



INTERVENTOR:
CONSULOBRAS

CONSORCIO AMP - P & D
ESTUDIOS DE SUELOS



INF-SU_01-V1
26-06-2014

INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS

ARMENIA – 9120-9231

SENA

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

FECHA:
JUNIO 26 DE 2014

REVISIÓN. 00

TABLA DE CONTENIDO

1.0	INTRODUCCION.-	2
1.1	OBJETO-	2
1.2	DESCRIPCION PROYECTO.-	2
1.3	ALCANCE DE LOS TRABAJOS.-	3
2.0	TOPOGRAFIA.-	3
3.0	GEOLOGIA.-	3
4.0	INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-	4
4.1	DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-	8
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.-	10
4.3	NIVEL DE AGUAS.-	12
4.4	ANÁLISIS DE LICUACIÓN.-	13
5.0	PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-	13
6.0	METODOLOGIAS DE DISEÑO.-	14
7.0	ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-	15
7.1	ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-	15
7.2	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-	25
8.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-	26
8.1	REFUERZO MEDIANTE EL RECALCE DE LAS ZAPATAS.-	27
9.0	PARÁMETROS DE DISEÑO SISMICO.-	28
10.0	OBSERVACIONES FINALES.-	29

Fecha	Versión	Proyecto	Modificaciones	Motivo
01-04-14	Preliminar	39 Estructuras de 1 y 2 pisos. “Centro Agroindustrial y Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción Vereda – San Juan. ”	-----	-----
26-06-14	Definitivo	39 Estructuras de 1 y 2 pisos. “Centro Agroindustrial y Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción Vereda – San Juan. ”		

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

Doctora
GABRIELA MENDEZ
Ciudad

Estimada Doctora:

Tenemos el gusto de entregarle el estudio de suelos para las estructuras donde actualmente se ubica **EL CENTRO AGROINDUSTRIAL Y CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN VERDA – SAN JUAN.** (códigos 9120 - 9231) en el municipio de Armenia – Quindío.

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.

1.2 DESCRIPCION PROYECTO.-

De acuerdo con la información suministrada a esta consultoría en la zona de estudio, actualmente se cuenta con 39 estructuras distribuidas así: 38 de 1 piso y 1 de 2 pisos, están construidas en muros de carga y/o pórticos de concreto reforzado con luces entre ejes de muros y/o columnas entre 4.0m y 8.0m. Las cargas actuales, estimadas por áreas aferentes, son inferiores a 5.0 ton/ml para cargas distribuidas e inferiores a 50 toneladas para cargas puntuales.

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 TOPOGRAFIA.-

De acuerdo con la información suministrada, se tiene que el lote donde están localizadas las estructuras que serán objeto de estudio presente informe, presenta una topografía ondulada con pendientes entre 6.0 y 14.0%.

3.0 GEOLOGIA.-

El departamento de Quindío Geológicamente está compuesto por dos tipos de materiales:

- **Materiales muy duros** como rocas cristalinas que ocupan la totalidad del flanco de la Cordillera Central, corresponde al territorio con amenaza baja.
- **Depósitos de flujos piroclásticos** subrayados por depósitos de ceniza de espesor variable, lo cual corresponde a zona de amenaza sísmica media, ubicado al occidente del departamento.¹

