



**MUNICIPIO DE SANTA FE DE ANTIOQUIA
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA**



**ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DEL
DEPORTE – CANCHA LOS LLANOS – EN EL MUNICIPIO DE SANTA FÉ DE
ANTIOQUIA**

JULIO 2024

CONTENIDO	
INTRODUCCIÓN	4
METODOLOGÍA.....	5
Recolección de información	5
Exploración de campo.....	5
Trabajo de laboratorio	5
Trabajo de oficina.....	6
Elaboración de informe final.....	6
OBJETIVOS Y ALCANCE	7
Objetivos	7
Alcance	7
DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	8
GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	11
EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	14
TRABAJO DE LABORATORIO	15
ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL TERRENO.....	18
Características geotécnicas del terreno	18
Ensayo de penetración estándar (SPT)	19
Nivel freático	20
MODULO DE ELASTICIDAD	20
El módulo de elasticidad permite conocer el comportamiento de un material elástico y sus deformaciones ante la aplicación de fuerzas externas, se presentan valores estimativos del Módulo de Elasticidad de suelos y rocas (Bowles, 1998).....	20
PARAMETROS DE DISEÑO	22
CAPACIDAD PORTANTE Y RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN	23
CALCULO DE ASENTAMIENTOS.....	24
PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO	27
DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO.....	27
RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN	32
ANEXO 1.....	33
MEMORIA DE CÁLCULO	33
ANEXO 2.....	45
REGISTRO FOTOGRÁFICO	45

ANEXO 3.....	48
MATRICULA PROFESIONAL	48
ANEXO 4.....	51
INFORME DE LABORATORIO	51
Ilustración 1 Estructura CDI.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 2 Localización general Santa Fe de Antioquia.	9
Ilustración 3 Ubicación lote 6.564170, -75.820399.....	10
Ilustración 4 Geología Tomado SGC.....	11
Ilustración 5 Equipo SPT	14
Ilustración 6 Ubicación de sondeos.....	18
Ilustración 7 Parámetros geomecánicos	20

INTRODUCCIÓN

En este informe se presentan los resultados, análisis, conclusiones de la exploración, ensayos y recomendaciones de cimentaciones para la CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DEL DEPORTE – EN MUNICIPIO DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA.

Se presentan los resultados de las investigaciones de campo y de laboratorio que se llevaron a cabo, las cuales permitieron establecer el perfil geotécnico y se avalúan los parámetros geomecánicos de los diferentes estratos que conforman el subsuelo en relación con el tipo de estructura que se va a construir; después de un análisis y evaluación de esta información se formulan las recomendaciones para la adecuación de los terrenos, para el diseño de la cimentación, en cumplimiento del título H de la NSR-10.

Las recomendaciones de diseño y construcción de las cimentaciones se basan en las condiciones de cada sitio particular, en los resultados arrojados de los ensayos de laboratorio de las perforaciones y muestras tomadas en campo y en las prácticas del análisis y diseño aceptadas por la ingeniería geotécnica.

Los análisis y recomendaciones contenidas en este informe se aplican únicamente al proyecto relacionado anteriormente y a las condiciones geotécnicas encontradas en el sitio. En caso de que se modifique el proyecto, o durante la construcción se encuentren condiciones diferentes, se debe verificar la necesidad de realizar exploraciones y/o análisis y/o recomendaciones geotécnicas adicionales.

METODOLOGÍA

Para realizar el presente estudio geotécnico se siguió un esquema metodológico que parte del reconocimiento y evaluación del terreno, mediante el levantamiento de información in situ, donde se examinan las formaciones geológicas y el relieve.

A continuación, se presenta la metodología utilizada:

Recolección de información

Se consultó información disponible concerniente a identificar rasgos geomorfológicos, topográficos, geología y clima. Posteriormente, se analizó el material recolectado y se procedió a la interpretación de cada uno de ellos, con la finalidad de conocer los patrones de relieve y los procesos erosivos y de movimientos de masa del área del interés y la definición de los sitios para realizar las exploraciones.

Exploración de campo

Tiene como objetivo la identificación de los tipos de suelos, formas del terreno, determinar los perfiles estratigráficos de los depósitos y registrar la posición del nivel freático. Las exploraciones de campo se llevaron a cabo mediante la ejecución de perforaciones con percusión y realización de ensayo SPT (Standard Penetration Test).

Trabajo de laboratorio

Las muestras de suelo obtenidas en el campo son sometidas a ensayos de laboratorio para determinar las propiedades índices que definan el modelo y los parámetros de diseño.

- INV E125-** Suelos. Ensayo para determinar el límite plástico, límite líquido e
126 13 índice de plasticidad. (ASTM D 4318)
- INV E122-** Suelos. Ensayo para determinar el contenido de humedad (ASTM
13 D 2216)
- INV E123-** Suelos. Ensayo para determinar la granulometría por tamizado
13

Trabajo de oficina

La información secundaria y primaria recolectada, lo mismo que los resultados de las pruebas de laboratorio, es analizada para construir un modelo geotécnico orientado a la construcción de las estructuras que sean eficientes, seguras y viables. Con los análisis interpretativos se establecen las recomendaciones particulares de cimentación y las propuestas de obras a implementarse.

Elaboración de informe final

Se elabora un informe que contiene los resultados de los estudios con las recomendaciones para los diseños, teniendo presente las condiciones de sismicidad del área del proyecto y la definición de las aceleraciones máximas para el sismo de diseño, según la norma NSR-10.

