SIDYC INGENIERÍA SAS

ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE SUELOS

PROYECTO "ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTECNIA PARA DISEÑO DE VIAS, ANDENES Y OBRAS DE CONTENCIÓN (ÁREA APROXIMADA 3200 M^2)"

CIUDAD DE TUNJA - DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



CIUDAD DE TUNJA

DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

SIDYC INGENIERIA SAS
sidycingenieria@gmail.com

ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO

PROYECTO:
"ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTECNIA PARA DISEÑO DE VIAS, ANDENES Y OBRAS DE CONTENCIÓN (ÁREA APROXIMADA 3200 M^2)"
CALLE 28A CON KR 16
CIUDAD DE TUNJA
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

Cliente:
URBANIZACIÓN TORRES DEL PARQUE

Elaboró:
JULIÁN RENÉ CLAVIJO JOYA
Ingeniero Civil UCC
Esp. Evaluación del Impacto Ambiental UBJTL
Maestría IC en Geotecnia ECI (EC)

Fecha:
FEBRERO DE 2023

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 4
2 ASPECTOS GENERALES 5
2.1 Alcance 5
2.2 Ubicación 5
2.2.1 Ubicación general 5
2.2.2 Ubicación local y geología de la zona de estudio 5
2.3 Zona de estudio 7
2.4 Descripción y Características del Proyecto 7
3 TRABAJO DE EXPLORACIÓN - TRABAJO DE LABORATORIO 8
3.1 Campaña geotécnica 8
3.2 Pruebas realizadas 8
3.2.1 Ensayos de campo 8
3.2.2 Ensayos de Laboratorio 8
4 CARACTERÍSTICAS FISICOMECÁNICAS DEL SUELO Y ESTRATIGRAFÍA 9
4.1 Características fisicomecánicas 9
4.1.1 Condiciones de agua subterránea 9
4.1.2 Límites de Atterberg 9
4.1.3 Granulometría - lavado en la malla 200 10
4.1.4 Índice de consistencia 10
4.1.5 Familias de suelos 11
4.2 Capacidad de soporte – subrasante natural 11
4.2.1 Prueba de CBR in situ 11
4.2.2 Penetrómetro dinámico de cono 12
4.2.3 Resultados obtenidos CBR 12
4.2.4 Análisis del CBR obtenido 12
4.2.5 Propuesta de mejoramiento de subrasante (si aplica) 13
4.3 Estratigrafía 13
5 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO 14
5.1 Parámetros generales 14
5.2 Parámetros de suelo 15
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 16
6.1 Recomendaciones para la construcción de las vías y andenes 17
6.2 Recomendaciones Excavaciones 17
6.3 Recomendaciones para la protección de edificaciones, predios vecinos y vías aledañas. 19
7 BIBLIOGRAFÍA 20
8 ANEXOS 21
8.1 Anexo 1 - Plano de localización de apiques georreferenciados 22
8.2 Anexo 2 – Memorial de Responsabilidad y Certificaciones 23
8.3 Anexo 3 – Certificados de Calibración 24
8.4 Anexo 4 – Formatos de Laboratorio 25
8.5 Anexo 5 – Memorias de Cálculo 26
8.6 Anexo 6 - Registro Fotográfico 27

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 5
ILUSTRACIÓN 2 LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA PROYECTO 6
ILUSTRACIÓN 3 GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO 7
ILUSTRACIÓN 4 IMAGEN DE SATÉLITE DE LA ZONA DEL PROYECTO 7
ILUSTRACIÓN 5 VARIACIÓN DEL LL, LP Y W_N CON LA PROFUNDIDAD. 9
ILUSTRACIÓN 6 VARIACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA CON LA PROFUNDIDAD 10
ILUSTRACIÓN 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GEOTEXTIL 16

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 TIPO DE ENSAYOS REALIZADOS EN CADA UNO DE LOS SONDEOS 8
TABLA 2 PROFUNDIDAD DE NIVEL FREÁTICO 9
TABLA 3 PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN CBR 11
TABLA 4 PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN Y RESULTADOS DE CBR 12
TABLA 5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PROMEDIO DEL SUELO 14
TABLA 6 MÓDULOS DE ELASTICIDAD NO CONFINADOS 14
TABLA 7 PARÁMETROS DE COMPRESIBILIDAD PARA ESTRATO DE CIMENTACIÓN 15
TABLA 8 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PROMEDIO 15
TABLA 9 CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS SEGÚN NSR-10 15
TABLA 10 CONDICIÓN DE COLAPSABILIDAD DEL SUELO 15

CONTROL DE CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD Y/O CLIENTE	UNIDADES
Original	URBANIZACIÓN TORRES DEL PARQUE	1
Copia No. 1		

CAMBIOS REALIZADOS		
VERSIÓN	**CAMBIOS REALIZADOS (Con respecto a la anterior Versión)**	**FECHA**

APROBACIÓN CAMBIOS					
VERSIÓN	**ELABORÓ**	**REVISÓ**	**APROBÓ**	**VERSIÓN**	**FECHA**
1	JRCJ	JRCJ	JRCJ	Versión 1	FEB-23
2	JRCJ	JRCJ	JRCJ	Versión 2	JUL-23

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó por solicitud de la Urbanización Torres del Parque, para la realización del estudio de suelos en el predio localizado en la Calle 28A con Carrera 16, en el casco urbano de la ciudad de Tunja del departamento de Boyacá.

El informe presenta la localización y generalidades del proyecto, de igual manera, la metodología empleada para la exploración del subsuelo y la ejecución de los ensayos de laboratorio conforme a la normatividad vigente, con el fin de realizar una caracterización geotécnica de acuerdo con los resultados obtenidos en el trabajo de campo y laboratorio de suelos. Asimismo, con base en la información del análisis geotécnico se definirá el nivel apropiado y tipo de cimentación para las diferentes estructuras que componen el proyecto.

Finalmente, se presenta el alcance y limitaciones del presente estudio, así como las conclusiones y recomendaciones de diseño y construcción para la cimentación de las estructuras.

