



INTERVENTOR:
CONSULOBRAS

CONSORCIO AMP - P & D
ESTUDIOS DE SUELOS



INF-SU_01-V1
26-06-2014

INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS

VILLAVICENCIO - 9532

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.

FECHA:
JUNIO 26 DE 2014

REVISIÓN. 00

TABLA DE CONTENIDO

1.0	INTRODUCCION.-	3
1.1	OBJETO-	3
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.-	3
1.3	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	4
2.0	TOPOGRAFÍA.-	4
3.0	GEOLOGÍA.-	5
4.0	INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-	5
4.1	DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-	7
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.-	9
4.3	NIVEL DE AGUAS.-	11
5.0	PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-	11
6.0	METODOLOGIAS DE DISEÑO.-	13
7.0	ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-	13
7.1	ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-	13
7.2	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-	19
8.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-	20
8.1	REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LOS CIMIENTOS.-	21
9.0	PARÁMETROS DE DISEÑO SISMICO.-	22
10.0	OBSERVACIONES FINALES.-	23

ANEXOS

- ANEXO 1 SONDEOS
- ANEXO 2 ENSAYOS DE LABORATORIO
- ANEXO 3 CALCULOS

Fecha	Versión	Proyecto	Modificaciones	Motivo
06-05-14	Preliminar	17 Estructuras de 1 a 3 pisos “Centro de Industria y Servicios del Meta”	-----	-----
26-06-14	1	20 Estructuras de 1 a 3 pisos “Centro de Industria y Servicios del Meta”	-----	-----

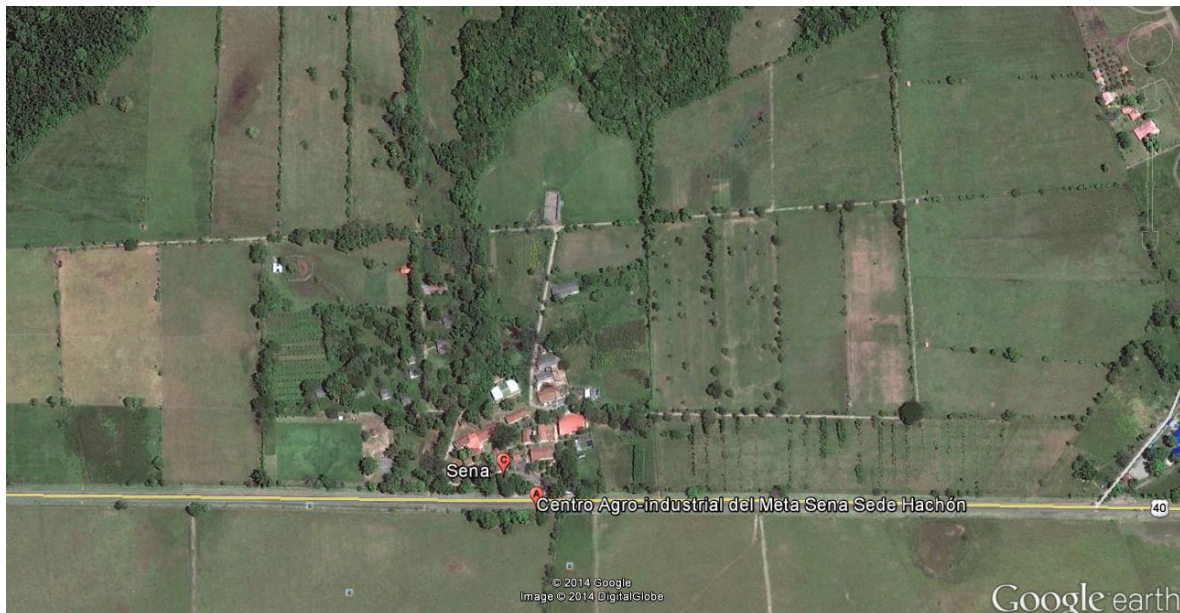
Bogotá, D.C., Junio 26 de 2014
EYR-S 12999 Villavicencio

Doctora
GABRIELA MENDEZ
Ciudad

Estimada Doctora:

Tenemos el gusto de entregarle el estudio de suelos definitivo para las estructuras donde actualmente se ubica el **CENTRO DE INDUSTRIA Y SERVICIOS DEL META (código 9532)** en la ciudad de Villavicencio (Meta).

