ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE SUELOS

PROYECTO "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CENTRO DE SALUD DE MACHETÁ CUNDINAMARCA"

MUNICIPIO DE MACHETA

DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA



ALCALDÍA MUNICIPAL DE MACHETÁ

DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Calle 55A Sur No. 27 – 24 Bogotá D.C.
310 575 17 22
julianjoya@hotmail.com

ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO

PROYECTO:
PROYECTO "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CENTRO DE SALUD DE MACHETÁ CUNDINAMARCA"
CASCO URBANO
MUNICIPIO DE MACHETA
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Cliente:
ALCALDIA MUNICIPAL DE MACHETÁ CUNDINAMARCA
SECRETARIO DE PLANEACIÓN Y OBRAS PÚBLICAS

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

Revisó y Aprobó:
CARMEN ELISA CARMEN CARDOSO
Ingeniera Civil UCC
Esp. en Geotecnia Vial y Pavimentos
Maestría IC en Geotecnia ECI (EC)

Fecha:
OCTUBRE DE 2022

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 7
2.1 Objetivo 7
2.2 Alcance 7
2.3 Localización General del Proyecto 7
2.4 Delimitación 8
2.5 Descripción General y Climatológicas del Municipio 8
2.6 Localización Catastral 8
2.7 Localización Geodésica 9
2.8 Descripción General del Proyecto 10
2.9 Destinación 10
2.10 Sistema Estructural 10
2.11 Evaluación Preliminar de Cargas 10
3 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA 12
3.1 Geológica Regional 12
3.2 Geológica Local 12
3.2.1 Formación Une (Q2c) 12
3.3 Caracterización de Importancia: 13
3.4 Localización Sísmica 13
3.4.1 Zona de Amenaza Sísmica (Capítulo A.2.3 de NSR-10) 14
4 INVESTIGACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO 15
4.1 Reconocimiento de Campo. 15
4.2 Investigación del subsuelo. 15
4.2.1 Clasificación Unidades de Construcción 15
4.2.2 Número mínimo de sondeos 15
4.2.3 Profundidad de los Sondeos 16
4.2.4 Perforaciones, muestreo y ensayos de campo (in situ) 16
4.2.5 Tabla resumen de sondeos 17
4.2.6 Localización de Sondeos 18
4.3 Ensayos de Laboratorio 18
4.4 Resultados de Investigación del Subsuelo 19
4.5 Descripción de la exploración realizada al Subsuelo – Perfil Geotécnico Promedio 19
4.6 Características Fisicomecánicas 20
4.6.1 Humedad Natural 20
4.6.2 Materia Orgánica 20
4.6.3 Nivel de Aguas Freáticas (NAF) 20
4.6.4 Límites de Consistencia (Límites de Atterberg) 20
4.6.5 Correlación entre el Índice de Plasticidad (IP) y el Límite Líquido (LL) 21
4.6.6 Índice de Liquidez IL 21
4.6.7 Características Granulométricas 22
4.6.8 Peso Unitario (γ) 22
4.6.9 Resistencia a la Penetración Estándar (SPT) 23
4.6.10 Resistencia a la Compresión 23
4.6.11 Módulo de Young (Kpa): 24
4.6.12 Coeficiente de Compresibilidad Cc y Coeficiente de Recompresión Cr: 24
4.6.13 Propiedades Geomecánicas del perfil de suelo 24

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.6.14 Potencial Expansivo 26
4.7 Colapsabilidad 26
4.7.1 Humedad de Equilibrio Heq 27
4.8 Valores de Sismicidad y Parámetros Sismoresistentes NSR-10 27
4.8.1 Parámetros Sísmicos (Capítulo A.2.3 de NSR-10) 27
4.9 Tipo de perfil del suelo (NSR-10 A.2.4.2) 28
4.9.1 Movimientos Sísmicos de Diseño (Capítulo A.2.2 de NSR-10) 28
4.10 Módulo de Reacción Vertical del suelo (Ksv) 28
4.11 Módulo de Balastro Vertical del suelo 29
5 ANÁLISIS GEOTÉCNICO 30
5.1 Nivel de Fundación 30
5.2 Alternativas de Cimentación 30
5.3 Evaluación de Capacidad Portante 30
5.4 Análisis de Asentamientos 31
5.5 Drenajes 32
5.6 Potencial de licuefacción para el tipo de suelo encontrado (Capítulo H.7. NSR-10) 32
6 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS 33
6.1 Recomendaciones construcción placa de contrapiso 34
6.2 Recomendaciones Excavaciones 35
6.3 Recomendaciones geotécnicas para la construcción de la estructura de contención 35
7 RECOMEDACIONES PARA LA PROTECCIÓN DE EDIFICACIONES, PREDIOS VECINOS Y VÍAS ALEDAÑAS. 36
8 SISTEMA CONSTRUCTIVO Y RECOMENDACIONES 37
9 BIBLIOGRAFÍA 39
10 ALCANCES Y LIMITACIONES 40
11 CARTA DE RESPONSABILIDAD 41
12 ANEXOS 42
12.1 Anexo 1 - Perfil Estratigráfico y Ensayos de Laboratorio 43
12.2 Anexo 2 - Cálculo de Capacidad Portante 44
12.3 Anexo 3 - Cálculo de Asentamientos 45
12.4 Anexo 4 - Registro Fotográfico 46
12.5 Anexo 5 – Calibración de Equipos 47
12.6 Anexo 6 – Documentos Profesional 48

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 7
ILUSTRACIÓN 2 IDENTIFICACIÓN CATASTRAL DE LA ZONA DE ESTUDIO 8
ILUSTRACIÓN 3 LOCALIZACIÓN GEODÉSICA MAGNAS SIRGAS 9
ILUSTRACIÓN 4 IMAGEN DE SATÉLITE DE LA ZONA DEL PROYECTO 10
ILUSTRACIÓN 5 PROPUESTA ARQUITECTÓNICA DEL PROYECTO 11
ILUSTRACIÓN 6 LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA PROYECTO 12
ILUSTRACIÓN 7 GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO 13
ILUSTRACIÓN 8 ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA APLICABLE A EDIFICACIONES PARA LA NSR-10 EN FUNCIÓN DE AA Y AV 14
ILUSTRACIÓN 9 UBICACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS SONDEOS 18
ILUSTRACIÓN 10 VARIACIÓN DEL LL, LP Y W_N CON LA PROFUNDIDAD. 20
ILUSTRACIÓN 11 CARTA DE PLASTICIDAD 21
ILUSTRACIÓN 12 VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE LIQUIDEZ CON LA PROFUNDIDAD 21
ILUSTRACIÓN 13 VARIACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA CON LA PROFUNDIDAD 22
ILUSTRACIÓN 14 VARIACIÓN DEL PESO UNITARIO CON LA PROFUNDIDAD 22
ILUSTRACIÓN 15 VARIACIÓN DE N_{SPT} CON LA PROFUNDIDAD 23
ILUSTRACIÓN 16 RELACIÓN ENTRE Φ' VS IP (TERZAGUI, PECK, Y MESRI, 1996) 25
ILUSTRACIÓN 17 EVALUACIÓN DE C' Y Φ' A PARTIR DE SPT (ÁLVARO GONZÁLEZ, 1999) 25
ILUSTRACIÓN 18 HUMEDAD NATURAL Y HUMEDAD DE EQUILIBRIO. 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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 CUADRO DE COORDENADAS 9
TABLA 2 EFECTOS DE SITIO Y LOCALIZACIÓN SÍSMICA 13
TABLA 3 CLASIFICACIÓN UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN POR CATEGORÍAS 15
TABLA 4 NÚMERO MÍNIMO DE SONDEOS Y PROFUNDIDAD (CATEGORÍA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN) 16
TABLA 5 PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR 17
TABLA 6 GRADO DE METEORIZACIÓN ISRM (1981) PARA DESCRIPCIÓN DE SONDEOS 17
TABLA 7 TABLA RESUMEN DE PERFORACIONES 18
TABLA 8 TIPO DE ENSAYOS REALIZADOS EN CADA UNO DE LOS SONDEOS 18
TABLA 9 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PROMEDIO DEL SUELO 19
TABLA 10 PROFUNDIDAD DE NIVEL FREÁTICO 20
TABLA 11 CRITERIOS DE PLASTICIDAD 21
TABLA 12 VALORES TÍPICOS MÓDULOS DE YOUNG PARA SUELOS 23
TABLA 13 MÓDULOS DE ELASTICIDAD NO CONFINADOS 24
TABLA 14 PARÁMETROS DE COMPRESIBILIDAD PARA ESTRATO DE CIMENTACIÓN 24
TABLA 15 CRITERIOS DE RESISTENCIA AL CORTE 24
TABLA 16 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PROMEDIO 26
TABLA 17 CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS SEGÚN NSR-10 26
TABLA 18 CONDICIÓN DE COLAPSABILIDAD DEL SUELO 26
TABLA 19 EFECTOS LOCALES POR CONDICIONES SÍSMICAS (TABLA A.2.4. - NSR-10) 28
TABLA 20 CONSISTENCIA RELATIVA DE LOS SUELOS 32
TABLA 21 DIMENSIONES DE ZAPATAS 33

CONTROL DE CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD Y/O CLIENTE	UNIDADES
Original	ALCALDIA MUNICIPAL DE MACHETÁ CUNDINAMARCA SECRETARIO DE PLANEACIÓN Y OBRAS PÚBLICAS	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	CECC	CECC	Versión 1	OCT-21

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó por solicitud de la ALCALDÍA MUNICIPAL DE MACHETÁ, para la realización del estudio de suelos en el predio identificado con Cedula Catastral No.: 25426010000000043000100000000 y Matricula Inmobiliaria No.: 154-10388 en el casco urbano del Municipio de Machetá del departamento de Cundinamarca.

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 la estructura, la capacidad portante admisible del suelo y cálculo de asentamientos.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1 Objetivo

Realización del Estudio de Suelos para el proyecto "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CENTRO DE SALUD DE MACHETÁ CUNDINAMARCA", para una edificación de dos niveles con cubierta liviana y una zona de parqueo, el cual se efectuará de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 y sus modificatorias.

2.2 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, entre otros.

2.3 Localización General del Proyecto

Machetá es un municipio colombiano del departamento de Cundinamarca, ubicado en la provincia de Almeidas, a 101 km al noreste de Bogotá. Su cabecera municipal se encuentra ubicada sobre las coordenadas 05º04'49" de Latitud Norte y 73º36'27" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y cuenta con un área total de aproximadamente de 229,0 km2.

Fuente: www.es.wikipedia.org

LOCALIZACIÓN EN COLOMBIA	UBICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO
	

Ilustración 1 Localización General del Proyecto

Fuente: www.es.wikipedia.org

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

2.4 Delimitación

El municipio de Machetá está delimitado por:

Por el Norte **:** Municipio de Chocontá
Por el Sur : Municipios de Guatavita y Gachetá
Por el Oriente **:** Municipios de Tibirita y Manta
Por el Occidente **:** Municipios de Chocontá y Sesquilé

2.5 Descripción General y Climatológicas del Municipio

- Altura (m.s.n.m.): 2.094
- Temperatura: Promedio de 17.8°C.
- Piso térmico: Frio.

Fuente: www.es.wikipedia.org

2.6 Localización Catastral

El predio objeto del presente estudio se encuentra ubicado en el predio identificado con Cedula Catastral No.: 25426010000000043000 1000000000 (Ilustración 2) y Matricula Inmobiliaria No.: 154-10388 en el casco urbano del Municipio de Machetá del departamento de Cundinamarca.

