



INTERVENTOR:
CONSULOBRAS

CONSORCIO AMP - P & D
ESTUDIOS DE SUELOS



INF-SU_01-V1
09-06-2014

INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS

ESPINAL - 9123

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 09 DE 2014

REVISIÓN. 00

TABLA DE CONTENIDO

1.0	INTRODUCCION.-	2
1.1	OBJETO-	2
1.1	DESCRIPCION DEL PROYECTO-	2
1.3	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	4
2.0	TOPOGRAFÍA.-	4
3.0	GEOLOGIA.-	4
4.0	INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-	5
4.1	DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-	7
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.-	8
4.3	NIVEL DE AGUAS.-	10
4.4	ANÁLISIS DE LICUACIÓN.-	11
5.0	PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-	12
6.0	METODOLOGIAS DE DISEÑO.-	13
7.0	ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-	14
7.1	ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-	14
7.2	VALIDACIÓN DE LA CIMENTACION EXISTENTE	26
5.3	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-	28
8.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-	30
8.1	REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS.-	31
5.0	PARÁMETROS DE DISEÑO SISMICO.-	32
6.0	OBSERVACIONES FINALES.-	33

Fecha	Versión	Proyecto	Modificaciones	Motivo
01-04-14	Preliminar	38 Estructuras entre 1 y 2 pisos. “Centro Agropecuario La Granja”	-----	-----
27-05-14	1	38 Estructuras entre 1 y 2 pisos. “Centro Agropecuario La Granja”		

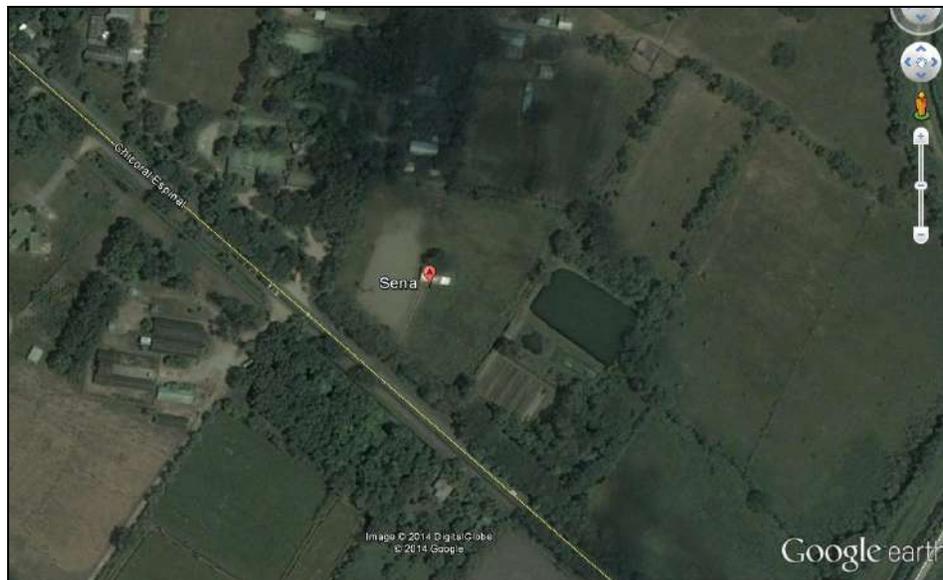
Bogotá, D.C., Mayo 27 de 2014
EYR-S 12999- Espinal

Doctora
GABRIELA MENDEZ
Ciudad

Estimada Doctora:

Tenemos el gusto de entregarle el estudio de suelos para las estructuras donde actualmente se ubica El **CENTRO AGROPECUARIO LA GRANJA (código 9123)** en el municipio de Espinal - Tolima.

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



Localización general 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.

1.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO-

De acuerdo con la información suministrada a esta consultoría en la zona de estudio Actualmente cuenta con 38 estructuras distribuidas así: 37 de 1 piso y 1 de 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. A continuación se ilustra dos fotografías del estado y ubicación de instituto



Con el fin de conocer las condiciones geotécnicas en las que se encuentran actualmente las estructuras se programaron los trabajos de campo que se describen a continuación.

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 plana.

3.0 GEOLOGIA.-

Según la plancha 264 Espinal afloran, casi exclusivamente, rocas sedimentarias con edades que van desde el Triásico al Cuaternario. Únicamente, hacia el sector donde confluyen los ríos Saldaña y Ortega, aparecen dos afloramientos pequeños de rocas intrusivas probablemente del Jurásico, correspondientes a la Cuarzomonzonita del Río Saldaña.¹

¹ Tomado del documento: Colombia Plancha 264 Espinal

4.0 INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-

Para la determinación de sondeos esta consultoría se basa en las especificaciones establecidas en la **NSR-2010**, como primera medida se determinó a partir del Título H.3.1.1 “Clasificación De Las Unidades De Construcción Por Categorías” la categoría de la unidad de construcción según los niveles de construcción **Tabla H.3.1-1** “Clasificación de las Unidades de construcción por categorías” se tiene que dichas estructuras corresponden a una Categoría Baja.

A partir de todo lo anterior la exploración del subsuelo se realizó mediante sondeos a la luz de lo estipulado en Título **H.3.2.3** de la **NSR-2010** en donde se tiene que el número mínimo de sondeos de acuerdo a la categoría (baja) y área de la construcción es de 3 sondeos con una profundidad mínima de 6 m para el 50% de las perforaciones.

Por lo tanto, esta consultoría efectuó un total de 20 sondeos de 4.0 m de profundidad perforados con un barreno manual.

Cabe anotar que las perforaciones fueron suspendidas a las profundidades exploradas de acuerdo con el capítulo H.3.2.5 parágrafo (d) de la NSR-10 en el que

se expresa que en los casos en donde se encuentre roca firme o 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 sondeos se realizó el ensayo de penetración estándar como medida de la densidad de los estratos granulares que allí se encontraron allí detectados. Finalmente se tomaron un número suficiente de muestras alteradas e inalteradas para inspección visual y posterior envío al laboratorio para ensayos de compresión confinada límites de Atterberg, humedad natural, granulometría, pesos unitarios y clasificación USCS y AASHTO.

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



Es de anotar que este plano se encuentra en anexo No. 1 del presente estudio.

