



INTERVENTOR:  
CONSULOBRAS

CONSORCIO AMP - P & D  
ESTUDIOS DE SUELOS



INF-SU\_01-V1  
09-06-2014

## INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS

PASTO - 9536

### 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

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCION.-</b>	<b>3</b>
1.1	OBJETO-	3
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.-	3
1.3	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	4
<b>2.0</b>	<b>TOPOGRAFÍA.-</b>	<b>4</b>
<b>3.0</b>	<b>GEOLOGÍA.-</b>	<b>5</b>
<b>4.0</b>	<b>INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-</b>	<b>5</b>
4.1	DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-	7
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.-	10
4.2	NIVEL DE AGUAS.-	11
<b>5.0</b>	<b>PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-</b>	<b>11</b>
<b>6.0</b>	<b>METODOLOGIAS DE DISEÑO.-</b>	<b>12</b>
<b>7.0</b>	<b>ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-</b>	<b>13</b>
7.1	ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-	13
7.2	VALIDACIÓN DE LA CIMENTACION EXISTENTE	20
7.3	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-	23
<b>8.0</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-</b>	<b>24</b>
8.1	REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS.-	25
<b>9.0</b>	<b>PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO.-</b>	<b>26</b>
<b>10.0</b>	<b>OBSERVACIONES FINALES.-</b>	<b>27</b>

**ANEXOS**

**ANEXO 1    SONDEOS**

**ANEXO 2    ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO 3    CALCULOS**

<b>Fecha</b>	<b>Versión</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Modificaciones</b>	<b>Motivo</b>
28-05-14	1	39 Estructuras de 1 piso	---	---



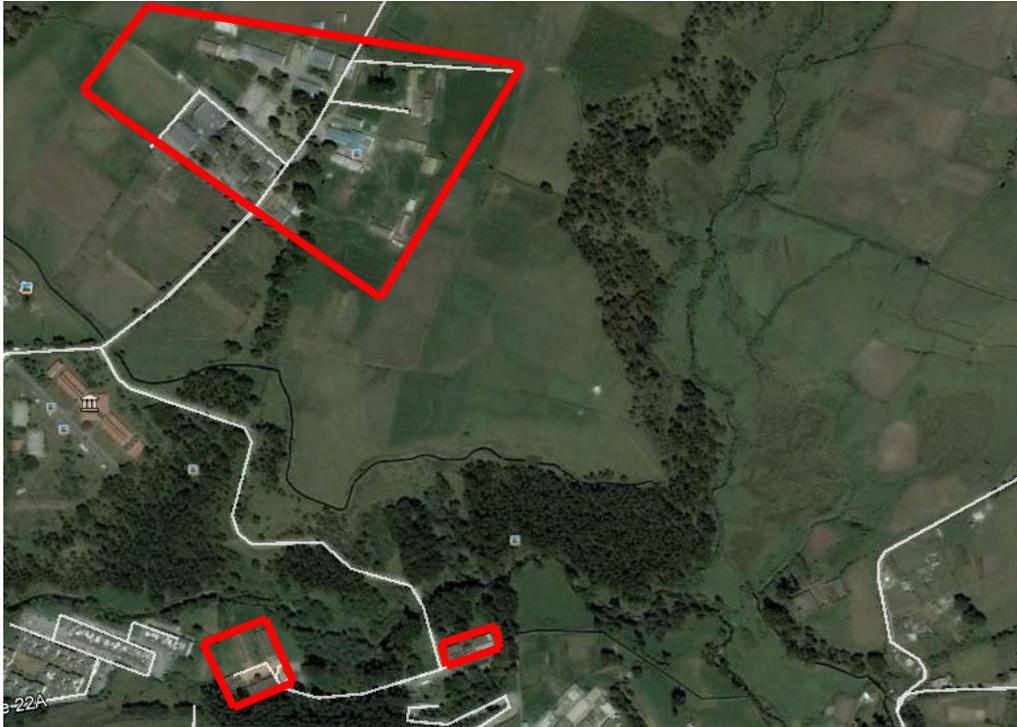
## **1.0 INTRODUCCION.-**

### **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 39 estructuras de 1 piso. 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 6.0 ton/ml para cargas distribuidas e inferiores a 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.-**

El predio donde se encuentran implantadas las estructuras existentes presenta una topografía con pendientes que oscilan entre 0% y 9.76%, donde las terrazas de dichas estructuras tienen diferencias de alturas inferiores a 1.0m.

### **3.0 GEOLOGÍA.-**

La geología regional ha tenido su origen por: la actividad volcánica del fondo marino y el ascenso de lavas básicas en el sector suroriental y las emanaciones de lavas andesíticas y dacíticas provenientes de los volcanes inactivos Morazurco y Bordoncillo y el volcán activo Galeras.

