



INTERVENTOR:  
CONSULOBRAS

CONSORCIO AMP - P & D  
ESTUDIOS DE SUELOS



INF-SU\_01-V1  
01-07-2014

## INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS

MOSQUERA - 9512

### 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:  
JULIO 01 DE 2014

REVISIÓN. 00

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
1.1	OBJETIVO	2
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
1.3	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	3
1.4	TOPOGRAFÍA	3
<b>2.0</b>	<b>GEOLOGÍA</b>	<b>3</b>
<b>3.0</b>	<b>INVESTIGACIÓN SUBSOLAR</b>	<b>4</b>
3.1	DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO	7
3.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	11
3.3	NIVEL DE AGUAS	13
<b>4.0</b>	<b>PARAMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO</b>	<b>14</b>
<b>5.0</b>	<b>METODOLOGIAS DE DISEÑO</b>	<b>15</b>
<b>6.0</b>	<b>ANÁLISIS GEOTÉCNICO</b>	<b>15</b>
6.1	ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE	15
6.2	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS	29
<b>7.0</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>31</b>
7.1	REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS	33
<b>8.0</b>	<b>PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO</b>	<b>34</b>
<b>9.0</b>	<b>OBSERVACIONES FINALES</b>	<b>34</b>

<b>Fecha</b>	<b>Versión</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Modificaciones</b>	<b>Motivo</b>
26/Marzo/14	Preliminar	<b>“CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIO SENA MOSQUERA”</b>	-----	-----
27/Junio/14	Definitivo	<b>“CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIO SENA MOSQUERA”</b> 58 estructuras: entre 1 y 2 pisos	-----	-----

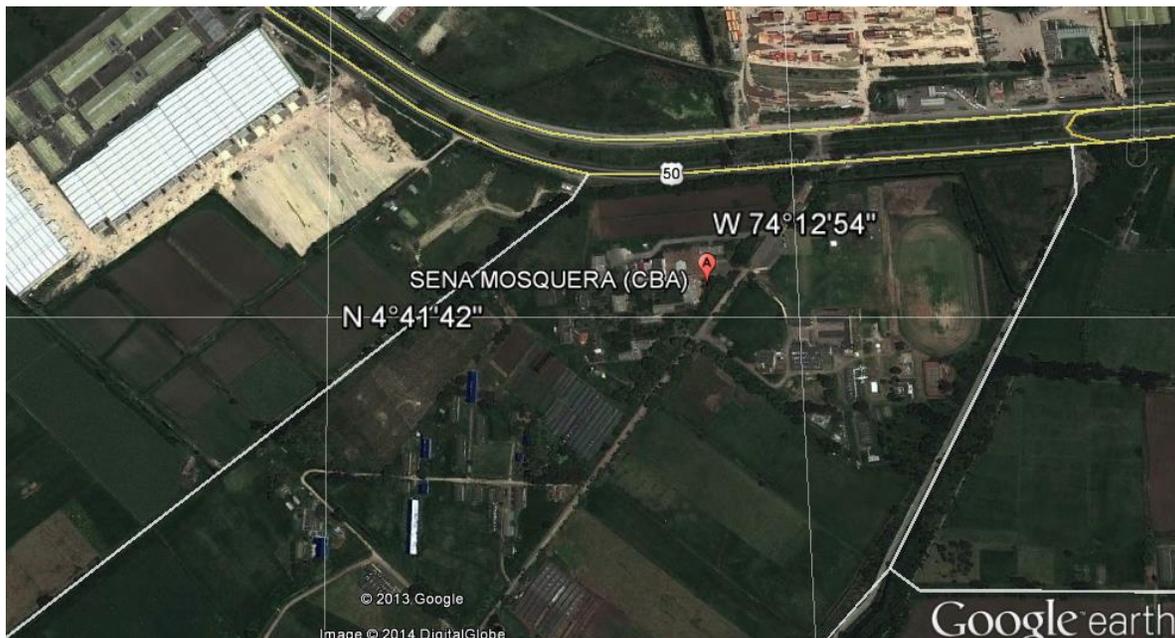
Bogotá, D.C., Junio 27 de 2014  
EYR-S 12999-Definitivo

Doctora  
**GABRIELA MENDEZ**  
Ciudad

Estimada Doctora:

Tenemos el gusto de entregarles el estudio de suelos definitivo para **EL CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIO - SENA – CÓDIGO (9512)** el cual se encuentra ubicado en de Municipio de Mosquera – Departamento de Cundinamarca.

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 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 OBJETIVO**

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 actualmente en la zona de estudio se cuenta con un total de 58 estructuras entre 1 y 2 pisos, una de ellas con sótano (estructura No.5). Dichas estructuras están construidas en muros de carga y/o pórticos de concreto reforzado con luces entre ejes de muros y/o columnas entre 5.0 m y 7.0 m aproximadamente. Las cargas actuales, estimadas por áreas aferentes, son inferiores a 3.0/6.0 ton/ml para cargas distribuidas e inferiores a 30/60 toneladas para cargas puntuales.

### **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.

### **1.4 TOPOGRAFÍA**

El Municipio presenta en general una topografía plana la cual es típica del Municipio en un 70%. Así mismo, teniendo en cuenta la información consignada en los levantamientos de campo, en la zona donde se encuentran ubicadas las estructuras se cuenta con una pendiente plana.

### **2.0 GEOLOGÍA**

El Municipio de Mosquera está compuesto por una zona montañosa con un relieve formado por cerros en el Grupo Guadalupe que está compuesto por depositaciones marinas de 370 m aproximadamente, contiene distintas fases las cuales tienen su propia extensión en el paisaje y una zona marginal – lacustre. Los únicos cortes que se divisan en la zona, se encuentran en áreas marginales, en especial en la región sur y suroccidental.

Específicamente se pueden distinguir depositaciones de limos y arcillas rojas que se encuentran muy extendidas en toda la Sabana. Cubre principalmente el Cretáceo y en su parte baja se encuentran cubiertas por coluviones y piroclásticas. Tiene un aspecto de saprolita y consisten de alteraciones de coluviones y piroclásticas<sup>1</sup>.