¹ Tomado documento: Corporación Autónoma Regional del Quindío

4.0 INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-

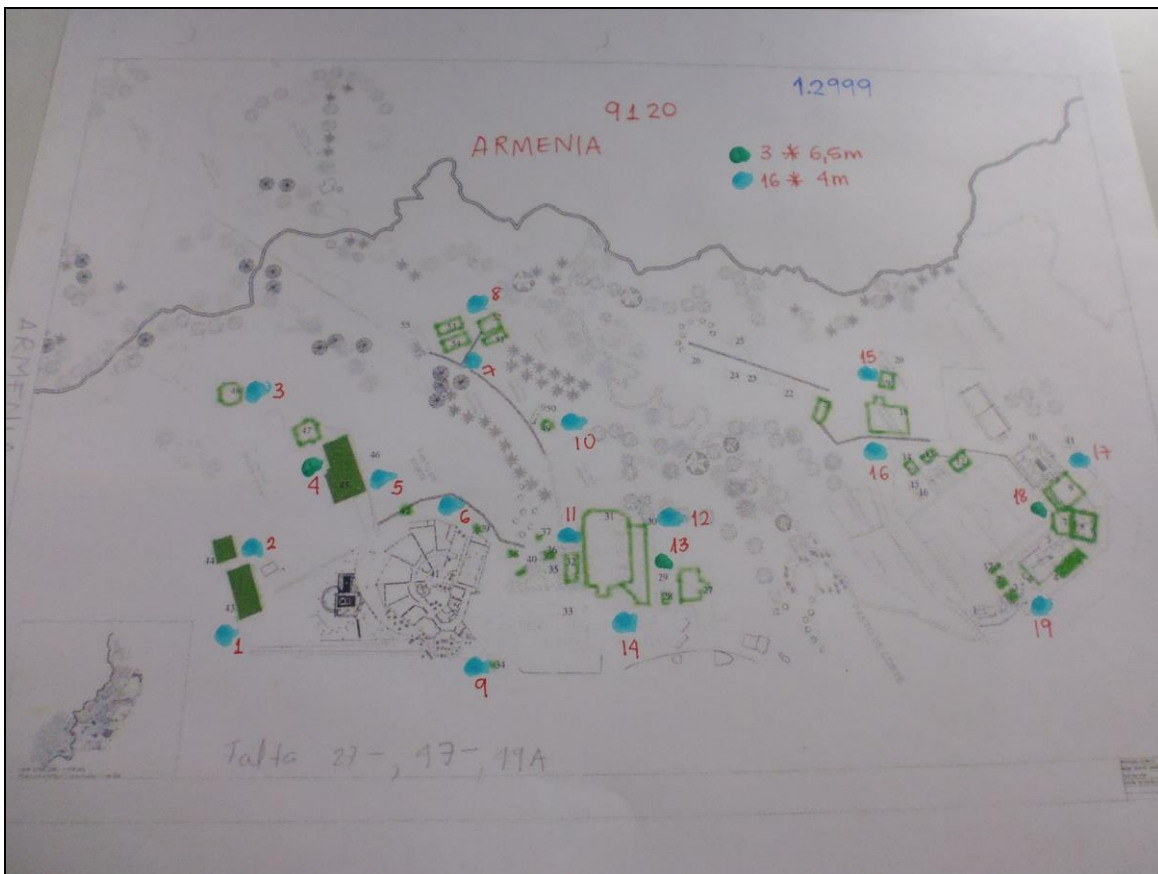
Para la determinación de sondeos esta consultoría se basa en las especificaciones establecidas en la **NSR-2010**, como primera medida se determinó a partir del Título H.3.1.1 “Clasificación De Las Unidades De Construcción Por Categorías” la categoría de la unidad de construcción según los niveles de 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 distribuidos así: 3 de 6.50 m, 1 de 5.50, 15 de 4.0 m y 1 de 3.0 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 y como medida de la densidad de los estratos granulares que allí se encontraron allí detectados, así mismo se midió la resistencia al corte mediante ensayos de penetrómetro manual de los mantos encontrados. Finalmente se tomaron un número suficiente de muestras alteradas e inalteradas para inspección visual y posterior envío al laboratorio para ensayos de compresión inconfiada 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.

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

FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="337 1108 354 1138">1</p>  	<p data-bbox="1052 1098 1276 1127">Inicio de apiques</p>



2



Toma de muestras
y ensayos in situ

3



Apique terminado.

4.1 DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-

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

a) 0.0 – 0.50/1.0 m. Relleno heterogéneo compuesto por limo orgánico y arena café oscuro con presencia de material de construcción, gravas y algunas raíces.

b) 0.50/1.0 – 2.0/4.0 m. Arcilla arenosa y/o arena arcillosa carmelito y/o habana con algunas pintas negras y vetas oxidadas, de consistencia medio firme a firme. La resistencia al corte tomada con penetrómetro manual arrojó valores entre 0.75 y 2.50 Kg/cm² y un valor atípico de 4.50 Kg/cm². El N del ensayo SPT arrojó valores entre 6 y 20 golpes/pie.