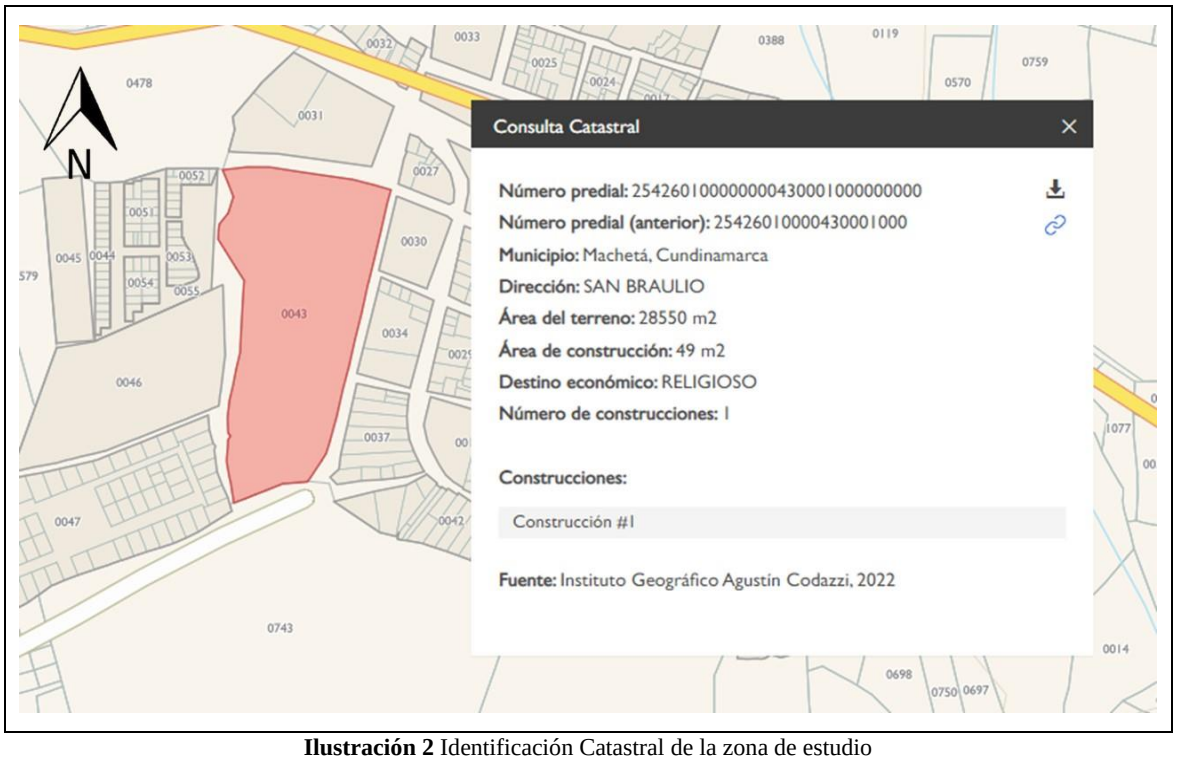


Ilustración 2 Identificación Catastral de la zona de estudio

Fuente: www.igac.gov.co

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

2.7 Localización Geodésica

Con el apoyo de los registros de campo, la información suministra por el cliente y las planchas del IGAC, se tiene la siguiente localización aproximada para el proyecto, determinada mediante el software **Magna3pro** desarrollado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC):

Tabla 1 Cuadro de Coordenadas

Coordenadas (MAGNA-SIRGAS) Orígenes de las zonas de proyección Gauss-Kruger en Colombia	**Coordenadas del Sitio de Estudio "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CENTRO DE SALUD DE MACHETÁ CUNDINAMARCA" (Ver Ilustración 3 y 4)**				
	Coordenadas Elipsoidales		**Coordenadas Gauss-Krûger**		**Altitud (m.s.n.m.)**
	LATITUD (N)	**LONGITUD (W)**	**NORTE (m)**	**ESTE (m)**	
Oeste – MAGNA					
Latitud (N)					
4º35'46.3215"	5° 4'53.00"N	73°36'36.65"O	1053671.919	1051820.119	2075,00
Longitud (W)					
71º04'39.0285"					

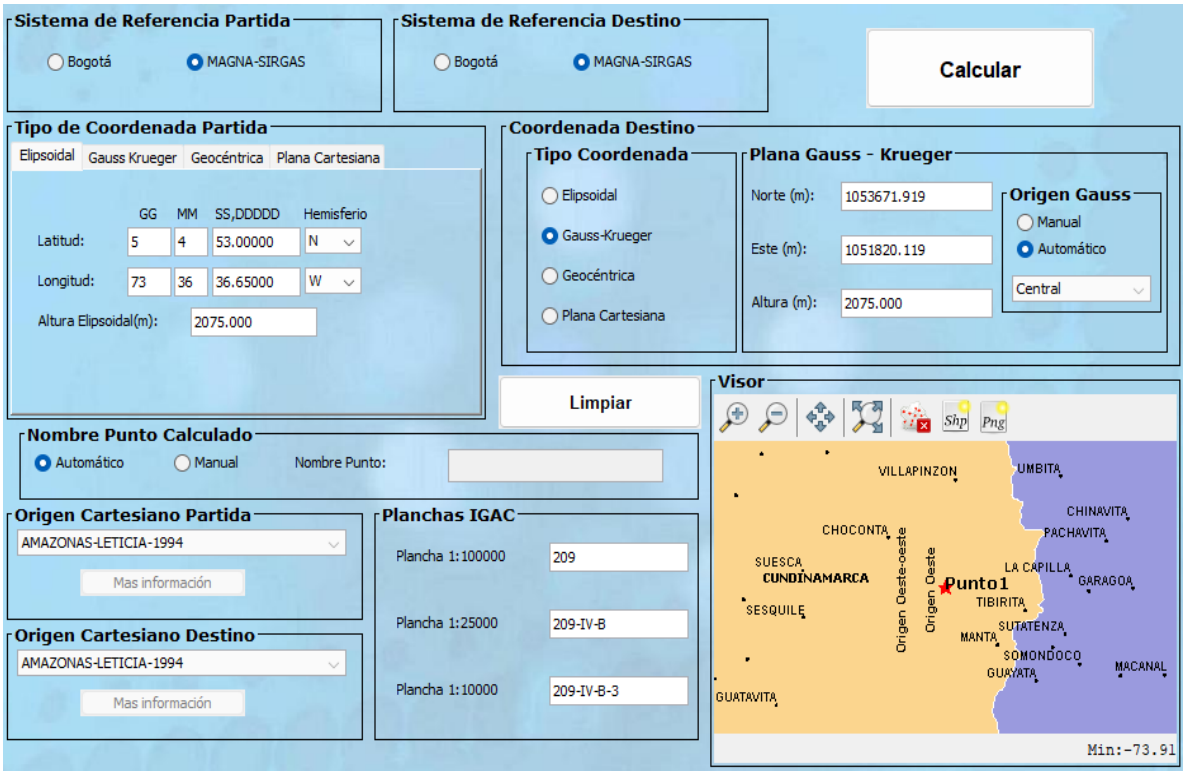


Ilustración 3 Localización Geodésica Magnas Sirgas

Fuente: IGAC

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com



Ilustración 4 Imagen de Satélite de la zona del Proyecto

Fuente: Google Earth

2.8 Descripción General del Proyecto

De acuerdo con la información verificada en campo, es para una edificación de dos (2) niveles de altura con cubierta liviana y una zona de parqueo. El lote de terreno donde se ubica el proyecto es de forma irregular y topografía ondulada. (Ver Ilustración 5).

2.9 Destinación

De acuerdo con la información suministrada por el personal encargado del proyecto, las instalaciones a desarrollar son destinada para el uso institucional.

2.10 Sistema Estructural

Es una estructura metálica con un espaciamiento típico entre columnas entre 4.0 m. a 5.0 m. aproximadamente.

2.11 Evaluación Preliminar de Cargas

De acuerdo con la información obtenida del cliente y según las características propias de la construcción, las cargas son de 30 Toneladas por carga axial.

Nota: La evaluación de cargas se realizó por áreas aferentes del proyecto e información suministrada por el Ingeniero estructural del proyecto.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com



Ilustración 5 Propuesta arquitectónica del proyecto

Fuente: Consultor

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

3 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

3.1 Geológica Regional

Tomando como base los estudios hechos para la zona de estudio, se logró establecer que la zona se encuentra en la Provincia Litosférica Continental Mesoproterozoica Grenviliana **(PLCMG)** donde afloran básicamente los grupos de suelos: **(*b1k1-Sm*)** constituida por Shales con Yeso,cherts intercalados con calizas y arenitas.

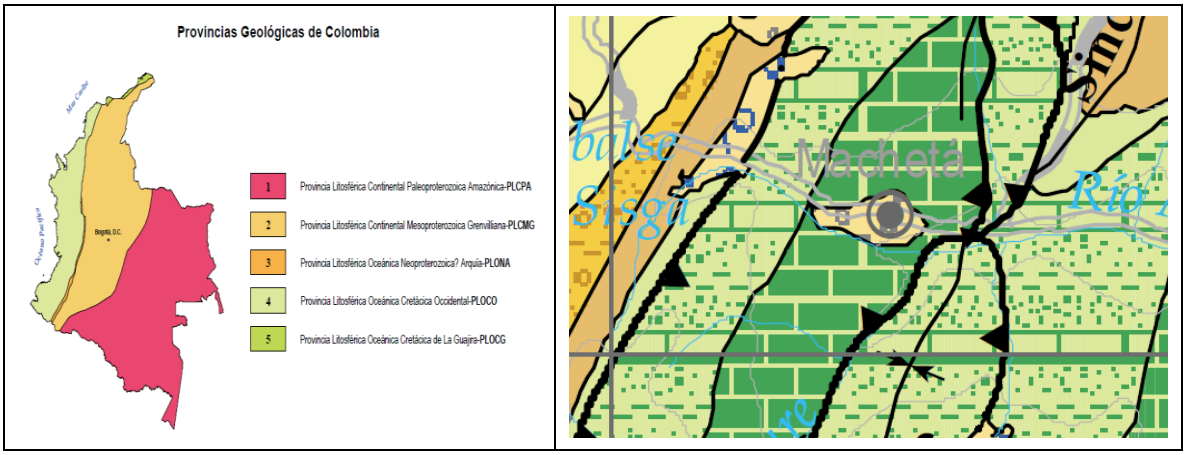


Ilustración 6 Localización geológica Proyecto

Fuente: Plancha 5-14 INGEOMINAS-2007

3.2 Geológica Local

3.2.1 Formación Une (Q2c)

Se presentan dispersos en el área de estudio, cubriendo superficies pequeñas y grandes; entre los principales se tiene los depósitos ubicados en el Municipio de San Cayetano (A1, A2 y B1), en el sinclinal de Río Frío (G1 y H1) y al occidente del Municipio de Cogua (F2- F3 y G3), donde se presentan bloques embebidos por una matriz arcillo-arenosa. El ubicado cerca al Municipio de Cogua es denominado por Helmens & Van der Hammen (1995), como Formación del Río Tunjuelo.

Cerca a los municipios de Chocontá y Villapinzón (D10-11 y E10-11) se presenta un depósito coluvial más antiguo, con un espesor aproximado entre 10 y 15m, es un depósito caótico con bloques de areniscas, desde métricos hasta gravas (4cm), sin selección, envueltos en una matriz arenosa, en general clastos-soportados con clastos angulares.