A continuación se ilustra la localización general de la zona de estudio:



*Localización general del predio obtenida de una vista panorámica en **Google Earth**.*

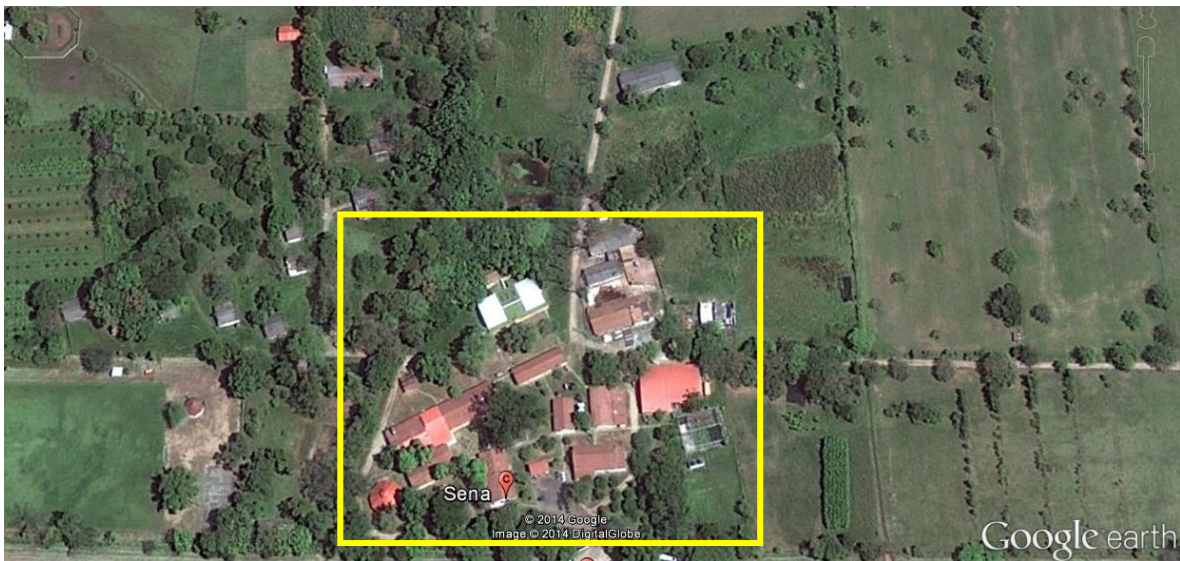
1.0 INTRODUCCION.-

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 tiene un total de 20 estructuras de 1 piso a 3 pisos, construidas en muros de carga y/o pórticos de concreto reforzado con luces entre ejes de muros y/o columnas entre 2.0 m y 5.0 m. Las cargas actuales, estimadas por áreas aferentes, son del orden de 1.0 ton/ml para cargas distribuidas y hasta de 30 toneladas para cargas puntuales. A continuación se ilustra la ubicación del proyecto:



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.-

De acuerdo con la información disponible, se tiene que el sector donde se encuentran las estructuras a analizar, exhibe una pendiente plana.