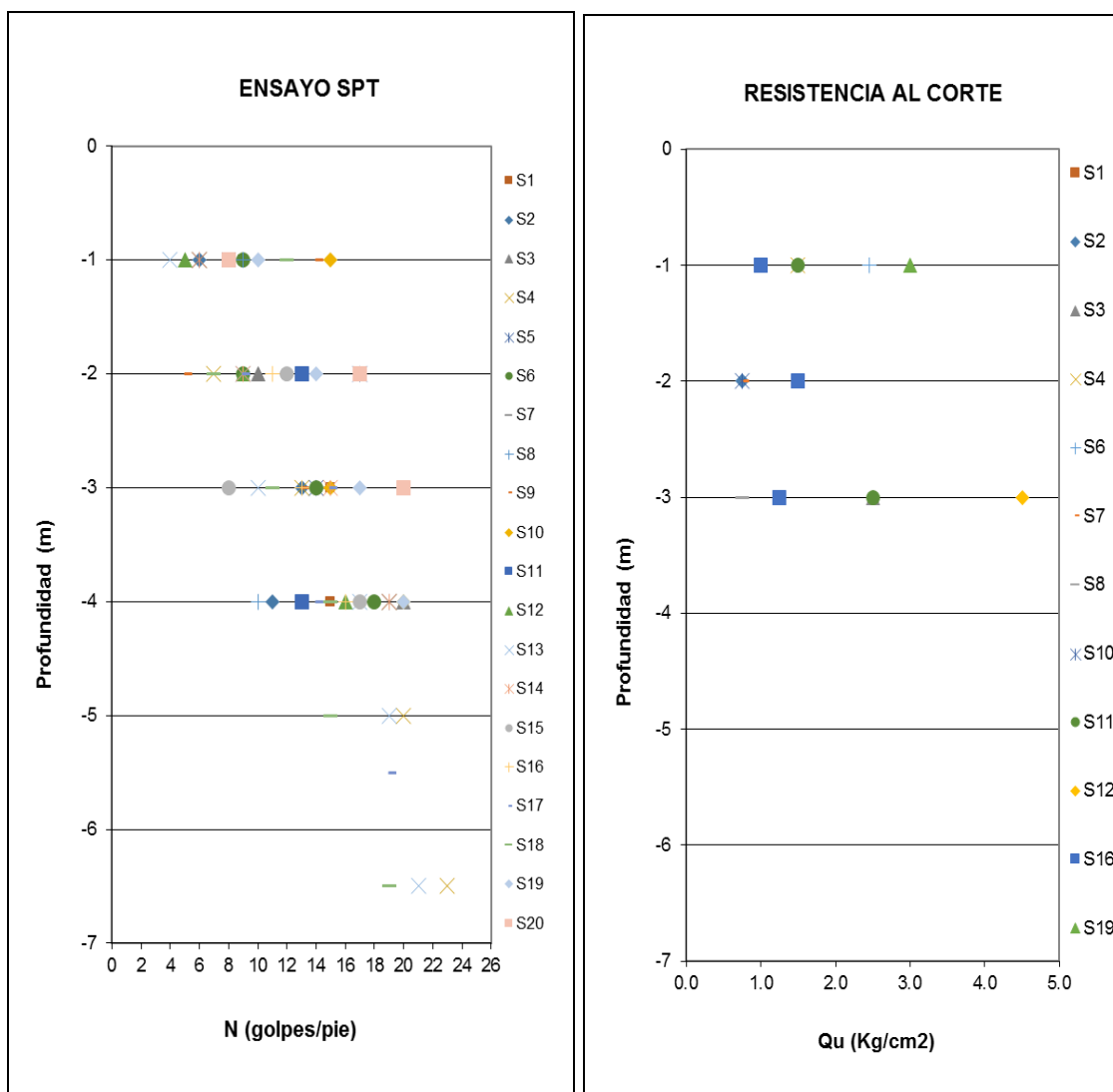


c) 2.0/4.0 – 6.50 m.

Arena algo arcillosa carmelita y/o gris con algunas pintas habanas y vetas oxidadas, de densidad suelta media. El N del ensayo SPT arrojó valores entre 13y 21 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:

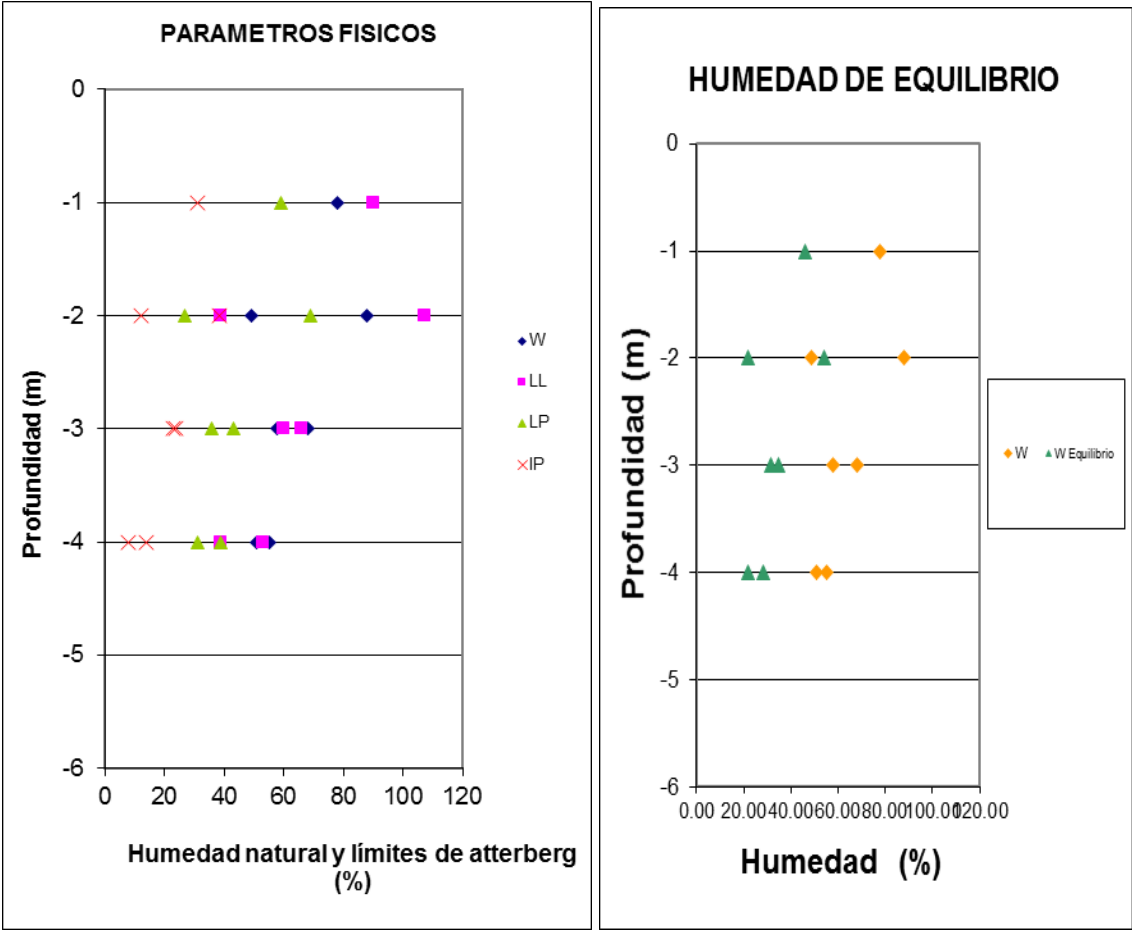


4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.-

Ensayos de límites de atterberg y humedad natural.-

Teniendo en cuenta la estratigrafía encontrada a lo largo de la zona explorada y de acuerdo con la frecuencia y tipos de ensayos especificados se tomaron muestras representativas de los mantos para enviar al laboratorio a realizar los diferentes

ensayos. A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de humedad natural y límites de Atterberg, se realizaron gráficas de los parámetros físicos en función de la profundidad obteniendo humedades de equilibrio inferiores a la humedad natural, condición que indica condiciones no expansivas de los suelos como se ilustra a continuación:



Ensayo de Compresión Inconfinada.-

De los mantos arcillosos y limosos detectados en la zona de estudio se seleccionaron muestras inalteradas con el fin de realizar el ensayo de compresión

inconfiada a continuación se muestra una tabla resumen, así como una gráfica de los datos obtenidos en el laboratorio:

Tabla: Resumen de los resultados del ensayo de compresión inconfiada (máximos valores) en las muestras seleccionadas.

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)		Carga (Kgrs)	Deformación (%)	Resistencia (Kg/cm ²)
		De	A			
2	13	1.00	2.00	0.17	9.84	0.88

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 arena fina con algo de limo (SM). Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)		Porcentaje de Finos	Porcentaje de Arenas	Porcentaje de Gravas
		De	A			
17	5	4.00	5.00	26.26	73.7	0

4.3 NIVEL DE AGUAS.-

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

4.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN.-

Es importante resaltar que para esta última versión se descarta el análisis de licuación puesto que en las perforaciones efectuadas no se detectó nivel freático.

5.0 PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-

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

Estrato	Profundidad (m)	γ (t/m ³)	Qu (Kg/cm ²)	c (Kg/cm ²)	ϕ (°)	N (golpes/pie)	E (t/m ²)
1 (Relleno)	0.0 - 0.50/1.0	1.3	1.38	0.69	-----	7	1046
2 (Arcilla arenosa)	0.50/1.0 - 2.0/4.0	1.5	1.73	0.86	-----	10	1268
3 (Arena)	2.0/3.0 - 6.50	1.6	-----	-----	30	14	1501

- 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 valores de ángulo de fricción en los estratos granulares fueron obtenidos a partir de las formulaciones de Osaki en función del SPT de la siguiente manera:

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

- Los módulos de elasticidad fueron calculados a partir de las correlaciones

de acuerdo con la literatura, Tabla 5-5 Equations for stress-strain modulus E_s by several test methods (FOUNDATION –ANALYSIS AND DESIGN- JOSEPH E. BOWLES), donde se tiene lo siguiente:

<u>Arenas y/o material granulares:</u>	$E \text{ (kPa)} = 500 (N+15)$ $E \text{ (kPa)} = 18000 + 750N$ $E \text{ (kPa)} = (15200 \text{ to } 22000) \ln N$
<u>Rellenos, arcillas y/o limos:</u>	$E \text{ (kPa)} = 320 (N+15)$ $E \text{ (kPa)} = (100 \text{ to } 500) c$

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 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.