Los productos litológicos han sido rocas ígneas volcánicas piroclásticas superpuestas sobre lavas andesíticas y dacíticas como tobas y cenizas volcánicas, las cuales se depositaron hacia la zona del casco urbano de Pasto y sus alrededores suavizando la topografía.

Hacia las márgenes del río Pasto se han depositado rocas sedimentarias del Cuaternario, conformando terrazas donde se almacena agua subterránea como se observa en el sector de La Laguna, al oriente de Ciudad de Pasto<sup>1</sup>.

### **4.0 INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-**

Cabe anotar que el número de perforaciones 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 presente proyecto corresponde a categoría baja.

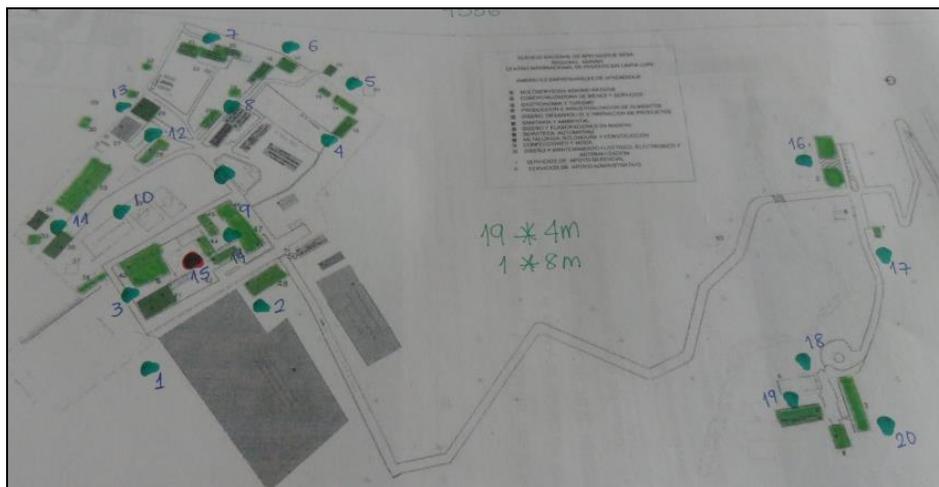
De acuerdo con lo anterior se efectuaron 20 sondeos distribuidos así: 1 de 8.0m de profundidad y 19 de 4.0m de profundidad perforados con equipo de percusión y lavado. A lo largo de los sondeos se realizó el ensayo de penetración estándar como índice de la consistencia de los suelos limosos y arcillosos allí detectados. Finalmente se tomó un número suficiente de muestras alteradas e inalteradas para

---

<sup>1</sup> Tomado del Plan de Manejo de la Microcuenca Cujacal Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. Pasto, Marzo de 2011.

inspección visual y posterior envío al laboratorio para ensayos de compresión confinada límites de Atterberg, humedad natural, pesos unitarios, granulometría y clasificación USCS y AASHTO.

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



Así mismo a continuación se ilustran algunas fotografías de los trabajos de campo adelantados:

FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="354 1728 375 1755">1</p> 	<p data-bbox="1060 1703 1230 1766">Ejecución de perforación</p>

2		Ensayo penetración estándar
3		Muestra alterada

#### 4.1 DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-

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

a) 0.0 – 0.50/0.80 m.

Capa vegetal y limo orgánico arcilloso carmelito oscuro de consistencia medio firme a muy dura. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 4 y 39 golpes/pie.



b) 0.50/0.80 – 1.00/2.00 m.

Limo arenoso algo orgánico carmelito y/o habano de consistencia medio firme a muy dura, con algunas raíces y vetas de color gris y amarillo. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 6 y 26 golpes/pie.



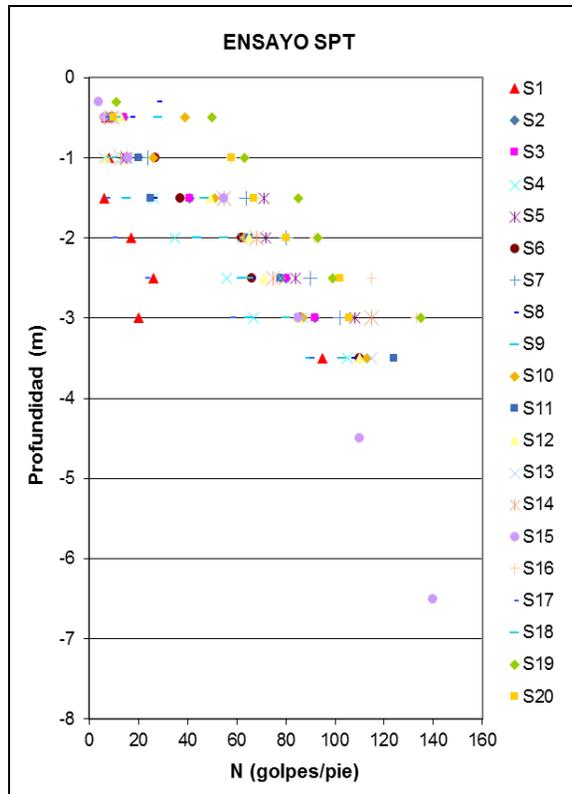
c) 1.00/2.00 – 8.00 m.