3.0 GEOLOGÍA.-

En el área cercana a la ciudad de afloran rocas metamórficas, sedimentarias y depósitos cuaternarios que cubren parcialmente las unidades rocosas presentes. Esta región en sus comienzos (Pre-paleozoico a Paleozoico Inferior), correspondía a un depósito sedimentario, constituido por una secuencia areno-lodosa en ocasiones conglomerática, que sufrió metamorfismo durante el Paleozoico, constituyendo la etapa terminal del depósito del escudo o una etapa post-escudo (Grupo Quetame). De esta forma el metamorfismo modela la estructura geológica del área trayendo consigo el afloramiento de rocas cuyos periodos corresponden al Precámbrico, Devoniano, Carboniano, Jurásico Superior hasta llegar al Paleoceno; siendo la formación más antigua presente en el área, la correspondiente al Grupo Quetame (Precámbrico a Silúrico Ordovícico)¹.

4.0 INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-

Se realizó mediante 9 sondeos de 4.0 m de profundidad, perforados con barreno manual y 2 apiques manuales de 1.90 m.

Cabe anotar que el número de sondeos final fue determinado de acuerdo con el capítulo H.3.2.3 tabla H.3.2.1 de la NSR-10 en el que se expresa el número mínimo de sondeos y profundidad por categoría de la unidad de construcción, que para el caso de proyectos de categoría baja, se establece en mínimo 3 perforaciones con una profundidad mínima de 6 m para el 50% de los mismos.

Así mismo, se debe anotar que las perforaciones fueron suspendidas a las profundidades exploradas de acuerdo con el capítulo H.3.2.5 párrafo (d) de la NSR-10 en el que se expresa que en los casos en donde se encuentre roca firme o

¹ Tomado del Estudio de suelos para la Urbanización La Madrid (Villavicencio – Meta), Ingegar Ingeniería E.U, Mayo de 2010.

aglomerados rocosos o capas de suelos asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, en proyectos de categoría baja, los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales.

A lo largo de los apiques se realizó el ensayo de penetración estándar como índice de la consistencia de los suelos limosos allí encontrados. Adicionalmente se midió la resistencia al corte con un penetrómetro manual de los mantos detectados. Finalmente de los estratos que se estimó conveniente, se tomaron muestras alteradas en bolsa para inspección visual y para envío al laboratorio para ensayos de límites de Atterberg, humedad natural, pesos unitarios, granulometría y clasificación USCS y AASTHO.

A partir de lo anterior, se ilustra el plano de localización de las exploraciones realizadas en la zona de estudio:



4.1 DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-

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

- a) 0.0 – 0.20 m. Capa vegetal.
- b) 0.0/0.20 – 0.50/1.0 m. Relleno de arcilla arenosa, gravas y residuos de construcción.



- c) 0.50/1.0 – 2.0/3.0 m. Arcilla arenosa habana, con presencia de gravas, algo de óxidos y raíces, de consistencia firme. El N del ensayo SPT arrojó valores entre 8 y 17 golpes/pie. La resistencia la corte tomada con penetrómetro manual arrojó un valor de 1.0 Kg/cm².

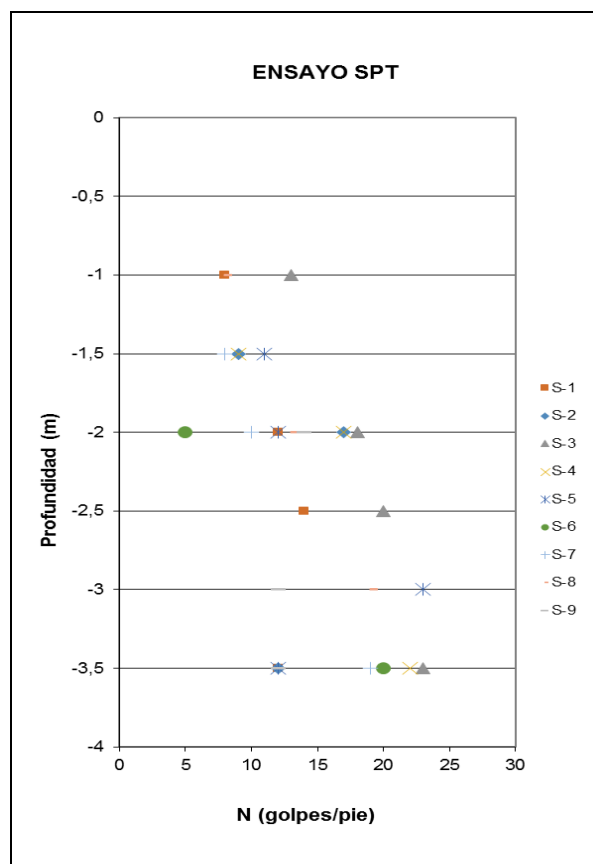


d) 0.50/3.0 – 4.0 m.