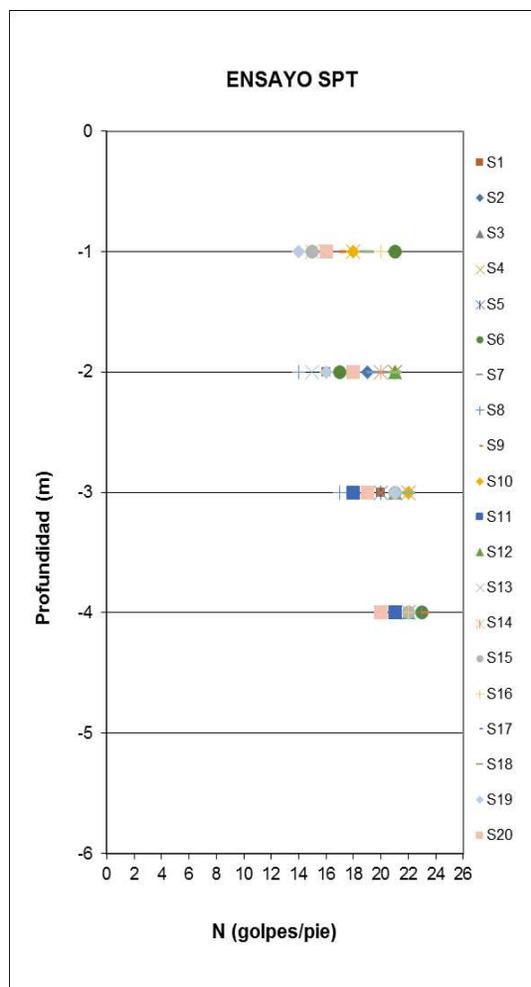
1.1 DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-

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

- a) 0.0 – 0.30/1.0 m. Relleno heterogéneo compuesto por arena café oscuro y algunas gravas.
- b) 0.0/1.0 – 4.0 m. Arena algo limosa gris oscura con presencia de algunas gravas y pintas de óxido, de densidad media a muy compacta. El N del ensayo SPT arrojó valores entre 16 y 52 golpes de 6”.

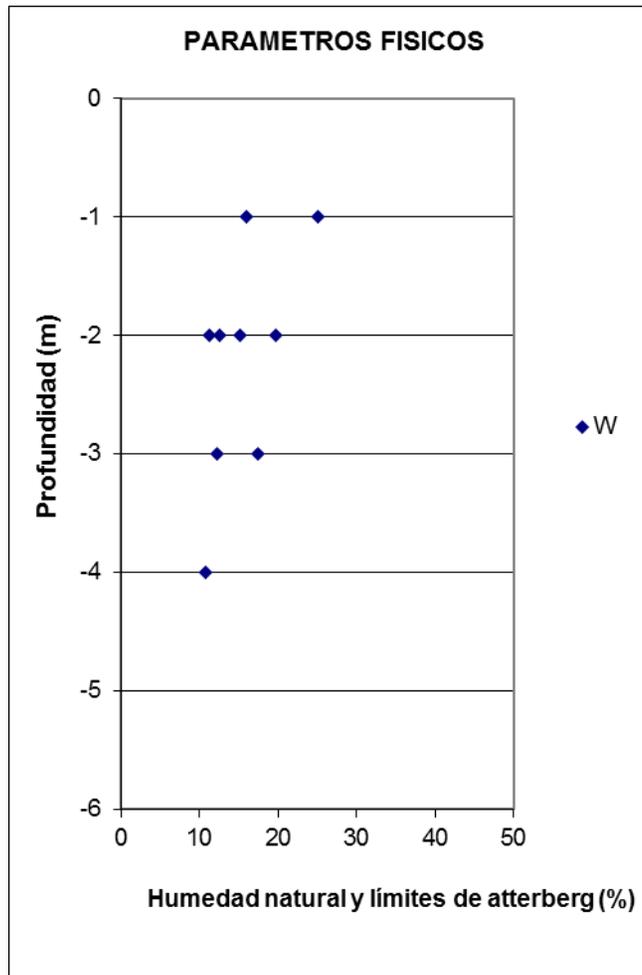


Con base en los ensayos de penetración estándar efectuados en campo se realizaron unas gráficas de N en función de la profundidad para cada uno de los sondeos, como se observa a continuación:



1.2 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 realizar los diferentes ensayos. A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de humedad natural, se realizaron gráficas de los parámetros físicos en función de la profundidad, como se ilustra a continuación:



LL	NL
LP	NP
IP	NA

Se debe anotar que dado que se cuenta con materiales granulares finos no presenta índice de plasticidad, límite líquido y límite plástico.

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.

Por lo tanto con base en las granulometrías efectuadas sobre los materiales encontrados en la zona se tiene que éstos corresponden a arenas limosas finas.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

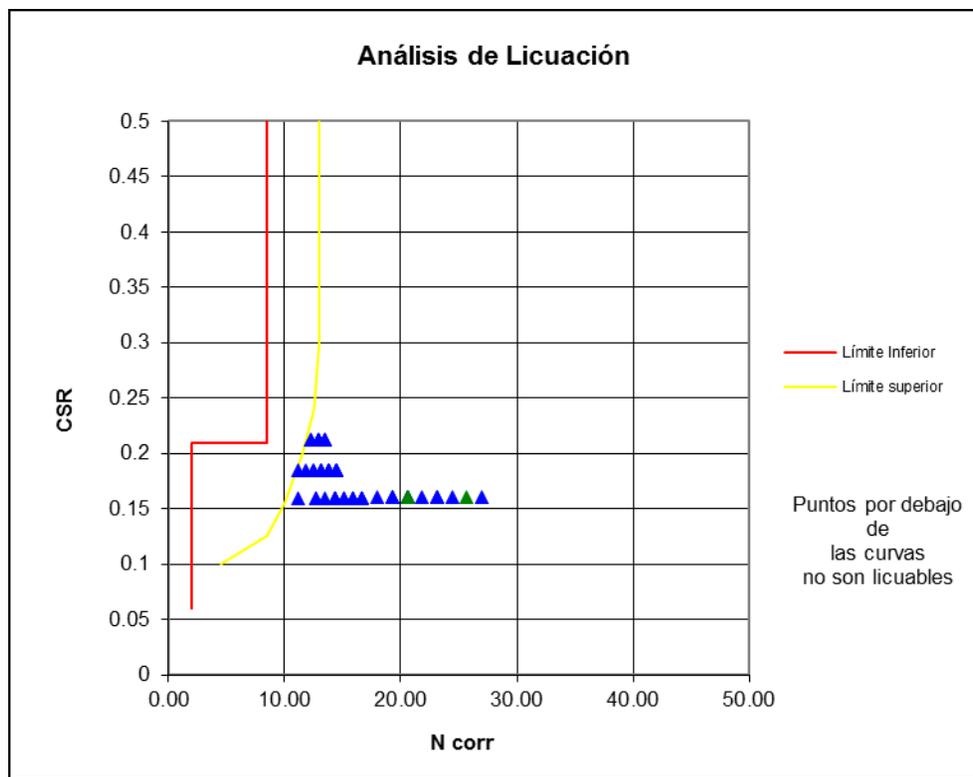
Sondeo	Muestra	Profundidad (m)		%pasa tamiz #200	Fracción gruesa	% Retenido total #4	A.A.S.H.T.O	U.S.C.S
		De	A					
1	3	2.00	3.00	12.26	87.74	33.09	A-1-b	SM
4	1	0.50	1.00	21.94	78.06	9.97	A-1-b	SM
6	2	1.00	2.00	16.94	83.06	3.01	A-1-b	SM
9	4	3.00	4.00	15.02	84.98	26.79	A-1-b	SM
11	2	1.00	2.00	14.71	85.29	8.97	A-1-b	SM
15	2	1.00	2.00	17.70	82.30	11.06	A-1-b	SM
16	1	0.50	1.00	18.45	81.55	17.70	A-1-b	SM
18	4	3.00	4.00	10.72	89.28	22.22	A-1-b	SM
19	3	2.00	3.00	23.70	76.30	15.93	A-1-b	SM