7.0 ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-

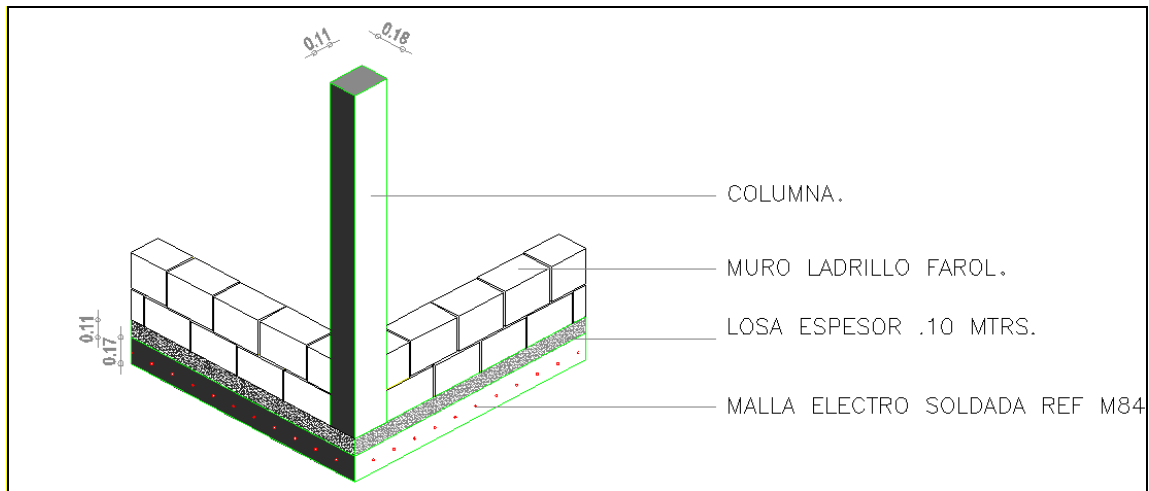
A continuación se efectúa un diagnóstico del comportamiento geotécnico de la cimentación de las estructuras existentes, revisando los parámetros de trabajo actual.

7.1 ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-

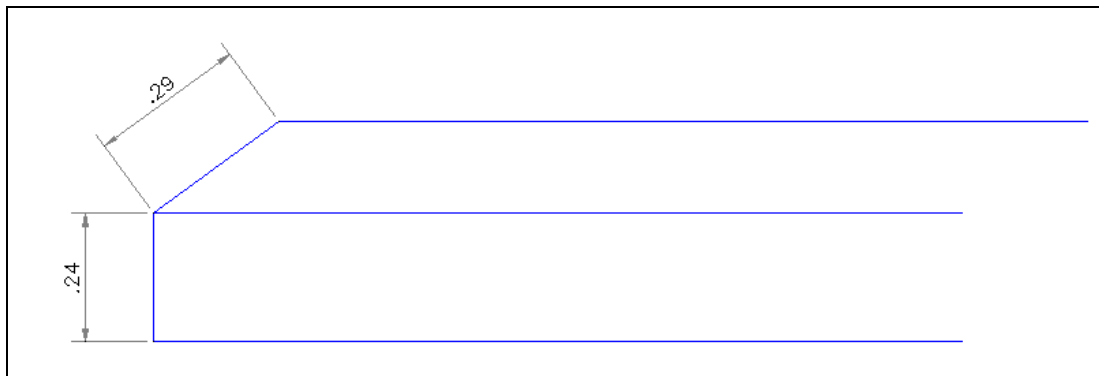
De acuerdo con los planos de cimentación y levantamientos de campo suministrados a esta consultoría se tiene que las estructuras existentes se encuentran cimentadas mediante una serie de cimientos superficiales en concreto reforzado y/o en concreto ciclópeo, apoyados entre 0.40 y 1.21 m de profundidad sobre la arcilla arenosa y/o arena arcillosa carmelito y/o habana con algunas pintas negras y vetas oxidadas, de consistencia medio firme a firme que allí se encuentran.

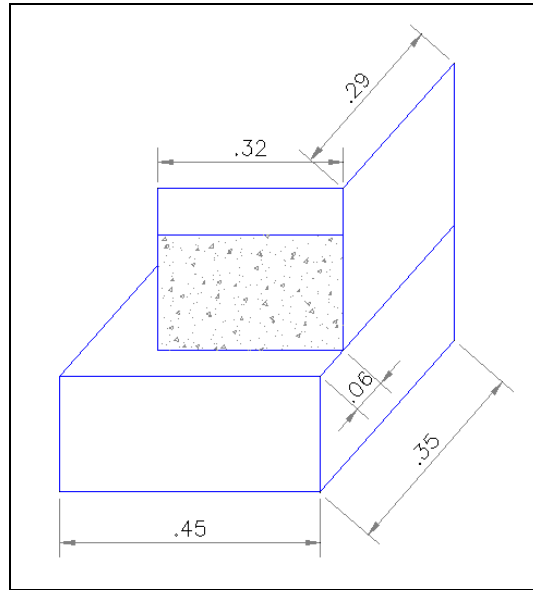
A continuación se describen diferentes tipos de cimientos para algunas de las estructuras existentes y sus correspondientes dimensiones:

**Detalle cimentación = Losa cimentación
Estructura 29**



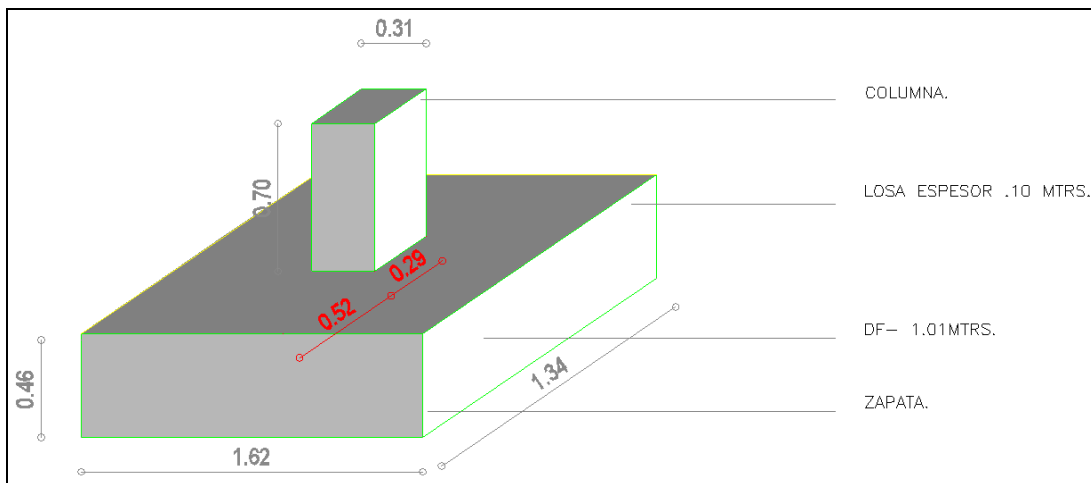
**Detalle de Cimentación: Zapata corridas
Estructuras 37 y 51**





Detalle de Cimentación: Zapata aisladas

Estructura 33



ESTRUCTURA	CIMENTACION	a x b (m)	h (m)	PROFUNDIDAD DE APOYO (m)	PENDIENTE %	OBSERVACIONES
2	Zapata corrida	-	-	-	6.0	-
3	Zapata aislada	1.23 x 1.23	0.33	0.80	6.0	-
4	Zapata corrida	1.20 x 1.20	-	1.30	6.0	Evidencia de vigas de amarre.
6	Zapata aislada	1.00 x 1.00	0.7	0.99	6.0	-
7	Zapata aislada	0.98 x 0.98	0.35	1.00	8.0	-
8	Zapata aislada	1.10 x 1.10	0.37	0.84	2.0	-
9	Zapata aislada	1.05 x 1.05	0.30	0.40	5.0	-
12	Zapata corrida	0.30 x 0.45	-	0.64	6.0	-
13	Zapata aislada	0.85 x 0.85	0.30	-	14.0	-
14	Zapata corrida	0.20 x 0.42	-	-	14.0	Evidencia de vigas de amarre.
17	Zapata corrida	0.30 x 0.31	-	0.57	3.0	-
18	Losa de cimentación	4.88 x 6.65	0.1	-	2.0	No se observa la presencia de vigas de amarre. El refuerzo longitudinal de las columnetas se prolonga en el terreno entre 30 y 50 cm.
19	Zapata aislada	1.00 x 1.00	0.45	1.05	4.0	-
21	Zapata corrida	0.30 x 0.35	-	0.40	11.0	-
27	Zapata aislada	1.17 x 1.17	0.45	0.78	12.0	Evidencia de asentamientos diferenciales en los muros y en la estructura, también Presenta agrietamiento en el pavimento. Existe la posibilidad de que los árboles se puedan caer y Presenta sumideros de drenaje natural.
28	Losa de cimentación	8.10 x 4.76	0.1	-	6.0	-
29	Losa de cimentación	10.9 x 6.10	0.1	-	1.0	-
30	Zapata corrida	0.36 x 0.37	-	0.50	2.0	Existe la posibilidad de que los árboles se puedan caer.
31	Zapata aislada	-	-	-	3.0	Presenta potencial de deslizamiento de los lotes vecinos.

32	Losa de cimentación	17.24 x 9.67	0.05	-	-	-
33	Zapata aislada	1.62 x 1.34	0.46	1.01	1.0	Estructura de 2 pisos, actualmente presenta agrietamiento en el pavimento y vigas de amarre.
34	Zapata corrida	0.84 x 0.36	-	0.48	6.0	-
36	Zapata corrida	0.25 x 0.30	-	0.93	-	Evidencia de vigas de amarre.
37	Zapata corrida	0.24 x 0.29	-	-	-	Existe la posibilidad de que los árboles se puedan caer.
38	Zapata corrida	-	-	-	-	-
39	Zapata corrida	0.34 x 0.39	-	0.48	8.0	-
40	Zapata corrida	-	-	-	-	Evidencia de vigas de amarre.
42	Losa de cimentación	0.65 x 1.17	0.07	-	-	-
43	Zapata aislada	1.15 x 1.15	0.3	0.84	3.0	-
44	Zapata corrida	1.04 x 0.33	-	0.85	4.0	Existe la posibilidad de que los árboles se puedan caer.
45	Zapata corrida	1.52 x 1.52	-	1.21	-	Presenta agrietamiento en el pavimento, en los andenes y en el suelo. Presenta potencial de deslizamiento de los lotes vecinos.
47	Zapata corrida	0.47 x 0.48	-	-	7.5	-
48	-	-	-	-	6.0	-
49	Zapata corrida	0.67 x 0.27	-	0.46	11.0	Sumideros de drenaje natural.
49A	Zapata corrida	0.27 x 0.20	-	0.35	12.0	Presenta sumideros de drenaje natural.
51	Zapata corrida	0.45 x 0.20	-	-	-	Las zapatas soportan columnas en mampostería.
52	Zapata corrida	1.20 x 0.30	-	-	-	Durante la exploración se encontró un muro de concreto.