Conglomerado arenoso a arcilla arenosa habana, de grano medio, con vetas de óxido, algo de gravas pequeñas y raíces y presencia de gravas, algo de óxidos y raíces, de densidad media a compacta. El N del ensayo SPT arrojó valores entre 12 y 23 golpes/pie.

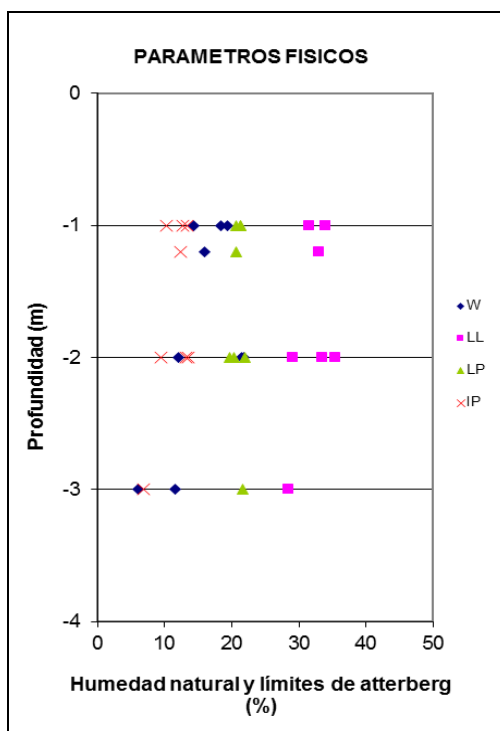


Con base en el ensayo de SPT efectuado en campo se realizó una gráfica de N en función de la profundidad, como se observa a continuación:



4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.-

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 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 como se ilustra a continuación:



Así mismo se revisó la susceptibilidad de los suelos a presentar fenómenos de expansión a la luz de la NSR-10, de acuerdo con la tabla H.9.1-1 obteniendo un potencial de expansión bajo, para los materiales con límites líquidos <39%, e índice de plasticidad < 20% tal como los encontrados en el predio.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Granulometría

Con base en los ensayos de granulometría efectuados sobre los estratos granulares encontrados en la zona, se tiene que éstos corresponden a gravas en matriz arcillosa y limosa. Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Perforación	Muestra	Profundidad (m)		Contenido de finos (%)	Contenido de arena (%)	Contenido de gravas (%)	U.S.C.S
		De	A				
Ap-2	2	1.20	1.90	32.68	28.20	39.12	GC
S-1	4	3.00	4.00	22.74	26.43	50.83	GM
S-2	2	2.00	3.00	52.40	37.68	9.92	CL
S-3	1	1.00	2.00	27.61	22.67	49.72	GC
S-4	2	2.00	3.00	44.21	33.79	22.00	SC
S-5	3	3.00	4.00	5.58	25.59	68.83	GP-GM
S-6	2	2.00	3.00	25.82	36.42	37.76	GC
S-7	1	1.00	2.00	31.77	31.84	34.11	GC
S-9	1	1.00	2.00	42.88	35.57	21.55	SC

4.3 NIVEL DE AGUAS.-

No se detectó agua libre durante la ejecución de los apiques. Sin embargo no se descarta la presencia de estos niveles de acuerdo con el régimen de lluvias presentes en la zona.