La presente consultoría, se encuentra en disposición plena para ampliar o complementar dentro de lo posible, el contenido del presente informe cuando a ello fuere requerido por el solicitante.

El presente informe es con destino exclusivo al solicitante antes mencionado o a su orden.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

2 ASPECTOS GENERALES

2.1 Alcance

En el presente informe se consigna la información geotécnica obtenida en los trabajos de investigación del subsuelo, extracción de muestras "alteradas" e "inalteradas", identificación visual, ensayos de campo, ensayos de laboratorio para los suelos y formaciones existentes en el área del proyecto, con el fin de aportar un concepto técnico y recomendaciones previas para el desarrollo de los trabajos a efectuar y permita la ejecución a cabalidad del proyecto en mención.

Con base en la información descrita anteriormente se definirá el nivel apropiado de cimentación para las diferentes estructuras que componen el proyecto, asimismo, determinar la capacidad portante admisible del suelo, sus asentamientos totales, cálculo de CBR de diseño, entre otros

2.2 Ubicación

2.2.1 Ubicación general

Tunja es un municipio Colombiano, capital del departamento de Boyacá, situado sobre la cordillera oriental de los Andes a 115 km al noreste de Bogotá. Su cabecera Distrital se encuentra ubicada sobre las coordenadas 05º32'25" de Latitud Norte y 73º21'41" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y cuenta con un área total de aproximadamente de 121,49 km^2.

Fuente: www.es.wikipedia.org

LOCALIZACIÓN EN COLOMBIA	UBICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO
	

Ilustración 1 Localización General del Proyecto

Fuente: www.es.wikipedia.org

2.2.2 Ubicación local y geología de la zona de estudio

Tomando como base los estudios hechos para el municipio de Tunja, se logró establecer que la zona se encuentra en la Provincia Litosférica Continental Mesoproterozoica Grenviliana (**PLCMG)** donde afloran básicamente los grupos de suelos: ***(E1-Sc)*** conformado localmente capas de diatomitas. Conglomerados intercalados con arenitas de grano medio a grueso y lodolitas carbonosas.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

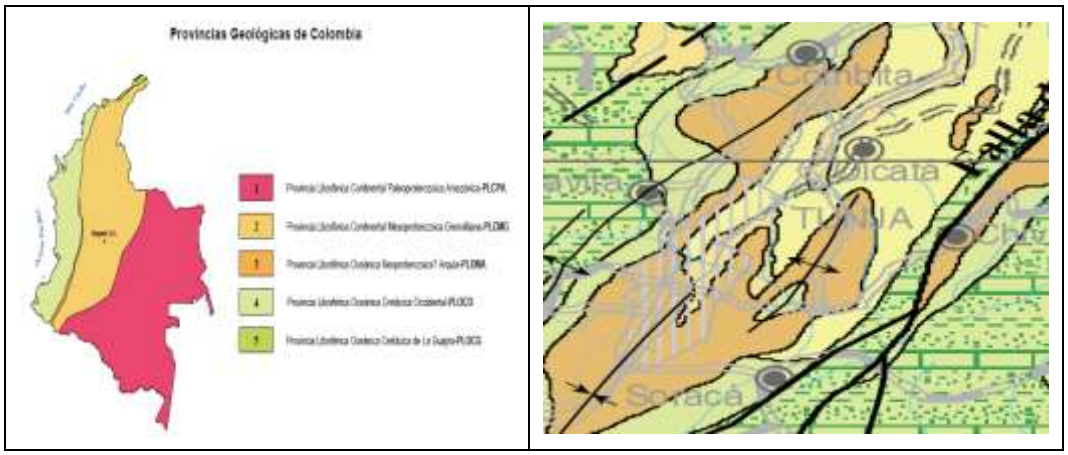


Ilustración 2 Localización geológica Proyecto

Fuente: Atlas Geológico de Colombia Plancha 5-09, INGEOMINAS 2007

2.2.2.1 Geológica Local

2.2.2.1.1 Terciario

Las rocas terciarias hacen parte del depósito sedimentario continental que llega hasta la actualidad.

2.2.2.1.2 Formación Bogotá

Formación compuesta por intercalaciones de areniscas friables y de granos medio a grueso, con arcillas amarillentas y violáceas. Se encuentra discordante por la Formación Tilatá (Renzoni, 1967).

2.2.2.1.3 Formación Socha Inferior

Renzoni (1967) la describe como secuencias de areniscas de grano grueso, amarillentas y ocasionalmente con lentes conglomeráticos cuarzosos.

2.2.2.1.4 Formación Socha Superior

Aflora suprayaciendo la formación anterior y corresponden a 250 metros de arcillolitas grises, verduscas y violáceas (Renzoni, 1967). Infrayace la Formación Picacho.

2.2.2.1.5 Formación Picacho

80 metros de areniscas conglomeráticas del Eoceno inferior (Renzoni, 1967), con rezumaderos de petróleo en la vía hacia Pesca.

2.2.2.1.6 Formación Concentración

Formación compuesta por una sucesión de arcillas grises, arenisca conglomeráticas y 120 metros de arcillas grises con intercalaciones de areniscas (Renzoni et al., 1967).

2.2.2.1.7 Formación Tilatá

Extendido por casi toda la zona corresponde al conjunto de gravas, arcillas y arenas con un espesor aproximado de 150 metros (Renzoni, 1967). Aflora discordante sobre todas las unidades comprendidas entre la Formación Bogotá y la Formación Une.