1.3 NIVEL DE AGUAS.-

Se detectó agua libre entre 0.80 m y 3.0 m de profundidad. Estos niveles podrán variar de acuerdo al régimen de lluvias de la zona.

1.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN.-

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 0.25 g, 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 Roberts.



Con base en los resultados obtenidos se tiene que dada la densidad y la profundidad de las arenas no se presenta peligro 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 (t/m ³)	ϕ (°)	N (golpes/pie)	E (t/m ²)
1 (Relleno)	0.0 - 0.30/1.0	1.7	-----	-----	489
2 (Arena)	0.0/1.0 - 4.0	1.9	30	19	1749

Se debe anotar que los valores de peso unitario fueron obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio efectuados, así mismo los valores de ángulo de fricción obtenido para el estrato granulare 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 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:

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

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

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 del Doctor Alfredo Urzua:** 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 de Rocscience:** Programa de elementos finitos para el cálculo de asentamientos.
- **PHASE de Rocscience:** 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.-

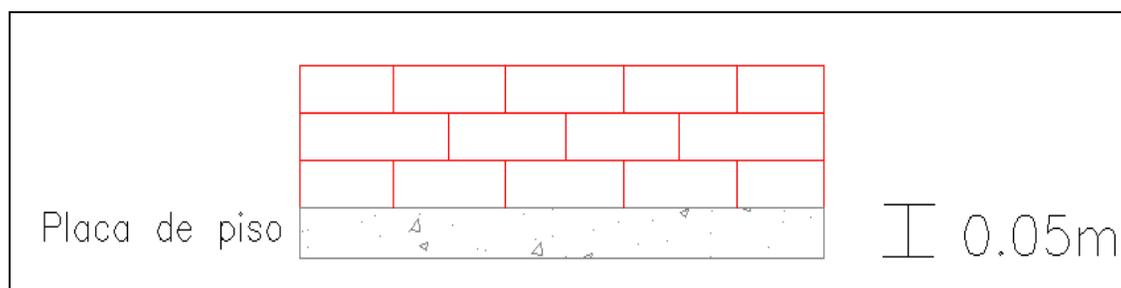
A continuación se efectúa un diagnóstico del comportamiento geotécnico de la cimentación de las estructuras existentes, revisando los parámetros de trabajo actual.

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 en concreto reforzado y/o en concreto ciclópeo, apoyados entre 0.40 y 1.20 m de profundidad o bien sobre la arena algo limosa gris oscura con presencia de algunas gravas y pintas de óxido, de densidad media a muy compacta que allí se encuentran.

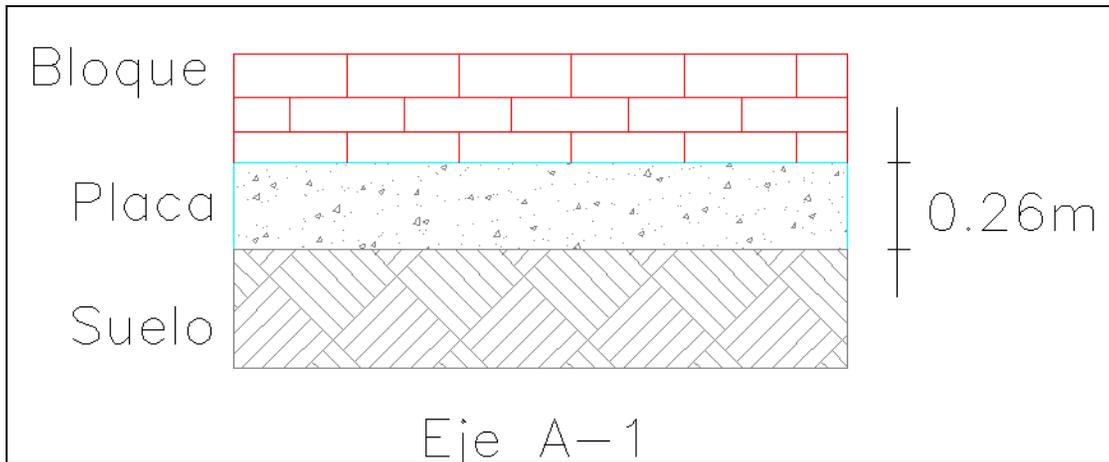
A continuación se describen diferentes tipos de cimientos para algunas de las estructuras existentes y sus correspondientes dimensiones:

Detalle cimentación = Placa de piso Estructura 1

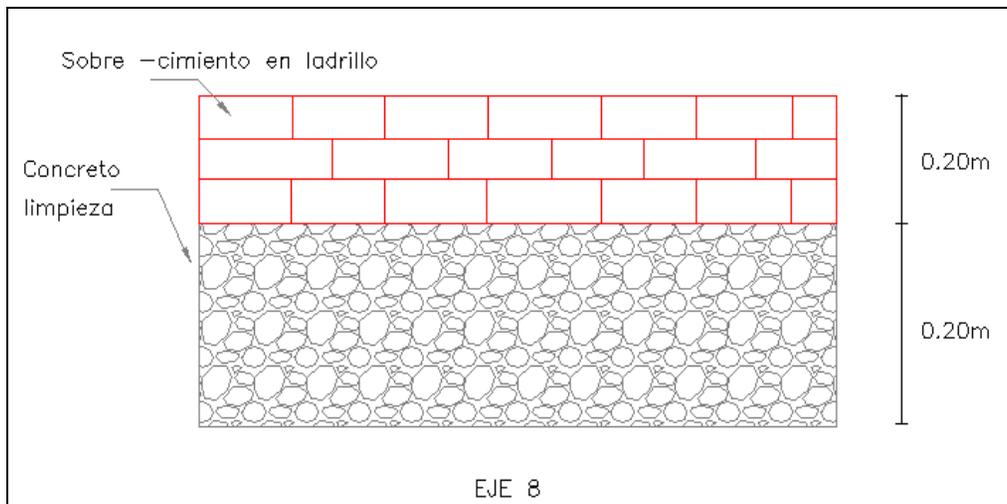


Nota: Según levantamiento de campo se encuentra en mal estado

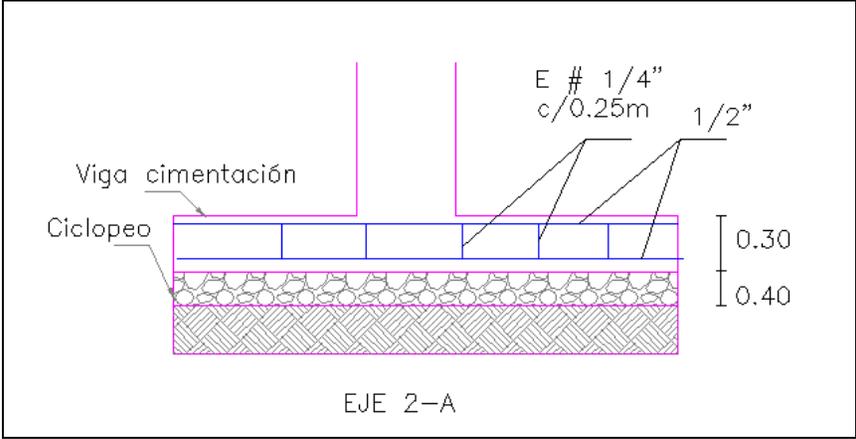
**Detalle de Cimentación: Losa de cimentación
Estructura 9**



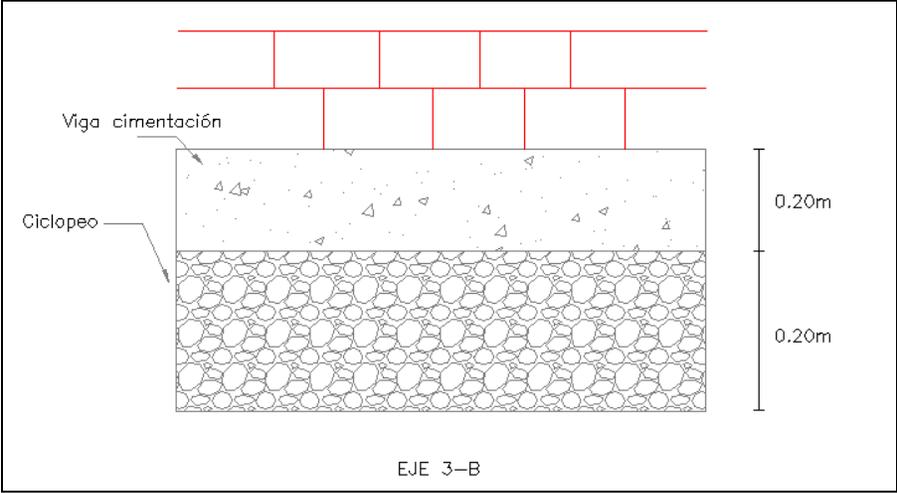
**Detalle de Cimentación: Cimiento corrido en ladrillo y concreto ciclópeo
Estructura 4**



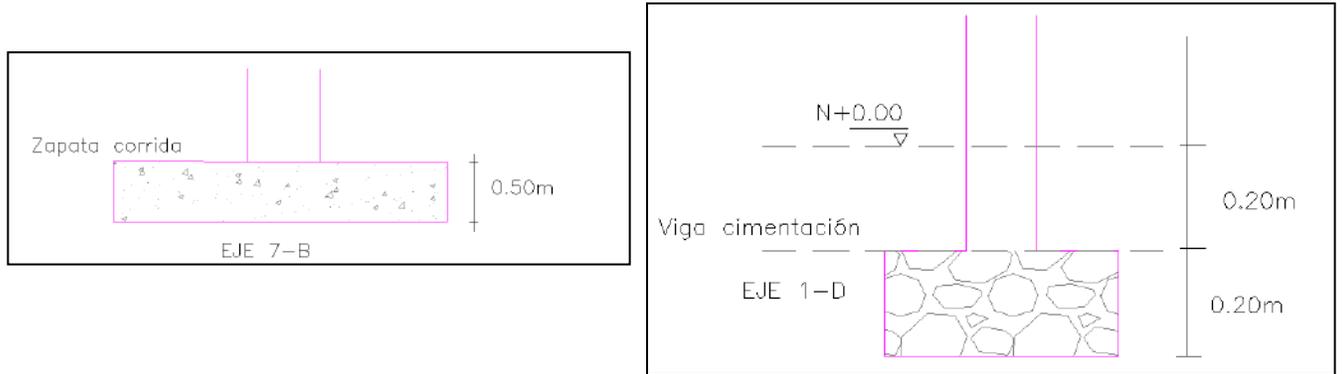
**Detalle de Cimentación: Zapata corrida en concreto ciclópeo
Estructura 21**