Arcilla arenosa habana y/o carmelita de consistencia dura a muy dura, con vetas de color amarillo y gris y con presencia de gravas en

algunos sectores. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 17 y 140 golpes/pie, presentándose rechazo en todas las perforaciones a la profundidad explorada con valores de N hasta de 80 golpes para 1". Así mismo se tiene que en el sondeo No. 16 a 2.50m de profundidad se encontró un estrato rocoso.

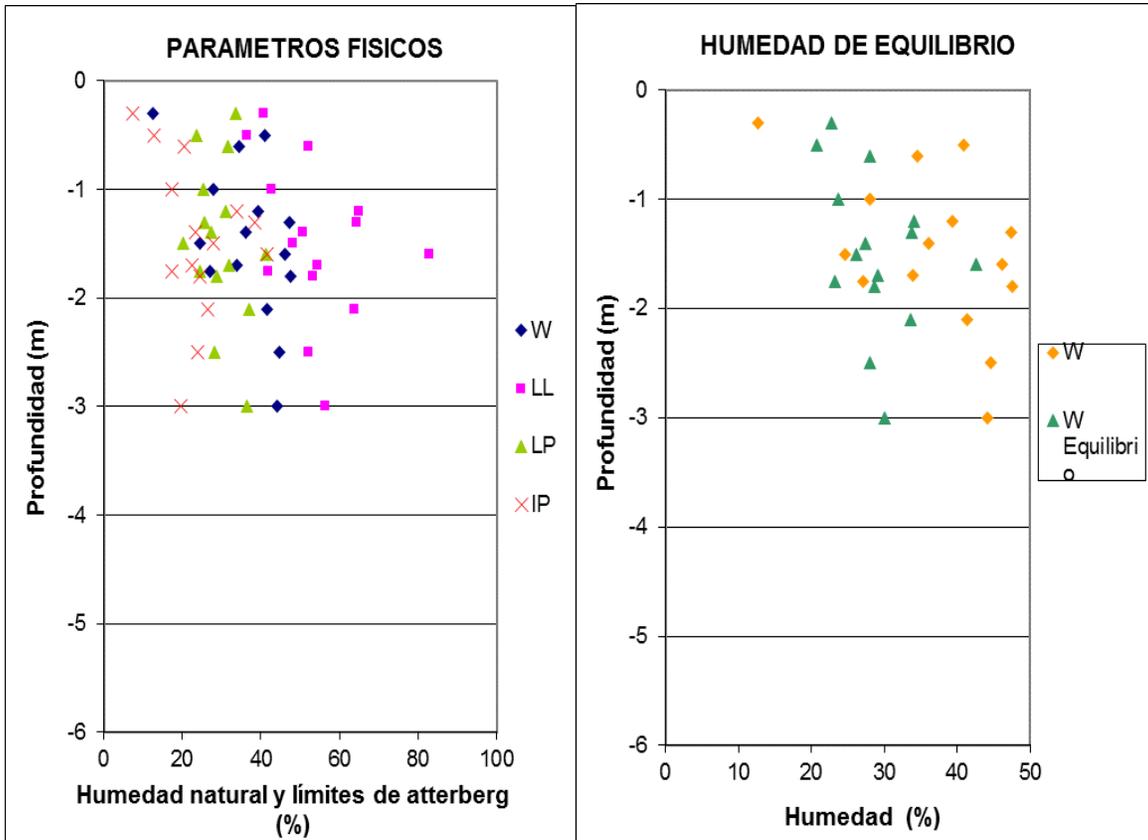


Con base en los ensayos de penetración estándar efectuados en campo se realizó una gráfica de N en función de la profundidad, notando un aumento en la consistencia de los suelos con la profundidad como se ilustra a continuación:



## 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 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, a excepción de un punto superficial, condición que indica condiciones no expansivas de los suelos como se ilustra a continuación:



#### 4.2 NIVEL DE AGUAS.-

No se detectó agua libre a las profundidades exploradas.