### **3.0 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 29 sondeos distribuidos así: 6 de 8.0 m y 23 de 4.0 m de profundidad perforados con un barreno manual. A lo largo de los sondeos se realizó el ensayo de penetración estándar como índice de consistencia de los suelos arcillosos y limosos allí detectados, así mismo se midió la resistencia al corte mediante ensayos de penetrómetro manual.

---

<sup>1</sup> *Geografía física y Medio Ambiente – Generalidades del Municipio*

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, expansión en probeta, consolidación, pesos unitarios y clasificación USCS y AASHTO.

A continuación se ilustra el respectivo plano de localización de cada una de las exploraciones efectuadas en la zona de estudio:



A continuación se ilustran algunas imágenes de los trabajos de campo adelantados en el sector:

	<b>FOTOGRAFÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1		Ejecución de perforaciones
2		Toma de muestras
3		Ejecución de ensayos de campo.

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

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

a) 0.00 – 0.5/1.50 m

Limo orgánico negro con presencia de raíces de consistencia dura. La resistencia al corte tomada con penetrómetro manual arrojó valores de 1.50 y 2.50Kg/cm<sup>2</sup>. Es importante resaltar que este material alcanza su mayor espesor en el sondeo No. 26. N del ensayo de penetración estándar arrojó valores de 5 y 17 golpes/pie. A lo largo de las exploraciones efectuadas aparece una capa vegetal superficialmente. En los sondeos No.8 y 23 no aparece este material, en su lugar es encontrado un relleno de material de construcción. En el sondeo No.9 aparece un relleno en recebo.

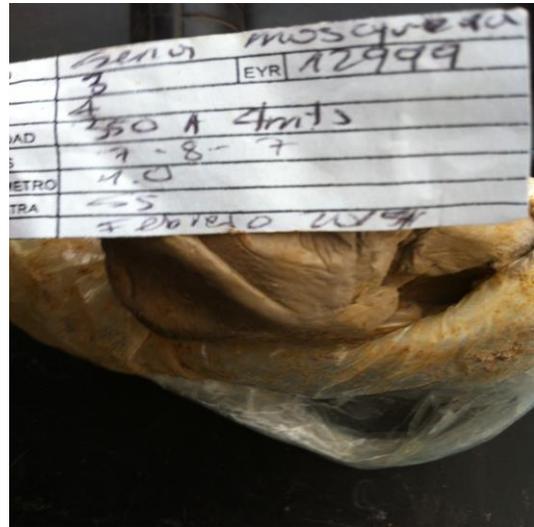


b) 0.50/1.50 – 1.80/3.00 m

Limo arenoso café con presencia de raíces y trazos de óxido de consistencia blanda a muy dura. La resistencia al corte tomado con penetrómetro manual y/o veleta arrojaron valores de 0.40 a 4.50 Kg/cm<sup>2</sup>. N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 3 y 6 golpes/pie.

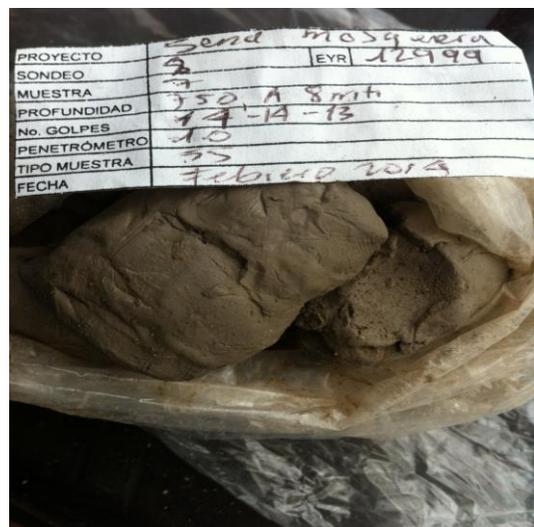
c) 1.80/3.00 – 4.00/7.50 m

Arcilla habana con pintas de óxido y algo de raíces de consistencia blanda a dura. La resistencia al corte tomado con penetrómetro manual y/o veleta arrojaron valores de 0.40 a 1.25 Kg/cm<sup>2</sup>. N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 3 y 15 golpes/pie.