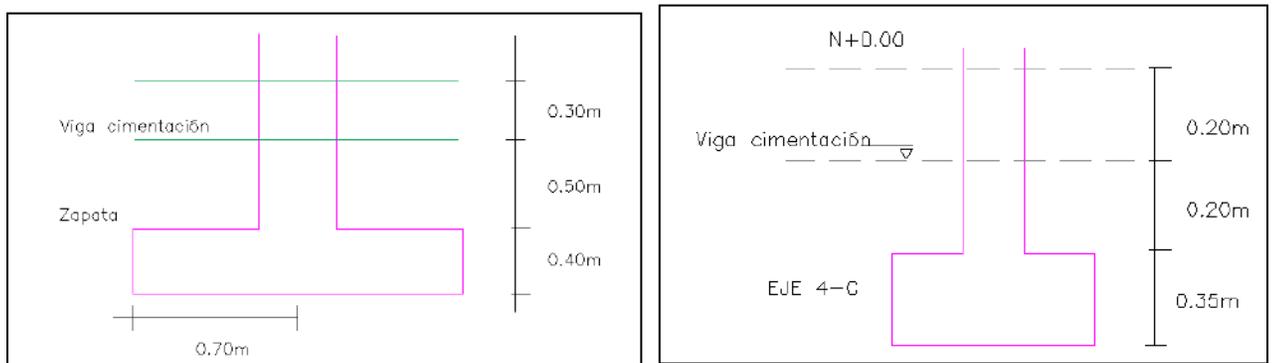
Estructura 42



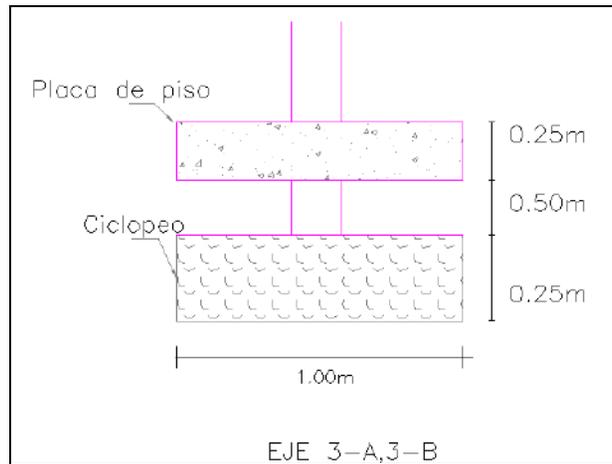
Detalle de Cimentación: zapata corrida sobre el terreno natural
Estructuras 10 y 35



Detalle de Cimentación: Zapata aislada
Estructuras 22 y 34



**Detalle de Cimentación: Dado de concreto ciclópeo
Estructura 41**



ESTRUCTURA	CIMENTACION	a x b (m)	h (m)	PROFUNDIDAD DE APOYO (m)	OBSERVACIONES
1	Placa de piso	3.00 x 3.00	0.05	0.05	No existen columnas, son maderas embebidas. -Estructura en pésimo estado con muros apoyados directamente sobre la placa.
2	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.55	Apoyada sobre una capa de 0.30 de concreto ciclópeo
3	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.20	0.20	0.40	Agrietamiento en los pavimentos. Se evidencia abombamiento en las placas de contrapiso. Comportamiento deficiente de la cimentación. Las raíces están levantando las estructuras
4	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.20	0.20	0.40	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.20 m de espesor
5	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.20	0.20	0.40	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.20 m de espesor
6	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.20	0.20	0.40	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.20 m de espesor

7	Zapata corrida en concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.70	Apoyada sobre una capa de 0.40 de concreto ciclópeo
8	Zapata corrida en concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.70	Apoyada sobre una capa de 0.40 de concreto ciclópeo
9	Placa	6.20 x 8.55	0.26	0.26	-----
10	Zapata corrida	0.50	0.50	1.00	-----
11	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.60	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.30 m de espesor
12	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.60	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.30 m de espesor
19	Zapata aislada	1.10 x 1.10	0.50	0.75	Existencia de vigas de amarre
20	Zapata corrida en concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.70	Apoyada sobre una capa de 0.40 de concreto ciclópeo
21	Zapata corrida en concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.70	Apoyada sobre una capa de 0.40 de concreto ciclópeo
22	Zapata aislada	1.40 x 1.40	0.40	1.20	-----
25	Zapata corrida	0.60	0.60	0.75	-----
26	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.35	0.35	0.55	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.20 m de espesor
27	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.20	0.20	0.50	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.30 m de espesor
29	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.50	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.20 m de espesor
31	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.30	0.30	0.60	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.30 m de espesor
32	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.35	0.35	0.60	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.25 m de espesor
33	Sobre-cimiento en ladrillo sobre concreto ciclópeo	0.35	0.35	0.55	Sobre-cimiento en ladrillo de 0.20 m de espesor
34	Zapata aislada	0.78 x 0.78	0.35	0.75	-----
35	Zapata corrida	0.40	0.20	0.40	-----
36	Zapata corrida	0.66	0.30	0.50	-----
41	Zapata aislada	1.00 x 1.00	0.25	1.00	apoyada sobre una capa de concreto ciclópeo de 0.25 precedida de una capa de terreno natural de 0.50 m
42	Zapata corrida apoyada en	0.20	0.20	0.40	Apoyada sobre una capa de 0.20 de concreto ciclópeo

	concreto ciclópeo				
--	-------------------	--	--	--	--

De acuerdo con lo anterior y para efectos de análisis se han definido diferentes tipos de cimientos de acuerdo con sus características geométricas, tal como se ilustra a continuación:

Cimientos superficiales (losa de cimentación)			
Cimentación tipo	a x b (m)	Área (m²)	Estructuras
1	3.00 x 3.00	9.00	1
2	6.20 x 8.55	53.01	9

Sobre-cimientos en ladrillo sobre concreto ciclópeo		
Zapatas tipo	b (m)	Estructuras
3	0.25	2,26,32,33
4	0.20	3,4,5,6,29,31
5	0.30	11,12,27

Cimientos corridos en concreto ciclópeo		
Zapatas tipo	b (m)	Estructuras
6	0.30	7,8,20, 21
7	0.20	42

Cimientos corridos sobre el terreno natural		
Zapatas tipo	b (m)	Estructuras
8	0.5	10
9	0.6	25
10	0.4	35
11	0.66	36

Cimientos Aislados			
Zapatatas tipo	a x b (m)	Área (m²)	Estructuras
12	1.10 x 1.10	1.21	19
13	1.40 x 1.40	1.96	22
14	0.78 x 0.78	0.61	34
15*	1.00 x 1.00	0.25	41

Con base en las cargas actuales estimadas por esta consultoría a partir de áreas aferentes se tiene que actualmente los cimientos se encuentran dimensionados para trabajar con las siguientes presiones de contacto:

- **Cimentación superficial (losa de cimentación):** Presión de contacto estimada entre 1.0 y 2.0 Ton/m² aproximadamente.
- **Sobre-cimientos en ladrillo sobre concreto ciclópeo:** presión de contacto calculada entre 4.70 y 15.0 Ton/m²
- **Cimientos corridos en concreto ciclópeo:** presión de contacto calculada entre 9.20 y 12.10 Ton/m²
- **Cimientos corridos sobre el terreno natural:** presión de contacto calculada entre 2.0 y 5.60 Ton/m²
- **Cimientos aislados:** presión de contacto calculada 2.90 y 9.60 Ton/m²

Así mismo y de acuerdo con la resistencia al corte del suelo de cimentación de cada uno de los elementos, obtenida por correlaciones con el ensayo SPT para las diferentes profundidades de apoyo, se tiene que el estrato sobre el cual se apoyan los cimientos presenta las siguiente capacidad portante última variable para cada tipo de cimentación como se describe a continuación:

- **Cimentación superficial (losa de cimentación):** capacidad de portante última entre 18.56 y 41.31 Ton/m²
- **Sobre-cimientos en ladrillo sobre concreto ciclópeo:** capacidad de portante última entre 40.55 y 45.39 Ton/m²
- **Cimientos corridos en concreto ciclópeo:** capacidad de portante última entre 41.02 y 52.33 Ton/m²
- **Cimientos corridos sobre el terreno natural:** capacidad de portante última entre 19.85 y 40.45 Ton/m²
- **Cimientos aislados:** capacidad de portante última entre 34.34 y 75.06 Ton/m²

Anexo al presente informe se incluyen las memorias de cálculo.

Cimentación superficial (Losa de cimentación)				
Cimiento	a xb (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
1	3.00 x 3.00	1.00	18.56	18.6
1	6.20 x 8.55	2.00	41.31	20.7

Sobre-cimientos en ladrillo sobre concreto ciclópeo				
Zapata tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
3	0.30	9.3	42.11	4.5
4	0.20	15.0	45.39	3.0
5	0.35	4.7	40.55	8.5

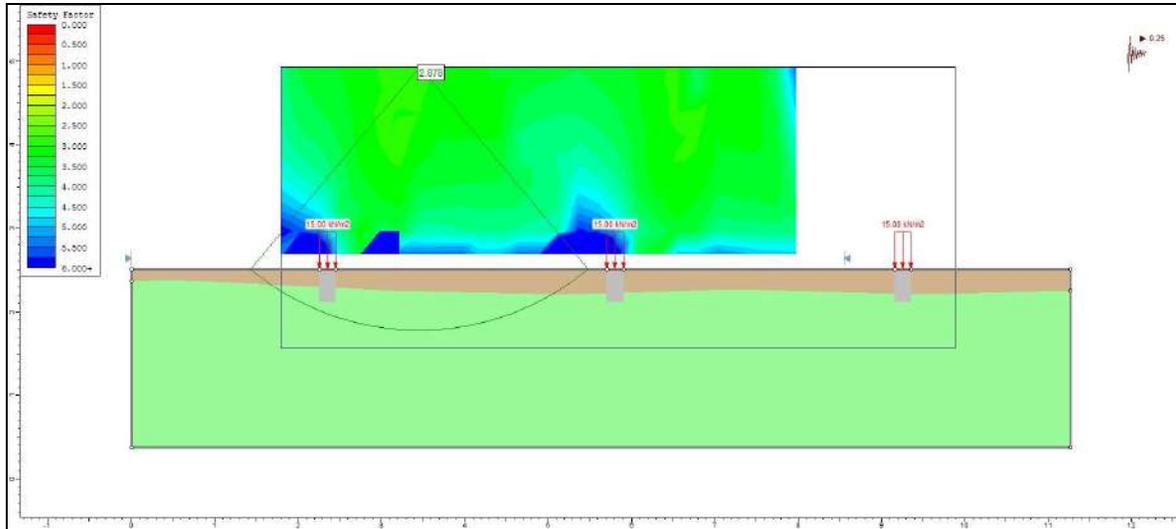
Cimientos corridos en concreto ciclópeo				
Zapata tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
6	0.3	9.2	52.33	5.7
7	0.2	12.1	41.02	3.4

Cimientos corridos sobre el terreno natural				
Zapata tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
8	0.5	5.2	40.45	7.8
9	0.6	2.0	19.85	10.1
10	0.4	5.6	31.77	5.6
11	0.66	2.2	20.55	9.4

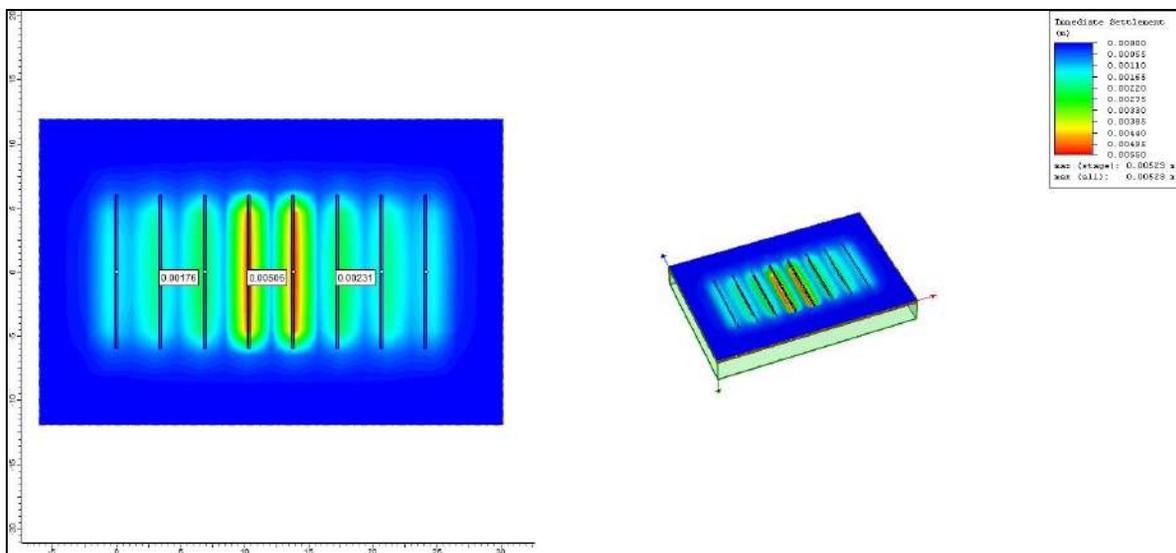
Cimientos Aislados				
Zapata tipo	Área (m2)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
12	1.21	8.6	75.06	8.7
13	1.96	2.9	34.34	11.7
14	0.61	7.5	48.3	6.4
15*	1.00	9.6	55.85	5.8

A partir de lo anterior se tienen factores de seguridad aceptables para la condición actual. Sin embargo y de acuerdo con la información suministrada a esta consultoría en el levantamiento de campo las estructuras No. 1 y 3 presentan un comportamiento deficiente en la cimentación.