#### 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)	$\gamma$ (Ton/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	0.00 – 0.50/0.80	1.40	1.00	0.50	4 a 39	620
2	0.50/0.80 – 1.00/2.00	1.70	1.80	0.90	6 a 28	855
3	1.00/2.00 – 8.00	1.76	4.50	2.25	20 a 140	2797

- 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 se obtuvieron a partir de correlaciones con el ensayo SPT.
- 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:

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.-**

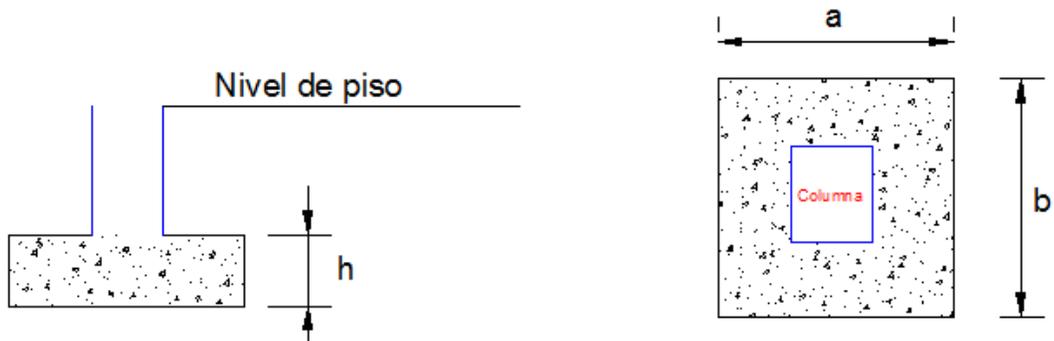
A continuación se efectúa un diagnóstico del comportamiento geotécnico de la cimentación de las estructuras existentes, revisando los parámetros de trabajo actual.

### **7.1 ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-**

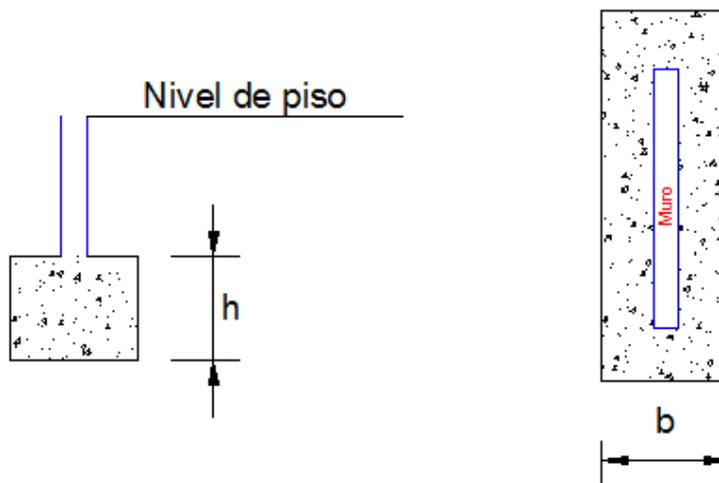
De acuerdo con los planos de cimentación y levantamientos de campo suministrados a esta consultoría se tiene que las estructuras existentes se encuentran cimentadas mediante una serie de cimientos superficiales en concreto reforzado y/o en concreto ciclópeo, apoyados entre 0.40 y 2.60m de profundidad o bien sobre el limo arenoso algo orgánico carmelito y/o habano de consistencia medio firme a muy dura o bien sobre la arcilla arenosa habana y/o carmelita de consistencia dura a muy 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)	OBSERVACIONES
1	Aislado	1.20 x 1.20	0.30	1.45	
2	Aislado	1.20 x 1.20	0.30	1.45	
3	Aislado	1.0 x 1.0	0.35	2.00	
4	Aislado	1.0 x 1.0	0.35	1.95	
5	Aislado	1.0 x 1.0	0.35	2.00	
7	Aislado	0.80 x 0.80	0.25	0.50	

<b>9</b>	Aislado	0.90 x 0.90	0.30	0.85	
<b>10</b>	Corrido	0.50	1.00	1.25	Se observan grietas en los suelos y pavimentos
<b>13</b>	Aislado	0.80 x 0.80	0.40	1.00	Se observan grietas en los suelos y pavimentos
<b>14</b>	Aislado	0.70 x 0.70	0.30	0.70	Se observan grietas en los suelos y pavimentos
<b>15</b>	Corrido	0.25	0.25	1.00	
<b>16</b>	Aislado	0.80 x 0.80	0.30	0.85	
<b>17</b>	Corrido	0.33	0.30	0.80	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>18</b>	Aislado	1.30 x 1.30	0.30	1.00	
<b>19</b>	Aislado	1.30 x 1.30	0.30	1.25	
<b>19B</b>	Corrido	0.30	0.40	0.55	
<b>21</b>	Aislado	1.10 x 1.10	0.30	1.20	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>22</b>	Corrido	0.40	0.60	0.60	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>23</b>	Aislado	0.60 x 0.60	0.50	0.70	
<b>24</b>	Aislado	1.0 x 1.0	0.40	1.00	
<b>26</b>	Corrido	0.70	1.40	1.40	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>27</b>	Aislado	1.20 x 1.20	0.40	0.80	
<b>28</b>	Aislado	1.0 x 1.0	0.40	1.00	
<b>30</b>	Corrido	0.40	0.60	1.30	
<b>31</b>	Aislado	0.80 x 0.80	0.40	0.80	
<b>32</b>	Aislado	0.80 x 0.80	0.40	0.40	
<b>33</b>	Aislado	0.90 x 0.90	0.30	0.40	
<b>34</b>	Aislado	1.0 x 1.0	0.40	0.90	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>35</b>	Aislado	0.90 x 0.90	0.30	1.20	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>36</b>	Aislado	1.0 x 1.0	0.60	1.10	No se observa la presencia de vigas de amarre
		1.25 x 1.25	0.35	2.00	
<b>38</b>	Aislado	0.60 x 0.60	0.30	0.80	No se observa la presencia de vigas de amarre. Mal