53	Zapata corrida	0.23	-	0.42	-	Presenta agrietamiento en el pavimento. Presenta potencial de deslizamiento de los lotes vecinos y de las edificaciones. Existe la posibilidad de que los árboles se puedan caer.
54	Zapata corrida	0.56 x 0.64	-	0.81	12.0	-

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)	Estructura
1	10.90 x 6.10	66.49	29

Cimientos corridos		
Zapatas tipo	b (m)	Estructuras
2	0.37	30
3	0.24	37
4	0.4	51

Cimientos Aislados			
Zapatas tipo	a x b (m)	Área (m²)	Estructuras
5	1.23 x 1.23	1.51	3
6	1.17 x 1.17	1.37	27
7	1.62 x 1.34	2.17	33
8	1.82 x 1.82	3.31	55

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 Ton/m² aproximadamente.
- **Zapatas corridas:** presión de contacto calculada entre 4.80 y 10.30 Ton/m²
- **Zapatas aisladas:** presión de contacto calculada entre 2.40 y 6.10 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 la siguiente capacidad portante última variable para cada tipo de cimentación como se describe a continuación:

- **Cimentación superficial (losa de cimentación):** capacidad de portante última de 45.89 Ton/m².
- **Zapatas corridas:** capacidad de portante última entre 40.09 y 47.51 Ton/m²
- **Zapatas aisladas:** capacidad de portante última entre 44.93 y 46.66 Ton/m²

Anexo al presente informe se incluyen las memorias de cálculo.

Cimentación superficial (Losa de cimentación)				
Cimiento	a x b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m²)	Capacidad portante última (Ton/m²)	Factor de seguridad Condición actual
1	10.90 x 6.10	1.00	45.89	45.90

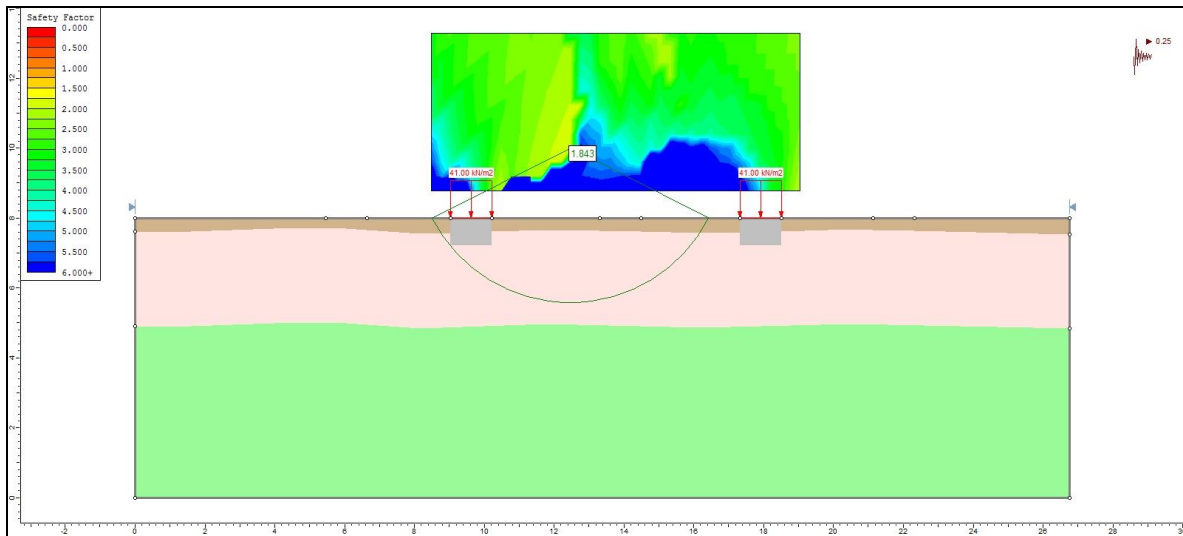
Nota: Teniendo en cuenta que para este tipo de cimientos superficiales el análisis parte del supuesto que el elemento de 10 cms sea capaz de distribuir las cargas uniformemente. Sin embargo del análisis y ante el caso que dicha condición no se cumpla hacemos un segundo análisis de esfuerzos concentrados bajo las columnas hasta de 6 ton/m², obteniendo un factor de seguridad de 7.46 aceptables por la NSR-10.