Así mismo a continuación se ilustra el análisis de capacidad portante en la condición sismo para el cimiento corrido tipo 4 (existente en la estructura 3) obteniendo que el actual factor de seguridad de 3.40 en condición estática alcanzaría un valor de 2.89 ante la eventualidad de sismo de $A_a=0.25g$ (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 cm como se ilustra a continuación:

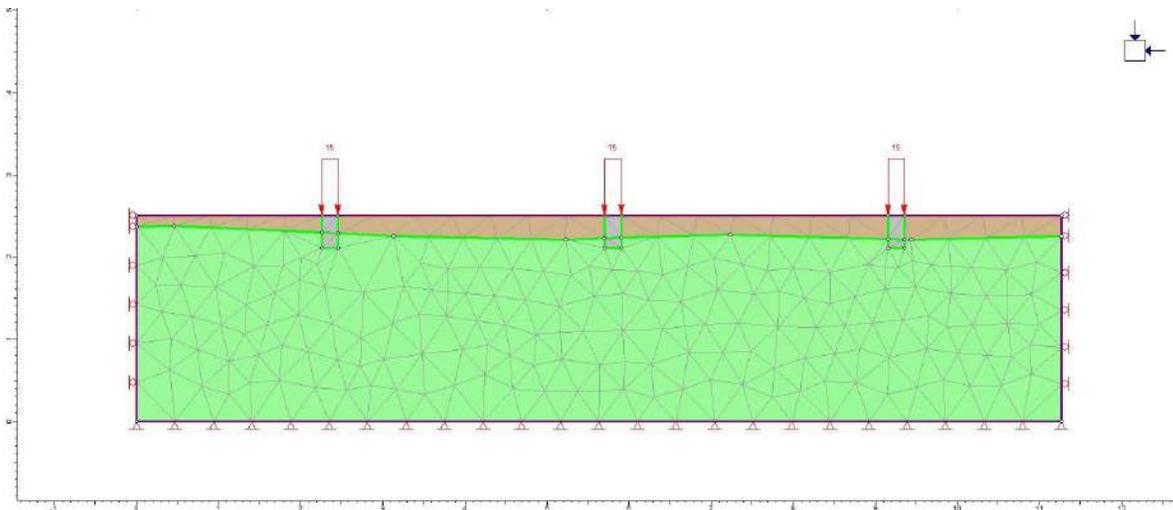


Los anteriores asentamientos fueron ya desarrollados dada la edad de la estructura.

7.2 VALIDACIÓN DE LA CIMENTACION EXISTENTE

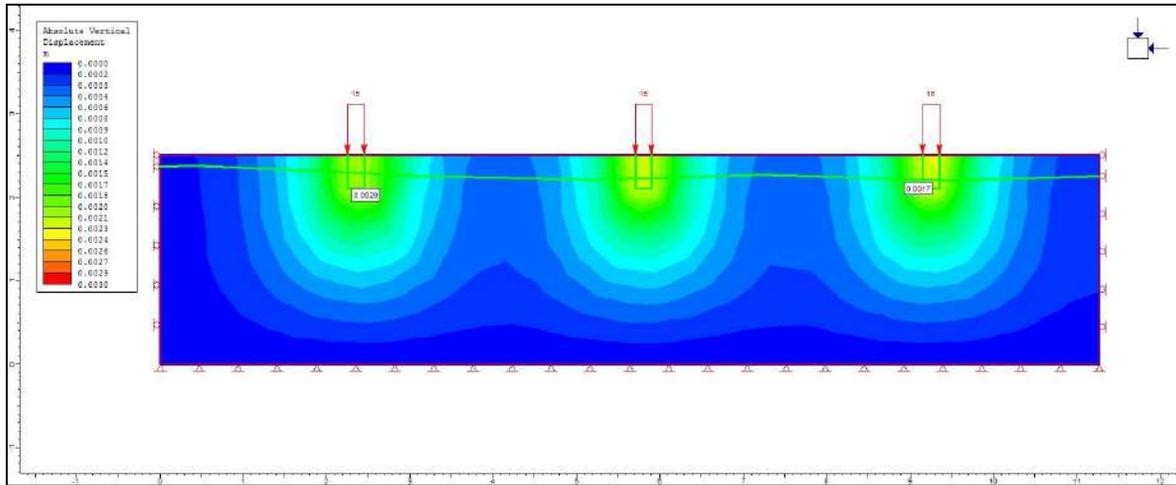
Con base en la estratigrafía encontrada y de acuerdo a los parámetros geomecánicos obtenidos a partir del programa de trabajos de campo y ensayos de laboratorio, que se ilustran en el numeral 3.0 “Parámetros Geotécnicos De Diseño”, se modeló el sistema de cimentación mediante modelos en elementos finitos obteniendo lo siguiente:

Malla utilizada



Asentamientos

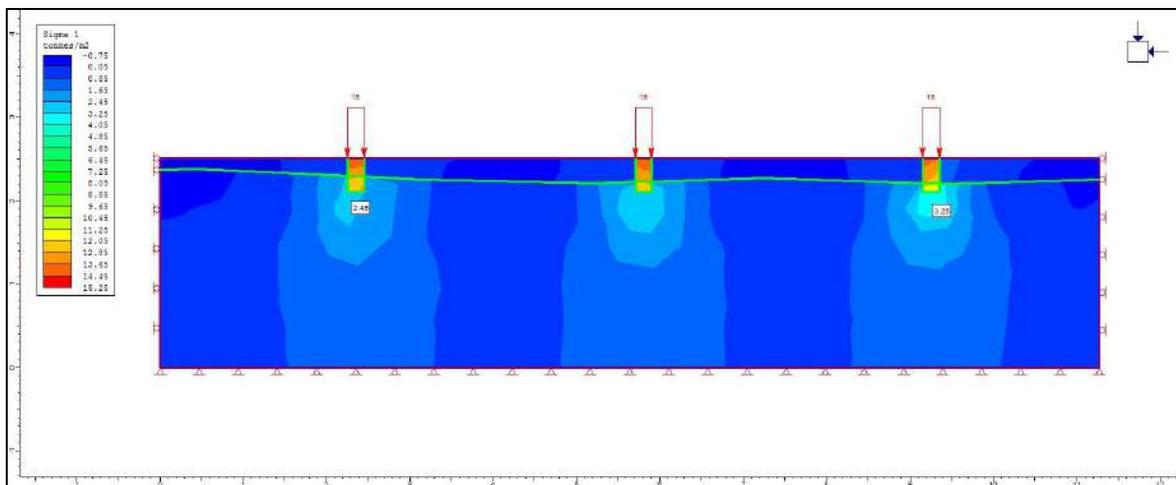
De los análisis se obtuvo la siguiente condición de asentamientos elásticos para el nivel de cargas actuales, con valores hasta de 1 cm, los cuales ya fueron desarrollados:



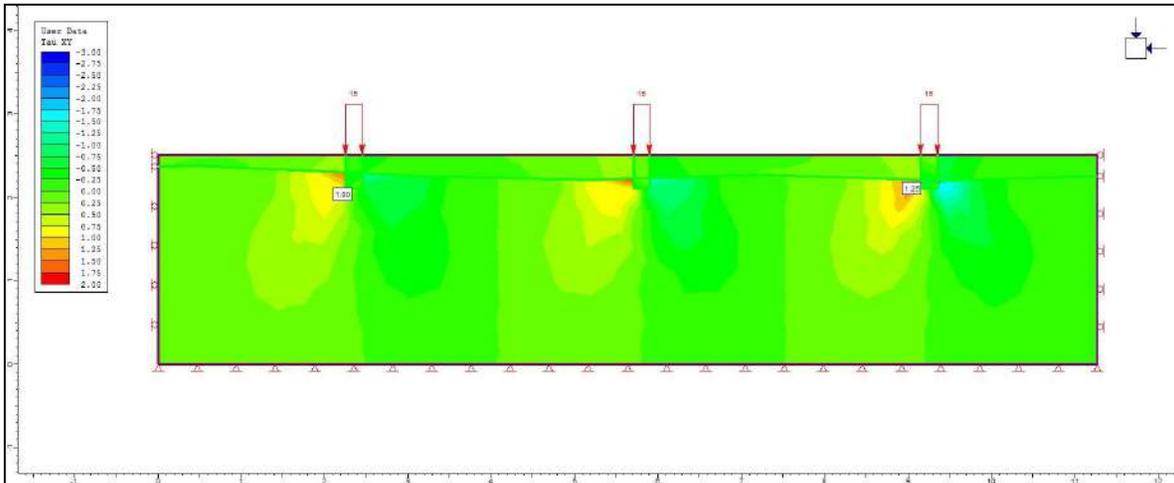
Esfuerzos

Teniendo en cuenta las cargas aplicadas y dada la cimentación se tienen esfuerzos verticales actuales de 3.25 Ton/m² en el suelo de apoyo de los cimientos. Así mismo se obtiene un esfuerzo cortante unitario máximo de 1.25.

Esfuerzos verticales



Esfuerzos cortantes



5.3 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:

Sobre-cimientos en ladrillo sobre concreto ciclópeo				
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
3	0.30	12.1	42.11	3.5
4	0.20	19.5	45.39	2.3
5	0.35	6.2	40.55	6.6

Cimientos corridos en concreto ciclópeo				
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
6	0.3	11.9	52.33	4.4
7	0.2	15.8	41.02	2.6

Cimientos corridos sobre el terreno natural				
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
8	0.5	6.7	40.45	6.0
9	0.6	2.5	19.85	7.8
10	0.4	7.3	31.77	4.3
11	0.66	2.9	20.55	7.2

Cimientos Aislados				
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
12	1.21	11.2	75.06	6.7
13	1.96	3.8	34.34	9.0
14	0.61	9.8	48.3	4.9
15*	1.00	12.5	55.85	4.5

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 de 1 piso existentes se encuentran apoyadas mediante cimientos superficiales tipo losas de cimentación, 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 0.25 y 0.66 m de ancho para cimientos corridos y entre 0.78 x 0.78 y 1.40 x 1.40 m de lado para los cimientos aislados, apoyados a profundidades variables entre 0.40m y 1.20 m de profundidad sobre la arena algo limosa gris oscura con presencia de algunas gravas y pintas de óxido, de densidad media a muy compacta que allí se encuentran y trabajando actualmente a una presión de contacto variable entre 2.0 Ton/m² y 15.0 Ton/m² con factores de seguridad aceptables para la condición actual.
- Así mismo se revisó la condición de los cimientos teniendo en cuenta las cargas actuales y ante hipótesis de sismo obteniendo factores de seguridad aceptables.
- Sin embargo y de acuerdo con el levantamiento de campo suministrado a esta consultoría en el cual se evidenció que la estructura No. 01 se encuentra en pésimo estado donde los muros se encuentran directamente apoyados sobre la placa de piso la cual tiene un espesor de 0.05 m, así mismo se encontró que la estructura No. 03 se evidenció un comportamiento deficiente de la

cimentación, abombamiento en las placas de contrapiso y las raíces de los arboles están levantando las estructuras. Dado lo anterior esta consultoría considera necesario efectuar el refuerzo a la cimentación de dichas estructura y/o en su defecto generar una nueva cimentación para la estructura No. 01. El refuerzo se efectuará mediante las recomendaciones establecidas en el siguiente numeral.

- Finalmente y dada la ausencia de vigas de amarre en la cimentación de la mayoría de estructuras, se tiene que el ingeniero estructural deberá modelar o tener en cuenta la ausencia de dichas vigas.

8.1 REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS.-

Teniendo en cuenta la recomendación de reforzar algunos cimientos dado el análisis efectuado ante la hipótesis de un sismo 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 $P = 20.0 \text{ ton/m}^2$.
- 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 1 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 1509 ton/m³.

2.0 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:

$$A_a = 0.25 \qquad F_a = 1.30$$

$$A_v = 0.20 \qquad F_v = 2.00$$

Se debe anotar que a la fecha que el municipio del Espinal no cuenta con estudio de Microzonificación Sísmica.

3.0 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