					comportamiento en la cimentación
<b>40</b>	Aislado	1.20 x 1.20	0.35	1.20	
<b>41</b>	Aislado	1.0 x 1.0	0.25	1.80	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>41A</b>	Aislado	0.80 x 0.80	0.20	0.55	
<b>43</b>	Aislado	0.80 x 0.80	1.20	1.90	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>44</b>	Aislado	1.0 x 1.0	0.80	2.60	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>45</b>	Aislado	1.0 x 1.0	1.20	1.35	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>46</b>	Corrido	0.50	1.20	1.30	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>47</b>	Aislado	0.80 x 0.80	0.80	1.60	No se observa la presencia de vigas de amarre
<b>48</b>	Corrido	0.30	0.40	0.65	
<b>52</b>	Corrido	0.30	0.50	0.70	

De acuerdo con lo anterior y para efectos de análisis se han definido diferentes tipos de zapatas de acuerdo con sus características geométricas, tal como se ilustra en los siguientes cuadros para cimientos aislados y corridos según corresponda:

<b>CIMENTOS AISLADOS</b>			
<b>Zapatas tipo</b>	<b>a x b (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Estructuras</b>
1	0,6 x 0,6	0,36	23-38
2	0,7 x 0,7	0,49	14
3	0,8 x 0,8	0,64	7-13-16-31-32-41A-43-47
4	0,9 x 0,9	0,81	9-33-35
5	1,0 x 1,0	1,00	3-4-5-24-28-34-36-41-44-45
6	1,1 x 1,1	1,21	21
7	1,2 x 1,2	1,44	1-2-27-40

8	1,25 x 1,25	1,56	36
9	1,3 x 1,3	1,69	18-19

<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>		
<b>Zapatas tipo</b>	<b>b (m)</b>	<b>Estructuras</b>
10	0,25	15
11	0,3	19B-48-52
12	0,33	17
13	0,4	22-30
14	0,5	10-46
15	0,7	26

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 5.10 y 21.10 Ton/m<sup>2</sup>. Los cimientos corridos se encuentran trabajando a una presión de contacto entre 7.0 y 21.60 Ton/m<sup>2</sup>.

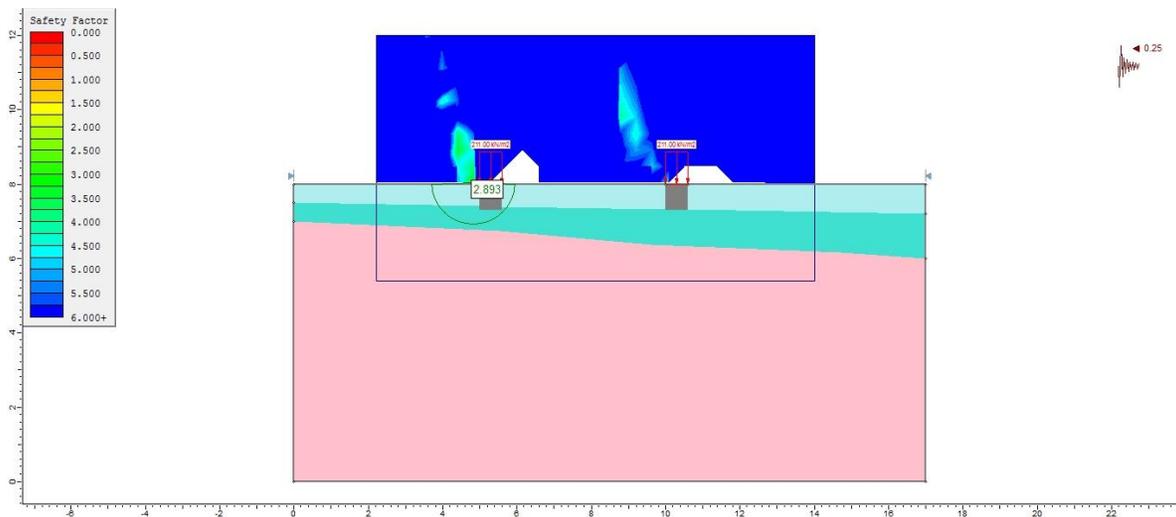
Así mismo y de acuerdo con la resistencia al corte del suelo de cimentación de cada uno de los elementos, obtenida por correlaciones con el ensayo SPT para las diferentes profundidades de apoyo, se tiene que el estrato sobre el cual se apoyan los cimientos presenta una capacidad portante última variable entre 43.38 y 100.69 Ton/m<sup>2</sup> para las zapatas aisladas y entre 49.34 y 106.91 Ton/m<sup>2</sup> para las zapatas corridas. Anexo al presente informe se incluyen las memorias de cálculo.