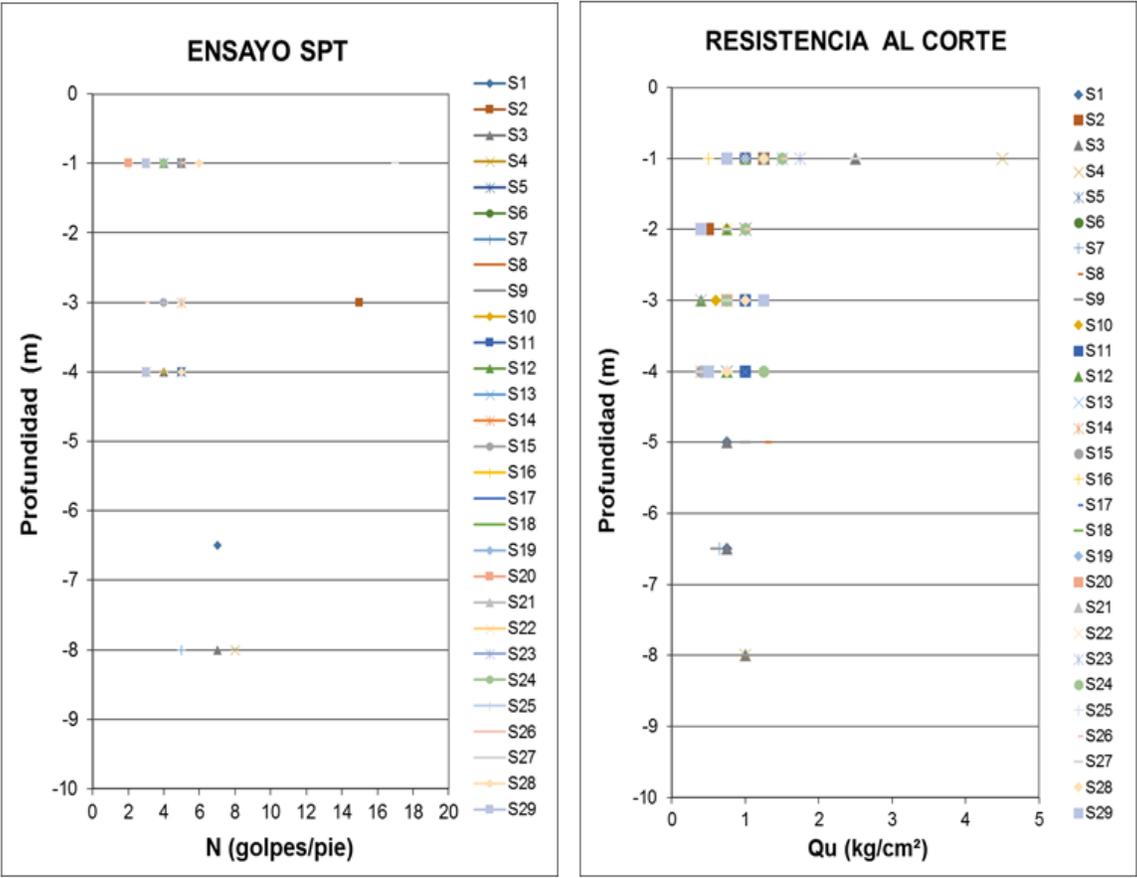


d) 4.00/7.50 – 8.00 m

Limo gris con pintas de óxido algo de arena (Sondeos No.13 y 14) y presencia de gravas (Sondeo No.7), de consistencia blanda a firme. La resistencia al corte tomado con penetrómetro manual y/o veleta arrojaron valores de 0.40 a 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>. N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 5 y 8 golpes/pie.

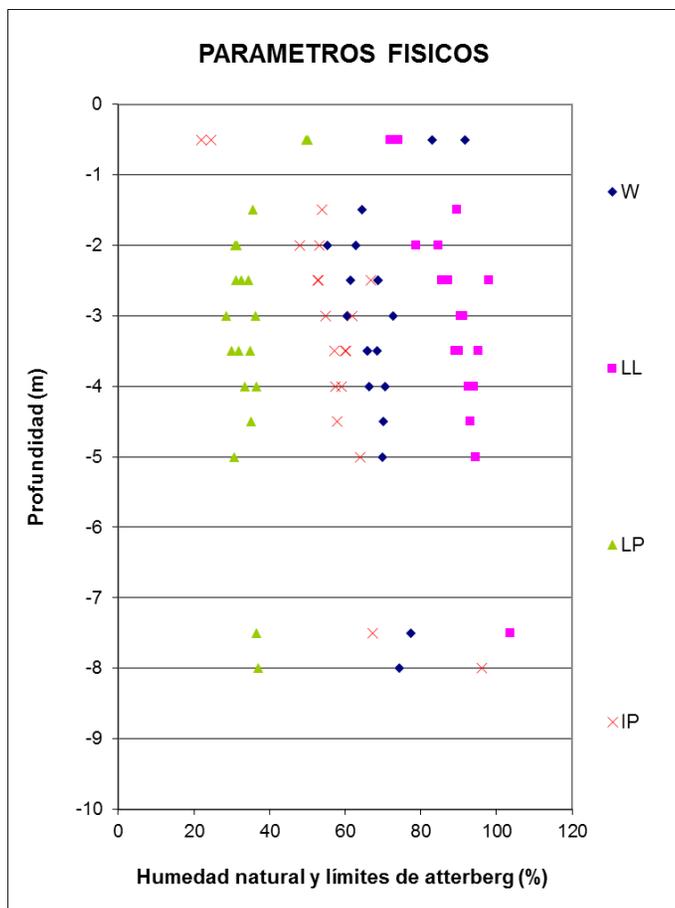


Con base en los ensayos de penetración estándar y resistencia al corte efectuados en campo se realizaron unas gráficas de N y Qu en función de la profundidad para cada uno de los sondeos, como se observa a continuación:

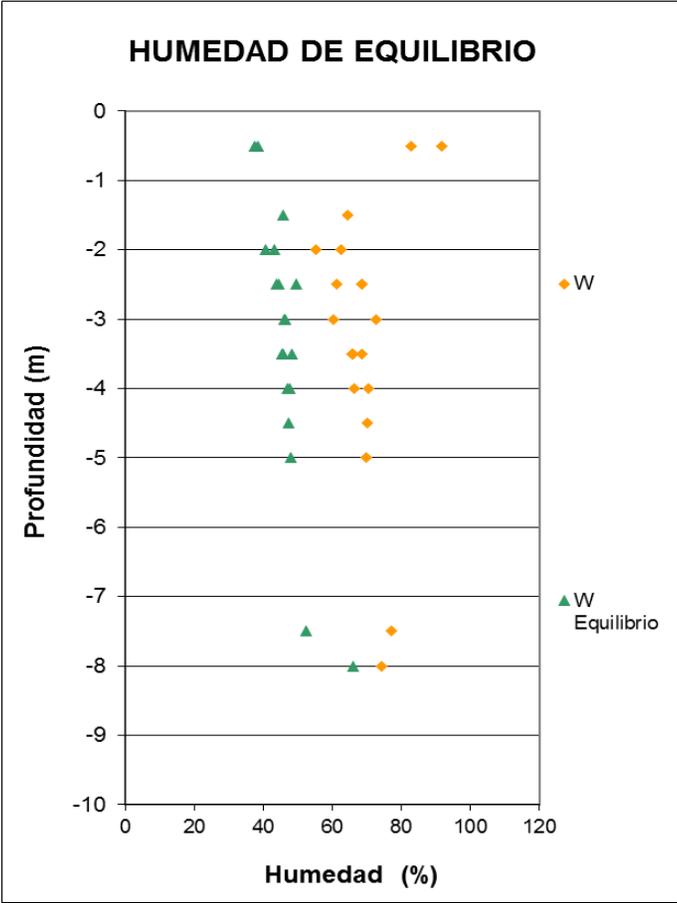


### 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

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 de los suelos como se ilustra a continuación:



Así mismo a partir de lo anterior y a la luz de las metodologías planteadas en las normas NSR-10 se calculó la humedad de equilibrio obteniendo humedades de equilibrio inferiores a la humedad natural, condición que indicaría condiciones no expansivas de los suelos, sin embargo, teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de expansión libre en probeta efectuados a las muestras seleccionadas se cuenta con potenciales expansivos medios (20 a 50%).



