the only factor affecting liquefaction potential. Clearly, the magnitude and acceleration of the earthquake, depth of the weak layer, and depth of the ground-water table, as embraced by the average cyclic stress ratio (CSR), are key parameters. This study adopts the original methodology for calculating this ratio, but reassigns the CSR and fines content data as appropriate for the new selection of $(N_1)_{60}$, representing the weakest state of the sand. Case records in clean sands (percent passing the Number 200 sieve $\leq 5\%$) and those in silty sands are kept separate, as they were in the original work.

As discussed in the National Research Council (1985) summary, there are many other factors that also influence the response of a particular site to ground motion. Site topography can be a factor and, although the original catalog was for level ground, there are cases in which some

¹PhD Student, Dept. of Civ. Engrg., 220 Civ./Electr. Engrg. Build., Univ. of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, T6G 2G7.

²Chf. Tech. Ofcr., AGRA Earth and Environmental, 4810-93 St., Edmonton, Alberta, Canada, T6E 5M4.

Note. Discussion open until August 1, 1995. To extend the closing date one month, a written request must be filed with the ASCE Manager of Journals. The manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on January 28, 1994. This paper is part of the *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 121, No. 3, March, 1995. ©ASCE, ISSN 0733-9410/95/0003-0249-0261/\$2.00 + \$.25 per page. Paper No. 7757.

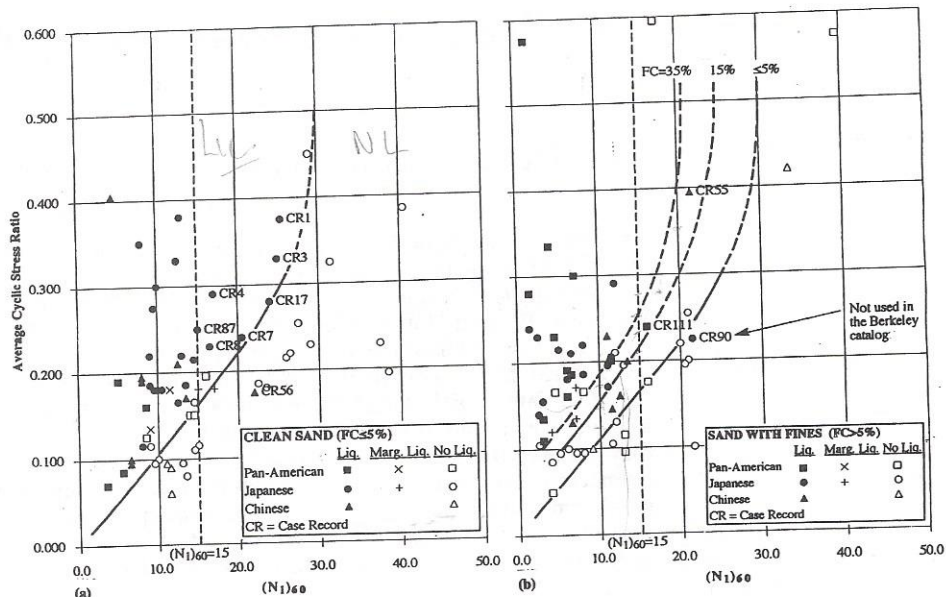


FIG. 1. Plots of CSR versus $(N_1)_{60}$ in Original Berkeley Catalog

modest slopes or additional loading were present. Site drainage and the impedance of seepage, which is potentially further complicated by hydraulic fracturing and density changes (water content redistribution), clearly exert possible influences. Other soil factors such as aging, grain size distribution, gravel content effects, in-situ stresses, and so on will all exert effects as well. There are so many other factors in addition to the triad of major factors considered here [CSR, $(N_1)_{60}$, fines content] that it is imprudent to base any consideration of liquefaction on such restricted grounds. Certainly, the experienced designer will not rely solely on such a simplistic approach, but the predictions offered can be useful at a screening level. Although some other factors that influence liquefaction may have been subjectively considered in the Berkeley work, there are no records available to indicate what may have been done.

This study finds that, in many cases, the Berkeley catalog did not select a minimum value of $(N_1)_{60}$. This can be a particularly significant issue from a design perspective, as practice tends to focus on identifying the loosest zone and then applying the Seed et al. (1984) criterion to this layer. A conservatively biased criterion that is accepted in practice makes it exceptionally difficult to introduce alternative technologies and design methodologies, especially in terms of regulatory opinions and design precedents in high-risk design environments. Given the implications of liquefaction failure and the variety of difficulties and unknowns associated with the case records, it can be argued that a conservative assessment is justified. However, it should be explicitly understood that this is the case. In many other situations, on a site-specific basis, more economical designs justified by investigation and testing may be appropriate.

METHODOLOGY

The approach of the Berkeley catalog was simple and straightforward in that either there were, or were not, surface manifestations during or after an earthquake and, hence, it was concluded that liquefaction either had or had not occurred. It is recognized, following the concerns that were first raised by Casagrande (1976) and recently reviewed by McRoberts and Sladen (1992), Ishihara (1993), Youd (1993), and Robertson (1994) that definitions of what does or does not constitute liquefaction are being actively discussed in the geotechnical community. This study adopted the original definitions of liquefaction used by the Berkeley catalog. If surface features such as sand boils, cracking, lateral spreading, or settlement were seen, the case record was classified as "liquefied" (indicated by the solid symbols in Fig. 1). However, if surface features were not visible, either during or after the earthquake, the case record was classified as "nonliquefied" (indicated by the open symbols in Fig. 1). In addition, a few case records in the Berkeley catalog were classified as having "marginal liquefaction" (indicated by the cross symbols in Fig. 1). Another category entitled "pressure relief" was added to this study for case records in which sand boils were the only surface feature observed at the site. This pressure relief category was added to explore the possible differences between sand boils and other liquefaction responses to seismic actions. This study used the same symbols in subsequent plots for case records that were reclassified as pressure relief, and for those in which the classification was left as marginal liquefaction (as given in the Berkeley catalog) as it was felt that they probably represented similar phenomena.

Following Ambraseys' (1988) numbering system, the Berkeley catalog of 125 case records

was expressed as 123 case records (four case records were merged into two). Reference papers were obtained for each of these case records with a few exceptions [Cluff (1973), Dames and Moore (1975), and Seed (1973) as cited in Seed (1984) and Tsuchida (1979)]. Information summary sheets and borehole logs for all the case records and the complete reference list are contained in Fear and McRoberts (1993).

In the Berkeley catalog, each case record was reduced to a single pair of SPT $(N_1)_{60}$ and CSR, reflecting state and loading, respectively. The in-situ relative density is reflected by $(N_1)_{60}$, which is the SPT blowcount, corrected to a vertical effective stress of 100 kg/cm² and an applied energy ratio (ER) of 60%, as explained in Appendix II. The CSR is a measure of the amount of shear stress induced by the earthquake at a level ground site, relative to the initial vertical effective stress, and can be calculated using the formula in Appendix II.