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 (t/m ³)	Qu (Kg/cm ²)	c (Kg/cm ²)	ϕ (°)	N (golpes/pie)	E (t/m ²)
1	0.0/0,20 - 0,50/1,00	1,40	-----	-----	18	-----	1377
2	0,50/1,0 - 2,0/3,0	2,06	1,00	0,50	-----	8 a 17	963
3	0,50/3,0 - 4,0	2,03	-----	-----	28	12 a 23	1773

Se debe anotar que los valores de peso unitario fueron obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio efectuados y los valores de ángulo de fricción para los estratos granulares fueron determinados a partir de las formulaciones de Osaki en función del SPT de la siguiente manera:

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

Finalmente los módulos de elasticidad fueron calculados a partir de las correlaciones de acuerdo con la literatura, Tabla 5-5 Equations for stress-strain modulus E_s 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.

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.

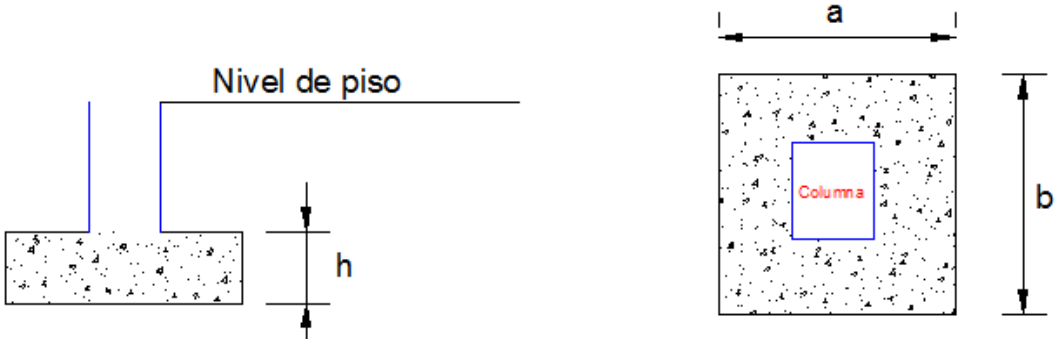
7.1 ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-

De acuerdo con los planos de cimentación y levantamientos en campo suministrados a esta consultoría, se tiene que las estructuras existentes se encuentran cimentadas mediante sistemas de fundación superficial en concreto reforzado, apoyados a diferentes profundidades entre 0.30 y 1.70 m de profundidad o bien superficialmente, sobre el relleno de arcilla arenosa, gravas y residuos de construcción, detectado superficialmente o sobre la arcilla arenosa

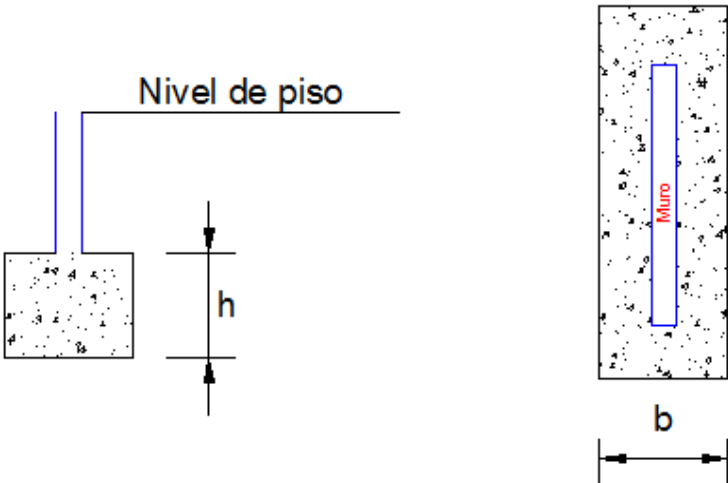
habana, con presencia de gravas, algo de óxidos y raíces, de consistencia firme, detectada a partir de 0.50/1.0 m de profundidad.