Fuente: Memoria descriptiva de la Plancha 209 Zipaquirá, INGEOMINAS 2003

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

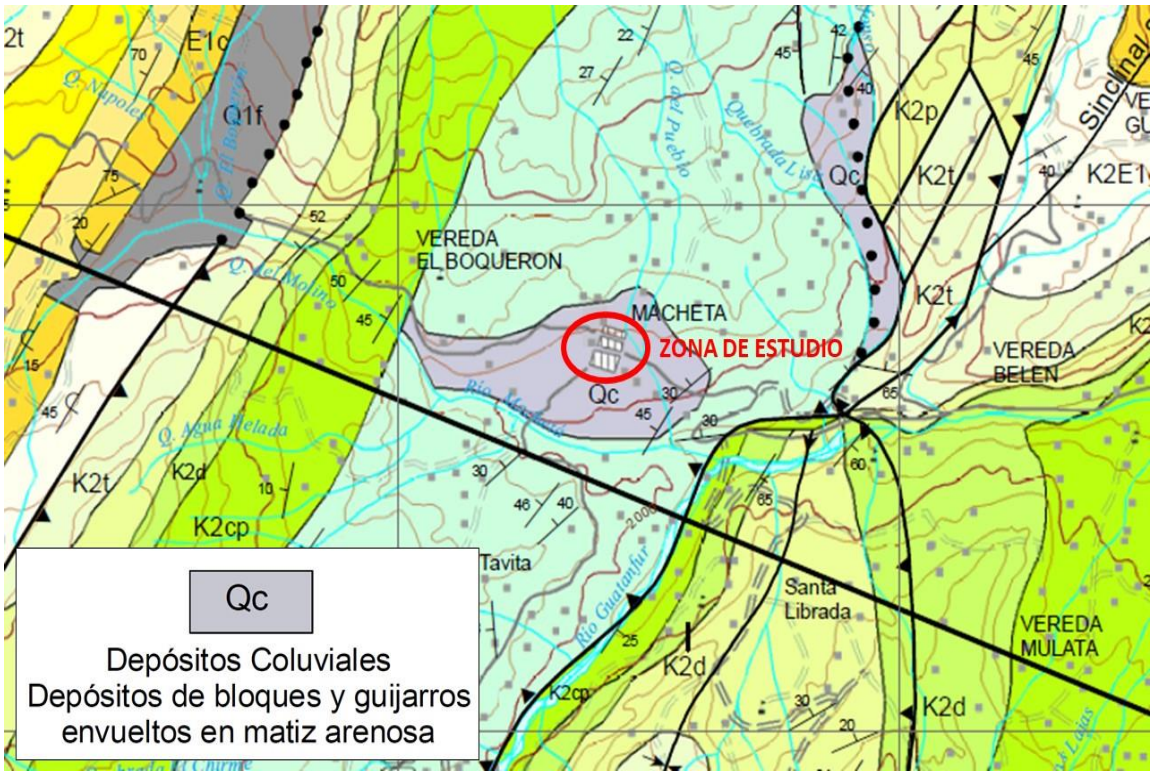


Ilustración 7 Geología de la zona de estudio
Fuente: Geología de la Plancha 209 Zipaquirá, INGEOMINAS 2003

NOTA: No se observaron problemas de inestabilidad ni fallas locales y/o regionales que pudieran modificar las características físico-mecánicas que presenta actualmente el subsuelo.

3.3 Caracterización de Importancia:

Grupo de Uso II – Estructuras de Ocupación Especial (NSR 10 A.2.5.1.4)
Coeficiente de Importancia (I) = 1,10 - (NSR 10 Tabla A.2.5-1)

3.4 Localización Sísmica

Tabla 2 Efectos de Sitio y Localización Sísmica

DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA	VALOR
Machetá - (Cundinamarca)	Código	25426
Zona de Amenaza Sísmica (Apéndice A-4)	-	Alta
Movimientos Sísmicos de Diseño (A.2.2) NSR - 10		
Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva, para diseño (Apéndice A-2)	Aa	0.20
Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva, para diseño (Apéndice A-2)	Av	0.25
Coeficiente de aceleración pico efectiva reducida, para diseño con seguridad limitada (Apéndice A-10)	Ae	0.13
Coeficiente de aceleración pico efectiva, para umbral de daño (Apéndice A-12)	Ad	0.06

Fuente: NSR-10 Capitulo A

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

3.4.1 Zona de Amenaza Sísmica (Capítulo A.2.3 de NSR-10)

Las estructuras que hacen parte integral del proyecto objeto del presente estudio, se localizan en una Zona de Amenaza Sísmica **Alta**.

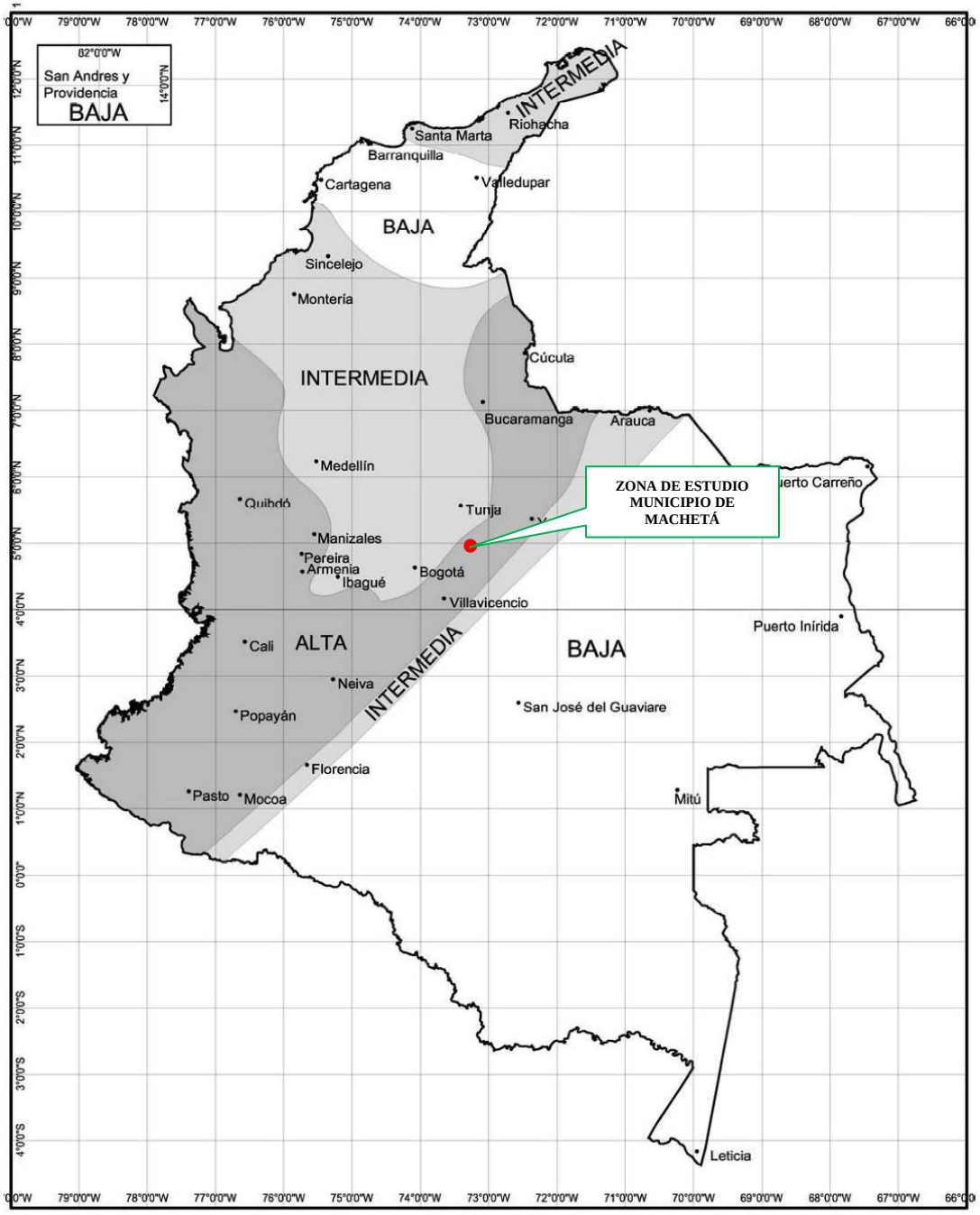


Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v

Ilustración 8 Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av

Fuente: Figura A.2.3-1 NSR-10

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4 INVESTIGACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

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, se definió el siguiente programa de exploración del subsuelo.

4.1 Reconocimiento de Campo.

Con el fin de obtener información de campo se realizó por parte de nuestro personal técnico, una inspección visual a la zona de afectación del proyecto, donde se presentaron unas condiciones climáticas de tiempo seco, una temperatura promedio de aproximadamente 18°C y no se presentó lloviznas durante la exploración.

4.2 Investigación del subsuelo.

Con el fin de establecer el número mínimos de sondeos exploratorios a realizar y sus correspondientes profundidades mínimas, teniendo en cuenta las características geológicas y el tipo de construcciones (unidades de construcción) a desarrollar en el sitio del proyecto, se toma como base lo contemplado en el Capítulo H.3 de la NSR-10 (Caracterización geotécnica del subsuelo) del cual se obtuvo el siguiente resultado:

4.2.1 Clasificación Unidades de Construcción

Las unidades de construcción se clasifican en categoría baja, media, alta y especial, según el número total de niveles y las cargas máximas de servicio, donde para la clasificación de las edificaciones propias del proyecto se asignará de la siguiente manera:

Tabla 3 Clasificación Unidades de Construcción por Categorías

Categoría de la Unidad de Construcción	Según los niveles de Construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4.000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4.001 y 8.000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8.000 kN

Fuente: Capítulo H de la NSR-10 (Tabla H.3.1-1)

Dado lo antes expuesto podemos decir que analizando las cargas máximas de servicio (cargas muertas + cargas vivas) de las estructuras propuestas, que para este caso son menores a 800 kN (< 80 Ton.), la categoría de las Unidades de Construcción es **Baja**.

4.2.2 Número mínimo de sondeos

El número mínimo de sondeos y su profundidad mínima de exploración para realizar en el terreno donde se desarrollará el proyecto se define de acuerdo con lo contemplado en la Tabla No. 4 y en la categoría de las unidades de construcción obtenidas anteriormente:

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

Tabla 4 Número mínimo de sondeos y profundidad (Categoría Unidad de Construcción)

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de Sondeos: 6 metros Número Mínimo de Sondeos: 3	Profundidad Mínima de Sondeos: 15 metros Número Mínimo de Sondeos: 4	Profundidad Mínima de Sondeos: 25 metros Número Mínimo de Sondeos: 4	Profundidad Mínima de Sondeos: 30 metros Número Mínimo de Sondeos: 5

Fuente: Capítulo H de la NSR-10 (Tabla H.3.2-1)

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*.

4.2.3 Profundidad de los Sondeos

Con base en lo contemplado en el Capítulo H.3.2.5 de la NSR-10 (profundidad de sondeos), se establece que por lo menos el 50% de todos los sondeos debe alcanzar la profundidad mínima dada en la Tabla No. 5 (Tabla H.3.2-1 de la NSR-10).

Con base en los datos anteriores, 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), según lo contemplado en el numeral (d) del Capítulo H.3.2.5 de la NSR-10 para unidades de construcción de Categoría Baja.

Nota: Se hace la observación que las profundidades mínimas de exploración contempladas en el presente estudio pueden ser empleadas para recomendaciones de cimentaciones superficiales y/o profundas, siempre y cuando cumplan con los criterios establecidos en el Capítulo H.3.2.5 de la NSR-10 para unidades de construcción de Categoría Baja.