Así mismo se revisó la condición de expansión a la luz de la NSR-10, de acuerdo con la tabla H.9.1-1 de dicha norma, obteniendo que, para los límites líquidos e índices de plasticidad obtenidos, el suelo del proyecto presenta un potencial expansivo alto como se muestra a continuación:

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm <sup>2</sup>	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

- **Ensayos de Dispersión**

A continuación se resumen los valores obtenidos del ensayo de hidrómetro corriente con dispersante (ASTM 422) y ensayo de hidrómetro corriente sin dispersante (ASTM 4221), para la identificación real de estratos detectados en la zona de estudio:

Sondeo	Muestra	Profundidad	Hidrómetro corriente con dispersante (ASTM 422)	Hidrómetro corriente sin dispersante (ASTM 4221)
26	3	-2.50 / -3.0	Suelo No Dispersivo	Suelo No Dispersivo

De los ensayos efectuados no se tiene potencial dispersivo del suelo.

### 3.3 NIVEL DE AGUAS

Se detectó agua libre entre 1.50 m y 5.50 m de profundidad. Estos niveles podrán variar de acuerdo al régimen de lluvias de la zona.

#### 4.0 PARAMETROS GEOTÉCNICOS 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)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	N (golpes/pie)	E (t/m <sup>2</sup> )
1	0,0 - 0,50/1,50	1,51	1,67	0,83	5 y 17	1258
2	0,50/1,50 - 1,80/3,0	1,55	1,28	0,64	3 a 6	949
3	1,80/3,0 - 4,50/7,50	1,54	0,72	0,36	3 a 15	670
4	4,0/7,50 - 8,0	1,49	0,89	0,45	5 a 8	803

Se debe anotar que los valores de peso unitario fueron obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio efectuados, los valores de Qu ilustrados en el cuadro corresponden a los promedios obtenidos a partir de los ensayos de penetrómetro de bolsillo efectuados en campo. Finalmente los módulos de elasticidad fue calculado 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:

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.

## 5.0 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.

## 6.0 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

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

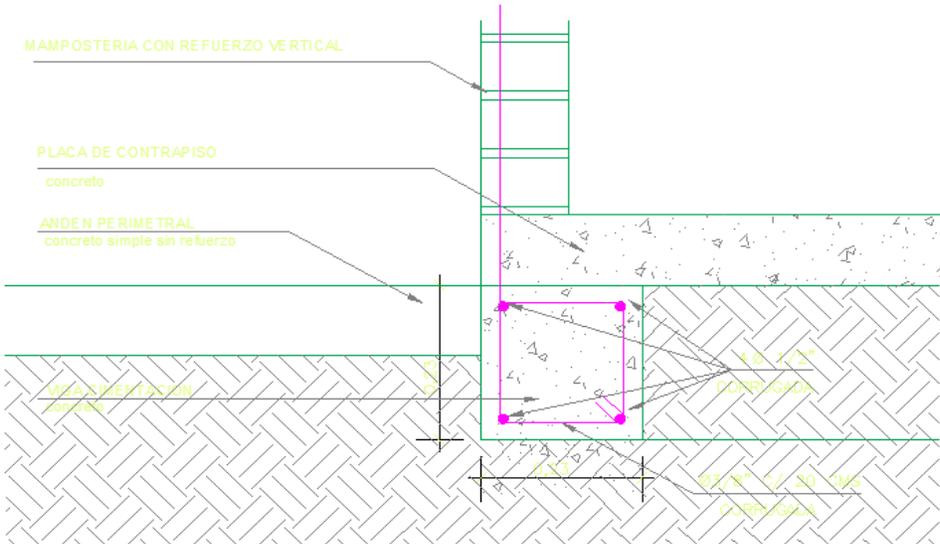
### 6.1 ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE

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, apoyados a profundidades variables de 0.10 a 1.85 m de profundidad bien sea sobre los estratos de limo arenoso café con presencia de raíces y trazos de óxido de consistencia blanda a muy dura. y/o sobre los estratos de arcilla habana

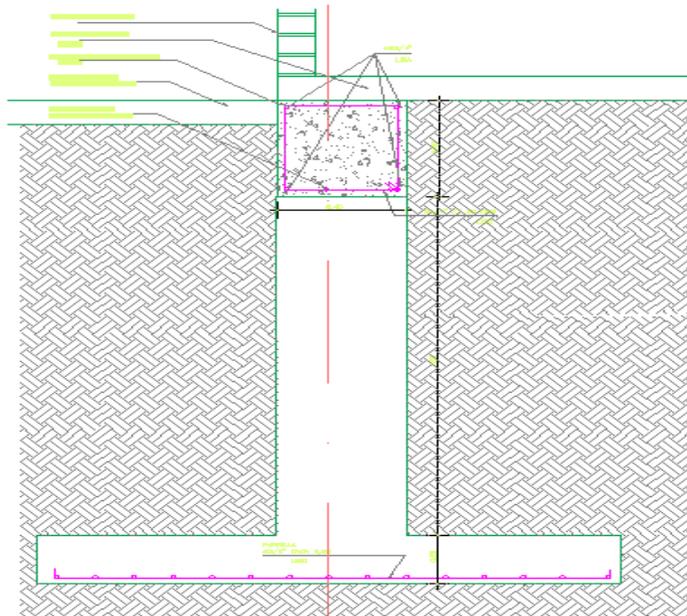
con pintas de óxido y algo de raíces de consistencia blanda a dura. Así mismo algunos de los cimientos se encuentran apoyados directamente sobre ciclópeos. Cabe resaltar que la profundidad de apoyo de los cimientos que hacen parte de la estructura que cuenta con sótano (Estructura No.5) no fue posible determinarla, ya que no se cuenta con dicha información (planos de detalle de cimentación).