All else being equal, the layer with the lowest $(N_1)_{60}$ will have the least resistance to liquefaction. Thus, this study focused on the selection of the minimum $(N_1)_{60}$ for each case record, and the CSR was recalculated if necessary. Selection of the minimum $(N_1)_{60}$ value is open to the criticism that the lowest value may actually be a testing error. In this study, all data were accepted at face value. In addition, variations in CSR occur with depth and are further complicated by the level of the ground-water table. Therefore, it would seem possible to have a combination of state and loading at another depth in a borehole, which might have less resistance to liquefaction than the minimum $(N_1)_{60}$ and corresponding CSR. However, the magnitude of the CSR is dominated by the earthquake acceleration at a specific site. As a result, variations in the CSR with depth over the depths under consideration in this study (generally less than 13.0 m, the maximum depth in the Berkeley catalog, with only 9 case records between 13.0 m and a maximum depth of 19.5 m) are relatively small when compared with the large variations in $(N_1)_{60}$ with depth. Therefore, following the logic outlined by Liao and Whitman (1986), by selecting the minimum $(N_1)_{60}$ and then calculating the corresponding CSR seems to be a reasonable way of characterizing the liquefaction resistance of a particular borehole.

The basis for the selection of N in the Berkeley catalog is not clear and, as expressed by Liao and Whitman (1986), who presented a summary of previous liquefaction catalogs, the methodology used in the Berkeley catalog was not explicitly stated nor consistently followed. The only specific citation as to the methodology followed that has been located is a table in Seed and Peacock (1971) and Seed and Idriss (1971) that presented an early version of the Berkeley catalog and included a column labeled as the "average penetration resistance at critical depth, N ." Liao and Whitman (1986) felt a close inspection of Seed et al. (1975, 1984) showed that choosing the minimum N_1 -value in each boring or profile is in most cases equivalent to the Berkeley characterization. However, this study found that the $(N_1)_{60}$ in the Berkeley catalog was a minimum value only in some cases; for many other cases, it could be considered an average value over some portion of the borehole and, in a few cases, it was a high value.

The question of site characterization with more than one borehole must also be considered. Sites tend to be characterized by a single value of SPT N as noted by Liao and Whitman (1986) who also commented that how this value is selected as being representative of a single boring profile or of the entire site is often not very clear or consistent. Liao and Whitman (1986) argued that it is best to consider each individual boring as a case study and to select the minimum $(N_1)_{60}$ from each boring to represent soil conditions for the case study. This would be preferable to considering all the borings in the liquefied zone of a site as one case study and the borings in the nonliquefied zone as a second case study (resulting in two case records), or considering each blowcount in each boring as a case study (resulting in numerous case records). According to Liao and Whitman (1986), the former would result in problems with site characterization and the latter would result in a lack of statistical independence between case records. This study considered each borehole as an individual case record, where possible, in particular when extra boreholes were obtained from a particular site in addition to a typical log. This was the case for the Luan Nan (case record 56) and Le Ting (case record 57) sites in the original database. It appears that the study conducted by Seed et al. (1984) may have only been able to obtain typical logs for some sites.

The borehole log for each case record was reviewed, the SPT N that would yield the lowest $(N_1)_{60}$ was selected, and the corresponding depth and fines content (percent passing the Number 200 sieve) of the soil were noted. No blowcounts were selected from above the ground-water table or within clay layers (selections were restricted to sands and occasionally silts), except for one case record in clayey sand (case record 55) that was considered to be potentially interbedded. No blowcounts were selected at depths of less than 2 m since SPT blowcounts and the C_N correction factors at these depths were considered unreliable. For each case history, in order to calculate $(N_1)_{60}$, the C_N correction was determined as given in Appendix II, and the specific SPT hammer energy ratio from the Berkeley catalog was adopted at face value.

For two case records (7 and 16), the original case record was in clean sand, but was replaced by a case record in sand with fines. For seven case records (1, 2, 4, 15, 17, 63, and 64) originally in clean sand in the Berkeley catalog, each original case record was replaced by two case records in this study, consisting of the minimum $(N_1)_{60}$ in clean sand and the minimum $(N_1)_{60}$ in sand

with fines. It was not clear which of the two was the critical $(N_1)_{60}$; therefore, both values were selected and used on the appropriate subsequent plots. These pairs of case records, along with the additional information from borehole logs that were obtained for the Luan Nan and Le Ting sites (as described earlier), resulted in expanding the original Berkeley catalog database to a total of 155 case records.

EXAMPLE CASE RECORDS

Table 1 provides statistics on the composition of the original database of 125 case records in the Berkeley catalog and the changes that were made during the reconsideration in this study. A few of these statistics are primarily for interest; the effects of others will be discussed later.

The nonliquefied case records are important points for defining the liquefaction trigger line, and many of them had large reductions with the new selections of representative values of $(N_1)_{60}$. However, although all case records (liquefied and nonliquefied) were reevaluated where possible, it was felt that case records in the Berkeley catalog, which were said to have liquefied with values of $(N_1)_{60}$ greater than 15, were especially pivotal to this study. As will be presented later in the paper, it was primarily the result of moving these case records that produced significant differences with the Berkeley catalog in terms of the upper-bound lines to the liquefied data. At lower values of $(N_1)_{60}$, the effects were less significant. These important case records are highlighted in Fig. 1 (case records 1, 3, 4, 7, 8, 17, 56, and 87 on the clean sand plot and 55, 90, and 111 on the plot for sand with fines). Table 2 provides a summary of these case records by comparing the original interpretations with the results of this study, and by providing some additional comments of importance. Detailed consideration of these case records and further discussion of the relevant factors are provided in the research report by Fear and McRoberts (1993).

In subsequent sections of this paper, case record 56-L6, which was introduced in this study, and case record 90 will be assigned question marks to indicate that they can be considered to be questionable liquefied case records. Case record 56-L6 can be considered questionable because the $(N_1)_{60}$ of 21.4 is much higher than any of the other liquefied case records at the Luan Nan site (see Table 2) and the failure mode (which was unspecified) may well consist of only pressure relief phenomena. Considering all the new Luan Nan case records, with the exception

TABLE 1. Composition of 125 Case Records in Original Berkeley Catalog

Subcategory of original catalog (1)	Number of case records (2)
(a) Classification of original 125 case records	
Berkeley catalog:	67
Liquefied	7
Marginal liquefaction	51
Nonliquefied	56
This study:	15
Liquefied	52
Pressure relief/marginal liquefaction	2
Nonliquefied	2
Liquefied or nonliquefied depending on location at site	2
(b) Case records repeated twice in database	
Each pair of points reflects one site investigation, but two different earthquakes, usually one which did not cause liquefaction and a larger one that did	21
(c) Availability of reference papers	
Original reference papers were located	112
Related papers found when original reference was not found	12
No reference paper found	1
(d) Site conditions	
Level ground	49
On or near sloping ground (dyke, dam, slope, river embankment, lakeside, or riverside)	25
Under or near a structure (e.g., bridge, building)	22
Site conditions unknown	29
(e) Reevaluation of case records	
No reevaluation could be made	31
Original reference paper did not contain a BH log	18
Original reference paper was not found; any alternates that were found did not contain BH logs	13
Reevaluation was made	94
Same $(N_1)_{60}$ selected as in Berkeley catalog	36
Lower $(N_1)_{60}$ selected than in Berkeley catalog	58

TABLE 2. Summary of Changes in $(N_1)_{60}$ for Critical Liquefied Case Records in Original Berkeley Study