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

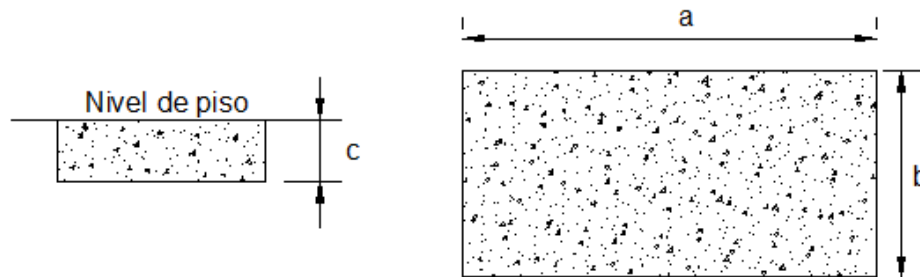
Cimiento Aislado



Cimiento Corrido



Losa Maciza



ESTRUCTURA	CIMIENTO	a x b (m)	h (m)	c (m)	PROFUNDIDAD DE APOYO	OBSERVACIONES
1	Placa	3,05 x 3,10	----	0,3	----	----
2	Aislado	0,45 x 0,45	0,45	----	1,45	No se observa la presencia de vigas de amarre
3	Corrido	0,20	0,20	----	0,45	----
4	Corrido	0,30	0,30	----	0,50	No se observa la presencia de vigas de amarre
5	Aislado	1,50 x 1,50	0,40	----	1,70	Se evidencia agrietamiento en el suelo, pavimentos y andenes.
6	Aislado	1,00 x 1,00	0,40	----	0,70	No se observa la presencia de vigas de amarre
7	Corrido	0,30	0,30	----	0,50	No se observa la presencia de vigas de amarre
8	Aislado	1,50 x 1,50	0,45	----	1,35	Se evidencia abombamiento en la placa del segundo piso.
9	Aislado	0,80 x 0,80	0,30	----	1,05	No se observa la presencia de vigas de amarre
10	Aislado	0,70 x 0,70	0,30	----	0,70	No se observa la presencia de vigas de amarre y se evidencia agrietamiento en los andenes.
11	Placa	3,00 x 3,00	0,20	0,3	----	----
12	Aislado	0,80 x 0,80	0,40	----	1,05	Se evidencia agrietamiento en el suelo, pavimentos y andenes.
13	Aislado	0,70 x 0,70	0,40	----	0,60	Se evidencia agrietamiento en el suelo, pavimentos y andenes.
14	Aislado	0,80 x 0,80	0,40	----	0,60	Se evidencia agrietamiento en los andenes.
15	Aislado	0,80 x 0,80	0,40	----	0,60	Se evidencia agrietamiento en el suelo, pavimentos y

						andenes.
16	Aislado	0,45 x 0,45	0,45	----	0,75	Se evidencia agrietamiento en el suelo, pavimentos y andenes.
18	Placa	3,00 x 3,00	0,25	0,35	----	----
19	Aislado	1,50 x 1,50	0,60	----	0,95	No se observa la presencia de vigas de amarre
20	Corrido	0,30	0,30	----	0,30	No se observa la presencia de vigas de amarre
21	Corrido	0,30	0,30	----	0,30	----

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:

CIMIENTOS CORRIDOS		
No de Estructura	Zapata Tipo	Dimensiones ancho (m)
3	1	0,20
4	2	0,30

CIMIENTOS AISLADOS			
No de Estructura	Zapata Tipo	a x b (m)	Área (m ²)
5	3	1,50 x 1,50	2,25
6	4	1,00 x 1,00	1,00

PLACA			
No de Estructura	Placa tipo	a x b (m)	Área (m ²)
1	5	3,05 x 3,10	9,46
11	6	3,00 x 3,00	9,00

Con base en las cargas actuales estimadas por esta consultoría a partir de áreas aferentes, se tiene que actualmente los cimientos corridos se encuentran dimensionados para trabajar a una presión de contacto variable entre 3.33 y 5.0 Ton/m², los cimientos aislados se encuentran trabajando a una presión de contacto entre 1.97 y 2.75 Ton/m² y las placas de cimentación a 0.50 Ton/m².