4.2.4 Perforaciones, muestreo y ensayos de campo (in situ)

Tal como se indicó anteriormente, con el fin de conocer y caracterizar el perfil del subsuelo afectado por el proyecto, durante la ejecución de los sondeos geotécnicos con muestreo en el sitio de estudio se empleó un equipo de percusión manual para la obtención de muestras "alteradas" a través del Ensayo de Penetración Estándar (SPT), se utilizó un penetrómetro estándar (cuchara partida) de aproximadamente 1 3/8" (3,50 cm) de diámetro interno y un martillo de 63,5 kg, con caída de 76,2 cm. Durante la realización de los ensayos de campo SPT se anotaron los números de golpes por cada 15 cm., de hincado, para efectos de definir la compacidad relativa para suelos granulares o consistencia para suelos cohesivos, de acuerdo con los criterios basados a Terzaghi y Peck. Adicionalmente, se anotó la longitud de recuperación de la muestra con respecto a la longitud del penetrómetro o tubo partido. Para efectos de la compacidad relativa (Arenas) o consistencia (Arcillas) se ha clasificado el suelo de acuerdo con la Tabla No. 6 (Criterios basados en la Prueba de Penetración Estándar – ASTM D-1586) de acuerdo a Terzagui y Peck, 1948.

De igual manera, con base en los resultados de los análisis efectuados a las muestras de suelo se realizó una clasificación de acuerdo a los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS (ASTM D-2487) y de la AASTHO y los criterios de plasticidad desarrollado por Atterberg (ASTM D-4318) basados en los Ensayos de Índice de Plasticidad.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

Tabla 5 Prueba de Penetración Estándar

Compacidad Relativa de la Arena		Resistencia de la Arcilla		
Resistencia a la penetración N (golpes/pie)	Compacidad Relativa	Resistencia a la penetración N (golpes/pie)	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	Consistencia
0 - 4	Muy Suelta	< 2	< 0.25	Muy Blanda
4 - 10	Suelta	2 - 4	0.25 - 0.50	Blanda
10 - 30	Media	4 - 8	0.50 - 1.00	Media
30 - 50	Compacta	8 - 15	1.00 - 2.00	Semidura
> 50	Muy Compacta	15 - 30	2.00 - 4.00	Dura
		> 30	> 4.00	Rígida

Fuente: Libro Mecánica de Suelos de Lambe

La roca se ha considerado meteorizada cuando presenta oxidación en las juntas, o presenta estructura saprolítica, asimismo, se ha tenido en cuenta la siguiente clasificación:

Tabla 6 Grado de Meteorización ISRM (1981) para descripción de sondeos

Grado	Descripción	Termino
VI	Suelo residual	Toda la roca está convertida en suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existe un gran cambio de volumen, sin embargo, el suelo no ha sido transportado significativamente.
V	Completamente meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta.
IV	Muy Meteorizada	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos discontinuos.
III	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos continuos.
II	Levemente meteorizada	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca en su totalidad puede estar decolorada por la meteorización y puede estar externamente algo más débil que en su condición fresca.
I	Roca fresca	No presenta signos visibles de meteorización en la roca. Tal vez una leve decoloración en las superficies de las discontinuidades mayores.

Nota: Se hace la anotación que los parámetros de resistencia indicados en los perfiles de perforación son capacidades obtenidas a partir del SPT y penétrometro de bolsillo producto del trabajo de campo, y son una base para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo, por tal motivo, con el fin de obtener la capacidad portante a través de métodos convencionales (Skempton, Terzagui, Vésic o Meyerhof, entre otros) se complementó la información de resistencia (cohesión y ángulo de fricción interna) con ensayos de compresión.

4.2.5 Tabla resumen de sondeos

En el Anexo No. 1 (Perfil estratigráfico y propiedades del suelo) se presenta el resumen de las propiedades geotécnicas físico-mecánicas encontradas en el material del área de estudio para cada sondeo donde se aprecia su variación con respecto a 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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

Tabla 7 Tabla resumen de perforaciones

SONDEO	TIPO DE SONDEO	LOCALIZACIÓN		NIVEL FREÁTICO (m)		CANTIDADES DE EXPLORACIÓN		
		NORTE	ESTE	NF Mín.	NF Máx.	SUELO (m)	SUELO (%)	ROCA (m)
1	SPT	5° 4'53.40"N	73°36'36.87"O	-	-	3,00	100	N.P.
2	SPT	5° 4'53.00"N	73°36'36.65"O	-	-	2,50	100	N.P.
3	SPT	5° 4'53.35"N	73°36'36.46"O	-	-	2,30	100	N.P.

Nota: Los niveles de cada punto se tomaron con GPS por parte del personal técnico, las cuales corresponden a cotas reales (Ver Anexo No. 1 - Información general de exploración de campo).

4.2.6 Localización de Sondeos



Ilustración 9 Ubicación Esquemática de los sondeos

Fuente: Consultor de topografía

4.3 Ensayos de Laboratorio

Tabla 8 Tipo de ensayos realizados en cada uno de los sondeos

TIPO DE ENSAYOS	
ENSAYOS INDICE Y DE CLASIFICACIÓN	Contenido de Humedad Natural (I.N.V E 122-13)
	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)
RESISTENCIA ESFUERZO Y DEFORMACIÓN	Penetrómetro Manual (ASTM D-1558)
	Compresión Inconfinada (I.N.V E 152-13)

En el Anexo No. 1 (Ensayos de Laboratorio) se presenta los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados para cada sondeo.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

Nota (1): 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.

Nota (2): Los resultados de Resistencia al corte no drenado de los diferentes estratos de suelos se obtuvieron con base en los ensayos de campo de Penetración Estándar (SPT), penetrómetro manual de bolsillo y de compresión Inconfinada en laboratorio, teniendo en cuenta las curvas de esfuerzo vs deformación y de correlaciones con los números de golpes del SPT.

4.4 Resultados de Investigación del Subsuelo

El perfil estratigráfico corresponde a suelos típicos de Depósitos Coluviales (Qc) constituidos por depósitos de bloques y guijarros envueltos en matriz arenosa. El tipo de suelo donde se proyecta realizar la cimentación de las estructuras corresponde a una arcilla limosa de color marrón con presencia de grava, humedad media, de consistencia media a semidura. Estos materiales clasifican de acuerdo con el Sistema USC como material tipo CL-CH.

En los sitios de exploración se identificaron suelos que corresponden al mismo origen y formación geológica, asimismo, analizando los perfiles estratigráficos encontrados para cada uno de los sondeos, se aprecian estratos heterogéneos que bajo condiciones geotécnicas pueden considerarse estratos similares, en busca de realizar una generalización de comportamientos que permita definir perfiles geotécnicos de análisis.

4.5 Descripción de la exploración realizada al Subsuelo – Perfil Geotécnico Promedio

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo, 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 dos (3) 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 9 Perfil Estratigráfico promedio del Suelo

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA PROMEDIO				
PROFUNDIDAD (mt)	LITOLOGÍA SIMBOLOGÍA	ESTRATIGRAFÍA	Grado Meteorización	CLASIFICACIÓN Unificada de Suelos (SUSC)
0,00		ESCOMBRO, MATERIAL DE RELLENO		
0,05		MATERIAL DE RELLENO, CON PRESENCIA DE UNA ARCILLA LIMOSA DE COLOR MARRÓN		
0,80				
1,40		ARCILLA LIMOSA DE COLOR MARRÓN CON PRESENCIA DE GRAVA, HUMEDAD MEDIA, DE CONSISTENCIA MEDIA A SEMIDURA	VI	CH-CL
2,00				
2,60		ARCILLA LIMOSA DE COLOR MARRÓN CON PRESENCIA DE GRAVA, HUMEDAD MEDIA, DE CONSISTENCIA DURA A RÍGIDA	VI	CL
3,00				
6,00		MATERIAL DE CONSISTENCIA RÍGIDA, PRESENTA RECHAZO POR SPT	VI	
El espesor de los estratos es variable, se realiza una aproximación de acuerdo con la exploración geotécnica ejecutada.				
NO PRESENTA NIVEL FREÁTICO EN LA EXPLORACIÓN REALIZADA				

Fuente: Propia

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.6 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.

4.6.1 Humedad Natural

Se determinó que, en el sitio de estudio, aunque predominan los suelos finos, la porción fina es de composición Arcillo limosa. Para estos materiales, el contenido de humedad se encuentra entre el 16% y 50%.

4.6.2 Materia Orgánica

Los materiales que predominan en la zona presentan bajo contenido de materia orgánica en los estratos superiores del perfil estratigráfico explorado.

4.6.3 Nivel de Aguas Freáticas (NAF)

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 10 Profundidad de nivel freático

SONDEO	NIVEL FREÁTICO (m)	
	Mínimo	Máximo
1	-	-
2	-	-
3	-	-

4.6.4 Límites de Consistencia (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 $41\% \geq LL \leq 58\%$
- Límite Plástico $16\% \geq LP \leq 21\%$
- Índice de Plasticidad $23\% \geq IP \leq 39\%$
- Contenido de Humedad $16\% \geq W_N \leq 50\%$

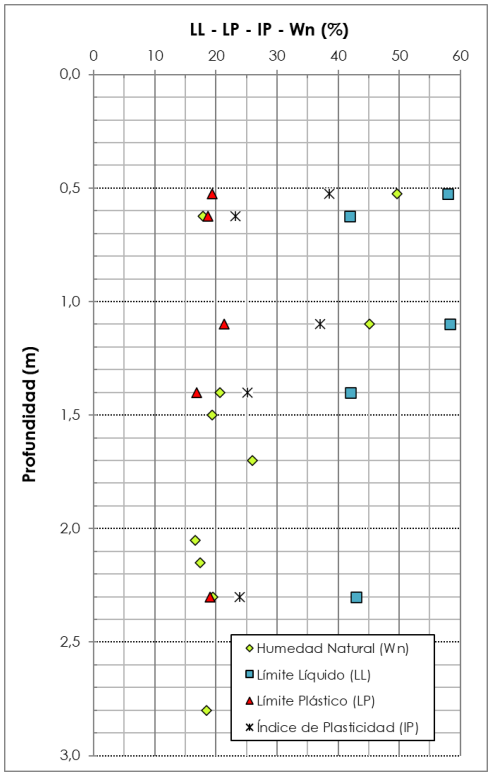


Ilustración 10 Variación del LL, LP y W_N con la profundidad.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.6.5 Correlación entre el Índice de Plasticidad (IP) y el Límite Líquido (LL)

Es conocido en el área de la Geotecnia que los suelos de un mismo origen tienden a ubicarse en una franja bien definida en el gráfico de Plasticidad de Casagrande (Ver Ilustración No. 10), lo cual implica la existencia de una relación entre el Índice de Plasticidad (IP) y el Límite Líquido (LL).

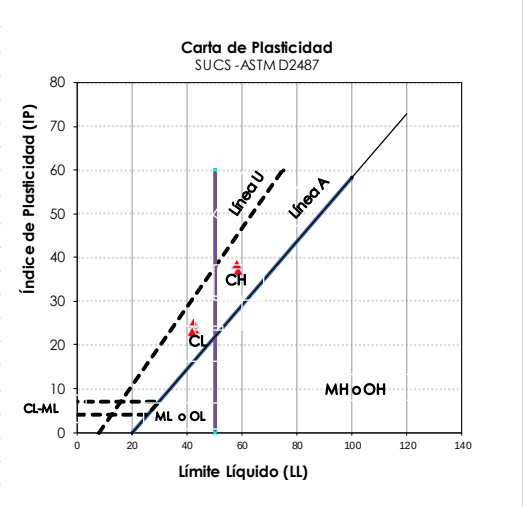


Ilustración 11 Carta de Plasticidad

El perfil del suelo presenta variación del índice de Plasticidad (IP) con la profundidad donde se aprecia que va aumentando de acuerdo con el perfil explorado. Al igual que los límites LL y LP, hay un estrato donde el IP cambia, los valores en general para el índice de plasticidad se encuentran superiores a 23% hasta alcanzar valores de 39%, para una Plasticidad Media y Alta, de acuerdo con la Tabla No. 11.