(1)	Case Record				Original Data				New Data				Comments (16)		
	Number (2)	Name (3)	Earthquake (4)	Reference (5)	Liquefied? (6)	$(N_1)_{60}$ (7)	Depth (m) (8)	CSR (9)	FC (%) (10)	Liquefied? (11)	$(N_1)_{60}$ (12)	Depth (m) (13)		CSR (14)	FC (%) (15)
Case records originally in clean sands	1	Ogaki	1891 Mino-Owari	Kishida (1969)	Yes	25.5	10.05	0.375	0	Pressure relief	6.7	5.00	0.371	0	Sand boils only; investigated in late sixties by Kishida (1969); area in artesian condition (artesian wells used until 1940); "not clear whether eruptions of water resulted from liquefied condition or from artesian conditions" (Kishida 1969); and located in what appears to be the same geological environment as case records 3 and 4. Sand boils and some cracking; investigated in late sixties by Kishida (1969); site investigation missed pumice layer at shallow depth, which may or may not be significant since a white mixture of sand and water was observed erupting from the ground; gravel contents greater than 20%; and similar concerns about artesian conditions as for case record 1. Sand boils and some cracking; investigated in late sixties by Kishida (1969); gravel contents greater than 20%; similar concerns re: artesian conditions as for case record 1. Pier 21 of Arakawa Bridge; Piers 7 and 12 (case records 5 and 6) of bridge that liquefied and Pier 49, which had marginal liquefaction were in the same geological environment and were re-assigned lower values of $(N_1)_{60}$ as well; and site conditions may be considered to be other than truly level ground due to bridge piers and bridge loading. Pier 30 of Arakawa Bridge; and same comments apply as for case record 7. Apparently interpreted in Berkeley catalog using "typical log" from Shengcong et al. (1983); this study obtained additional logs from Beijing Municipal Bureau of City Planning (1982), both liquefied and nonliquefied; and failure modes not specified in either report.
	3	Unuma	1891 Mino-Owari	Kishida (1969)	Yes	25.0	6.10	0.330	3	Pressure relief	20.0	9.35	0.339	4	
	4	Ogase	1891 Mino-Owari	Kishida (1969)	Yes	17.0	5.18	0.290	4	Pressure relief	15.8	4.00	0.264	10	
	7	Arakawa 21	1923 Kanto	Kodera (1964)	Yes	20.5	8.23	0.240	1	Yes	3.9	8.25	0.237	10	
	8	Arakawa 30	1923 Kanto	Kodera (1964)	Yes	16.5	5.18	0.230	5	Yes	11.1	5.00	0.225	5	
	17	Takaya 45	1948 Fukui	Kishida (1969)	Yes	24.0	7.01	0.280	4	Yes	6.5	15.00	0.306	30	
	56	Luan Nan	1976 Tangshan	Shengcong et al. (1983)	Yes	22.0	5.36	0.175	3	Yes (56-L2)	16.6	10.00	0.293	4	
	87	Yuriage-kami 2	June 1978 Miyagi-Oki	Iwasaki et al. (1978)	Yes	15.0	4.27	0.250	0	Yes (56-L3)	7.7	5.30	0.252	3	
	55	Qing Yin	1976 Tangshan	Shengcong et al. (1983)	Yes	21.5	5.30	0.395	20	Yes (56-L6)	13.2	10.30	0.210	3	
	90	Yuriage Bridge 2	June 1978 Miyagi-Oki	Iwasaki et al. (1978)	Yes	21.5	3.35	0.225	7	Yes (56-L7)	21.4	8.30	0.281	3	
Case records originally in silty sands	111	River Park C	1979 Imperial Valley	Youd et al. (1983)	Yes	16.0	4.27	0.240	18	No (56-L1)	14.0	8.30	0.255	3	Apparently interpreted in Berkeley catalog using "typical log" from Shengcong et al. (1983); no additional logs were obtained; clayey sand layer could be interbedded sand and clay; and failure mode not specified in Shengcong et al. (1983). From Yuriage Bridge (Iwasaki et al. 1978); listed in Berkeley catalog but not included in Seed et al. (1984) plot for sand with fines, possibly because it had gravel content >20%; this same site did not liquefy in smaller earlier EQ (case record 73, also listed in Berkeley catalog, but not included in plot for sand with fines); and another pier with lower $(N_1)_{60}$ did not liquefy and lower $(N_1)_{60}$ were found in other units that did liquefy. Soil unit C at site was said to have liquefied; and Berkeley catalog $(N_1)_{60}$ seems to be based on average N in soil unit C for boreholes drilled at site.
					Yes	17.8	4.30	0.171	3	No (56-L4)	12.3	11.30	0.228	3	
					Yes	5.6	3.50	0.243	0	No (56-L5)	17.8	4.30	0.171	3	

of 56-L6, the dividing line between liquefied and nonliquefied case records is at an $(N_1)_{60}$ between 12.3 and 14.0. Case record 90 can be considered questionable because of the high gravel content in the borehole and reassessments at the other piers, as outlined in Table 2.

Although not listed in Table 2, 20 additional boreholes with sufficient information to be considered as individual case records were obtained from the Beijing Municipal Bureau of City Planning (Research 1982) for case record 57 (Le Ting), in sand with fines. These consisted of seven nonliquefied case records with $(N_1)_{60}$ ranging from 8.4 to 19.8 (average of 13.0), and 13 liquefied case records with $(N_1)_{60}$ ranging from 6.5 to 12.6 (average of 9.2). Thus, the dividing line between liquefied and nonliquefied case records is at an $(N_1)_{60}$ between 9.2 and 13.0, less than that for the Luan Nan case records, which were in clean sand.

COMMENTS

As outlined in Table 1, for 94 of the case records, either a new assessment was made (58 case records) or this study agreed with the original Berkeley catalog interpretation (36 case records). For the 58 case records for which a new assessment was made, the Berkeley catalog selection often appears to be representative of the average $(N_1)_{60}$ over some portion of the borehole, and in some cases was a high value. For the remaining 36 case records, the Berkeley catalog appears to have selected the minimum $(N_1)_{60}$, agreeing with the results of this study.

For these 36 case records, this study produced slightly higher or lower values of $(N_1)_{60}$ than those in the Berkeley catalog, even for sites in which this study used the same selection of raw blowcount and critical depth. This was primarily due to small differences in the calculation of the correction factors, such as C_N and r_d . For a few sites, this study did not quite agree with the level of the ground-water table or the value of N as given in the Berkeley catalog. Table 3 presents statistics for these 36 case records and for the 31 case records for which data were not found, and the Berkeley catalog interpretations were accepted at face value in this study. For the 31 case records, either the reference papers cited by Seed et al. (1984) were not found or they did not contain borehole logs for the case records. In several cases, it appears that the original interpretations may have been based on data presented in tabular form or quoted as average values. All the case records in Table 3 possess low to intermediate values of $(N_1)_{60}$, and are not crucial to the shape and location of the upper- and lower-bound state lines that are discussed in following sections.

Revised Plots of CSR versus $(N_1)_{60}$

Fig. 2 presents case records from this study that did not liquefy, with the $(N_1)_{60}$ axis expanded from the proportion considered in the Berkeley catalog. The number next to each case record represents the fines content. Details of the notation are given in Appendix II. With the exception of case record 19, a lower-bound state line can be established on the plot for clean sands (fines content $\leq 5\%$). When this line is superimposed on the plot for sand with fines, there are 14 case records that have a fines content greater than that of clean sand, and plot above or to the left of the line. At the same level of earthquake intensity as expressed by the CSR, a case record in sand with fines may have a lower value of $(N_1)_{60}$ than that in clean sand without liquefying. This supports the view that finer-grained soils are more resistant to liquefaction for the same penetration resistance. A lower-bound state line for sands with fines is also presented and is seen to have a different shape and location than the lower-bound state line for clean sand.