Así mismo y de acuerdo con las propiedades geomecánicas del estrato portante para cada uno de los elementos, a diferentes profundidades de apoyo, se tiene que el estrato sobre el que se encuentran los cimientos, presenta una capacidad portante última variable entre 15.50 y 16.91 Ton/m² para las zapatas corridas, entre 18.85 y 32.04 Ton/m² para las zapatas aisladas y de 10.64 para las placas. Anexo al presente informe se incluyen las memorias de cálculo.

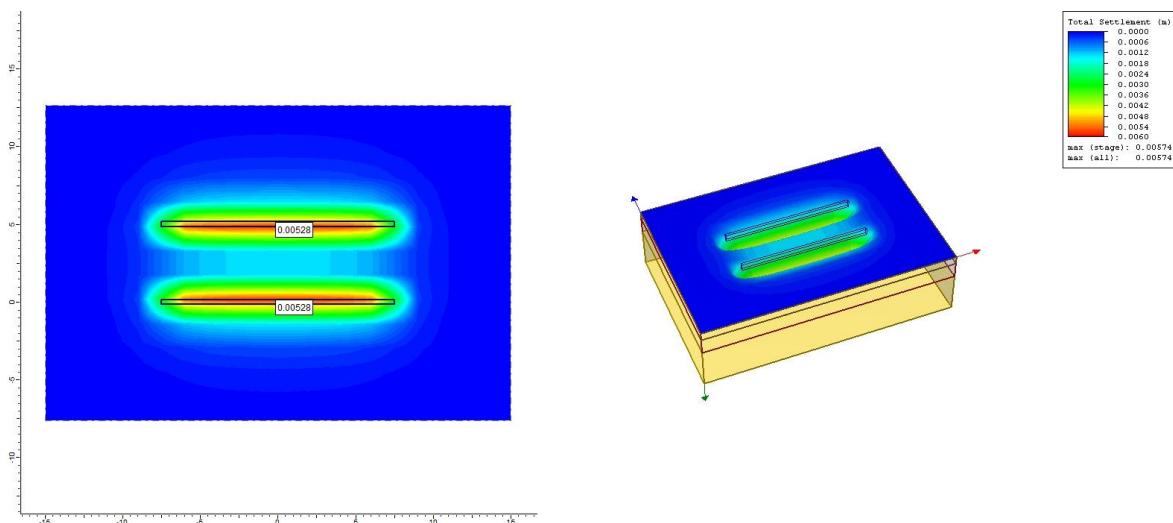
ZAPATAS CORRIDAS				
Zapata tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m²)	Capacidad portante última (Ton/m²)	Factor de seguridad Condición actual
1	0,20	5,00	16,91	3,40
2	0,30	3,33	15,50	4,70

ZAPATAS AISLADAS				
Zapata tipo	Área (m²)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m²)	Capacidad portante última (Ton/m²)	Factor de seguridad Condición actual
3	2,25	1,97	32,04	16,20
4	1,00	2,75	18,85	6,90

PLACAS				
Zapata tipo	Área (m ²)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m ²)	Capacidad portante última (Ton/m ²)	Factor de seguridad Condición actual
5	9,46	0,50	10,64	21,30
6	9,00	0,50	10,64	21,30

A partir de lo anterior se tienen factores de seguridad aceptables para la condición actual.