Tabla 11 Criterios de Plasticidad

Índice Plástico	Plasticidad
0 - 3	No Plástico
4 - 15	Plasticidad Baja
16 - 30	Plasticidad Media
> 30	Plasticidad Alta

4.6.6 Índice de Liquidez IL

Para el Índice de Liquidez (IL) también se observa que se presentan valores heterogéneos con la profundidad, partiendo de valores que oscilan entre -0.03 a 0.78, en el estrato donde se proyecta la cimentación se encuentran valores cercanos a 0, con lo que podemos analizar que el terreno donde se proyectará la cimentación es un material Arcillo limoso y se comportará como un suelo PreConsolidado.

Índice de liquidez cercano a 0 - Suelo Preconsolidado
Suelo que ha soportado presiones efectivas mayores a las encontradas al momento de la prueba por los estratos en estado natural
Índice de liquidez cercano a 1 - Suelo Normalmente Consolidado
Suelo que nunca ha estado sometido a presiones efectivas mayores que las encontradas al momento de la prueba en estado natural

Demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, porque el contenido de humedad W_N es menor que al Límite Plástico LP. En este caso el suelo estará en estado sólido a semi sólido. Tendrá un comportamiento mecánico Malo a Aceptable y una capacidad de drenaje Casi Impermeable, para soportar la construcción de los cimientos, se recomienda la realización de un mejoramiento en el nivel de cimentación antes de la colocación de la cimentación de las estructuras, en el caso de ver materiales diferentes a los mencionados anteriormente.

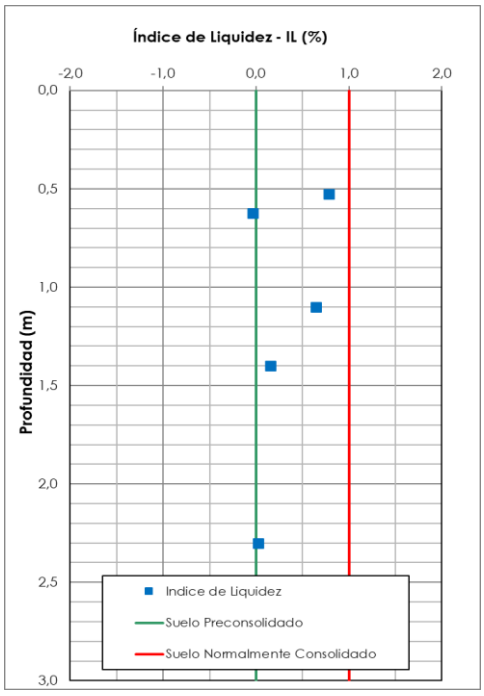


Ilustración 12 Variación del Índice de Liquidez con la profundidad

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.6.7 Características Granulométricas

Al igual que los límites de Atterberg, la distribución granulométrica presenta un aspecto típico de suelos de Depósitos Coluviales. 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.

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 23%
- Arenas 7% al 33%
- Finos 58% al 90%.

De acuerdo con los resultados antes expuesto, en general se puede apreciar que el contenido de material fino 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, de composición arcillo limosa, es decir que su comportamiento se encuentra gobernado por la fracción fina.

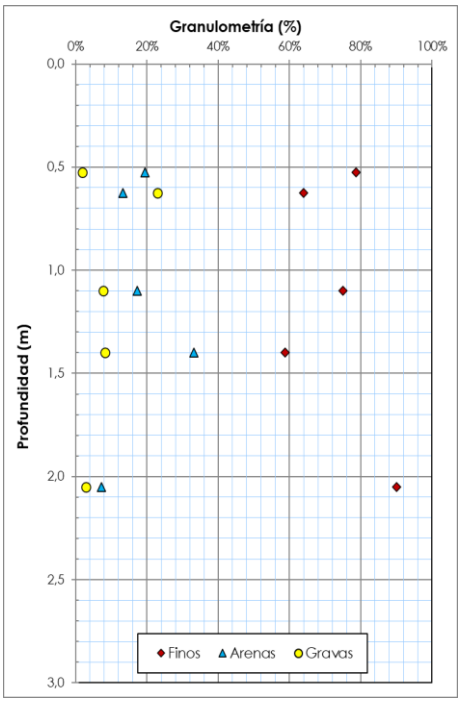
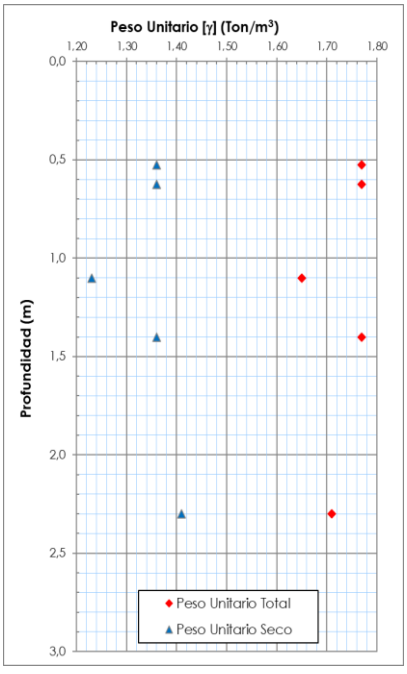


Ilustración 13 Variación de la Granulometría con la profundidad

4.6.8 Peso Unitario (γ)

Una de las características básicas de los suelos es el peso unitario, el cual tiene una gran influencia sobre su comportamiento mecánico. El valor de esta propiedad física depende de la densidad de las partículas minerales que forman el suelo (Peso específico de sólidos G_S) y de la proporción en que se reparten las tres (3) componentes que forman el suelo: mineral, agua y aire. La humedad natural (Wn) de los suelos presentes tiene un comportamiento típico de suelos consolidados.



Se hace la observación que la variación de la humedad con la profundidad es similar a lo reportado en la literatura geotécnica. A medida que aumenta la profundidad, la humedad natural se mantiene donde se presentan valores promedio de 25%.

El peso unitario tiene un comportamiento similar al de la humedad natural; donde se presentan un valor de alguna manera homogéneo el cual va disminuyendo en profundidad, hay poco variabilidad del material y a pesar que hay aumento del esfuerzo vertical (esfuerzos geostáticos) y a la menor compresibilidad del suelo en la superficie, presentando un valor promedio en el estrato de cimentación de **γ = 1.71 Ton/m³** hasta alcanzar valores superiores de γ = 1.77 Ton/m³ en las inmediaciones del depósito arcilloso donde se pueden presentar valores superiores. El grado de saturación del suelo en promedio se encuentra en el 80%, lo cual corresponde a un comportamiento de un suelo parcialmente saturado.

Ilustración 14 Variación del Peso Unitario 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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.6.9 Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)

Se tomó como referencia el número de penetración estándar N obtenida en campo. Para los materiales finos de la parte superior (Rango entre 0.10 m y 1.5 metros de profundidad), los valores promedio de N se encuentran entre 4 y 19 golpes/pie. En general, se registran valores de N por encima de 20 golpes/pie en promedio para el perfil estratigráfico después de los 1.50 m. de profundidad, después de los 3.0 metros de profundidad en promedio se presenta rechazo por el método SPT. De igual manera, de acuerdo con los anteriores resultados podemos decir que existe una gran heterogeneidad de resultados del ensayo del SPT.

NOTA: El ensayo de penetración estándar consiste en obtener un valor de N (golpes) el cual permite obtener un valor de resistencia del terreno, en los casos que la resistencia del terreno sea elevada se puede dar por finalizado el ensayo, esto es cuando en un tramo de 15 cm se alcancen más de 50 golpes, en estos casos se denomina rechazo. Para edificaciones de categoría Baja, los sondeos pueden suspenderse al llegar a materiales que presenten suelo firme, en este caso cuando se llegue al rechazo por el ensayo SPT.

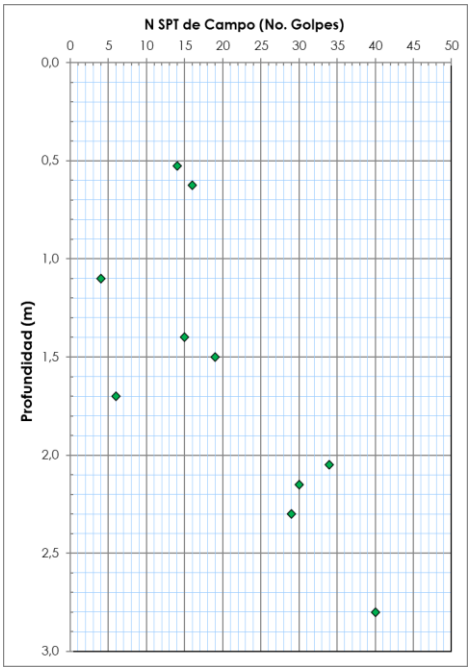


Ilustración 15 Variación de N_{SPT} con la profundidad

4.6.10 Resistencia a la Compresión

Con base en la información de resistencia tomada de los resultados de campo mediante el penetrómetro manual y a los resultados obtenidos del Ensayo de Penetración Estándar (SPT), se obtuvo que la resistencia al corte no drenada (Cu) para el perfil estratigráfico se encuentra aproximadamente en 0.30 a 1.50 kg/cm^2 en el perfil explorado, donde se observa una heterogeneidad en los valores medios los cuales son característicos de los suelos preconsolidados.

De acuerdo con los valores obtenidos de resistencias al corte drenadas se puede clasificar la consistencia del material como de consistencia semidura, de acuerdo a los parámetros elásticos típicos de suelos de la siguiente tabla y de los ensayos de laboratorio, podemos analizar que el módulo elástico de Young que se presenta en el perfil estratigráfico se encuentra aproximadamente entre 2.0 a 8.0 Mpa para materiales Arcillosos en el estrato de cimentación.

Tabla 12 Valores típicos Módulos de Young para suelos

Tipo de Suelo	Módulo de Young - E (Mpa)	Coeficiente de Poisson (v)
Arcilla Suave	2.0 - 4.0	
Arcilla firme a dura	4.0 - 8.0	0.40 - 0.50
Arcilla muy dura	8.0 - 20.0	
Limo	2.0 - 20.0	0.30 - 0.35
Arena fina Suelta	8.0 - 12.0	
Arena fina medio densa	12.0 - 20.0	0.25
Arena fina Densa	20.0 - 30.0	
Arena Suelta	10.0 - 30.0	0.20 - 0.35
Arena medio Densa	30.0 - 50.0	
Arena Densa	50.0 - 80.0	0.30 - 0.40
Grava Suelta	30.0 - 80.0	
Grava medio densa	80.0 - 100.0	
Grava densa	100.0 - 200.0	

Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113 pp. 901,902

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.6.11 Módulo de Young (Kpa):

Se utilizó la siguiente expresión para el cálculo del módulo de las arcillas detectadas.

E=320*(N+15) Según Bowles, 1996

Tabla 13 Módulos de elasticidad no confinados

Estrato	PROFUNDIDAD		Módulo de Young (E)			
No.	(m)	(m)	Kpa	Mpa	kg/cm^2	Ton/m^2
2	1,50	3,00	12800	12,80	130,52	1.305,24

4.6.12 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:

Tabla 14 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)				
2	1,50	3,00	0,288	0,245	0,452	0,047

4.6.13 Propiedades Geomecánicas del perfil de suelo

4.6.13.1 Parámetros de Resistencia al Corte

La determinación de los parámetros de resistencia al corte (Cohesión c' y ángulo de fricción φ') se realizó a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de penetración estándar SPT y penetrómetro de bolsillo, para los diferentes materiales encontrados en cada sondeo.