Fuente: Memoria Explicativa de la Plancha 191-Tunja, INGEOMINAS 1998

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

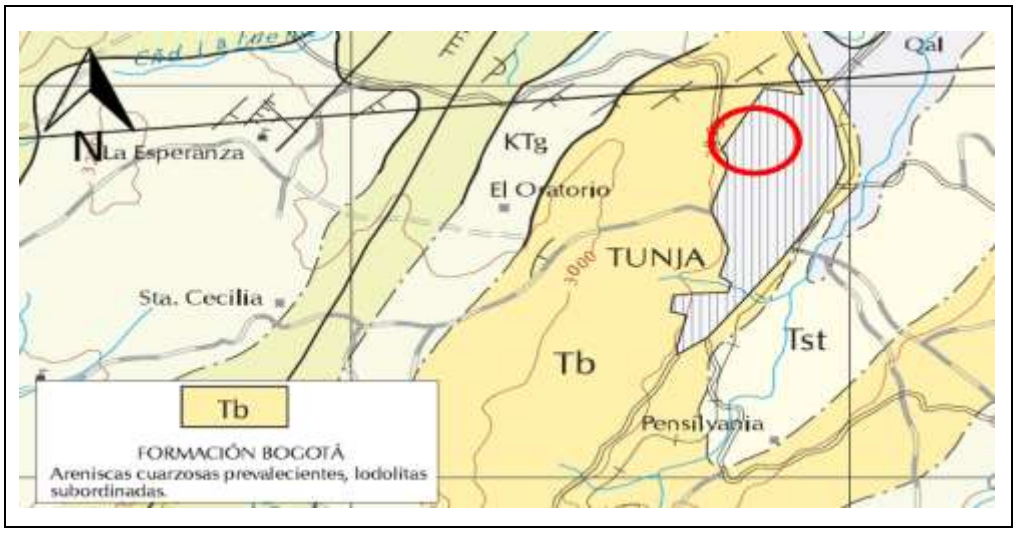


Ilustración 3 Geología de la zona de estudio

Fuente: Mapa Geológico de la Plancha 191-Tunja, INGEOMINAS 1998.

2.3 Zona de estudio

El predio objeto del presente estudio se encuentra ubicado localizado en la Calle 28A con carrera 16, en el casco urbano del Municipio de Tunja del departamento de Boyacá.



Ilustración 4 Imagen de Satélite de la zona del Proyecto

Fuente: Google Earth

2.4 Descripción y Características del Proyecto

De acuerdo con la información suministrada por el cliente, es para la realización de las obras de construcción de los espacios públicos (Vías, Andenes y obras de contención) de la urbanización Torres del Parque del Municipio de Tunja, Boyacá.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

3 TRABAJO DE EXPLORACIÓN - TRABAJO DE LABORATORIO

3.1 Campaña geotécnica

Con el propósito de identificar las capas o estratos de depósitos que subyacen en el sitio destinado para el proyecto, así como determinar las propiedades físico - mecánicas del subsuelo, definir recomendaciones particulares de diseño de las obras en contacto con el suelo y su proceso constructivo más apropiado, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además, de proteger las estructuras vecinas, y basados en la geología regional y local de la zona y siguiendo las recomendaciones de los Capítulo A y H de la NSR-10, y el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, se definió el siguiente programa de exploración del subsuelo.

3.2 Pruebas realizadas

3.2.1 Ensayos de campo

Partiendo de la información establecida anteriormente, y de acuerdo con la solicitud del cliente se plantea la ejecución de tres (3) sondeos por percusión con equipo manual, extrayendo muestras de suelo, asimismo, como complemento se realizarán ensayos de campo *in situ* como penetración estándar (SPT) para suelos cohesivos de consistencia media y penetrómetro manual de los estratos presentes con el fin de determinar su correspondiente resistencia a la penetración *in situ*.

Con base en los datos anteriores y al proyecto, se definió como profundidad de exploración mínima de 6.0 metros, para cada sondeo o hasta encontrar capacidad de soporte admisible para las estructuras propuestas, según ensayos de resistencia en terreno como Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Adicionalmente se realizaron 3 apiques a una profundidad de 1.50 metros, para cada uno de los apiques, donde se tomaron muestras inalteradas CBR y ensayo de Penetración de Cono Dinámico (PDC).

3.2.2 Ensayos de Laboratorio

En el Anexo No. 4 se presenta los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados para cada sondeo, a continuación, se presentan los ensayos ejecutados en la presente consultoría:

Tabla 1 Tipo de ensayos realizados en cada uno de los sondeos

TIPO DE ENSAYOS	
ENSAYOS	Contenido de Humedad Natural (I.N.V E 122-13)
INDICE Y DE CLASIFICACIÓN	Límite Líquido (I.N.V.E 125-13)
	Límite Plástico (I.N.V.E 126-13)
	Granulometría con Tamizado (I.N.V E 123-13
	Peso Unitario Húmedo y Seco (ASTM D4943-D2937)
	Contenido Materia Orgánica (I.N.V E 121-13)
	Ensayo por Hidrometría
RESISTENCIA ESFUERZO Y DEFORMACIÓN	Penetrómetro Manual (ASTM D-1558)
	Compresión Inconfinada (I.N.V E 152-13)
	Ensayo de CBR inalterado (I.N.V E 148-13)
	Ensayo de Expansión Libre
	Ensayo de Consolidación Rápida y Lenta
	Ensayo de Corte Directo

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

Nota: Todas las muestras se identificaron visualmente en el campo y en laboratorio durante el proceso de secado y extendido de las muestras (I.N.V. E 102-13) con el fin de verificar el estado y variación de ellas con el clima en cuanto a resistencia y color, asimismo, sobre un número representativo de ellas se realizaron los ensayos antes mencionados. Todos se realizaron bajo especificaciones contempladas en las Normas INVIAS, ASTM y NTC.

4 CARACTERÍSTICAS FISICOMECÁNICAS DEL SUELO Y ESTRATIGRAFÍA

4.1 Características fisicomecánicas

A continuación, se presenta una descripción detallada de las propiedades geotécnicas encontradas en cada uno de los estratos característicos de la zona de análisis, para diferentes profundidades, donde se visualiza la variación de los parámetros físicos y mecánicos.

4.1.1 Condiciones de agua subterránea

En el momento de la iniciación y después de la finalización de cada perforación, se anotó el nivel de aguas freáticas (NAF), de los cuales se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 2 Profundidad de nivel freático

SONDEO/APIQUE	NIVEL FREÁTICO (m)	
	Mínimo	Máximo
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
AP1	-	-
AP2	-	-
AP3	-	-

4.1.2 Límites de Atterberg

Para la porción finogranular, se determinó que el límite líquido y el límite plástico tienen un comportamiento uniforme hasta cierta profundidad donde se encuentran materiales limosos y arcillosos (materiales cohesivos).

