Santiago de Cali, 10 de Abril de 2018

Rev. 0.0

Señores
MC CONSTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS S.A.S.
Atn.: Arq. **Mauricio Chávez Calle**.
e-mail: gerencia@mcconstrucciones.net
Avenida 6N No. 17N – 92, Oficina 808.
Tel.: 2-6534406. Cel.: 315-5103872.
La Ciudad

REFERENCIA: Estudio de suelos para las obras de Adecuación y Remodelación de los escenarios del Parque Deportivo y de las instalaciones de la Unidad Deportiva de La Calle 42. Ibagué – Tolima.

ASUNTO: Concepto geotécnico preliminar de revisión de la información secundaria y recomendaciones específicas para el área de Tribunas de las Piscinas (Edificio Artes Marciales) de la "Unidad Deportiva de La Calle 42".

Cordial saludo.

Con el propósito de validar la información para el diseño estructural de las Tribunas de las Piscinas del proyecto en referencia, a continuación presentamos los resultados de la revisión del estudio de suelos suministrado, la evaluación del sitio específico para la obra y las recomendaciones geotécnicas consideradas hasta la fecha, teniendo en cuenta los lineamientos básicos del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, Títulos A y H (Ley 400 de 1997 y Decreto 92 del 2011)* y las características de las estructuras.

1. Revisión de información secundaria disponible

1.1. Documentos suministrados

A partir de la solicitud específica de revisión de las recomendaciones geotécnicas del proyecto en referencia, se procedió con la evaluación del documento correspondiente al *"Estudio de Suelos – Informe de Trabajos de Prospección y Estudio Geotécnico"*, elaborado por el Grupo Ausculnova S.A.S. en Mayo del año 2014, como parte de los *Estudios y diseños para la construcción, adecuación y remodelación de los escenarios del Parque deportivo y de las instalaciones de La Calle 42, en la Ciudad de Ibagué para los XX Juegos Deportivos Nacionales y IV Paranacionales*. Como fuente básica y fundamente para la verificación general, se consideró el *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10*.

El proyecto contempla obras para nuevas construcciones y la rehabilitación de varias estructuras deportivas existentes, agrupadas en dos sectores de la ciudad de Ibagué

(Tolima). El estudio geotécnico del proyecto se orientó a la evaluación de la condición del subsuelo por medio de sondeos mecánicos tradicionales, ensayos de penetración dinámica superpesada (DPSH) y apiques manuales, en las zonas de las estructuras y la ejecución de ensayos de laboratorio y análisis geotécnicos.

Para el sector específico de las "Tribunas de las piscinas", al costado Nor-Oeste del Edificio de Artes Marciales (Estructura nueva, A-02), se realizaron cuatro (4) sondeos hasta los 20 m de profundidad, del tipo perforación mecánica con avance a percusión-rotación y con recuperación de muestras, denominados S-8A, S-9, S-10 y S-11.

La revisión del documento disponible centro su mayor interés en las Secciones 3.3.1.2., 3.3.1.3. y 3.3.1.4. (caracterización geotécnica general de la zona de estudio), la 3.4.3.4. (análisis de cimentaciones) y los anexos.

1.2. Observaciones de la revisión preliminar

De la revisión de la información disponible del sector de las "Tribunas de las piscinas", se presentan las siguientes observaciones iniciales:

- ✓ En esta zona se identifica una estratigrafía heterogénea conformada por un lleno antrópico y material alterado en superficie, con presencia de suelos limo arcillosos y limos arenosos con gravas y bloques, con un espesor variable entre los 1.0 m y 6.0 m, con un promedio en el sitio de 4.0 m.
- ✓ Seguidamente se encuentran materiales de mejores características geomecánicas asociados a los depósitos del abanico aluvial de Ibagué (Qca), conformados por intercalaciones de limos arenosos, arenas limosas y gravas aisladas (SM-SC, GC-GM) y arenas finas a medias y gravas (SM-SW/SP, GW/GP-GM), en general de compacidad media a muy compacta, con limos arcillosos y arcillas limosas con arenas y gravas aisladas (CL-ML) en general de consistencia dura a rígida. Estos materiales se reportaron hasta el final de los sondeos (20 m de profundidad).
- ✓ Se considera que se realizó un programa de exploración del subsuelo aceptable en cantidad de sondeos y en profundidad, con muestreo aparentemente continuo, sin embargo, fue al parecer demasiado limitado en cuanto a la caracterización de los diferentes materiales con muy pocas pruebas de campo y mínimos ensayos de laboratorio de mecánica de suelos / rocas para determinación de las propiedades básicas de las unidades estratigráficas, a partir de los lineamientos indicados en el Capítulo H.3.2 de la NSR-10.
- ✓ En relación con la clasificación del tipo de perfil de suelo del sitio para la definición de los espectros de diseño sismo-resistente, se considera que falta precisión para establecer solamente un tipo de perfil particular para cada zona o estructura según las características del depósito en cada sitio. Debido a la limitada evaluación de propiedades básicas de los materiales en las diferentes unidades estratigráficas, no se logran determinar parámetros continuos o detallados a lo largo del perfil de suelo que permitan validar las condiciones geomecánicas en cada uno de los sondeos realizados, según lo indicado en el Capítulo A.2.4 de la NSR-10.
- ✓ Respecto del análisis de cimentaciones, en el estudio se recomienda de manera muy básica para las zonas del lleno antrópico y material alterado (hasta los 6.0 m),

considerar una cimentación profunda mediante pilotes de longitud entre los 9.0 m y 12.0 m, presentando diferentes capacidades de carga por punta y fricción lateral. No se consideran los lineamientos de los Capítulos H.2.4 y H.4 de la NSR-10 para el análisis de las cimentaciones, por factores de seguridad, tipo de resistencia y de elementos y la evaluación de asentamientos.

Por último, en la información suministrada no se presenta el modelo de análisis ni las memorias de cálculo o fundamentos detallados de los diferentes análisis geotécnicos o recomendaciones para las cimentaciones ni de la clasificación del tipo de perfil de suelo, según los requerimientos del Capítulo H.2.2.2 del NSR-10.

2. Recomendaciones generales – Tribuna de piscinas

Teniendo en cuenta las limitaciones ya manifestadas, a continuación se presentan recomendaciones geotécnicas básicas y preliminares para el diseño de la Tribuna.

2.1. Espectro de diseño sismo resistente – NSR-10

De acuerdo con la información disponible, el estudio de amenaza sísmica y la evaluación de efectos locales del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*, se sugiere que el diseño sismo-resistente de la estructura del proyecto *(Tribuna de las piscinas)*, se realice teniendo en cuenta los coeficientes y parámetros presentados en la Tabla 1, definidos para el municipio de Ibagué, Tolima.

Tabla 1. Parámetros para el diseño sismo-resistente de las estructuras.

Parámetro	Símbolo	Valores
Zona de Amenaza y Movimientos sísmicos (Regiones 4 – Figuras A.2.3-2 y A.2.3-3, NSR-10)	--	Intermedia
Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva para diseño	A_a	0.20
Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva para diseño	A_v	0.20
Coeficiente de aceleración pico efectiva reducida para diseño con seguridad limitada	A_e	0.15
Coeficiente de aceleración pico efectiva para el umbral de daño	A_d	0.08
Número medio de golpes del SPT en los estratos (En los 30 m superiores del perfil de suelo de sitio)	N	≥ 15
Clasificación del tipo de perfil de suelo * (Según el criterio del número medio N del SPT)	--	**D**
Coeficiente de amplificación por aceleración en la zona de períodos cortos	F_a	1.40
Coeficiente de amplificación por aceleración en la zona de períodos intermedios	F_v	2.00
Coeficiente de Importancia – Grupo de uso IV (Estructuras asociadas a refugios por emergencias)	I	1.50