Fig. 3 presents the interpretation for liquefied and pressure relief sites in this study, along with an expanded $(N_1)_{60}$ axis. The number next to each case record represents the fines content. Considering sands with fines and with the exception of case record 90 (which, as discussed, could be influenced by gravel and is questionable), an upper-bound state line for liquefied case

TABLE 3. Summary of Berkeley Case Records for Which Original Assessment Was Same as this Study

Response (1)	Number of case records (2)	$(N_1)_{60}$		
		Mean (3)	Standard deviation (4)	Range (5)
(a) 36 case records for which borehole logs were found				
Liquefied	14	7.4	5.1	1.4-13.6 ^a
Pressure relief	10	5.8	4.3	2.8-17.0
Nonliquefied	12	10.6	5.7	2.4-20.1
(b) 31 case records for which borehole logs were not found ^b				
Liquefied	16	8.3	3.4	1.5-14.5
Nonliquefied	15	13.0	5.4	8.0-26.5

^aExcept for case record 90 (see Table 1), which liquefied with an $(N_1)_{60}$ of 20.1.

^bCase records with no borehole logs in references cited by Seed et al. (1984) = 18. Ten case records are based on five sites, each affected by two earthquakes.

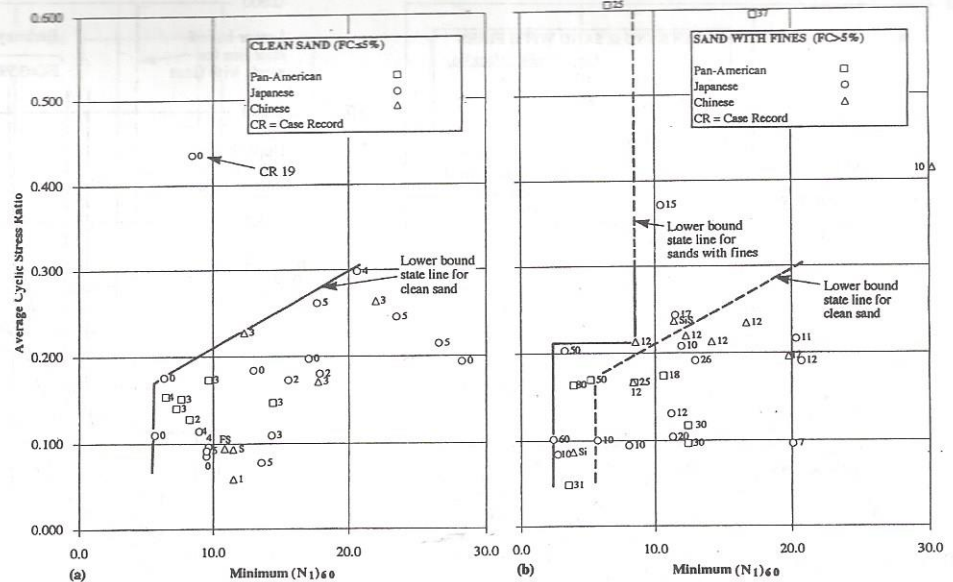


FIG. 2. Plot of CSR versus $(N_1)_{60}$ from this Study for Nonliquefied Case Records

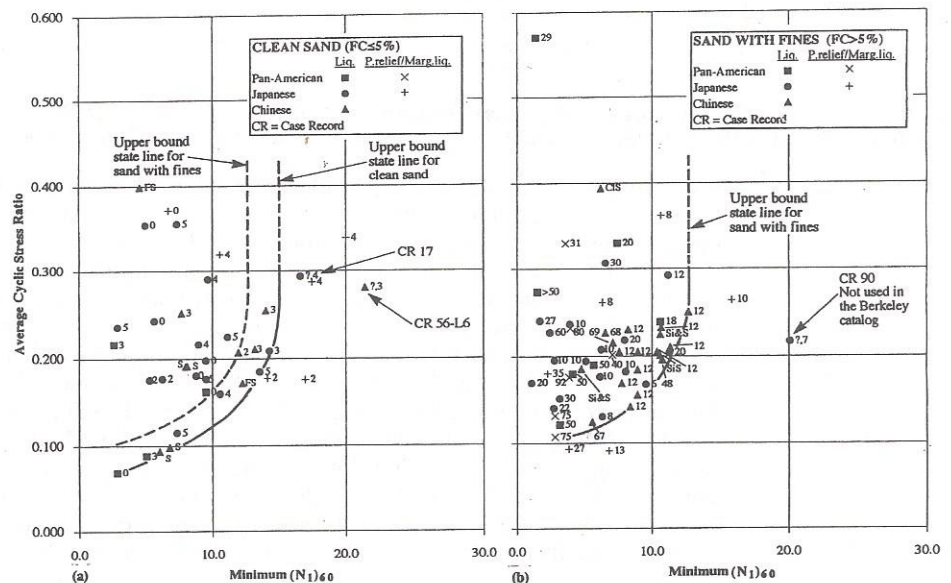


FIG. 3. Plot of CSR versus $(N_1)_{60}$ from this Study for Liquefied and Pressure Relief Case Records

records is established. This state boundary is transferred to the clean sand plot and it is seen that an essentially subparallel line forms a reasonable state boundary for all the liquefied clean sand case records. Case record 56-L6 on the clean sand plot is considered questionable as explained earlier, and case 17 is considered questionable as will be explained later. This also supports the general observation that sands with fines are more resistant to liquefaction than clean sands at the same value of $(N_1)_{60}$. It is difficult to support further discrimination based on the percentage of fines. In fact, a close inspection of the original Berkeley plot (Seed et al. 1984) also supports this conclusion.

All the liquefied and pressure relief case records from this study are combined in Fig. 4, with an expanded $(N_1)_{60}$ axis. The two upper-bound state lines from Fig. 3 for liquefied case records in sand with fines and for liquefied case records in clean sands are presented in Fig. 4. A conservative upper-bound line is also shown, extending to a $(N_1)_{60}$ of 22 and encompassing all the pressure relief case records as well as three questionable case records. (Case records 56-L6 and 90 were discussed earlier.) Case record 17, which is presented in Table 2, had two selections for minimum values of $(N_1)_{60}$, 16.6 in clean sand and 6.5 in sand with fines. Both selections are more critical than the original Berkeley interpretation of 24.0 in clean sand. The new selection in sand with fines is probably more crucial than the new selection in clean sand. Thus, of the two data points shown for case record 17 in Fig. 4, the one in clean sand with the higher $(N_1)_{60}$ can be considered questionable.