Los resultados del ensayo del SPT fueron corregidos para tener en cuenta en confinamiento y la energía promedio aplicada, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$N_i' = C_N * N * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

Para estimar los valores de ángulo de fricción equivalente (φ_{equiv}), se emplearon las siguientes expresiones:

Tabla 15 Criterios de Resistencia al corte

$\phi_1 = \sqrt{(18*N_{70})+15}$		
$\phi_2 = 15+ (12.5*N_{60})^{0.5}$		(Kishida)
C_N = 0,77*Log (20/σ'v)	σ'v= kg/cm^2	(Peck, Hanson,1974)

Con el valor de φ_{equiv}, se calcularon parámetros de c' y φ' para cada material, siguiendo la metodología propuesta por González A. J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ_v' Vs τ) en planos de Mohr-Coulomb, donde los coeficientes obtenidos en una regresión lineal, corresponden a

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

los parámetros geomecánicos efectivos buscados. (Ver Anexo Parámetros efectivos de Resistencia SPT). El esfuerzo efectivo vertical σ_v', se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geoestático total y la presión de poros, y el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, τ, se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente φ_{equiv}.

Nota: De las gráficas obtenidas se puede apreciar que los coeficientes de correlación son superiores del 90%, por lo que podemos decir que existe un buen grado de correlación de la tendencia lineal por lo que lo datos son confiables.

Como complemento a lo antes expuesto y partiendo de las correlaciones empíricas que han sido desarrolladas para relacionar φ' con las característica de plasticidad de los suelos y de los ensayos de laboratorio efectuados, se toma de la Ilustración No. 16 y 17 los valores promedios de φ' para cada estrato, donde se observa una ligera tendencia de φ' decreciendo con un incremento del (IP) Índice de Plasticidad (Terzagui, Peck, y Mesri, 1996), donde sus variaciones pueden ser ± 8°.

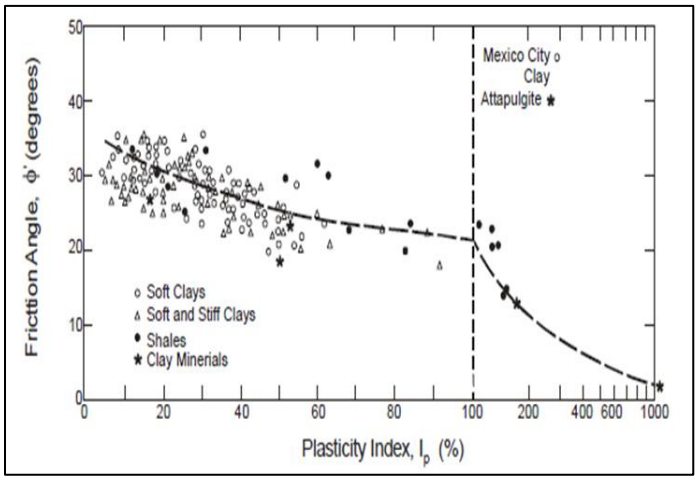


Ilustración 16 Relación entre φ' Vs IP (Terzagui, Peck, y Mesri, 1996)

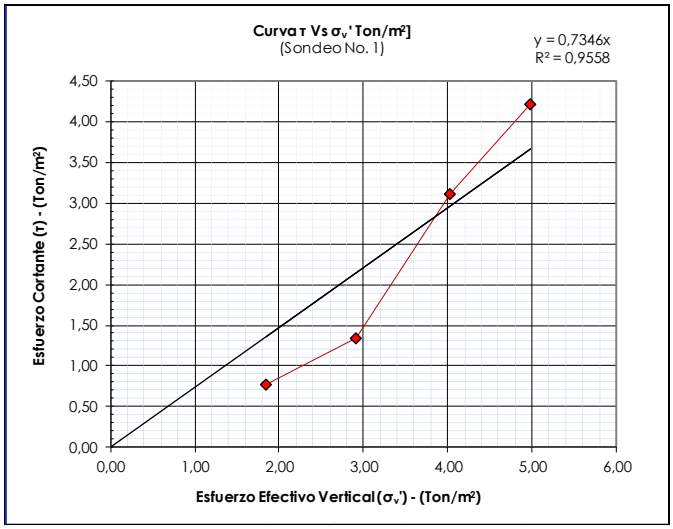


Ilustración 17 Evaluación de c' y φ' a partir de SPT (Álvaro González, 1999)

Para los valores de cohesión efectiva c' a corto plazo, se relaciona el esfuerzo de preconsolidación y el estado de esfuerzos efectivos, sin embargo, para análisis a largo tiempo que involucran la mayoría de las arcillas insensitivas, limos, y arenas no cementadas, se recomienda adoptar c' = 0.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

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 16 Caracterización geotécnica promedio

Estrato	PROFUNDIDAD		Cu	c'	ϕ'	γt
No.	(m)	(m)	kg/cm^2	kg/cm^2	°	ton/m^3
2	0,70	1,50	0,1 – 0,9	-	-	1,71
2	1,50	3,00	0,3 – 1,5	-	-	1,71

4.6.14 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 17 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 Alto. La Expansión Probable en el estrato de cimentación arrojó valores promedio de 9% aproximadamente, con presiones de expansión aprox. de máximo 4.50 Ton/m^2. (Ver Anexo No. 1 – Perfil Estratigráfico y Ensayos de Laboratorio).

4.7 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 18 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)									
2	0,70	3,00	1,85	1,71	25%	2,70	42%	1,36	1,27	1,07	Suelo Estable

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{dcrit}} > 1 \text{ el suelo es estable o expansio y si } \quad \frac{\gamma_d}{\gamma_{dcrit}} < 1 \text{ el suelo es colapsable}$$

$$\gamma_{dcrit} = \frac{\gamma_w}{\left(\frac{1}{Gs}\right) + LL}$$

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.7.1 Humedad de Equilibrio Heq

Los valores de humedad de equilibrio (%) se estimaron de acuerdo con la ecuación contemplada en el Capítulo H de la NSR-10, el cual tiene en cuenta el valor del límite líquido (Humedad Equilibrio = 0.47*LL+3.6), asimismo, los porcentajes de expansión probable se determinaron con correlaciones propuestas por Woodward y Lungred.

De los valores obtenidos con las correlaciones referenciadas anteriormente, podemos establecer que el suelo identificado presenta contenidos de humedad natural W_N menores a la humedad de equilibrio en la zona de cimentación, con lo que podemos decir que el suelo es susceptible a los cambios volumétricos en presencia de agua dado la presencia de finos en el perfil estratigráfico, por lo tanto se recomienda realizar un adecuado manejo para la recolección y evacuación de aguas lluvias y de escorrentía, con el fin de mantener las condiciones iniciales y naturales del suelo.

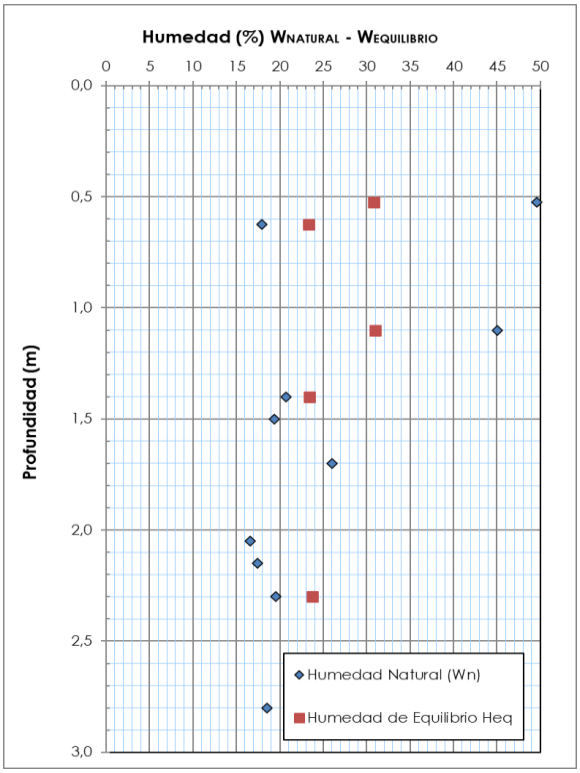


Ilustración 18 Humedad Natural y Humedad de Equilibrio.

4.8 Valores de Sismicidad y Parámetros Sismoresistentes NSR-10

De acuerdo con lo contemplado en el Capítulo A.2 de la NSR-10 (Zonas de Amenaza Sísmica y Movimientos Sísmicos de Diseño) y la localización geodésica del proyecto, para efectos del diseño sísmico de las estructuras previstas a continuación se presenta la caracterización sísmica del sitio:

4.8.1 Parámetros Sísmicos (Capítulo A.2.3 de NSR-10)

Las estructuras que hacen parte integral del proyecto objeto del presente estudio, se localizan en una Zona de Amenaza Sísmica **Alta**.

Para la clasificación del tipo de perfil de suelo, de acuerdo con el NSR-10 Tabla A.2.4-1, se realiza a partir de la evaluación de dos (2) criterios:

- **<u>Resistencias a lo compresión no drenada (Su = Cu)</u>**
  Los parámetros de resistencia fueron realizados en el estrato resistente los cuales se presentan valores promedios de 0.30 - 1.50 Kg/cm^2 en promedio.

- **<u>Velocidad de ondas de corte (Vs)</u>**
  La cual se obtiene de la penetración estándar (N_{SPT}) estimada a partir del mejoramiento en N=25 golpes/pie, la correlación para obtener la velocidad de ondas de corte es Vs = 102.98 x Nspt$^{0.3438}$, por tanto:

$$Vs = 102.98 \times (25)^{0.3438} \qquad \textbf{Vs = 311.43 m/s}$$

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.9 Tipo de perfil del suelo (NSR-10 A.2.4.2)

De acuerdo con los parámetros de resistencia obtenidos, perfil estratigráfico encontrado, la velocidad de onda de acuerdo con el número de golpes Nspt, se define el perfil de suelo como **D**, en la tabla No. 19 se resumen los datos:

Tabla 19 Efectos Locales por condiciones sísmicas (Tabla A.2.4. - NSR-10)

Efectos Locales (A.2.4.)	
Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante o	360 m/s > vs ≥ 180 m/s
Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > **N** ≥ 15, o 100kPa (≈1.0 kgf/cm^2) > $\mathbf{s_u}$ ≥ 50kPa (≈0.5 kgf/cm^2)
Número de Golpes N_{spt} (golpes/pie)	15 > N < 50
Velocidad de onda de corte (Vs)	entre 180 m/s y 360 m/s
Tipo de perfil de suelo (A.2.4-1)	D
Grupo de Uso (Edificaciones de Ocupación Normal)	II
Coeficiente de Importancia (I)	1,10

4.9.1 Movimientos Sísmicos de Diseño (Capítulo A.2.2 de NSR-10)

- Coeficiente aceleración horizontal pico efectiva, para diseño (Aa): 0.20
- Coeficiente velocidad horizontal pico efectiva, para diseño (Av): 0.25
- Coeficiente para la zona de periodos cortos del espectro (Fa): 0.13
- Coeficiente para la zona de períodos intermedios del espectro (Fv): 0.06
- Coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos (Fa): 1.40
- Coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios (Fv): 1.90

4.10 Módulo de Reacción Vertical del suelo (Ksv)

Mediante la teoría de Versic 1961, se determina el módulo de reacción vertical (Ksv) del suelo de fundación mediante la siguiente formula:

$$\boldsymbol{Ksv} = [Es] / [B*(1-\mu s^2)]$$

Reemplazando tenemos:

$$\boldsymbol{Ksv} = [5] / [1.20*(1.0-0.40^2)] = \boldsymbol{5.556}$$

Dónde:

Es = Modulo de elasticidad del suelo (Mpa).
B = Ancho de la cimentación (m).
μs = Reacción de Poisson del suelo.