De acuerdo a lo anterior se considera que el subsuelo explorado presenta un comportamiento típico de este tipo de suelos, variando en un rango de valores, que van desde:

- Límite Líquido $21\% \geq LL \leq 44\%$
- Límite Plástico $10\% \geq LP \leq 22\%$
- Índice de Plasticidad $11\% \geq IP \leq 27\%$
- Contenido de Humedad $11\% \geq W_N \leq 25\%$

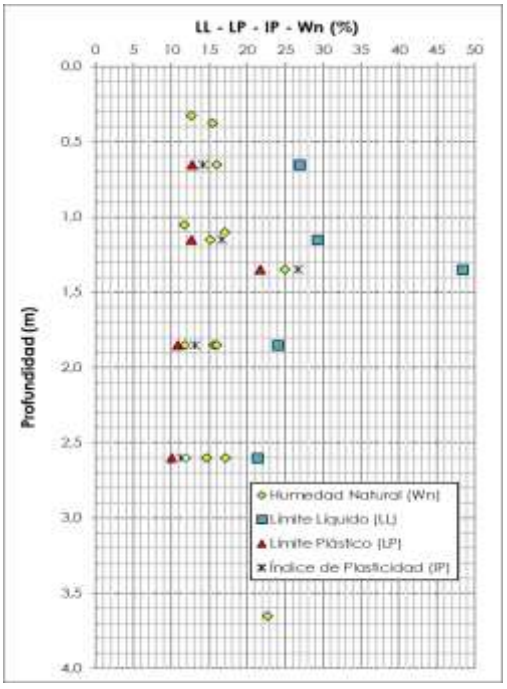


Ilustración 5 Variación del LL, LP y W_N con la profundidad.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

4.1.3 Granulometría - lavado en la malla 200

Al igual que los límites de Atterberg, la distribución granulométrica presenta un aspecto típico de suelos de La Formación Bogotá. Las capas con mayor contenido de limo y arcillas (partículas inferiores a 2 µm) se encuentran en la superficie y en todo el estrato explorado.

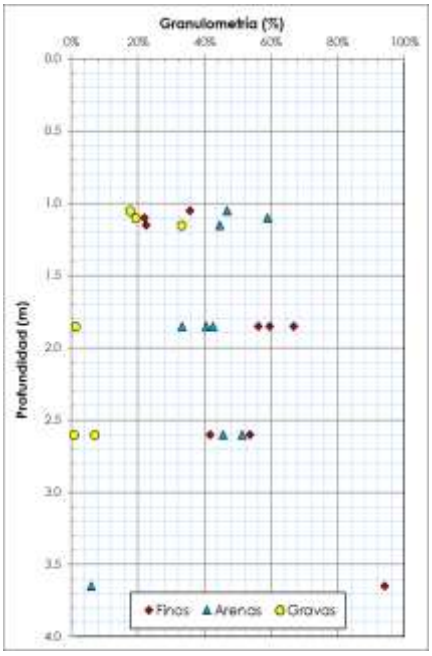


Ilustración 6 Variación de la Granulometría con la profundidad

Para la presente caracterización se hace énfasis en el contenido de suelos gruesos (Gravas y Arenas) y suelos finos (Arcillas y limos), la cual presenta la siguiente distribución:

- Gravas 1% al 33%
- Arenas 5% al 59%
- Finos 21% al 94%.

De acuerdo con los resultados antes expuesto, en general se puede apreciar que el contenido de material fino y granular es predominante en el estrato donde se proyecta la cimentación de la estructura, lo que permite establecer que en el área de influencia o de cimentación del proyecto predominan materiales finos y granulares, de composición arcillo limosa con presencia de grava, es decir que su comportamiento se encuentra gobernado por la fracción fina y granular.

4.1.4 Índice de consistencia

El índice de consistencia es útil, en el estudio del comportamiento en campo de suelos de grano fino saturados, y corresponde a la diferencia entre el límite líquido y la humedad natural del suelo, dividida por el índice de plasticidad, también es denominado por algunos autores como Consistencia Relativa, está definido como:

$$CR = \frac{LL - w_n}{IP}$$

Donde:
LL: Límite Líquido.
LP: Índice de Plasticidad.
Wn: Humedad natural.

La resistencia al esfuerzo cortante del suelo crece en la medida en que 0 < CR < 1.

0,00 < CR < 0,25 Suelo muy blando
0,25 < CR < 0,50 Suelo blando
0,50 < CR < 0,75 Suelo de consistencia media
0,75 < CR <1,00 Suelo de consistencia rígida

Si CR = 1 el suelo se encuentra en su LP.
Si CR = 0 el suelo se encuentra en su LL.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

Si CR > 1 el suelo se encuentra en un estado semi sólido y tendrá un comportamiento rígido.
Si CR < 0 el suelo posee un contenido de humedad natural a su LL y se comportará como un fluido viscoso.