All interpretations from this study have been combined in Fig. 5, for comparison with the

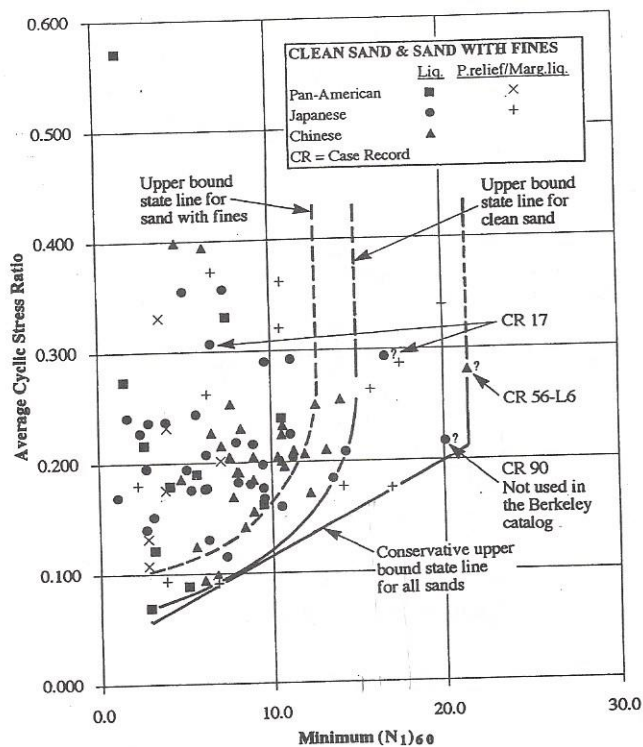


FIG. 4. Plot of All Liquefied and Pressure Relief Case Records from this Study, Showing Upper-Bound State Lines

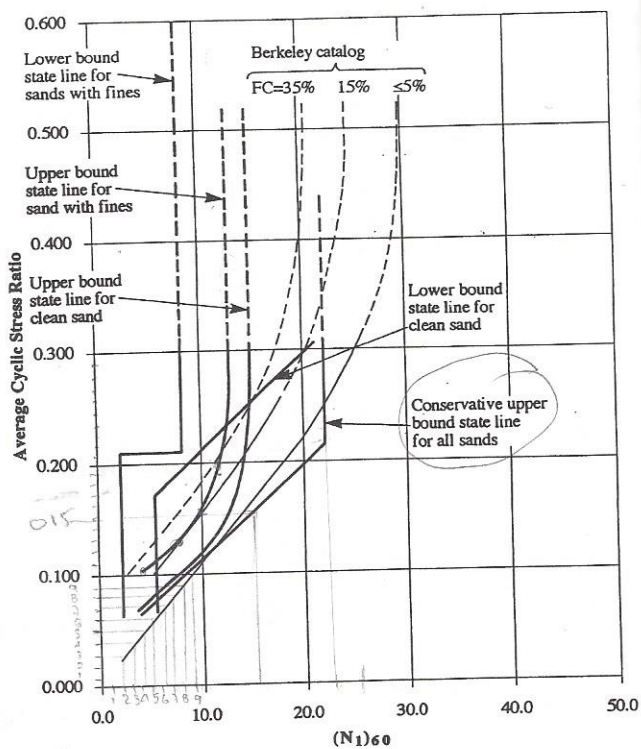


FIG. 5. Summary of State Boundary Lines from this Study, Compared with Original Berkeley Interpretations

lines from the Berkeley catalog, and the $(N_1)_{60}$ axis has been returned to the proportion used in the original catalog. Unlike the representation found in the Berkeley catalog, there is no distinct line between liquefied and nonliquefied sites in either clean sands or sands with fines. The upper-bound state lines in this study, for liquefied case records in both clean sands (fines contents $\leq 5\%$) and sands with fines, are at substantially lower values of $(N_1)_{60}$ than the trigger lines from the Berkeley catalog interpretations, especially at higher values of CSR. At values of CSR less than about 0.14, the upper-bound state line for clean sand is similar to the Berkeley catalog line for clean sands. At values of CSR less than about 0.18, the upper-bound state line for sand with fines is similar to the Berkeley catalog line for sands with fines contents of 15%. The lower-bound state line encompassing all the nonliquefied case records is substantially less than the upper-bound state line for all liquefied case records in sand with fines. In clean sand, this is valid up to a CSR of about 0.25. Although not shown in Fig. 5, it appears that there may be a horizontal cutoff for each of the upper-bound lines, representing a threshold CSR required to cause liquefaction. For clean sand, this would be at a CSR of about 0.07.

Impeded Drainage

Andrus et al. (1991) and Yegian et al. (1994) postulated that an impermeable soil cap may play a crucial role in preventing the upward dissipation of excess pore-water pressure. This may influence the sand state that is or is not susceptible to liquefaction at a given $(N_1)_{60}$. The 155 case records in this study were considered based on the potential for open seepage versus impeded drainage, in terms of the available stratigraphic information. Fear and McRoberts (1993) classified the drainage potential as open seepage if no soil above the minimum $(N_1)_{60}$ was less permeable in terms of soil classification. However, if a layer of less permeable soil was present at some point above the minimum $(N_1)_{60}$, the drainage potential was classified as impeded drainage. It is recognized that thin impermeable layers that were not observed in the investigations or reported may exist. For 32 of the 155 case records, the drainage conditions could be considered to be that of open seepage. For 92 of the case records, there was some type of drainage impedance. The remaining 31 case records had unknown drainage conditions. Fig. 6 presents a summary of the data, combining clean sands and sands with fines.

Additional Data from Recent Studies

Additional data from Ambraseys (1988; personal communication, September 1992), Kayen et al. (1992), and Kayen (personal communication, September 1993) were also obtained and reconsidered. These 25 case records are summarized in the catalog compiled by Fear and McRoberts (1993) and appear to support the conclusions drawn from the reconsideration of the

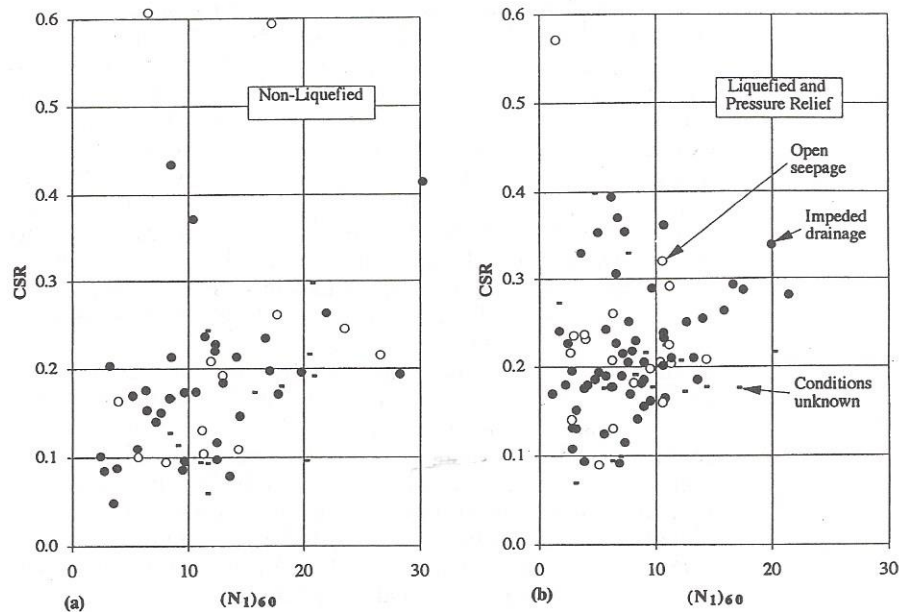


FIG. 6. Plots of CSR versus $(N_1)_{60}$ to Investigate Effects of Site Drainage Conditions

Berkeley database, especially in terms of the location of the upper-bound state lines for liquefied case records. However, since the additional case records were predominantly cases of liquefaction, there were not enough nonliquefied case records to reach any definite conclusions as to their location with respect to the location of the lower-bound state lines, particularly the lower-bound state line for clean sand.