<b>CIMENTOS AISLADOS</b>				
<b>Zapatas tipo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Presión de contacto - Condición actual (Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidad portante última (T/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de seguridad Condición actual</b>
1	0,36	21,1	72,04	3,4
2	0,49	14,8	68,76	4,6
3	0,64	6,1	44,2	7,2
4	0,81	6,8	43,38	6,4
5	1,00	14,1	66,8	4,7
6	1,21	12,4	88,19	7,1
7	1,44	5,1	62,21	12,3
8	1,56	9,6	100,69	10,5
9	1,69	7,4	72,26	9,8

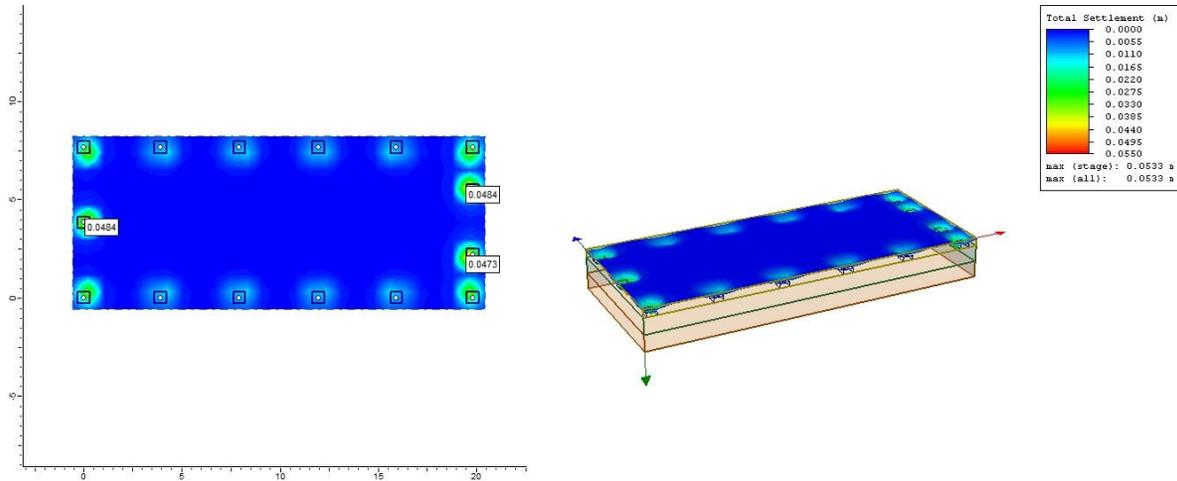
<b>CIMENTOS CORRIDOS</b>				
<b>Zapatas tipo</b>	<b>b (m)</b>	<b>Presión de contacto - Condición actual (Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidad portante última (T/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de seguridad Condición actual</b>
10	0,25	21,6	106,91	4,9
11	0,3	12,7	53,45	4,2
12	0,33	17,6	60,74	3,5
13	0,4	7,5	49,34	6,6
14	0,5	10,0	82,24	8,2
15	0,7	7,0	74,01	10,6

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

Así mismo a continuación se ilustra el análisis de capacidad portante en la condición sismo para el cimiento aislado tipo 1 (existente en las estructuras 23 y 38) 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 4 a 5cm como se ilustra a continuación:

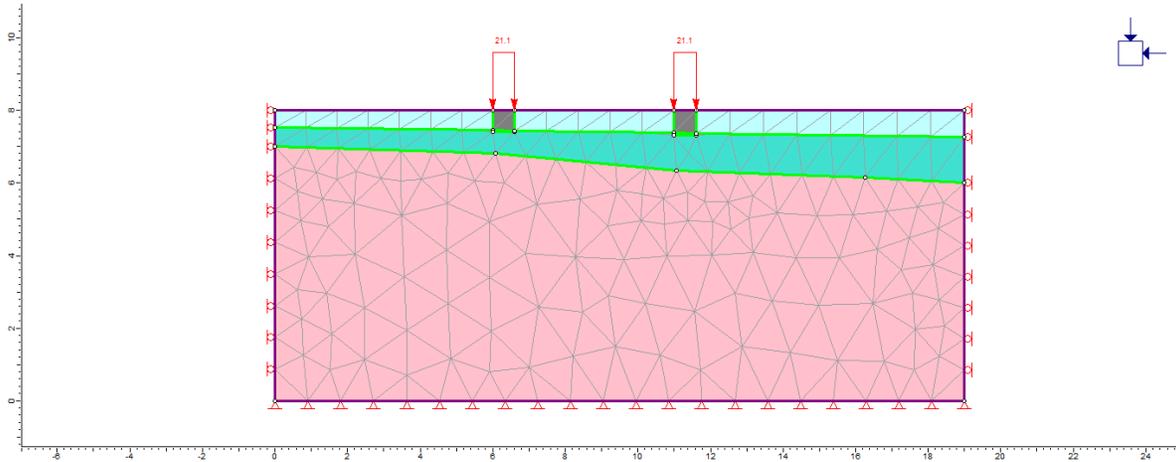


Los anteriores asentamientos fueron ya desarrollados dada la edad de la estructura.