Nota: Es de resaltar que Ksv puede modificarse dependiendo el ancho de la cimentación B, dependiendo el que se adopte. Si es necesario para el diseño de la placa de cimentación el módulo de reacción vertical Ksv del suelo fundado se recomienda emplear la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Ksv} = Q/(A*\delta i)$$

Dónde:

Q = Carga total de la estructura (Ton).
A = Área de la cimentación (m²).
δi = Asentamiento esperado (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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

4.11 Módulo de Balastro Vertical del suelo

Se puede determinar el **módulo de balasto vertical** según las siguientes expresiones (Rodríguez Ortiz,1973):

Para losas cuadradas:

Terrenos Cohesivos: $k = \frac{k_{30} * 0.3}{B}$

Terrenos Granulares: $k = k_{30}\left(\frac{B+0.3}{2B}\right)^2$

Para losas rectangulares:

$$k' = \frac{2}{3} k_s \left(\frac{B}{2L}\right)$$

Tipo de suelo	Coeficiente de balasto K_{30} (MN/m3)
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	>5.000

De acuerdo con el tipo de suelo en la zona de fundación se recomienda tomar un valor de:

$$k_{30} = 30$$

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

5 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Con base en la información arquitectónica disponible del proyecto suministrado por el cliente, y de acuerdo con las características geotécnicas encontradas en el subsuelo, a continuación, se describen los análisis realizados para definir el tipo y profundidad de cimentación, la capacidad portante del suelo de fundación y la magnitud de los asentamientos esperados para el tipo de estructura a desarrollar.

5.1 Nivel de Fundación

De acuerdo al tipo de perfil estratigráfico encontrado en la zona del proyecto y teniendo como referencia tanto el tipo de construcción como la magnitud de las cargas máximas generadas sobre el suelo portante que son de 30,0 Ton por columna, y con el fin de garantizar que la cimentación quede en un nivel de buen comportamiento geomecánico, se plantea la necesidad de trasladar las cargas a lo largo de la estratigrafía detectada por lo que se define el nivel de cimentación a la profundidad de **1.50 metros** para la estructuras, medidos con respecto al nivel actual del terreno.

Nota: Si una vez alcanzada la profundidad recomendada de cimentación se encuentran materiales objetables de baja resistencia y/o materia orgánica es necesario retirarla en su totalidad y remplazarla por material seleccionado debidamente compactado, de igual manera, se recomienda un mejoramiento a nivel de desplante con un recebo limpio y bien gradado (Ver recomendaciones en Aspectos Constructivos)

5.2 Alternativas de Cimentación

Para la cimentación se presenta una alternativa de cimentación superficial tipo zapata aislada unidas mediante vigas de amarre y/o de enlace, las medidas serán evaluadas por el Ingeniero Estructural, quien será el encargado de determinar las medidas finales para cada una de las zapatas de la estructura. Ver Tabla 22.

Nota: Para la cimentación superficial se debe garantizar que el suelo de fundación tenga características adecuadas y que estas sean mejores o similares a los resultados obtenidos en los sondeos realizados; de no ser así se debe profundizar la cimentación de forma que alcance un nivel de suelo más competente.

5.3 Evaluación de Capacidad Portante

Para determinar el comportamiento de resistencia del suelo donde se cimentará la estructura, se consideró la profundidad de fundación y su forma geométrica, donde se examinaron diferentes anchos de cimientos con sus respectivas relaciones Ancho / Largo (B/L) de nivel de cimentación, de igual manera, se tuvo en cuenta el número de golpes necesarios para hincar 15 cm. (6") tres (3) veces consecutivas hasta penetrar 45 cm. ó 1.5 pies por medio del muestreador de cuchara partida.

De igual manera, con miras a determinar las características geotécnicas más relevantes del sistema de cimentación, se llevó a cabo un análisis de capacidad de soporte del subsuelo. De acuerdo con el nivel de cargas y la forma de distribución de las mismas, se definen cimientos superficiales para los elementos de apoyo de la estructura propuesta.

Asimismo, con el fin de determinar el comportamiento de resistencia del suelo de fundación, fueron llevados a cabo los análisis de capacidad portante mediante la ecuación general de capacidad de soporte propuesta por Meyerhof (1.963), en la cual se tienen en cuenta los factores de corrección por forma, profundidad de cimentación, nivel freático y excentricidad e inclinación de la carga.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

En el Anexo 2 (Cálculo de Capacidad Portante) se encuentra la capacidad portante, la cual se halló para varias profundidades y anchos usando la resistencia obtenida en terreno mediante el método de SPT y ensayos de laboratorio, con un factor de seguridad de FS=3.0 obtenemos los siguientes valores:

- **Cimentación Estructura a 1.5 metros de profundidad**
  q adm = 16,00 Ton/m^2, considerando un factor de seguridad F.S = 3.00
  (Ver memoria de cálculo)

Nota: Es de anotar que el presente estudio establece que la capacidad portante del suelo de fundación es variable y depende de la forma geométrica del cimiento y de su altura de desplante.

De igual manera se debe tener en cuenta que las profundidades de cimentación y áreas de cimentación dadas en el presente estudio, corresponden a los requerimientos mínimos de capacidad portante del suelo de fundación, sin embargo, el ingeniero estructural podrá incrementar estas longitudes con el fin de cumplir con los requerimientos estructurales a que haya lugar para el diseño de los elementos que componen el proyecto.

5.4 Análisis de Asentamientos

Teniendo en cuenta el tipo de suelo, se calcularon los asentamientos inmediatos mediante teoría elástica según la propuesta Timoshenko y Gudier, (1951), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Se = [\ qoB / 2Es\ ]\ (\ A\text{ø}1 - B\text{ø}2\ );\ Df = 0\ y\ H = \alpha\ (Harr,\ 1966)}$$

Donde;

q_0 = presión de contacto en la superficie debido al cimiento.
B' = Ancho del cimiento.
m = Número de esquina relacionada al cimiento, según lo siguiente:
m = 1 para asentamiento calculado en una esquina
m = 2 para asentamiento calculado en la mitad de un lado
m = 4 para asentamiento calculado en el centro del cimiento
E_s , ν = Parámetros elásticos del suelo mencionados anteriormente.
I_i = Factores de influencia, los cuales dependen de L'/B', H, relación de Poisson y la profundidad de desplante D.

Los resultados de los estimativos de asentamientos se pueden observar en el Anexo 3. Cálculo de asentamientos, para varias profundidades y anchos usando la resistencia obtenida en terreno.

- **Asentamientos Elásticos e Inelásticos**

  - Asentamientos Elásticos Inmediatos estimados: 1.8 cm.
  - Asentamientos Inelásticos por Consolidación estimados: 2.8 cm.

Nota: Analizando los valores obtenidos anteriormente, se consideran los niveles de asentamiento adecuados para el tipo y forma de carga aplicada al suelo, de igual manera, se puede decir que el suelo de fundación se comportará de manera adecuada frente a las cargas de la que será objeto debido al proyecto a desarrollarse, siempre y cuando se mantengan las condiciones de diseño establecidas en el presente estudio.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

5.5 Drenajes

Se establece que en la zona del proyecto presenta un sistema de drenaje municipal que contribuye a la captación de agua superficial y escorrentía, por lo tanto, se recomienda rediseñar, construir y adaptar un sistema adecuado de drenajes cumpliendo con la normatividad vigente, teniendo en cuenta que la topografía del terreno es ondulada.

Se recomienda realizar la construcción de cunetas o drenajes perimetrales para la estructura, con el fin de tener un control de las aguas de escorrentía, y así proteger la cimentación, de igual manera mantener baja la presión del agua y disipar eventuales excesos dado la presencia de materiales cohesivos, los cuales son susceptibles a cambios de volumen por exceso o aumento de la presión de poros o incremento de los esfuerzos efectivos por aumento del agua.

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.

5.6 Potencial de licuefacción para el tipo de suelo encontrado (Capítulo H.7. NSR-10)

La licuefacción es el fenómeno por el cual se generan excesos súbitos de presión de poros en la masa de suelo generalmente cuando este es sometido a cargas cíclicas presentándose un detrimento de su capacidad portante. Generalmente este fenómeno es relacionado con suelos granulares. Existen diversas metodologías para evaluar la susceptibilidad de licuefacción.

Para el análisis se usará la metodología propuesta por Seed and Idriss (1971) en la cual se relaciona el número de golpes del ensayo SPT con esta susceptibilidad. Para evaluar el potencial de licuación del suelo de fundación se tomará como indicativo de esta susceptibilidad la densidad relativa de los estratos suprayacentes y el número de golpes N encontrado para cada estrato.

En general suelos con densidades relativas superiores al 80% son difícilmente licuables mientras que los que presentan valores inferiores al 50% son peligrosos. Adicionalmente los suelos con gradación uniforme son más susceptibles que aquellos mal gradados, al tiempo que los suelos gruesos son menos susceptibles que los finos teniendo en cuenta que las arcillas presentan un potencial casi nulo. De igual manera el potencial aumenta si el nivel freático se encuentra cerca al nivel de desplante durante la mayoría del año. Entre mayor sea la consistencia tenderá a presentar menor susceptibilidad a la licuefacción. Como guía en la evaluación de la consistencia se tomará la tabla siguiente.

Tabla 20 Consistencia relativa de los Suelos

N	CONSISTENCIA	Dr. (%)
2	MUY BLANDA	<15
2-4	BLANDA	15 – 30
4-8	MEDIA	30 – 45
8-15	MEDIA DURA	45 – 60
15-30	DURA	60 – 80
30	MUY DURA	>80

Debido a que el perfil estratigráfico que presenta N (Penetración) mayores a 25 golpes/pie en promedio y a su comportamiento principalmente cohesivo, se descarta la susceptibilidad a licuación del depósito de suelos y de acuerdo con el método de Seede Idris, con los parámetros del suelo encontrado y conforme a la investigación del subsuelo realizado, se determina que el fenómeno de licuación **no es viable** que se pueda presentar en la zona evaluada.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

6 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

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 la estructura, corresponde a un suelo con parámetros físicos como peso unitario húmedo de aproximadamente 1,95 Ton/m3, el cual corresponde a una arcilla limosa de color marrón con presencia de grava, humedad media, de consistencia media a semidura. Estos materiales clasifican de acuerdo con el Sistema USC como material tipo CL-CH.

- El perfil estratigráfico encontrado está conformado principalmente por materiales arcillo limosos, su carácter de plasticidad media y alta los hace susceptibles a deformaciones y asentamientos al aplicar las cargas propuestas en el proyecto estructural, por lo tanto con el fin de mitigar los posibles asentamientos estimados se recomienda que la cimentación se encuentre apoyada en un relleno con material granular seleccionado que cumpla con la norma INVIAS 610-13, de mínimo 0.30 m de espesor, compactado al 95% del Proctor Modificado.

- Hecha la exploración no se detectó el nivel freático, pero este puede variar dependiendo del régimen de lluvias.

- Para la cimentación de la estructura, se presenta una alternativa de cimentación superficial tipo zapata aislada unida mediante vigas de amarre y/o de enlace.