Interpretation and Significance of Results

The Berkeley interpretations are generally more conservative than the interpretations made here, particularly at higher values of CSR, and it is clear that they constitute a conservative assessment of the potential for triggering earthquake-induced phenomena in sandy soils, based on $(N_1)_{60}$, CSR, and fines content. Even the conservative upper-bound state line (encompassing all the questionable liquefied case records and pressure relief case records), although similar to the Berkeley line for clean sand up to a CSR of about 0.25, is not as conservative as the Berkeley line at higher values of CSR. Further, the results of this study indicate a zone in which liquefaction may or may not occur; whereas, the more conservative Berkeley plot indicates no such zone.

From a design perspective, a site located at a combination of CSR and $(N_1)_{60}$ plotting to the left of the lower-bound state line for all nonliquefied case records would clearly be at risk for the initiation of a wide range of earthquake-induced phenomena. Differences between clean sands and sands with fines are apparent in making such a determination. There is also a transition zone between the lower-bound state boundary for nonliquefied case records and the upper-bound state boundary for liquefied case records in which liquefaction phenomena may or may not occur. In addition, between the upper bound and the conservatively assessed upper-bound state lines for liquefied case records, there is a potential for pressure relief phenomena such as sand boils and, by inference, subsequent settlement.

The preceding results and discussion are based on using the weakest-link-in-the-chain approach, assuming all the case histories are level ground conditions, and accepting the definition of liquefaction based on field observations given by the Berkeley catalog. The ideal level ground condition consists of ground that is completely level and in which an element of soil initially has no horizontal or vertical shear stresses acting on it. If the ground is actually sloping or if the soil in question is close to or beneath structures such as buildings or bridges, these initial driving shear stresses acting on the soil may not equal zero. As outlined in Table 1, if only sites for which the conditions were known are considered, about half could be called "level ground"; the other half may have had higher initial driving shear stresses than a truly level ground condition due to their proximity to such things as building foundations, bridge piers, and slopes of various kinds. In addition, little difference was observed between values of $(N_1)_{60}$ for case records in the sloping ground and structure categories and values of $(N_1)_{60}$ for case records that could truly be considered to be level ground. None of these case records consisted of steeply sloping ground and the trigger plots presented here are not considered to be applicable to such slopes. Case records with significant slopes were considered by Seed (1987).

Drainage conditions, as summarized in Fig. 6, may exert an effect on the interpretation of

the case records. It appears that the liquefied case records at higher values of $(N_1)_{60}$ tend to be classified as cases of impeded drainage. Indeed, the maximum $(N_1)_{60}$ for open drainage liquefied case records appears to be approximately 11, with the exception of one case record at 14.3. This case record was classified as open drainage based on some general borehole logs from the site, instead of the specific log for the case record. The nonliquefied data tends to be randomly distributed with the possible suggestion that there is more impeded drainage than open seepage at values of $(N_1)_{60}$ less than 10. The interpretation of this data is complicated by postseismic effects (most site investigations were conducted some time after the earthquake) and missing stratigraphic data. There does appear to be some suggestion to support the conclusions drawn by Andrus et al. (1991) and Yegian et al. (1994) and discussed earlier.

The upper-bound state lines determined in this study are asymptotic to values of $(N_1)_{60}$ in the 13–15 region. This is consistent with observations made by Robertson et al. (1992) and McRoberts and Sladen (1992) that, for screening purposes, the state boundary between contractant and dilatant sandy material falls within this range. For earthquakes with $M < 8$, Bartlett and Youd (1992) considered an $(N_1)_{60}$ of 15 to represent the dividing line between whether or not significant lateral spreading would occur and, hence, whether or not the design analysis should include an evaluation of ground displacements. Ishihara [(1993) Fig. 99] suggested a boundary line for liquefaction, which can be interpreted to range from an $(N_1)_{60}$ of 19–24, and a dividing line between flow and no flow at an average $(N_1)_{60}$ of 10. Ishihara's flow-no flow boundary line could be considered to be low compared with the results discussed earlier. The conservative upper-bound line in Fig. 5 is asymptotic to an $(N_1)_{60}$ of 22 and is consistent with Ishihara's [(1993) Fig. 99] boundary line for liquefaction. Ishihara is understood to define liquefaction as any earthquake-induced phenomenon or 5% double amplitude strain. Within this context, the interpretation considered in this study could be viewed as follows: the upper-bound state line would describe a state boundary line for all earthquake-induced phenomena except sand boils or settlement and the conservative upper-bound line would represent an upper bound to sand boil activity or substantial settlement. It is considered that limited settlement could still occur beyond the conservative upper-bound line.

The upper- and lower-bound state lines presented in this study are meant to be envelopes that encompass all the data. Thus, they are lines of zero exceedance based on the interpretation method used and the data available. Applying probabilistic techniques to the data, as was performed by Liao (1986) on the original Berkeley database, may prove useful, but is beyond the scope of this paper. In addition, there appears to be insufficient data at this time to (for example) interpolate curves of probabilities of exceedance between the upper-bound state line for clean sand and the conservative upper-bound state line. These data consist of five case records that have been classified as pressure relief/marginal liquefaction and three case records that are considered questionable. Clearly, it would be of great interest to North American practice to focus some research on these few case histories, particularly the questionable ones, which fall between the upper-bound state line and the conservative upper-bound state line. Limited information has been obtained regarding these eight case records, which are from Japan (7 case records) and China (1 case record). Further study may help resolve the issue of whether these case records are valid or truly questionable.

The observation, in this study, of various state boundary lines and zones in which different earthquake-induced phenomena will occur appears to be consistent with the conclusions Seed himself was beginning to make. Seed et al. [(1985) Fig. 8] presented a "tentative relationship between cyclic stress ratio, N_1 -values and limiting strains for natural deposits of clean sand." This figure suggested that at values of $(N_1)_{60}$ lower than the most conservative liquefaction-no liquefaction boundary line for clean sand, the consequences of cyclic loading, the forms of liquefaction, and the amount of strain that would occur depend on the magnitude of $(N_1)_{60}$. However, many do not make use of the strain lines proposed by Seed et al. (1985), but rely solely on the most conservative trigger line for liquefaction trigger analyses.

CONCLUSIONS

In general, this study in itself does not seek to produce a new design methodology for liquefaction. Rather, it offers an alternative way of considering the original database, which may be useful as a component in the overall design process. It must be cautioned that neither the present study nor the original interpretation should be used by itself as a design method. The data presented here may be complementary to other design findings, especially if these are difficult to implement because of the precedents offered by the original work. The original Berkeley work permitted a clear yes/no type of choice in assessing the potential for the triggering of liquefaction. This original work has unfortunately evolved into a design method, which, if coupled with lower-bound site data, may well be overly conservative and either embody a poor use of resource allocation for risk reduction or unnecessary costs. Alternatively, there may well be instances where the original method, if combined with average site data in the zone of interest, may not be sufficiently conservative depending on factors that were unquantified in

both the original and present studies. The resolution of these factors is clearly a matter for design. By introducing a different interpretation of the case records and the wide transition zones, this study introduces the potential for design domains in which there is substantial scope to demonstrate possible economic benefits of more detailed site investigations and analyses, such as those reported by Byrne et al. (1993).