SONDEO	MUESTRA	IC	Resistencia del suelo
S1	2	0.849	Suelo de consistencia rígida
S1	3	0.633	Suelo de consistencia media
S2	2	NP LL*	
S2	4	0.376	Suelo blando
S3	2	NP LL*	
S3	4	NP LL*	
AP1	3	0.77	Suelo de consistencia rígida
AP2	5	0.878	Suelo de consistencia rígida
* No presenta Límite Líquido ni Plástico			

4.1.5 Familias de suelos

El tipo de suelo donde se proyecta realizar la cimentación de las estructuras corresponde a una arcilla limosa de color marrón oscuro, humedad media, plasticidad baja y de consistencia semidura a dura. Estos materiales clasifican de acuerdo con el Sistema USC y AASHTO como:

SONDEO	MUESTRA	A A S H T O (I.G.)	U. S. C. S.
S1	2	A-2-6 (0)	SC
S1	3	A-6 (5)	CL
S2	2	A-4 (0)	SM
S2	4	A-6 (1)	SC
S3	2	A-2-4 (0)	SM
S3	4	A-4 (0)	ML
AP1	3	A-6 (5)	CL
AP2	5	A-7-6 (23)	CL

4.2 Capacidad de soporte – subrasante natural

4.2.1 Prueba de CBR in situ

De acuerdo con el reconocimiento de campo se estableció realizar la toma de CBR con su respectiva toma de muestras para la caracterización del material existente, del cual se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 3 Profundidad de Exploración CBR

APIQUE	PROFUNDIDAD APIQUE	PROFUNDIDAD DEL CBR
1	1.50 m	0.50 m - 0.70 m
2	1.50 m	1.20 m - 1.40 m
3	1.50 m	0.70 m - 0.90 m

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

Para cada uno de los apiques y sondeos realizados se tomaron muestras de campo para la caracterización de la subrasante y del subsuelo, las cuales serán enviadas al laboratorio para sus respectivos análisis, a las cuales se les practico los siguientes ensayos, la finalidad es determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales:

- Límites de consistencia o límites de Atterberg
- Granulometría y clasificación de suelos
- Humedad natural
- Contenido de materia orgánica
- Toma de CBR con muestra inalterada (según el tipo de suelo encontrado)
- Falla del $CBR_{NATURAL}$ y Falla del $CBR_{SUMERGIDO}$
- Toma de PDC en campo

Los resultados de laboratorio se encuentran en el Anexo 4.

4.2.2 Penetrómetro dinámico de cono

El ensayo de Penetrómetro dinámico de cono (PDC), se realiza por medio de un martillo de 8 kg (17.6 lb), es un dispositivo utilizado para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados o de materiales compactados; para identificar los espesores de las capas; así como para estimar la resistencia al corte de las capas y otras características de los materiales que las constituyen.

Ensayo PDC 1: Vía de estudio, toma del ensayo PDC a 0.50 metros de profundidad.
Ensayo PDC 2: Vía de estudio, toma del ensayo PDC a 1.20 metros de profundidad.
Ensayo PDC 3: Vía de estudio, toma del ensayo PDC a 0.70 metros de profundidad.

Tipo	Profundidad toma del ensayo PDC	CBR Resultados PDC
Apique 1	0.50 m	20.89%
Apique 2	1.20 m	18.46%
Apique 3	0.70 mm	20.51%

4.2.3 Resultados obtenidos CBR

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de CBR:

Tabla 4 Profundidad de Exploración y Resultados de CBR

Tipo	Profundidad muestra (m)	Profundidad del CBR (m)	CBR Corregido 1"		CBR Corregido 2"	
			Seco	Inmersión	Seco	Inmersión
Apique 1	0,50 a 0,70	0.50 - 0.70	7.6%	4.3%	6.2%	4.3%
Apique 2	1,20 a 1,40	1.20 - 1.40	4.2%	3.2%	3.8%	2.9%
Apique 2	0,70 a 0,90	0.70 - 0.90	4.3%	1.9%	3.4%	1.8%

4.2.4 Análisis del CBR obtenido

Para la zona de estudio se obtuvo que la capacidad portante de los suelos de subrasante estimada en términos del ensayo de CBR es 1.9%, se destaca que los valores de CBR reportados corresponden a la condición crítica, es decir en condición sumergida.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

4.2.5 Propuesta de mejoramiento de subrasante (si aplica)

De acuerdo con el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, para subrasantes con CBR menores que 2, en la mayoría de los casos y cuando el diseñador lo considere conveniente, se requieren tratamientos especiales, como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos o con la adición de productos como la cal, el cemento u otros que doten a la subrasante de mejores características mecánicas. (Artículo INV-230-13).

4.3 Estratigrafía

A continuación, se describe en detalle el perfil estratigráfico reportado para cada uno de los apiques ejecutados:

APIQUE No. 1

Profundidad (m)		Descripción
0.00	0.05	Capa vegetal
0.05	0.40	Arcilla limo arenosa de color habano con vetas de oxidación
0.40	0.50	Arcilla limo arenosa de color habano con vetas marrón
0.50	0.80	Arcilla limo arenosa de color amarillo con vetas marrón - Toma de CBR y PDC
0.80	1.00	Arcilla arenosa de color amarillo con vetas blancas
1.00	1.50	Arcilla arenosa de color amarillo con vetas habanas

APIQUE No. 2

Profundidad (m)		Descripción
0.00	0.01	Afirmado
0.01	0.12	Material de relleno. Arena limosa de color marrón con presencia de grava
0.12	0.20	Arena limosa con grava angular
0.20	0.70	Material de relleno. Arena limosa de color marrón con presencia de grava
0.70	1.20	Arena limosa de color marrón con presencia de grava angular
1.20	1.50	Arena limosa color marrón con presencia de grava angular, toma de CBR y PDC

APIQUE No. 3

Profundidad (m)		Descripción
0.00	0.05	Capa vegetal
0.05	0.70	Arcilla limosa de color marrón con presencia de raíces
0.70	1.50	Arcilla rojiza con marrón y presencia de arena - Toma de CBR y PDC

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo en los tres sondeos, los ensayos de laboratorio, las observaciones efectuadas el día de la visita de campo y el perfil estratigráfico encontrado en cada perforación, se pueden identificar diferentes tipos de materiales en el sitio de estudio, sin embargo estos materiales de forma general son similares y las variaciones que presentan son en la coloración, variaciones de los espesores, composición de la matriz de suelo arcilloso y el porcentaje de finos, arenas y gravas.