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

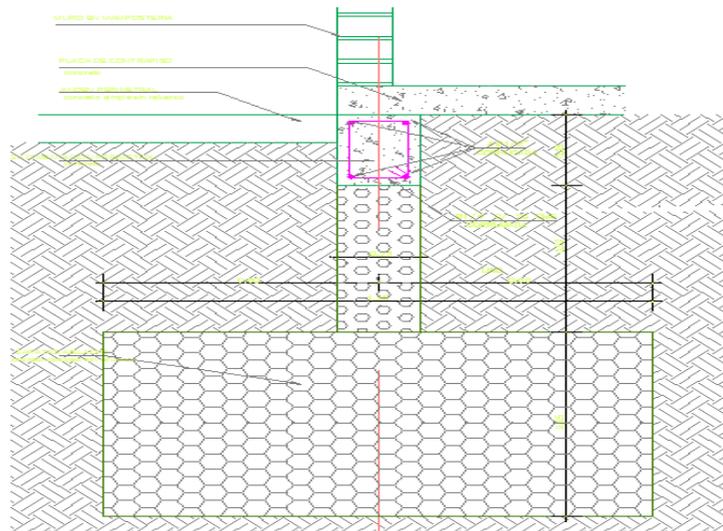
**Detalle cimentación = Cimiento Corrido  
Estructura 2**



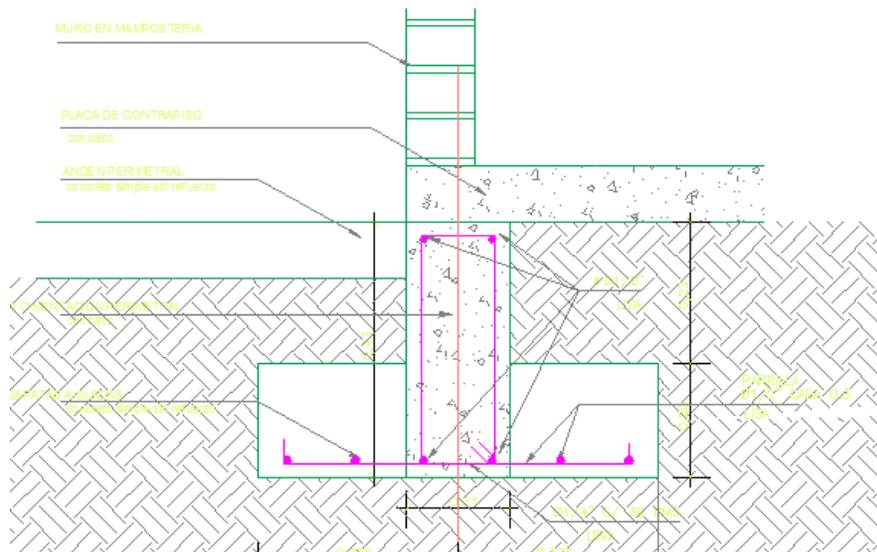
**Detalle cimentación = Cimiento Aislado  
Estructura 6**



**Detalle cimentación = Cimiento Aislado sobre Ciclópeo  
Estructura 23**



### Detalle cimentación = Cimiento Aislado Estructura 35



Estructura	Tipo de Cimentación	Dimensiones a*b (m)	h (m)	Profundidad de Cimentación (m)	Observaciones
1	Cimiento Corrido	0,25	0,3	0,45	Apoyada sobre una zarpa corrida en concreto reforzado de 0,15 cm de espesor - Hay evidencia de vigas de amarre.
2	Cimiento Corrido	0,23	0,23	0,23	Se encuentran en ronda de río. Hay evidencia o potencial de deslizamiento en los terrenos aledaños y en las edificaciones. Hay sumideros de drenaje natural - No hay evidencia de vigas de amarre
3	Cimiento Aislado	1,20*1,20	1,30	1,30	Hay posibilidad de avenidas de agua o flujos de lodo.
4	Cimiento Aislado	1,80*1,80	1,55	1,55	Hay agrietamientos en los andenes
5	Cimiento Aislado	0,65*0,65 a 1,95*1,95	-----	-----	Estructura con sótano – No hay evidencia de vigas de amarre

6	Cimiento Aislado	1,80*1,80	1,85	1,85	Hay agrietamientos en el pavimento
7	Cimiento Aislado	1,20*1,20	1,40	1,40	Presenta asentamientos diferenciales y comportamiento deficiente en la cimentación - las placas de contrapiso no presentan acero de refuerzo
8	Cimiento Aislado	1,80*1,80	1,85	1,85	-----
9	Cimiento Aislado	1,20*1,20	1,80	1,80	-----
10	Cimiento Aislado	1,50*1,50	0,95	0,95	Hay evidencia de vigas de amarre.
11	Cimiento Aislado	1,50*1,50	0,95	0,95	Hay evidencia de vigas de amarre.
12	Cimiento Aislado	1,40*1,40	1,40	1,40	Las placas de contrapiso no presentan refuerzo
13	Cimiento Aislado	1,0*1,0	0,95	0,95	Apoyada sobre 50 cm de ciclópeo - Hay evidencia de vigas de amarre.
14	Losa de Cimentación	5,20*3,90	0,25	0,25	No hay evidencia de vigas de amarre
15	Losa de Cimentación	25,02*22,15	0,10	0,10	Hay evidencia de vigas de amarre.
16	Losa de Cimentación	3,60*6,90	0,25	0,25	-----
17	Cimiento Corrido	-----	-----	-----	Hay sumideros de drenaje natural - el terreno es inundable. Hay evidencia de vigas de amarre.
18	Cimiento Aislado	0,72*0,72	0,25	0,25	Hay evidencia de vigas de amarre.
19	Cimiento Corrido	-----	-----	-----	-----
20	Losa de Cimentación	4,06*7,50	-----	-----	Hay agrietamientos en los pavimentos, andenes y en el suelo - No hay evidencia de vigas de amarre y no fue evidenciado refuerzo en la placa de cimentación