## 7.2 VALIDACIÓN DE LA CIMENTACION EXISTENTE

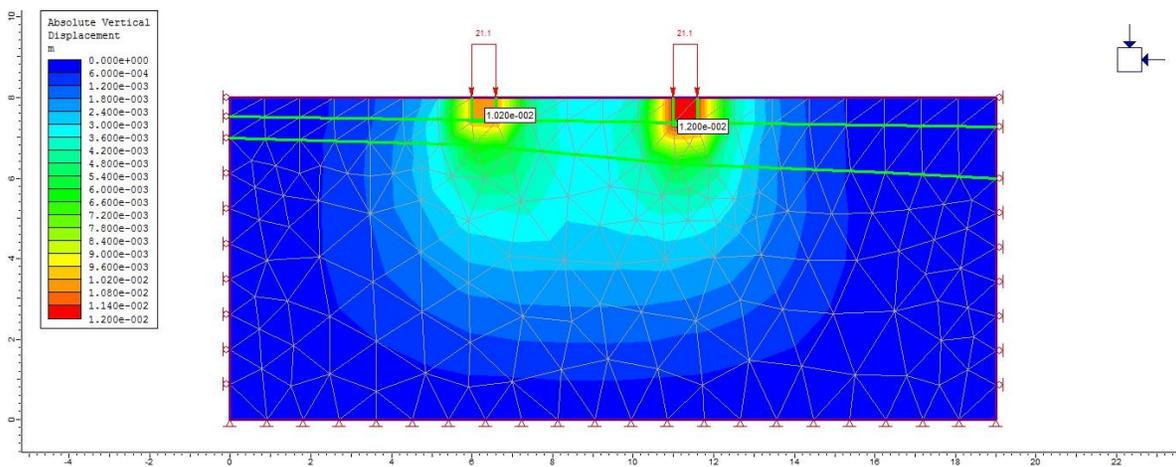
Con base en la estratigrafía encontrada y de acuerdo a los parámetros geomecánicos obtenidos a partir del programa de trabajos de campo y ensayos de laboratorio, que se ilustran en el numeral 5.0 “Parámetros Geotécnicos De Diseño”, se modeló el sistema de cimentación mediante modelos en elementos finitos obteniendo lo siguiente:

## Malla utilizada



## Asentamientos

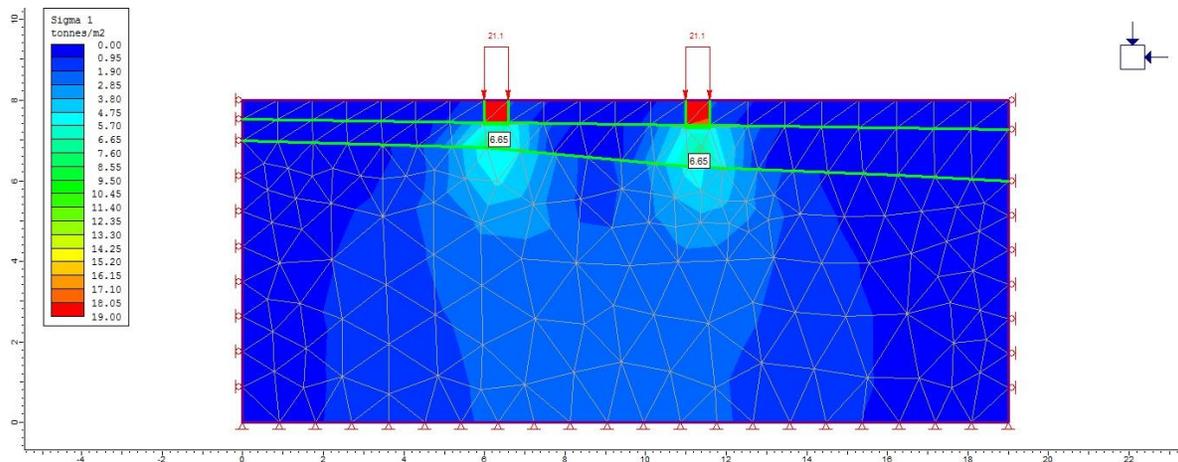
De los análisis se obtuvo la siguiente condición de asentamientos elásticos para el nivel de cargas actuales, con valores hasta de 1 a 2cm, los cuales ya fueron desarrollados:



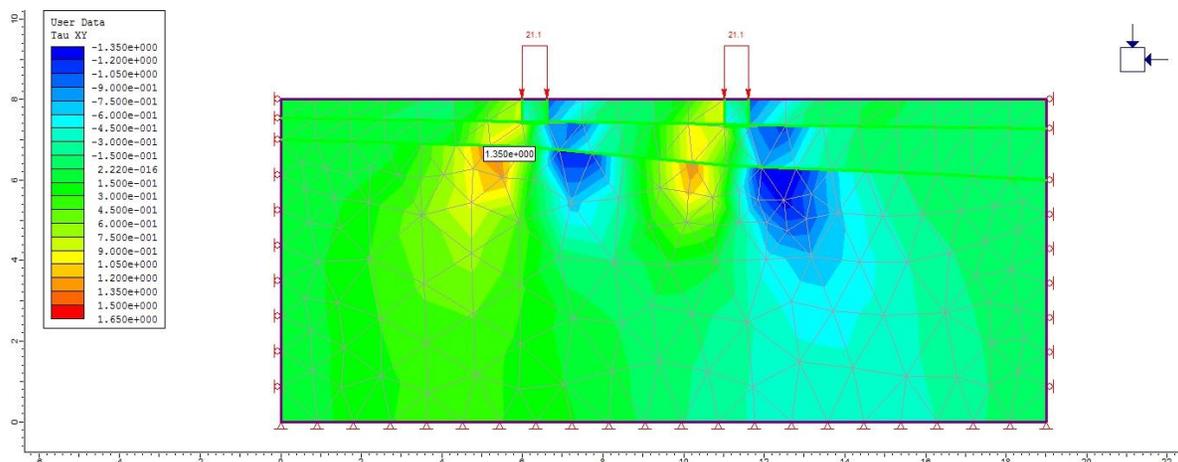
## Esfuerzos

Teniendo en cuenta las cargas aplicadas y dada la cimentación se tienen esfuerzos verticales actuales de 6.65 Ton/m<sup>2</sup> en el suelo de apoyo de los cimientos. Así mismo se obtiene un esfuerzo cortante unitario máximo de 1.35.

### Esfuerzos verticales



### Esfuerzos cortantes



### 7.3 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:

CIMENTOS AISLADOS				
Zapatas tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Presión de contacto - Condición actual + hipótesis de sismo (Ton/m <sup>2</sup> )	Capacidad portante última (T/m <sup>2</sup> )	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
1	0,36	27,4	72,04	2,6
2	0,49	19,2	68,76	3,6
3	0,64	8,0	44,2	5,5
4	0,81	8,8	43,38	4,9
5	1,00	18,4	66,8	3,6
6	1,21	16,1	88,19	5,5
7	1,44	6,6	62,21	9,4
8	1,56	12,5	100,69	8,1
9	1,69	9,6	72,26	7,5

CIMENTOS CORRIDOS				
Zapatas tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición actual + hipótesis de sismo (Ton/m <sup>2</sup> )	Capacidad portante última (T/m <sup>2</sup> )	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
10	0,25	28,1	106,91	3,8
11	0,3	16,5	53,45	3,2

12	0,33	22,8	60,74	2,7
13	0,4	9,8	49,34	5,1
14	0,5	13,0	82,24	6,3
15	0,7	9,1	74,01	8,1

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 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 0.60m x 0.60m y 1.30m x 1.30m de lado para los cimientos aislados y entre 0.25m y 0.70m de ancho para cimientos corridos, apoyados a profundidades variables entre 0.40m y 2.60m de profundidad o bien sobre el limo arenoso algo orgánico carmelito y/o habano de consistencia medio firme a muy dura o bien sobre la arcilla arenosa habana y/o carmelita de consistencia dura a muy dura que allí se encuentran y trabajando actualmente a una presión de contacto variable entre 5.10 Ton/m<sup>2</sup> y 21.6 Ton/m<sup>2</sup> 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 un comportamiento deficiente de la cimentación de la estructura No. 38, al observar que la zapata de la exploración no fue fundida totalmente y los hierros se encuentran con corrosión y expuestos directamente en el terreno, esta consultoría considera necesario efectuar el refuerzo a la cimentación de dicha estructura. 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 las estructuras No. 17, 21, 22, 26, 34, 35, 36, 38, 41, 43, 44, 45, 46 y 47 se tiene que el ingeniero estructural deberá tener en cuenta la ausencia de dichas vigas en sus modelos.

### **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 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  $725 \text{ ton/m}^3$ .

## 9.0 PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO.-

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

$$A_a = 0.25 \qquad F_a = 1.15$$

$$A_v = 0.25 \qquad F_v = 1.55$$

## **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 pormenores para más, nos suscribimos de ustedes.

Atentamente,

**E Y R ESPINOSA Y RESTREPO S.A.**



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