Cimientos corridos				
Zapata tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m²)	Capacidad portante última (Ton/m²)	Factor de seguridad Condición actual
2	0.37	4.80	47.51	9.90
3	0.24	6.40	45.74	7.10
4	0.40	10.30	40.09	3.90

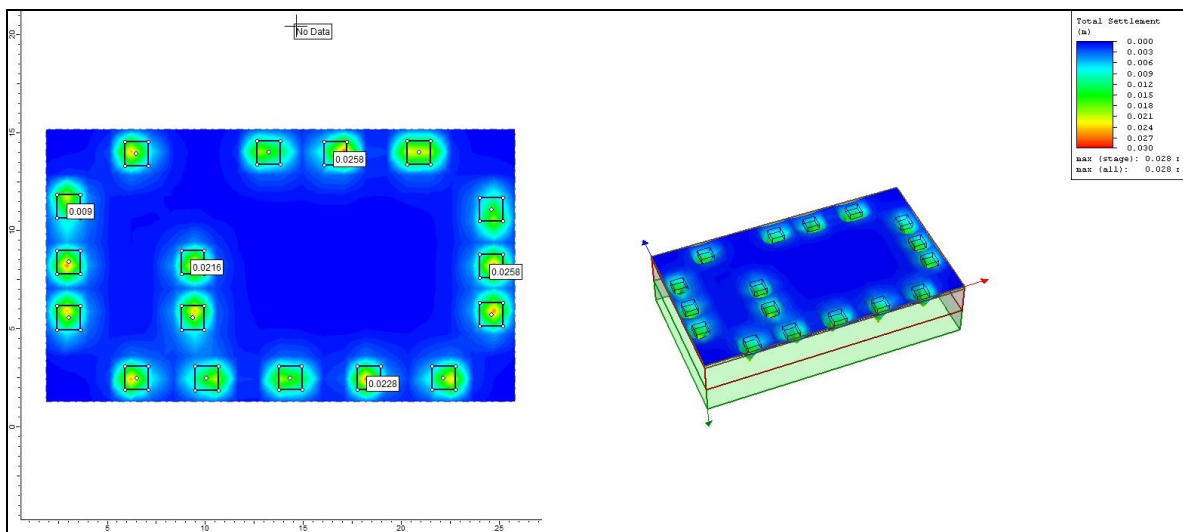
Cimientos Aislados				
Zapata tipo	Área (m2)	Presión de contacto - Condición de carga actual (Ton/m2)	Capacidad portante última (Ton/m2)	Factor de seguridad Condición actual
5	1.51	2.40	46.42	19.40
6	1.37	4.10	46.66	11.30
7	2.17	6.10	46.59	7.60
8	3.31	3.40	44.93	13.10

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 se tiene que las estructuras No. 27, 37 y 53 presentan la posibilidad que los arboles aledaños puedan caer sobre dichas estructuras, se recomienda tener especial cuidado acudiendo a la tala de los mismos

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 7.60 en condición estática alcanzaría un valor de 1.83 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 a 3 cm como se ilustra a continuación:



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

7.2 COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-

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

Cimientos corridos				
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
2	0.37	6.20	47.51	7.60
3	0.24	8.40	45.74	5.50
4	0.40	13.40	40.09	3.00

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
5	1.51	3.10	46.42	14.90
6	1.37	5.40	46.66	8.70
7	2.17	7.90	46.59	5.90
8	3.31	4.50	44.93	10.0

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 y 2 pisos existentes se encuentran apoyadas mediante cimientos superficiales tipo losas de cimentación y zapatas aisladas adecuadas para el nivel de cargas dado.
- De la información suministrada se tiene que los cimientos superficiales como: losa de cimentación de 10.90 x 6.10 m, para cimientos corridos presentan dimensiones variables entre 0.24 x 0.29 y 0.40 x 0.20 m de lado, en cuanto a los cimientos aislados se tienen dimensiones variables entre 1.17 x 1.17 y 1.82 x 1.82 m de lado, apoyados a profundidades variables entre 0.40m y 1.21 m de profundidad sobre la arcilla arenosa y/o arena arcillosa carmelito y/o habana con algunas pintas negras y vetas oxidadas, de consistencia medio firme a firme que allí se encuentran y trabajando actualmente a una presión de contacto variable entre 1.0 Ton/m² y 10.30 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.
- Aun cuando desde el punto de vista geotécnico las cimentaciones se encuentran en condiciones de trabajo aceptables, el diseñador estructural podrá establecer la necesidad de reforzar aquellas estructuras que presentan mal estado. En este caso los cimientos se revisarán en el marco del diseño de

pudiendo ser necesario su reforzamiento de acuerdo con las recomendaciones que se dan más adelante.

- En cuanto al potencial de deslizamiento de los lotes vecinos se deberá proyectar taludes garantizando una pendiente no inferior a 45° y la construcción de muros de pata de 1/3 de la altura libre de estos.
- 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.-

En caso de que del análisis estructural surja la necesidad de reforzar algún cimiento, 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 $P = 15.0 \text{ ton/m}^2$.
- 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 1179 ton/m^3 .

9.0 PARÁMETROS DE DISEÑO SISMICO.-

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

$$A_a = 0.25 \quad F_a = 1.30$$

$$A_v = 0.25 \quad F_v = 1.90$$

Se debe anotar que a la fecha la ciudad de Armenia no cuenta con estudio de Microzonificación Sísmica.

10.0 OBSERVACIONES FINALES.-

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

Sin otro particular, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

E Y R ESPINOSA Y RESTREPO S.A.



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