La determinación de un perfil de suelo tipo **D corresponde a la consideración de una cimentación profunda para toda la estructura por medio de pilotes, soportada hasta un nivel o estrato competente de materiales muy compactos, aislada superficialmente del lleno antrópico y terreno alterado existente superficialmente. Si no se garantiza esta condición, el perfil de suelo deberá ser el tipo **E**.*

Se sugiere seguir los lineamientos del Capítulo A.3.6.4.2 del reglamento NSR-10, el cual establece que: *los elementos de cimentación (zapatas, pilotes, etc.) deben amarrarse por medio de elementos capaces de resistir en tensión o compresión una fuerza no menor que 0.25·Aa veces la carga vertical total del elemento que tenga la mayor solicitación entre los que interconecta, además de las fuerzas que le transmita la superestructura*. *Para efectos del diseño de la cimentación debe cumplirse lo prescrito en el Capítulo A.3.7*.

2.2. Capacidad de carga de cimentación profunda

A partir de la información básica disponible, la capacidad portante admisible del suelo recomendada para la estructura del proyecto, para diferentes condiciones de carga, se evaluó para pilotes pre-excavados in-situ de sección circular, con elementos de diámetros entre **0.60 m** y **1.40 m** y con intervalos de profundidad entre los **9.0 m** y **12.0 m**, teniendo como referencia la superficie del terreno actual en cada sector; la longitud efectiva dependerá del nivel de desplante.

En las siguientes Tablas se resumen los resultados preliminares de los cálculos de la capacidad de carga admisible promedio de los pilotes a carga axial y/o vertical de compresión (Q_{adm}) y a tracción (T_{adm}). Se incluye la reducción por el peso propio de los elementos.

Tabla 2. Capacidad de carga a Compresión de pilotes – Carga muerta + viva normal.

Prof. (m)	**Long.** (m)	**Capacidad de carga axial** – **Q**adm promedio neta (kN)				
		D = 0.60 m	D = 0.80 m	D = 1.0 m	D = 1.20 m	D = 1.40 m
9.0	9	411	630	890	1,191	1,533
10.0	10	546	858	1,233	1,674	2,178
11.0	11	713	1,142	1,665	2,283	2,997
12.0	12	806	1,292	1,888	2,593	3,408

Tabla 3. Capacidad de carga a Compresión de pilotes – Carga muerta + viva máxima ext.

Prof. (m)	**Long.** (m)	**Capacidad de carga axial** – **Q**adm promedio neta (kN)				
		D = 0.60 m	D = 0.80 m	D = 1.0 m	D = 1.20 m	D = 1.40 m
9.0	9	411	630	890	1,191	1,533
10.0	10	546	858	1,233	1,674	2,178
11.0	11	713	1,142	1,665	2,283	2,997
12.0	12	806	1,292	1,888	2,593	3,408

Tabla 4. Capacidad de carga a Tracción de pilotes – Carga muerta + viva normal.

Prof. (m)	**Long.** (m)	**Capacidad de carga axial** – **T**adm promedio neta (kN)				
		D = 0.60 m	D = 0.80 m	D = 1.0 m	D = 1.20 m	D = 1.40 m
9.0	9	287	410	545	694	857
10.0	10	323	460	611	778	960
11.0	11	358	510	679	863	1,064
12.0	12	394	561	746	948	1,168

2.3. Asentamientos inmediatos esperados

Se estima preliminarmente que en los cimientos profundos que se dimensionen para las capacidades de carga y recomendaciones indicadas, los asentamientos máximos elásticos (Se) para cargas axiales (en la condición de carga muerta y viva normal del análisis estático), estarán entre los **21 mm** y **48 mm**, según los diámetros y la longitud de los elementos, los cuales ocurrirán principalmente durante la etapa de construcción de la estructura.