21	Cimiento Corrido	0,25	0,25	0,10	Hay agrietamientos en los andenes y evidencia de vigas de amarre.
23	Cimiento Aislado	1,20*1,20	1,42	1,42	Apoyada sobre 0,65 m de ciclópeo - Hay evidencia de vigas de amarre.
24	Cimiento Corrido	0,25	0,25	1,05	Apoyada sobre 0,80 m de ciclópeo - Hay evidencia de vigas de amarre.
25	-----	-----	-----	-----	Imposible determinar tipo de cimentación
26	Cimiento Aislado	0,68*0,68	0,45	0,45	Hay evidencia de vigas de amarre.
27	Cimiento Corrido	0,21	0,45	0,45	Hay evidencia de vigas de amarre.
28	Losa de Cimentación	-----	-----	-----	No es posible determinar detalle de la cimentación con la información suministrada - Hay asentamientos diferenciales en la estructura - no hay evidencia de vigas de amarre
29	Cimiento Corrido	0,25	0,40	0,40	Hay evidencia de vigas de amarre
30	Cimiento Corrido	0,21	0,42	0,42	-----
31	Cimiento Aislado	1,20*1,20	1,60	1,60	Hay evidencia de vigas de amarre
32	Cimiento Aislado	0,70*0,20	0,45	0,45	Hay abombamiento de las placas de contrapiso, evidencia de asentamientos diferenciales en la estructura y el comportamiento de la cimentación es deficiente - Comportamiento deficiente en la cimentación - Placa desnivelada y agrietamientos de muros

33	Cimiento Corrido	0,7	0,3	0,3	No hay detalle de la cimentación - Hay muros estructurales o no apoyados sobre el terreno - No hay evidencia de vigas de amarre
34	Cimiento Corrido	0,7	0,45	0,45	Hay evidencia de vigas de amarre.
35	Cimiento Aislado	0,75*0,75	0,45	0,45	Hay evidencia de vigas de amarre.
36	-----	-----	-----	-----	No hay información de la cimentación
37	Cimiento Aislado	0,68*0,68	0,40	0,40	-----
38	Cimiento Aislado	0,80*0,80	0,40	0,40	Hay evidencia de vigas de amarre.
40	Cimiento Aislado	0,80*0,80	0,45	0,45	Hay evidencia de vigas de amarre.
41	Cimiento Aislado	0,70*0,70	0,60	0,60	Hay asentamientos en los muros no estructurales.
42	Cimiento Aislado	1,30*1,30	0,40	0,40	Hay evidencia de vigas de amarre.
43	Cimiento Aislado	0,60*0,60	0,45	0,45	-----
45	Cimiento Corrido	0,2	0,50	0,50	Hay evidencia de vigas de amarre.
46	Cimiento Corrido	0,21	0,85	0,85	Apoyada sobre 0,60 m de ciclópeo
47	Cimiento Corrido	0,15	0,47	0,47	Apoyada sobre 0,22 m de ciclópeo - Hay evidencia de vigas de amarre.
48	Cimiento Corrido	0,21	0,37	0,37	Hay agrietamientos en el suelo. Hay evidencia de vigas de amarre.
51	Cimiento Corrido	0,25	0,90	0,90	Apoyada sobre 0,60 m de ciclópeo - Hay evidencia de vigas de amarre.
52	Losa de Cimentación	8,36*5,92	0,34	0,34	Apoyada sobre 0,17 m de ciclópeo

53	Cimiento Corrido	0,21	0,47	0,47	Apoyada sobre 0,22 m de ciclópeo
54	Cimiento Aislado	0,60*0,60	0,40	0,40	Hay muros estructurales o no apoyados sobre el terreno.
55	Losa de Cimentación	-----	-----	-----	No se cuenta con detalle de la cimentación
56	Losa de Cimentación	-----	-----	-----	No se cuenta con detalle de la cimentación
57	-----	-----	-----	-----	No hay manera de determinar el tipo de cimentación - Hay agrietamientos en los pavimentos.
58	Losa de Cimentación	-----	-----	-----	No se cuenta con detalle de la cimentación
59	Cimiento Aislado	0,75*0,75	0,18	0,18	-----
60	Cimiento Aislado	0,90*0,90	0,20	0,20	-----
61	Cimiento Corrido	-----	-----	-----	Hay evidencia de comportamiento deficiente de la cimentación - No se cuenta con detalle de la cimentación
64	Cimiento Corrido	-----	-----	-----	Hay evidencia de vigas de amarre - No se cuenta con detalle de la cimentación
68	Losa de Cimentación	-----	-----	-----	No hay evidencia de vigas de amarre - No se cuenta con detalle de la cimentación

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 resume en los siguientes cuadros para cimientos aislados, corridos y losas de cimentación según corresponda:

<b>CIMIENTOS AISLADOS</b>			
<b>Tipo de Cimiento</b>	<b>Estructuras</b>	<b>Dimensiones a*b (m)</b>	<b>Área (m2)</b>
<b>1</b>	3,7,9 y 31	1,20*1,20	1,44
<b>2</b>	18	0,72*0,72	0,52
<b>3</b>	48 y 40	0,80*0,80	0,64
<b>4</b>	41	0,70*0,70	0,49

<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>		
<b>Tipo de Cimiento</b>	<b>Estructuras</b>	<b>Dimensiones b (m)</b>
<b>5</b>	1, 21 y 29	0,25
<b>6</b>	33 y 34	0,70
<b>7</b>	45	0,20

<b>CIMIENTOS CORRIDOS - SOBRE CICLOPEO</b>		
<b>Tipo de Cimiento</b>	<b>Estructuras</b>	<b>Dimensiones b (m)</b>
<b>8</b>	24 y 51	0,25

<b>CIMIENTOS SUPERFICIALES (LOSAS)</b>				
<b>Tipo de Cimiento</b>	<b>Estructuras</b>	<b>Dimensiones a*b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>9</b>	14	5,20*3,90	0,25	20,28
<b>10</b>	16	3,60*6,90	0,25	24,84
<b>11</b>	52	8,36*5,92	0,34	44,48

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:

- Cimientos aislados: Presión de contacto estimada entre 3.0 y 10.0 Ton/m<sup>2</sup> aproximadamente.
- Cimientos corridos: Presión de contacto estimada entre 4.0 y 23.0 Ton/m<sup>2</sup> aproximadamente.
- Cimientos corridos sobre ciclópeos: Presión de contacto estimada de 16.0 Ton/m<sup>2</sup> aproximadamente.
- Cimiento superficial – Losa de cimentación: Presión de contacto estimada de 2.0 Ton/m<sup>2</sup> aproximadamente.