Tabla 5 Perfil Estratigráfico promedio del Suelo

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA PROMEDIO				
PROFUNDIDAD (mt)	LITOLOGÍA SIMBOLOGÍA	ESTRATIGRAFÍA	Grado Meteorización	CLASIFICACIÓN Unificada de Suelos (SUSC)
0.00		CAPA VEGETAL		
0.05		SUELO ORGÁNICO DE COLOR MARRÓN OSCURO Y PRESENCIA DE RAICES		
0.60		ARCILLA LIMOSA DE COLOR MARRÓN CON PRESENCIA DE ARENA Y GRAVA	VI	CL
1.50		ARENA ARCILLOSA DE COLOR AMARILLO, CON PRESENCIA DE GRAVA	VI	SC-CL
2.20				
3.00		ARCILLA ARENOSA DE COLOR MARRÓN	VI	CL
4.30		ARCILLA DE COLOR MARRÓN CON VETAS DE COLOR HABANO		CL
6.00		MATERIAL DE CONSISTENCIA RÍGIDA, PRESENTA RECHAZO POR SPT	VI	CL
El espesor de los estratos es variable, se realiza una aproximación de acuerdo con la exploración geotécnica ejecutada.				

5 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO

5.1 Parámetros generales

Módulo de Young (Kpa):
Se utilizó la siguiente expresión para el cálculo del módulo de Young las arcillas detectadas.

E=320*(N+15) Según Bowles, 1996

Tabla 6 Módulos de elasticidad no confinados

Estrato	PROFUNDIDAD		Módulo de Young (E)			
No.	(m)	(m)	Kpa	Mpa	kg/cm^2	Ton/m^2
1	0,50	2,50	11200	11,20	114,21	1.142,08

Coeficiente de Compresibilidad Cc y Coeficiente de Recompresión Cr:
La determinación de los parámetros de compresibilidad se realizó a partir de los resultados obtenidos en campo y las siguientes correlaciones.

Cc= 0.046+0.0140Ip Según Nakase et al, 1988
Cc=0.009*(LL-10) Según Terzagui y Peck, 1967
Cc=0.007*(LL-7) Según Skempton
Cr = 0.00194(Ip-4.6) Según Nakase et al, 1988

En la siguiente Tabla, se presenta un resumen de los parámetros encontrados:

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

Tabla 7 Parámetros de compresibilidad para estrato de cimentación

Estrato	PROFUNDIDAD		Cc - Terzagui y Peck 0,009*(LL-10) NC	Cc - Skempton 0,007*(LL-7)	Cc - Nakase et al 0,046+0,014*IP	Cr
No.	(m)	(m)				
1	0,50	2,50	0,135	0,126	0,256	0,020

5.2 Parámetros de suelo

En la tabla No. 15 se presentan los valores promedio de c' y φ' obtenidos para cada material de acuerdo con los resultados obtenidos de laboratorio y trabajo de campo.

Tabla 8 Caracterización geotécnica promedio

Estrato	PROFUNDIDAD		Cu	c'	ϕ'	γt
No.	(m)	(m)	kg/cm^2	kg/cm^2	°	ton/m^3
1	0.50	2.50	0,3 – 1,5	0.05	14	1,85

Potencial Expansivo

Basados en las propiedades físicas de suelo antes expuestas (Límite líquido e Índice de Plasticidad) se realiza una clasificación preliminar del potencial de expansión del suelo, la cual nos proporciona una idea del comportamiento del suelo especialmente en presencia del agua y si se mantiene en periodos prolongados.

Tabla 9 Clasificación de suelos expansivos según NSR-10

Potencial de Expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 Kgf/cm2	Límite Líquido LL (%)	Límite de Contracción LC (%)	Índice de Plasticidad IP (%)	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

Con base en la anterior clasificación, se observa que los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las pruebas recuperadas de suelo se encuentran en el rango de Potencialidad de Expansión Medio. (Ver Anexo No. 1 – Perfil Estratigráfico y Ensayos de Laboratorio).

Colapsabilidad

De acuerdo con las pruebas de resistencia y la testificación geológica de la textura de las capas de suelos, el perfil no es susceptible a colapsos y conforme con los parámetros de los suelos y sus pesos específicos obtenidos en las pruebas de laboratorio las capas del perfil de suelos no son colapsables.

Tabla 10 Condición de Colapsabilidad del suelo

Estrato	PROFUNDIDAD		Profundidad Promedio m.	γ_d (T/m^3)	Wn	Gs	LL	γ_{dseco} (T/m^3)	γ_d critico	γ_d /γ_d critico	Condición
No.	(m)	(m)									
1	0.50	2.50	1.50	1.85	26.0	2.70	30%	1.60	1.49	1.07	Suelo Estable

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{dcrit}} > 1 \text{ el suelo es estable o expansio y si } \frac{\gamma_d}{\gamma_{dcrit}} < 1 \text{ el suelo es colapsable} \qquad \gamma_{dcrit} = \frac{\gamma_w}{\left(\frac{1}{Gs}\right) + LL}$$

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado la exploración del subsuelo, hechos los ensayos de laboratorio y analizado la información se puede decir:

- El depósito sobre el cual es apta la cimentación para las estructuras, corresponde a un suelo con parámetros físicos como peso unitario húmedo de aprox. 1,85 Ton/m^3, el cual corresponde a una arcilla limosa de color marrón, humedad media, plasticidad baja y de consistencia semidura a dura. Estos materiales clasifican de acuerdo con el Sistema USC como material tipo CL.
- El perfil estratigráfico encontrado está conformado principalmente por materiales arcillo limosos, su carácter de plasticidad baja y media los hace poco susceptibles a deformaciones y asentamientos al aplicar las cargas propuestas en el proyecto estructural, pero con el fin de mitigar los posibles asentamientos estimados se recomienda realizar un mejoramiento de la subrasante con rajón de un espesor de unos 25 cm a 30 cm que cumpla con la sección 321-11, posteriormente colocar encima un material de sello de 7.5cm, que reúna las características de un afirmado granular, con el fin de llenar los vacíos ínter granulares y lograr de esta manera una transición que permita que se desarrolle el nivel de compactación deseado.
- Hecha la exploración no se detectó el nivel freático, pero este puede variar dependiendo del régimen de lluvias.
- La profundidad de cimentación para la estructura del pavimento dependerá del tipo de pavimento a diseñar, para pavimento rígido se recomienda una profundidad entre 0.40 y 0.6 metros de profundidad, para pavimento flexible entre 0.60 y 0.80 metros de profundidad.
- Se recomienda el uso de un geotextil Tejido tipo T2100 o similar, en toda la extensión del pavimento a intervenir como parte de su estructura, su función es la de mejorar la transferencia de cargas entre la capa de mejoramiento y la capa de subbase.
- El estudio de suelos se realiza muestreos puntualizados donde; pero aun así, se presenta un grado de incertidumbre por la áreas no exploradas, por tal motivo se recomienda el uso de este geotextil y así controlar variables que no fueron visibles en el presente estudio, en la ilustración 18 se presenta las características del geotextil recomendado.