2.4. Parámetros para la Interacción suelo-cimentación-estructura

En relación con los módulos de reacción del terreno para la evaluación de la capacidad a carga lateral de la cimentación profunda de la estructura, en las Tablas siguientes se indican los módulos de reacción horizontal del suelo (ksh) sugeridos para el análisis estructural a carga lateral y efectos sísmicos para pilotes de diámetros entre los 0.60 m y 1.40 m y profundidades desde los 9.0 m y los 12.0 m. La longitud efectiva de los elementos dependerá del nivel de desplante considerado de acuerdo con la arquitectura del proyecto.

Tabla 5. Módulos de reacción horizontal del suelo (ksh**) para cimentación profunda.**

Prof. (m)	**Long.** (m)	**Módulos de reacción lateral** – **ks** horizontal (MPa/m)				
		D = 0.60 m	D = 0.80 m	D = 1.0 m	D = 1.20 m	D = 1.40 m
0.5	0.5	10	10	9	7	7
1.5	1.5	10	10	9	7	7
2.5	2.5	31	29	27	22	22
3.5	3.5	44	40	38	30	30
4.5	4.5	84	76	72	58	58
5.5	5.5	87	80	75	60	60
6.5	6.5	38	34	32	26	26
7.5	7.5	243	229	221	183	188
8.5	8.5	**291**	**274**	**265**	**219**	**226**
9.5	9.5	**503**	**468**	**449**	**367**	**375**
10.5	10.5	**578**	**539**	**516**	**423**	**431**
11.5	11.5	**691**	**646**	**620**	**509**	**520**

Tabla 6. Módulos de reacción vertical del suelo (ksv) para cimentación profunda.

Prof. (m)	**Long.** (m)	**Módulos de reacción vertical** – **ks** vertical (MPa/m)				
		D = 0.60 m	D = 0.80 m	D = 1.0 m	D = 1.20 m	D = 1.40 m
9.0	9	179.3	179.5	179.7	179.9	180.1
10.0	10	251.5	251.7	251.9	252.2	252.4
11.0	11	307.3	307.6	307.8	308.1	308.4
12.0	12	402.6	402.9	403.2	403.6	403.9

2.5. Conformación de cimientos profundos

La separación ideal de centro a centro entre elementos de cimentación profunda adyacentes debe ser de 3 a 4 veces el diámetro (D) para capacidad de carga vertical por punta, y de 6 a 7 veces para capacidad por fricción del fuste, para evitar interferencia o reducción de la resistencia individual por efecto de grupo. La mínima separación sugerida en cualquier condición debe ser mayor o igual a 3.0 veces el diámetro; si no se cumple esta condición se deberá considerar la eficiencia del grupo.

Para garantizar una adecuada transferencia de las cargas y la estabilidad de la cimentación, se sugiere una profundidad mínima de empotramiento de los pilotes en estratos competentes de 4 a 6 veces el diámetro del elemento o los 3.0 m, lo menor.

El aislamiento lateral de la cimentación para el análisis a carga horizontal o como distancia de protección a bordes de talud, deberá ser en lo posible mayor o igual a 6.0 veces el diámetro para garantizar la capacidad de los elementos.

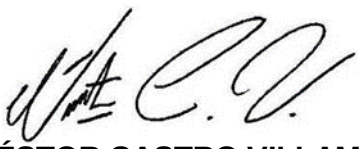
2.6. Refinamiento de la caracterización y análisis geotécnicos

Debido a las limitaciones en la evaluación de las características de los diferentes materiales existentes en el sitio, es fundamental lograr un mayor refinamiento, detalle y/o continuidad en la determinación de las propiedades a lo largo del perfil de suelo y con ello la optimización, validación y/o ajuste de los diferentes análisis geotécnicos y recomendaciones presentadas en el estudio inicial (2014).

/

Agradezco su atención y quedo atento a observaciones y/o comentarios.

Cordialmente,



NÉSTOR CASTRO VILLAMARÍN
Ingeniero Civil, Geotecnista – Consultor.
M.P.: 762020-99591 VLL