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:

- Cimientos aislados: Capacidad de portante última entre 44.75 y 52.76 Ton/m<sup>2</sup>
- Cimientos corridos: Capacidad de portante última entre 38.53 y 65.79 Ton/m<sup>2</sup>
- Cimientos corridos sobre ciclópeo: Capacidad de portante última de 59.21 Ton/m<sup>2</sup>
- Cimiento superficial – Capacidad de portante última entre 37.24 y 38.28 Ton/m<sup>2</sup>

Anexo al presente informe se incluyen las memorias de cálculo.

<b>CIMIENTOS AISLADOS</b>				
Tipo de Cimiento	Área (m <sup>2</sup> )	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m <sup>2</sup> )	Capacidad portante última (Ton/m <sup>2</sup> )	Factor de seguridad Condición actual
<b>1</b>	1,44	3	45,19	14,12
<b>2</b>	0,52	7	44,75	6,21
<b>3</b>	0,64	3	48,13	15,56
<b>4</b>	0,49	10	52,76	5,31

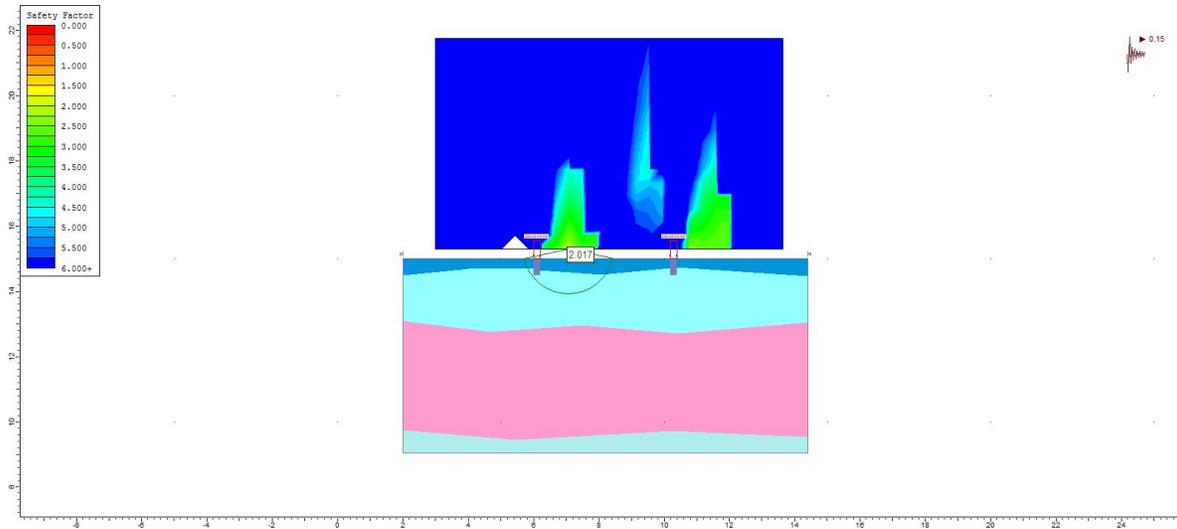
<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>				
Tipo de Cimiento	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
<b>5</b>	0,25	8	53,94	6,92
<b>6</b>	0,70	4	38,53	8,81
<b>7</b>	0,20	23	65,79	2,85

<b>CIMIENTOS CORRIDOS - SOBRE CICLOPEO</b>				
Tipo de Cimiento	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
<b>8</b>	0,25	16	59,21	3,63

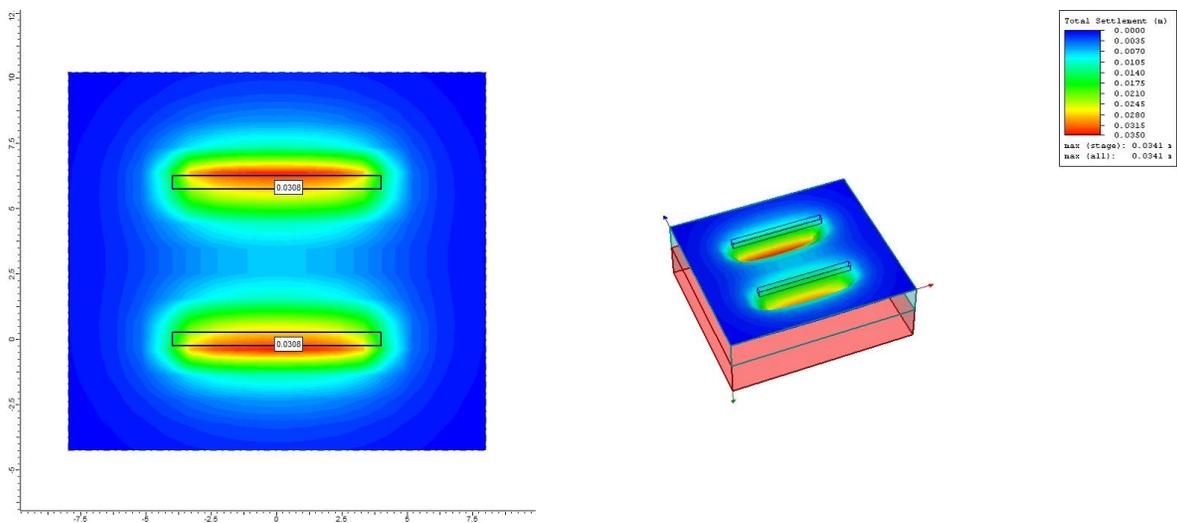
Tipo de Cimiento	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
<b>9</b>	2	38,07	19,04
<b>10</b>	2	37,24	18,62
<b>11</b>	2	38,28	19,14

A partir de lo anterior se tienen factores de seguridad aceptables para la condición actual. Para el cimiento tipo 7, se presentan factores de seguridad bajos, pero aun aceptables por esta consultoría. Adicionalmente y de acuerdo con la información consignada en los levantamientos de campo en varias de las estructuras que componen en Centro de Biotecnología Agropecuario, se evidencian abombamientos en las placas de contrapiso, asentamientos diferenciales, agrietamientos en andenes y pavimento, no se cuenta con vigas de amarre, especialmente en las estructuras No. 4, 5, 6, 12, 14, 17, 20, 28, 33, 41, 48, 57 y 68. Así mismo se tiene que las estructuras 7, 32 y 61 evidencian comportamientos deficientes en la cimentación, muchas de las placas de contrapiso no presentan acero de refuerzo y desniveladas (estructura No.32), los cuales podrían atribuirse directamente a la escasa sección de las vigas de cimentación, así como a los procesos de saturación en los materiales que generan un potencial expansivo de los suelos en la zona de estudio y podrían explicar los procesos de deformación, agrietamientos y abombamientos presentados en las estructuras, por lo que haría necesario realizar trabajos de reforzamiento en la cimentación las mismas de acuerdo con las consideraciones que se establecen más adelante.