  Cimentación Estructura
  - Cota de Cimentación: -1.50 m
  - Carga axial máxima proyectada por columna: 20.0 Ton
  - Cimiento superficial tipo zapata aislada unidas mediante vigas de amarre y mínimo de 0.3 metros de alto. Las medidas de las zapatas se presentan en la Tabla 22.
  - Capacidad Portante: 16.00 Ton/m^2.
  - Asentamientos inmediatos esperados: 1.80 cm.
  - Asentamientos inelásticos por consolidación esperados: 2.80 cm.

  NOTA: *Las dimensiones de la zapata serán evaluadas y podrán ser modificadas por el ingeniero estructural una vez se conozcan las cargas definitivas de la estructura.*

Tabla 21 Dimensiones de Zapatas

Carga (Ton)	QAdm (Ton/m^2)	A (m^2)	Lado (m)
15	16,00	0,94	1,00
20	16,00	1,25	1,10
25	16,00	1,56	1,30
30	16,00	1,88	1,40
35	16,00	2,19	1,50
40	16,00	2,50	1,60
45	16,00	2,81	1,70

- Al llegar a la cota de fundación se recomienda compactar el terreno con un equipo de compactación adecuado para la zona y área de cimentación, con el fin de darle mayor

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

consolidación al terreno; posteriormente se realizará el mejoramiento del suelo de mínimo 0.30 metros, con materiales granulares de acuerdo a las especificaciones técnicas indicadas posteriormente o en concreto ciclópeo, el anterior mejoramiento permitirá mitigar o disipar los posibles asentamientos que se puedan llegar a presentar a futuro.

- Los resultados de los análisis de capacidad de soporte y asentamientos se consideran admisibles para las estructuras, sin embargo, conocidas las características de resistencia del suelo de fundación, el ingeniero estructural puede modificar dicha geometría, de acuerdo con sus solicitaciones de carga y teniendo en cuenta las Ilustración de capacidad de soporte presentadas y los asentamientos calculados.

- Se recomienda que el ingeniero calculista diseñe vigas de amarre con una altura no inferior a 0.30 m. con el fin de que la estructura se comporte de manera monolítica y prever una rigidez suficiente para soportar asentamientos diferenciales máximos de 1.0 cm.

- Para cumplir con los recubrimientos mínimos se aconseja, realizar bajo las estructuras de cimentación, un concreto de limpieza de mínimo 3 cm de altura, para las estructuras de cimentación que no llevan mejoramiento.

- Para la zona de parqueo de vehículos livianos con peso no mayor a 5.0 ton/eje, se recomienda un pavimento rígido, cuya estructura mínima es:

Estructura del Pavimento Rígido para vehículos livianos

- Losa de Concreto MR 3.8 Mpa = 13 cm.
- Material seleccionado INV ART 220-13 = 40 cm
- Espesor total = 53 cm.

- La losa del pavimento rígido, puede fundirse de dos formas: Por carriles de 3.0 m de ancho como máximo, dejando juntas longitudinales con pasadores de acero corrugado, Ø1/2" y longitud 0.90 m, espaciados cada 1.00 m; y juntas transversales del tipo ranura simulada cada 3.0 m; o por recuadros de 3.0 x 3.0 m o con relación Largo/ancho, inferior a 1.25, dejando por los cuatro costados pasadores de acero liso de Ø5/8" y longitud 0.4 m, espaciados cada 0.3 m.

6.1 Recomendaciones construcción placa de contrapiso

- Se recomienda para la parte inferior de la losa de contrapiso irá una capa de material granular de filtro (Base Granular), de por lo menos 30 cm de espesor, la cual será compactado como mínimo al 95% del proctor modificado, con especificaciones para una subbase granular teniendo como referencia la Norma del INVIAS 610 - 2013 para rellenos de estructuras.

- La losa llevará el refuerzo que disponga el Ingeniero Calculista, pero como mínimo, el de retracción y temperatura.

- Una vez se tenga el afirmado del terreno se recomienda, realizar densidades de campo con el fin de verificar su grado de compactación y humedad óptima.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

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.

6.3 Recomendaciones geotécnicas para la construcción de la estructura de contención

Se recomienda tener en cuentas las siguientes consideraciones para los muros a construir, dentro de la propuesta urbanística:

- El Ingeniero estructural será el encargado de realizar la estabilidad de cada uno de los muros a proponer.

- El muro de contención estará apoyado sobre su zarpa determinada por el ingeniero estructural.

- Se recomienda evitar la acumulación de materiales de construcción o cualquier otra sobrecarga.

- Para el diseño del muro de contención se aconseja trabajar con los siguientes parámetros:

  γ = 1.85 T/mt² (Peso unitario del material de relleno detrás del muro)
  φ = 30º (Angulo de fricción interno del material de relleno)
  q = 15 Kpa (Carga uniformemente distribuida estimada)
  Ko = 0.524 (Coeficiente de tierra en reposo)
  Ka = 0.333 (Coeficiente de tierra activa Rankine)
  Kp = 3.000 (Coeficiente de tierra pasivo Rankine)

  Nota 1: Se recomienda una profundidad mínima de desplante para los muros de contención de 1.0 metro de 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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

7 RECOMEDACIONES PARA LA PROTECCIÓN DE EDIFICACIONES, PREDIOS VECINOS Y VÍAS ALEDAÑAS.

Con el fin de proteger las edificaciones 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.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

8 SISTEMA CONSTRUCTIVO Y RECOMENDACIONES

- 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, colocar una capa de rajón de un espesor de unos 25 a 30 cm. (donde se presente áreas de fallo), posteriormente tres (3) capas de recebo en un espesor no mayor a los 15 cm. suelto para que compacto quede de 11 a 12 cm. como máximo, el cual será compactado como mínimo al 95% del Proctor Modificado o un mejoramiento en suelo-cemento con una dosificación al 8% con material inorgánico previamente seleccionado.

- Para la colocación de estos materiales de mejoramiento si aplica, se recomienda realizar un descapote mínimo de 0,10 m., de manera que se pueda retirar el nivel con mayor contenido de material orgánico.

- Cuando se requiera usar piedras o rajón en el relleno, 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.

- Este 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.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

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

- Previamente se debe seleccionar el material de mejoramiento para la cimentación de losas y realizar el ensayo de proctor modificado con el fin de llevar controles de compactación en la medida en que se avance el mejoramiento, para lo cual se deben tomar densidades de campo en número suficiente capa por capa y de acuerdo con la interventoría y la normatividad vigente aplicable.

- La cimentación superficial tipo zapata aislada si aplica, será construida sobre una superficie limpia y libre de material indeseable (rellenos sueltos, capa vegetal, materia orgánica etc.), a la que se deberá realizar una preparación en concreto pobre de limpieza entre 3 cm. a 5 cm de espesor cuya relación este en proporción 1: 4 : 8, con el fin de evitar el remoldeo y la alteración de las propiedades físico-mecánicas de suelo de fundación por acción de las lluvias y el intemperismo.

- 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.

- 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.

- De igual manera, 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.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

9 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] Mapa Geológico de la Plancha 209 Zipaquirá, INGEOMINAS 2003.
- [9] Memoria Explicativa de la Plancha 209 Zipaquirá, INGEOMINAS 2003.

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

10 ALCANCES Y LIMITACIONES

EL PRESENTE ESTUDIO SE REALIZO CON BASE EN LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA, DE ESTA FORMA SE PROYECTÓ EL ALCANCE TANTO DE LA EXPLORACIÓN COMO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO, POR LO CUAL, SI SE PRESENTARA ALGÚN CAMBIO EN LA PARTE ESTRUCTURAL O DE SUELOS, SÉ TENDRÁ QUE INFORMAR AL INGENIERO GEOTECNISTA A FIN DE EVALUAR LA NUEVA SITUACIÓN.

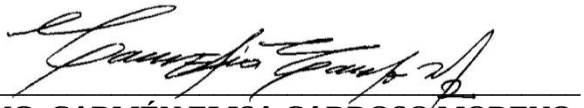
LAS DIMENSIONES FINALES DE LA CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y DEMÁS OBRAS, PROVENDRÁN DEL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS ESTRUCTURALES DEFINITIVOS, DE IGUAL MANERA, EL PRESENTE ESTUDIO SIRVE COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA EL DISEÑO DEL INGENIERO CALCULISTA, MÁS NO CONLLEVA LA GEOMETRÍA DEFINITIVA PARA LA FUNDACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PROPUESTAS.

***NOTA (1):** LOS PLANOS DE CIMENTACIÓN PRODUCTO DE LAS RECOMENDACIONES EXPUESTAS EN EL PRESENTE INFORME, SERÁN REVISADOS Y APROBADOS POR EL INGENIERO GEOTECNISTA. SIN DICHO VISTO BUENO LOS PLANOS NO TENDRÁN NINGUNA VALIDEZ.*

***NOTA (2):** LA INFORMACIÓN DE EXPLORACIÓN Y LABORATORIO CORRESPONDE A SITIOS PUNTUALES, POR LO TANTO, LOS PERFILES GEOTÉCNICOS OBTENIDOS SON APROXIMADOS Y ESTABLECIDOS DE ACUERDO CON LOS PERFILES DE CADA SONDEO.*



ING. JULIÁN RENÉ CLAVIJO JOYA
Ingeniero Civil UCC
Esp. Evaluación de Impacto Ambiental
Maestría IC en Geotecnia (EC)
M.P. 25202- 133267 CND
ELABORÓ



ING. CARMÉN ELISA CARDOSO MORENO
Ingeniera Civil UCC
Esp. Geotecnia Vial y Pavimentos
Maestría IC en Geotecnia (Ec)
M.P. 70202- 144379 TLM
REVISÓ Y APROBÓ

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

11 CARTA DE RESPONSABILIDAD

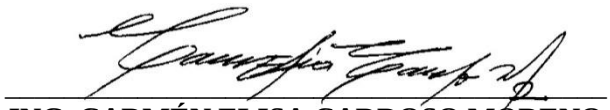
Señores:
OFICINA DE PLANEACIÓN
Municipio de Machetá

Yo **CARMEN ELISA CARMEN CARDOSO** Ingeniera Civil con Matrícula Profesional M.P. 70202 – 144379 TLM, presentó el Estudio Geotécnico y de Suelos elaborado de acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, para el proyecto "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CENTRO DE SALUD DE MACHETÁ CUNDINAMARCA", en el predio identificado con Cedula Catastral No.: 25426010000000043000100000000 0 y Matricula Inmobiliaria No.: 154-10388 en el casco urbano del Municipio de Machetá del departamento de Cundinamarca.

Declaro que conozco la zona de estudio y asumo la responsabilidad por los perjuicios que a causa de ellos pueda deducirse, siempre y cuando los propietarios y el constructor se acojan a lo entregado en el presente informe.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Oficina de Planeación y/o Curaduría Urbana, no constituye una aprobación del Estudio de Suelos, sino una verificación del cumplimiento de la NSR-10.

Cordialmente,



ING. CARMÉN ELISA CARDOSO MORENO
Ingeniera Civil UCC
Esp. Geotecnia Vial y Pavimentos
Maestría IC en Geotecnia (Ec)
M.P. 70202- 144379 TLM

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

12 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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

12.1 Anexo 1 - Perfil Estratigráfico y Ensayos 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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

12.2 Anexo 2 - Cálculo de Capacidad Portante

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

12.3 Anexo 3 - Cálculo de Asentamientos

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

12.4 Anexo 4 - 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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

12.5 Anexo 5 – Calibración de Equipos

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com

12.6 Anexo 6 – Documentos Profesional

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
julianjoya@hotmail.com – julianjoya1@gmail.com