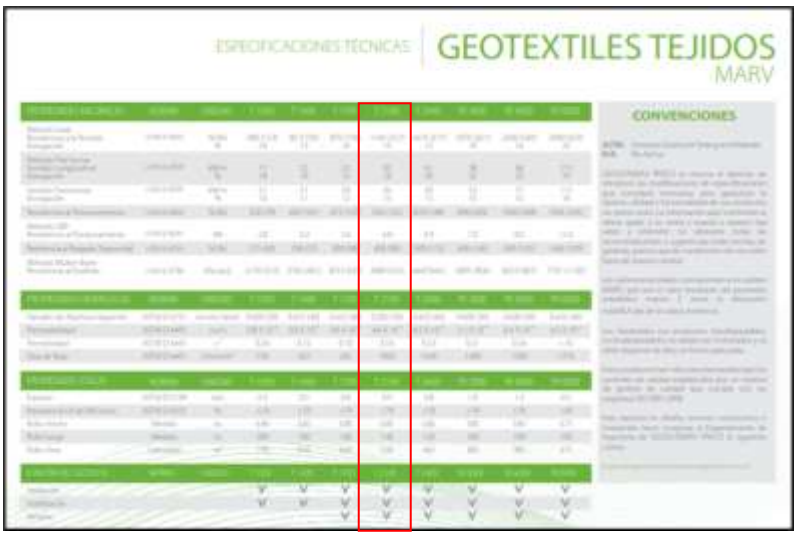


Ilustración 7 Especificaciones Técnicas Geotextil

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

- En el caso de realizar estructuras diferentes a pavimentos y andenes, el diseñador estructural se puede remitir al Anexo 5, donde se encuentra el cálculo de capacidad portante y cálculo de asentamientos inmediatos y elásticos, para este tipo de estructuras se recomienda como profundidad mínima de fundación a 1.0 metro de profundidad.

6.1 Recomendaciones para la construcción de las vías y andenes

Para garantizar el adecuado comportamiento de las estructuras a construir se recomienda:

- Cuando se usan piedras o rajón como mejoramiento a la subrasante, estas deben distribuirse cuidadosamente y los intersticios entre ellos deben llenarse con material más fino, tendiendo a formar una capa densa y compacta, donde en los últimos centímetros no deben colocarse ni piedras, ni terrones que se rompan fácilmente.

- Para el diseño y construcción de las redes de acueducto y alcantarillado, y de las obras proyectadas, deben garantizar que no se presenten infiltraciones en el suelo, para evitar problemas con la saturación del mismo o acumulación de aguas que pueden generar la inestabilidad del suelo del sitio.

- Si al iniciar la excavación para la cimentación se presenta una estratigrafía diferente a la aquí anotada, se debe informar inmediatamente al Ingeniero Geotecnista para realizar las pruebas complementarias y obtener los parámetros de diseño, que eventualmente pueden conducir a un chequeo de la cimentación diseñada.

- Lo expuesto anteriormente se debe a que se está caracterizando un material que por su naturaleza es un medio discontinuo, multifase, particulado y de calidad no controlada.

- Eliminación total de la posible materia orgánica ó elementos de infra- estructura que se observen, porque los futuros cimientos no pueden colocarse sobre estos elementos. (Vías, Andenes y Sardineles)

6.2 Recomendaciones Excavaciones

- A la par de las operaciones de alineación y nivelación, se deben realizar trabajos para el acceso y realizar labores de limpieza de material sobrante del área.

- Asimismo, recomendamos la ubicación de las estructuras o material de excavación a una distancia mayor de 0.5H con respecto a obras cerca de las excavaciones, donde se deberá dejar previstos drenajes en la parte superior con el fin de evitar futuras inestabilidades.

- Iniciadas las excavaciones para la cimentación se recomienda llevarlas a cabo en el menor tiempo posible.

- El material sobrante de las excavaciones se deberá retirar del sitio del proyecto, asimismo, aunque no se prevé dificultad para hacer las excavaciones en los primeros metros de corte, se recomienda tenderlos inicialmente a 70° al momento de ir fundiendo la cimentación.

- Al realizar las excavaciones y con el fin de garantizar un comportamiento satisfactorio de los cortes propuestos para las excavaciones se recomienda evitar la colocación de sobrecarga en la parte superior mediante la descarga del material tipo bloque, hierro, parqueo de volquetas, etc.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

- Las excavaciones de las cimentaciones pueden realizarse manualmente y no se prevé la necesidad de recurrir a entibados, si se observa algún tipo de falla en el perfil estratigráfico, se recomienda consultar al profesional de geotecnia con el propósito de evaluar y aprobar todos los procedimientos constructivos en el sistema de fundación recomendado a los que el proyecto diere lugar.

- Se recomienda que el tiempo de exposición al medio ambiente sea mínimo para garantizar que no cambian las condiciones de resistencia porque de lo contrario se reducen de forma apreciable estos parámetros y se pueden generar desprendimientos.

- Para la construcción de los cimientos se tendrá que excavar dejando una pendiente hacia donde se pueda drenar agua lluvia o infiltrada y posteriormente bombearla ya que las propiedades mecánicas pueden disminuir de forma apreciable por humedecimiento del suelo, de igual manera, donde sea necesario se deberá extraer el agua infiltrada con motobomba.