A continuación se ilustra el análisis de capacidad portante en la condición sismo para el cimiento corrido **tipo 7**, obteniendo que el actual factor de seguridad de 2.83 en condición estática alcanzaría un valor de 2.01 ante la eventualidad de sismo de  $A_a=0.15$  g (NSR-10) los cuales se consideran dentro de los rangos permitidos.



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 3 cm como se ilustra a continuación:



Cabe resaltar que los anteriores asentamientos no reflejan los diferenciales observados en algunas de las estructuras cuyas causas podrían estar asociadas más a deficiencias constructivas y al potencial expansivo del suelo.

## 6.2 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:

<b>CIMIENTOS AISLADOS</b>			
Tipo de Cimiento	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
<b>1</b>	4	45,19	10,86
<b>2</b>	9	44,75	4,78
<b>3</b>	4	48,13	11,97
<b>4</b>	13	52,76	4,08

<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>			
Tipo de Cimiento	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
<b>5</b>	10	53,94	5,32
<b>6</b>	6	38,53	6,78
<b>7</b>	30	65,79	2,20

<b>CIMIENTOS CORRIDOS - SOBRE CICLOPEO</b>			
Tipo de Cimiento	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
<b>8</b>	21	59,21	2,79

Tipo de Cimiento	Capacidad portante última (Ton/m2)	Presión de contacto - Condición de carga actual + hipótesis de sismo (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
<b>9</b>	38,07	7	19,04
<b>10</b>	37,24	11	18,62
<b>11</b>	38,28	4	19,14

Con base en lo anterior se tienen que en general los cimientos presentan factores de seguridad aceptables para la condición actual e incluso ante la hipótesis de sismo. Solo se presentan factores de seguridad en el rango bajo para los cimientos tipo 7 y 8 respectivamente (2.20 y 2.79), los cuales esta consultoría considera aceptables. Sin embargo, teniendo en cuenta el estado actual de algunas de las estructuras las estructuras, la expansión de suelos aparentemente no tenida en cuenta en el diseño y construcción que llevaron a un comportamiento inadecuado de las edificaciones se hace necesario realizar trabajos de reforzamiento en la cimentación de algunas de las estructuras que presentan este tipo de inconvenientes de acuerdo con las consideraciones que se establecen más adelante.

## **7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

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

- De la información suministrada se tiene que las estructuras existentes se encuentran cimentadas mediante una serie de cimientos superficiales (corridos, aislados y losas de cimentación) en concreto reforzado, los cuales se consideran adecuadas para el nivel de cargas de las estructuras existentes.
- Los cimientos se encuentran apoyados a profundidades variables entre 0.10 y 1.85 m de profundidad bien sea sobre los estratos de limo arenoso café con presencia de raíces y trazos de óxido de consistencia blanda a muy dura. y/o sobre los estratos de arcilla habana con pintas de óxido y algo de raíces de consistencia blanda a dura. Así mismo algunos cimientos se apoyan directamente sobre bases de ciclópeo. Cabe resaltar que la profundidad así como el tipo de cimentación de algunas estructuras no se identificó teniendo en cuenta la falta de información suministrada.

- De los apiques efectuados se tiene que los cimientos actualmente se encuentran trabajando a presiones de contacto variables entre 3.0 y 23.0 Ton/m<sup>2</sup> con factores de seguridad en general aceptables por esta consultoría.
- De la revisión de la condición de los cimientos teniendo en cuenta las cargas actuales y ante hipótesis de sismo se tiene que en general los cimientos presentan factores de seguridad aceptables para la condición actual y ante un eventual sismo. Sin embargo, de acuerdo con la información suministrada en el levantamiento de campo, en general algunas de las estructuras presentan abombamientos en las placas de contrapiso, asentamientos diferenciales y comportamientos deficientes en la cimentación (estructuras 7, 32 y 61) los cuales podrían atribuirse directamente a la escasa sección de las vigas de cimentación, así como a los procesos de saturación en los materiales que generan un alto potencial expansivo de los suelos en la zona de estudio y podrían explicar los procesos de deformación y fisuramientos presentados en las estructuras por lo que se hace necesario su reforzamiento.
- Finalmente y teniendo en cuenta el levantamiento de campo suministrado, el cual revela estado general de las estructuras, se tiene que muchas de las estructuras deberán ser reforzadas y revisadas (condición estructural). Aunque desde el punto de vista geotécnico muchas de las mismas se encuentran en condiciones de trabajo aceptables. En el proceso descrito se recomienda que se mejoren los andenes perimetrales de manera tal que se

evite el acceso de agua a las fundaciones y propicien procesos de expansión de las arcillas

## **7.1 REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS**

Teniendo en cuenta la recomendación de reforzar los cimientos dados 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 mínima de  $P = 13.0 \text{ ton/m}^2$ .
- 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 3 cm a desarrollarse durante la transferencia de cargas.
- d) Las placas de contrapiso se proyectarán aéreas fundidas sobre casetones y apoyadas sobre las vigas de cimentación. Las losas se proyectarán en el sistema vigueta plaqueta o en todo caso un sistema que permita su funcionamiento aéreo apoyado sobre las vigas de fundación.

- e) Teniendo en cuenta el potencial de expansión de los suelos, será necesario proyectar alrededor de las estructuras en la medida de lo posible andenes perimetrales de 1.20 m de ancho para evitar el acceso de las aguas lluvias a los suelos de fundación.

## **8.0 PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO**

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

$$A_a = 0.15 \qquad F_a = 2.10$$

$$A_v = 0.20 \qquad F_v = 3.20$$

## **9.0 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