This study found, especially for the higher $(N_1)_{60}$ liquefied case records, that a safe state line defined at a given earthquake intensity (i.e., CSR) could be established considerably lower than the original Berkeley recommendation. This upper-bound line is based on minimum $(N_1)_{60}$ interpretations and is more consistent with the design practice of selecting the lowest, more critical, in-situ data. This practice is becoming increasingly prevalent as cone penetrometer testing (CPT) allows for a more detailed record of soil variations than is generally possible with SPT testing. A conservative design boundary line, which encompasses case records for which only sand boils were reported and three case records of doubtful provenance, was also established. This conservative line is similar to the original Berkeley line for clean sand at values of CSR of up to about 0.25, but is significantly less than the Berkeley line at higher values of CSR. Therefore, the upper-bound line is viewed as being transitional between all case records for which strong evidence of seismically induced phenomena, other than sand boils, is reported and a domain, defined by the conservative design boundary line, in which only sand boils and three questionable case records are found. A transition zone, within which liquefaction may or may not occur, also exists. For clean sands, this represents a range of $(N_1)_{60}$ from 5 to 13 for a CSR of 0.16. The study did not recover the unique line between the upper-bound liquefied state and the lower-bound nonliquefied state as represented in the Berkeley catalog. Instead, there is a broad zone in which either state is possible. At a given earthquake intensity, as measured by the CSR, there is a lower-bound state line below which liquefaction is highly probable.

Analyzing numerous case studies to produce a trigger plot for liquefaction is not a simple task. There are many variable factors that serve to complicate the process. No matter how the study is performed or how consistent one tries to be in assigning a single-valued combination of $(N_1)_{60}$ and CSR to a case record, one must always exercise a certain amount of judgement. It is clear that the original Berkeley interpretations involved judgement and were directed toward a conservative assessment of the database. In addition, $(N_1)_{60}$ and CSR are not the only factors affecting the potential for liquefaction at a particular site. Other factors such as fines content, gravel content, cementation, age, fabric, thickness of the liquefied layer, thickness or nature of any overlying nonliquefied layer, impeded seepage, and topography may affect both the potential for liquefaction and the extent of the effects once liquefaction is triggered. These factors and others are likely to add uncertainty to the database and may account for the transition zones observed in this study. However, based on the available data, it was difficult to further distinguish between the data on the basis of any of these factors, except for fines content and possible impeded seepage. Although an effect of fines content was found, the study does not support the broader range reported in the original work. Some trends have been suggested regarding the effects of impeded drainage; however, further investigation and research is needed to determine specific effects on liquefaction potential. The application of statistical techniques to the revised database using the methods and procedures followed by Liao (1986) would constitute a logical extension of this study.

ACKNOWLEDGMENTS

The writers would like to thank Dr. P. K. Robertson and Dr. N. R. Morgenstern of the University of Alberta for their critical review of the manuscript and for many discussions concerning the topic of liquefaction. The comments and suggestions from the ASCE reviewers were also appreciated. Director Liu Henian of the Central Research Institute of Building and Construction (CRIBC), Ministry of Metallurgical Industry in Beijing, China, was most helpful in providing the writers with additional borehole logs for case records from the 1976 Tangshan earthquake. Dr. K. Tokimatsu of the Tokyo Institute of Technology, Japan, kindly sent copies of several Japanese reference papers to the writers. C. E. Fear would like to gratefully acknowledge the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada for her 1967 NSERC Science and Engineering Scholarship, and the Alberta Heritage Scholarship Fund for her Ralph Steinhauer Award of Distinction.

APPENDIX I. REFERENCES

- Ambraseys, N. N. (1988). "Engineering seismology." *Earthquake Engrg. and Struct. Dynamics*, 17(1), 1-105.
- Andrus, R. D., Stokoe, K. H., and Roesset, J. M. (1991). "Liquefaction of gravelly soil at Pence Ranch during the 1983 Borah Peak earthquake." *Proc., Soil Dynamics and Earthquake Engrg., V*, Computational Mech. Publ., Southampton, England, 251-262.
- Bartlett, S. F., and Youd, T. L. (1992). "Empirical analysis of horizontal ground displacements generated by liquefaction-induced lateral spreads." *Tech. Rep. NCEER-92-0021*, Nat. Ctr. for Earthquake Engrg. Res. (NCEER), State Univ. of New York at Buffalo, N.Y.
- Byrne, P. M., Imrie, A. S., and Morgenstern, N. R. (1993). "Results and implications of seismic performance studies—Duncan Dam." *Proc., 46th Annu. Can. Geotech. Conf., Can. Geotech. Soc., Ottawa, Canada*, 271-281.