- Si en el momento de excavación se observa algún cambio en el perfil estratigráfico, se recomienda llegando a la cota donde se proyecte la cimentación por remplazo del relleno (mejoramiento de la subrasante con rajón) , colocar una capa de rajón de un espesor de unos 25 a 30 cm. posteriormente colocar una capa de sello al mejoramiento de rajón se debe colocar encima un material de sello con un espesor no mayor a los 7.5 cm. con material de afirmado con el fin de llenar los vacíos ínter granulares y lograr de esta manera una transición que permita que se desarrolle el nivel de comparación deseado.

- El material de mejoramiento debe cumplir como mínimo, con un desgaste inferior al 50%, material catalogado de buena gradación, índice de plasticidad no mayor al 6%, tamaño máximo de 2", límite líquido menor de 30%, contenido de finos menor de 10%, (Pasa T200), de igual manera, los materiales no podrán contener las piedras de tamaño superior a 10 cm., su contenido de materia orgánica debe ser inferior al 3 % en peso y tendrá como componentes esenciales grava, arena y un poco de arcilla. Este material se denomina comúnmente recebo, caliche y zahorre.

- Cuando el relleno se coloque sobre cualquier tipo de suelo existente, este debe escarificarse lo suficientemente para obtener una adherencia perfecta entre el suelo y el relleno. Se debe tomar las precauciones necesarias para que el método de construcción adoptado no cause esfuerzos indebidos a ninguna estructura y para evitar deslizamientos del relleno sobre el terreno donde se coloquen.

- El constructor deberá ejecutar todas las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger contra inundaciones la zona de construcción.

- La cimentación será construida sobre una superficie limpia y libre de material indeseable (rellenos sueltos, capa vegetal, materia orgánica etc.).

- Con la evolución del tiempo se deberá realizar nivelaciones topográficas para evaluar el proceso de asentamiento y acomodación del estrato construido, de igual manera, durante la construcción de la cimentación, es muy importante establecer un sistema de control geotécnico de deformaciones y agrietamientos y dar aviso oportuno de cualquier anormalidad.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

- Se recomienda contar con asesoría permanente por parte de un especialista en geotecnia, con el propósito de evaluar y aprobar todos los procedimientos constructivos en el sistema de fundación recomendado a los que el proyecto diere lugar.

- En caso de evidenciarse algún indicio de inestabilidad del terreno en el momento de las excavaciones, se deberá avisar al Ingeniero Geotécnista, con el fin de evaluar las obras de contingencia del caso.

6.3 Recomendaciones para la protección de edificaciones, predios vecinos y vías aledañas.

Con el fin de proteger las edificaciones y vías vecinas se recomienda:

- Tener especial cuidado al momento de realizar excavaciones contra las construcciones vecinas, que seguramente presentan cimentación precaria y superficial. Si bien la profundidad no será considerable, en casos críticos deberán submurarse estas construcciones.

- La submuración es una técnica que debe realizarse en el sistema de trincheras alternadas. Esto significa, ir haciendo el tabique por partes, alternando sectores con excavaciones contra la medianera y manteniendo taludes laterales a los sectores excavados a 45º hasta hormigonar el paño abierto. Una vez listo un sector, se puede retirar el talud contiguo y realizar la excavación correspondiente para un nuevo sector de talud. Esta mecánica se continúa hasta completar el tabique.

- Para evitar arrastres de las edificaciones vecinas debido a los asentamientos previstos, se recomienda dilatar los bordes de contacto de la cimentación y de la súper estructura, utilizando láminas de icopor de 2 a 3 cm de espesor.

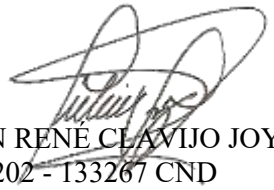
- Antes de empezar cualquier movimiento de tierras realizar una inspección a los predios vecinos para mirar el estado actual de las construcciones y levantar las respectivas actas de vecindad.

- Se recomienda localizar y censar las edificaciones próximas o colindantes, se debe contar con información actualizada del estado de dichas construcciones tal como, estado actual de la estructura y a qué profundidad se encuentra la cimentación.

- Detectar en el subsuelo todos los obstáculos y/o infraestructura existente que pudiera afectar la excavación. Como sistemas de comunicaciones (líneas de teléfono, internet, etc.), sistemas de agua potable, drenajes u otros.

- Para evitar realizar algún tipo de daño a la estructura aledaña, debido a la diferencia de niveles generados por la excavación, se debe contar con un sistema de protección adecuado al tipo de suelo con que se cuenta y con el tipo de edificaciones que se ven afectadas.

RESPONSABLE.



ING. JULIÁN RENÉ CLAVIJO JOYAI
RMP. 25202 - 133267 CND

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] BIAREZ. "Elementary Mechanics of Soil Behaviour". Editorial Balkema, 1994.
- [2] TERZAGUI AND PECK. "Soil Mechanic and Engineer and Practics"
- [3] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- [4] Ingeominas.
- [5] Foundation Analysis and Design, Bowles 1988, Cuarta Edición.
- [6] Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das 1995.
- [7] Mapa Geológico de Colombia, Esc. 1:2.800.000, Primera Edición, 2006, Instituto Colombiano de Geología y Minería, Ingeominas, Servicio Geológico.
- [8] Norma Invias INV E 172-13.
- [9] Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS.

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia, Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

8 ANEXOS

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

8.1 Anexo 1 - Plano de localización de apiques georreferenciados

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

8.2 Anexo 2 – Memorial de Responsabilidad y Certificaciones

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

8.3 Anexo 3 – Certificados de Calibración

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

8.4 Anexo 4 – Formatos de Laboratorio

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

8.5 Anexo 5 – Memorias de Cálculo

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com

8.6 Anexo 6 - Registro Fotográfico

Consultoría en las Areas de Geotécnia y Estructura, Construcción, Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Geotécnia,
Gerencia de Obras Civiles, Estudios Ambientales, Levantamiento Topográficos, Gestión Predial y Catastral
Celular: 310 575 17 22; Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C. - Colombia
sidycingenieria@gmail.com