Así mismo, 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 1 cm 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 los cimientos existentes, obteniendo lo siguiente:

ZAPATAS CORRIDAS				
Zapata tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual + hipótesis de sismo (Ton/m²)	Capacidad portante última (Ton/m²)	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
1	0,20	6,50	16,91	2,6
2	0,30	4,33	15,50	3,6

ZAPATAS AISLADAS				
Zapata tipo	Área (m²)	Presión de contacto - Condición de carga actual + hipótesis de sismo (Ton/m²)	Capacidad portante última (Ton/m²)	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
3	2,25	2,57	32,04	12,50
4	1,00	3,58	18,85	5,30

PLACAS				
Zapata tipo	Área (m²)	Presión de contacto - Condición de carga actual + hipótesis de sismo (Ton/m²)	Capacidad portante última (Ton/m²)	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
5	9,46	0,65	10,64	16,40
6	9,00	0,65	10,64	16,40

Con base en lo anterior se tienen que todos los cimientos presentan factores de seguridad aceptables para la condición actual y ante un eventual sismo.

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-.

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

- Las estructuras existentes se encuentran apoyadas mediante cimientos superficiales tipo zapatas corridas, aisladas y placas, 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 0.20 y 0.30 m de ancho para cimientos corridos, entre 0.45 m x 0.45 m y 1.50 m x 1.50 m para los cimientos aislados y de 3.0 m x 3.0 m para las placas, apoyados a profundidades variables entre 0.30 m y 1.70 m de profundidad o bien superficialmente, sobre el relleno de arcilla arenosa, gravas y residuos de construcción, detectado superficialmente o sobre la arcilla arenosa habana, con presencia de gravas, algo de óxidos y raíces, de consistencia firme, detectada a partir de 0.50/1.0 m de profundidad, trabajando actualmente a una presión de contacto variable entre 1.97 Ton/m² y 5.0 Ton/m² para las zapatas y de 0.50 Ton/m² para las placas, con factores de seguridad aceptables para la condición actual.
- Se revisó la condición de los cimientos teniendo en cuenta las cargas actuales y ante hipótesis de sismo obteniendo factores de seguridad aceptables.
- De acuerdo con el levantamiento de campo suministrado, que revela el estado general de las edificaciones, se evidencia agrietamiento en el suelo, pavimento y andenes de las estructuras No 5, 10, 12, 13, 14, 15 y 16, signos que podrían atribuirse directamente a la reducida sección de las zapatas reflejando procesos de deformación excesivos, así como a los procesos de

saturación que generan algún potencial expansivo en el estrato de arcilla, lo que podría explicar los procesos de deformación y fisuramiento presentados en las estructuras. Por lo anterior se hace necesario el reforzamiento de estas estructuras.

- Del levantamiento de la información en campo, se tiene que en la estructura No. 8, se presenta abombamiento en la placa del segundo piso, por lo que se recomienda que en el análisis estructural, se tenga especial cuidado a esta estructura.
- Finalmente y dada la ausencia de vigas de amarre en la cimentación de la estructuras No. 2, 4, 6, 7, 9, 10, 19 y 20, se tiene que el ingeniero estructural deberá tener en cuenta este aspecto en sus modelos.

8.1 REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LOS CIMIENTOS.-

Aun cuando del análisis efectuado a las estructuras no se tiene previsto el recalce de ninguna, se incluyen algunas recomendaciones para el reforzamiento de los cimientos, en caso que del análisis estructural surja la necesidad de reforzar.

Lo anterior se llevará a cabo mediante el recalce de la cimentación, incrementando el área de contacto de la misma. Los recalces o nuevos cimientos se proyectarán a partir de los siguientes parámetros:

- a) El área final de los cimientos se dimensionará para una presión de contacto máxima de:

RECALCE DE LA CIMENTACIÓN	
Cimiento	Presión de Contacto (Ton/m ²)
Corrido	5.0
Aislado	5.0
Placa	2,0

- b) El diseño del 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 2 cm 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 1158 Ton/m³.

9.0 PARÁMETROS DE DISEÑO SISMICO.-

De acuerdo con la NSR-10, el suelo de este proyecto es tipo **D** con los siguientes parámetros de diseño sísmico:

$$A_a = 0.35 \quad F_a = 1.15$$

$$A_v = 0.30 \quad F_v = 1.80$$

10.0 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 otro particular, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

E Y R ESPINOSA Y RESTREPO S.A.



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