- Casagrande, A. (1976). "Liquefaction and cyclic deformation of sands, a critical review." *Harvard Soil Mech. Ser. No. 88*, Harvard Univ., Cambridge, Mass.
- Fear, C. E., and McRoberts, E. C. (1993). "Report on liquefaction potential and catalogue of case records." *Internal Res. Rep., Geotech. Engrg. Library*, Dept. of Civ. Engrg., Univ. of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
- Ishihara, K. (1993). "Liquefaction and flow failure during earthquakes." *Géotechnique*, London, England, 43(3), 351-415.
- Iwasaki, T., Kawashima, K., and Tokida, K. (1978). "Report of the Miyagiken-Oki earthquake of June, 1978." *Rep. No. 1422*, Public Works Res. Inst., Ministry of Constr., Tokyo, Japan (in Japanese).
- Jamiolkowski, M., Baldi, G., Bellotti, R., Ghionna, V., and Pasqualini, E. (1986). "Penetration resistance and liquefaction of sands." *Proc., 11th Int. Conf. of Soil Mech. and Found. Engrg.*, Balkema, The Netherlands, 1891-1896.
- Kayen, R. E., Mitchell, J. K., Lodge, A., Seed, R. B., Nishio, S., and Coutinho, R. (1992). "Evaluation of SPT-, CPT-, and shear wave-based methods for liquefaction potential assessment using Loma Prieta data." *Proc., 4th Japan-U.S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction; Tech. Rep. NCEER-92-0019, 1*, M. Hamada and T. D. O'Rourke, eds., Nat. Ctr. for Earthquake Engrg. Res. (NCEER), State Univ. of New York at Buffalo, N.Y., 177-204.
- Kishida, H. (1969). "Characteristics of liquefied sands during Mino-Owari, Tohankai and Fukui earthquakes." *Soils Found.*, 9(1), 75-92.
- Kodera, J. (1964). "Earthquake damage and the ground of pier foundations, Part 1." *Tsuchi-To-Kiso*, Tokyo, Japan, 12(3), 11-18 (in Japanese).
- Liao, S. S. C. (1986). "Statistical modeling of earthquake-induced liquefaction," PhD dissertation, Dept. of Civ. Engrg., Mass. Inst. of Technol. (MIT), Cambridge, Mass.
- Liao, S. S. C., and Whitman, R. V. (1986). "A catalog of liquefaction and non-liquefaction occurrences during earthquakes." *Res. Rep.*, Dept. of Civ. Engrg., Mass. Inst. of Technol. (MIT), Cambridge, Mass.
- McRoberts, E. C., and Sladen, J. A. (1992). "Observations on static and cyclic sand liquefaction methodologies." *Can. Geotech. J.*, Ottawa, Canada, 29(4), 650-665.
- National Research Council. (1985). "Liquefaction of soils during earthquakes." *Committee Rep. on Earthquake Engineering, Commission on Engineering and Technical Systems*, G. W. Housner, chairman, National Academy Press, Washington, D.C.
- Research report of sand liquefaction during the Tangshan earthquake.* (1982). Beijing Municipal Bureau of City Plng, Dept. of Geotech. Exploration, Beijing, China (in Chinese).
- Robertson, P. K. (1994). "Suggested terminology for liquefaction." *Proc., 47th Can. Geotech. Conf.*, Can. Geotech. Soc., Ottawa, Canada, 277-286.
- Robertson, P. K., Woeller, D. J., and Finn, W. D. L. (1992). "Seismic cone penetration test for evaluating liquefaction potential under cyclic loading." *Can. Geotech. J.*, Ottawa, Canada, 29(4), 686-695.
- Rollins, K. M., and Seed, H. B. (1990). "Influence of buildings on potential liquefaction damage." *J. Geotech. Engrg.*, ASCE, 116(2), 165-185.
- Seed, H. B. (1987). "Design problems in soil liquefaction." *J. Geotech. Engrg.*, ASCE, 113(8), 827-845.
- Seed, H. B. (1983). "Earthquake-resistant design of earth dams." *Proc., Symp. on Seismic Des. of Embankments and Caverns*, ASCE, New York, N.Y., 41-64.
- Seed, H. B., Arango, I., and Chan, C. (1975). "Evaluation of soil liquefaction potential during earthquakes." *Rep. No. EERC 75-28*, Univ. of California, Berkeley, Calif.
- Seed, H. B., and Idriss, I. M. (1971). "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential." *J. Soil Mech. Found. Div.*, ASCE, 97(9), 1249-1273.
- Seed, H. B., and Peacock, W. H. (1971). "Test procedures for measuring soil liquefaction characteristics." *J. Soil Mech. Found. Div.*, ASCE, 97(8), 1099-1119.
- Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., and Chung, R. (1985). "Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations." *J. Geotech. Engrg.*, ASCE, 111(12), 1425-1445.
- Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., and Chung, R. M. (1984). "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations." *Rep. No. UCB/EERC-84/15*, Earthquake Engrg. Res. Ctr., Coll. of Engrg., Univ. of Calif., Berkeley, Calif.
- Shengcong, F., and Tatsuoka, F. (1983). *Report of Japan-China cooperative research on engineering lessons from recent Chinese earthquakes, including the 1976 Tangshan earthquake (Part 1)*, C. Tamura, T. Katayama, and F. Tatsuoka, eds., Inst. of Industrial Sci., Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan.
- Skempton, A. W. (1986). "Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation." *Géotechnique*, London, England, 36(3), 425-447.
- Tsushida, H. (1979). "The damage to port structures by the 1978 Miyagiken-Oki earthquake." *Tech. Note 325*, Port and Harb. Res. Inst., Ministry of Transport, Tokyo, Japan (in Japanese).
- Yegian, M. K., Ghahraman, V. G., and Hrutunyan, R. N. (1994). "Liquefaction and embankment failure case histories, 1988 Armenian earthquake." *J. Geotech. Engrg.*, ASCE, 120(3), 581-596.
- Youd, T. L. (1993). "Liquefaction-induced lateral spread displacement." *Tech. Note N-1862*, Naval Civ. Engrg. Lab., Port Hueneme, Calif.
- Youd, T. L., and Bennett, M. J. (1983). "Liquefaction Sites, Imperial Valley, California." *J. Geotech. Engrg.*, ASCE, 109(3), 440-457.

APPENDIX II. NOTATION

The following symbols are used in this paper:

- a_{\max} = maximum earthquake acceleration at ground surface;
 CIS = clayey sand;
 C_N = SPT overburden correction factor = $2/(1 + \sigma'_v)$ for $\sigma'_v < 1$ tsf or 1 kg/cm^2 , after Skempton (1986) or $(1/\sigma'_v)^{0.56}$ for $\sigma'_v \geq 1$ tsf or 1 kg/cm^2 , after Jamiolkowski et al. (1986) N.B. $\sigma'_v = \sigma'_0$ in this study;

- $CSR = \text{equivalent average cyclic stress ratio for } M = 7.5 \text{ earthquake} = 0.65 \times (a_{\max}/g) \times (\sigma_0/\sigma'_0) \times (r_d/r_m)$;
 $ER = \text{energy ratio, in percent, for specific SPT setup used}$;
 $FC = \text{fines content, percent passing the Number 200 sieve}$;
 $FS = \text{fine sand}$;
 $g = \text{gravitational acceleration} = 9.81 \text{ m/s}^2$;
 $M = \text{earthquake magnitude, on Richter scale}$;
 $N = \text{raw SPT blowcount}$;
 $N_1 = \text{SPT blowcount corrected for overburden effects to 1 tsf or 1 kg/cm}^2$;
 $(N_1)_{60} = \text{SPT blowcount corrected for overburden effects and energy effects, to 1 tsf or 1 kg/cm}^2 \text{ and to } ER \text{ of } 60\% = C_N \times (ER/60) \times N$;
 $r_d = \text{factor to account for variation in earthquake acceleration with depth} = 1 - (0.010)(z)$, where z is critical depth, in meters;
 $r_m = \text{factor to convert between equivalent CSR for earthquake of magnitude 7.5 and CSR for earthquake of magnitude, } M \text{ [Seed et al. (1984) Table 5]}$;
 $S = \text{sand}$;
 $Si = \text{silt}$;
 $SiS = \text{silty sand}$;
 $\sigma_0 = \text{initial vertical total stress}$;
 $\sigma'_0 = \text{initial vertical effective stress}$; and
 $\sigma'_v = \text{vertical effective stress}$.



CONSORCIO SENA II FASE
ESTUDIOS DE SUELOS



INTERVENTOR:
CONSORCIO INTERVENTORIA SENA

INF-SUE_01-V1
MARZO-2015

CARTA APROBACION PLANOS REFORZAMIENTO EN CIMENTACION



Bogotá D.C., Marzo 31 de 2015
EYR S 13502

Doctora
GABRIELA MENDEZ
Ciudad

REF: APROBACIÓN PLANOS DE REFORZAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA – SENA (Código 9101) UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CALDAS (ANTIOQUIA).

A partir de los planos de cimentación suministrados a esta consultoría, se tiene que se aprueba el reforzamiento planteado, de acuerdo con los planos *RE-01-9101-16, Planta de Cimentación Edificio Principal* y *RE-01-9101-58, Planta de Cimentación, Loc. Franjas de reforzamiento, Detalles, Auditorio*. En todo caso deberá garantizarse que el área de cada zapata se encuentre dimensionada para la presión de contacto establecida en el informe de suelos.

Atentamente,



CARLOS RESTREPO G.
Tarjeta Profesional No 2520222127

eyr.com.co

Calle 90 No. 19A-46 - Piso 7 - Tels: 610 47 70 - Fax: 635 89 88
e-mail: suelos@eyr.com.co - instrumentacion@eyr.com.co - Bogotá D.C