OBJETIVOS Y ALCANCE

Objetivos

Determinar las condiciones geotécnicas del sitio para proyecto de CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DEL DEPORTE – DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA. Con el fin de establecer las acciones a implementar en la zona, para lograr estabilidad a largo plazo, bajo las diversas solicitaciones que se presenten.

Alcance

El alcance del estudio comprende

- Exploración de campo que incluye la toma de muestras
- Ensayos de laboratorio para conocer las características geomecánicas de los materiales existentes.
- Definición de la metodología de diseño
- Determinación de alternativas de cimentación
- Presentar conclusiones y recomendaciones constructivas



DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto en análisis consiste en la CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DEL DEPORTE– DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA. El proyecto corresponde a una edificación de cinco niveles.

Santa Fe de Antioquia es un municipio de Colombia, ubicado en la subregión Occidente de Antioquia, departamento del que fue capital hasta el 17 de abril de 1826.

Limita por el norte con los municipios de Giraldo y Buriticá, por el nororiente con los municipios de Buriticá, Liborina y Olaya, por el oriente con los municipios de Olaya y Sopetrán, por el sur con los municipios de Ebéjico, Anzá y Caicedo, y por el occidente con los municipios de Caicedo, Abriaquí y Giraldo.





Ilustración 1 Localización general Santa Fe de Antioquia.

Posee una altitud media de 500 msnm, el área municipal es de 493 km², con un territorio montañoso correspondiente a la cordillera occidental de los Andes y regado por los ríos Cauca y Tonusco. Este último marca el límite suroriental de la ciudad.

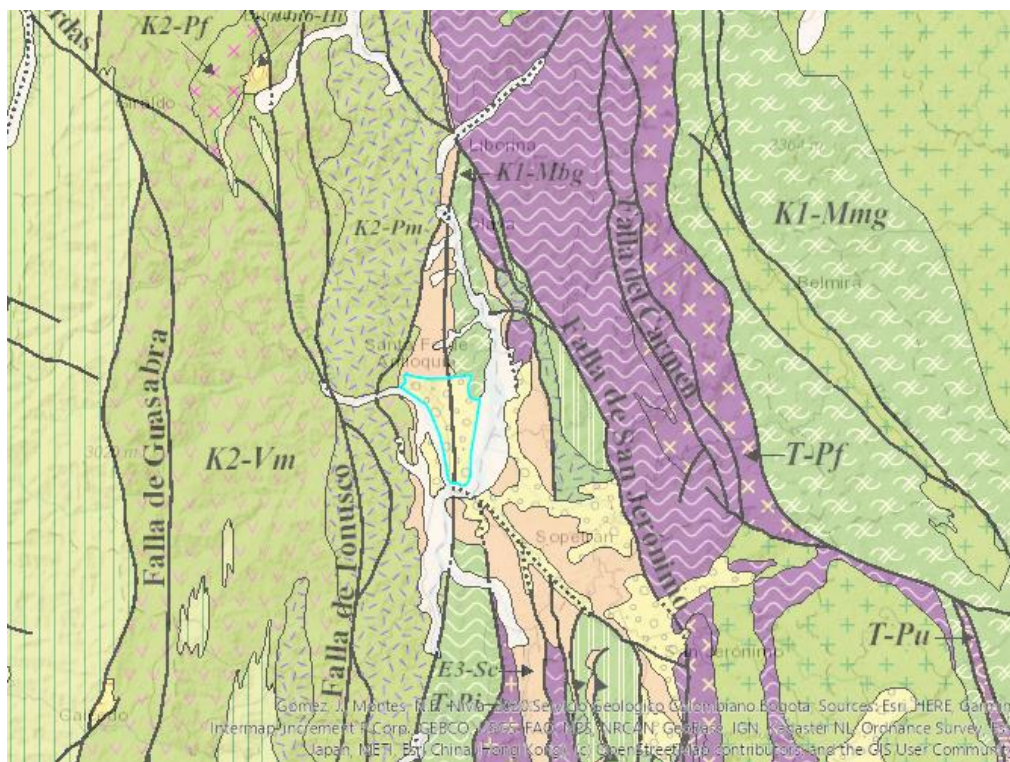
Algunos corregimientos se encuentran muy alejados de la cabecera municipal y poseen clima templado.

Santa Fe de Antioquia presenta varios climas, pero su cabecera municipal presenta el clima bosque seco tropical, característico del valle del río Cauca, debido a su baja altura y su ubicación geográfica cerca de la línea ecuatorial. La temperatura promedio es de 28 °C y es uniforme durante todo el año. La temperatura máxima promedio al día es de 33 °C y la mínima promedio es de 23 °C.



Ilustración 2 Ubicación lote 6.565188, -75.822637

El lote en estudio se ubica sobre la vía que conduce al puente de occidente, se encuentra entre los 600 msnm y con pendientes moderadas, sin evidencia de procesos erosivos o inestabilidades.

**GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL¹***Ilustración 3 Geología Tomado SGC*

En la región se presentan cuerpos metamórficos que generan una topografía abrupta con colinas simétricas, fuertes pendientes y caracterizada por variados cambios de pendiente que corresponden a procesos geológicos, geomorfológicos, erosivos y climáticos, así como la variada litología de la región.

Las elevaciones varían entre la cota 425 m.s.n.m. en las orillas de río Cauca, hasta 2450 m.s.n.m. en una distancia de aproximada de cinco kilómetros y como consecuencia se presentan zonas muy escarpadas especialmente en cortes Este-Oeste. Lo anterior se suma a la dinámica del drenaje controlado por el río Cauca que modela el paisaje, formando cañones profundos y favoreciendo la exposición de las diferentes litologías.

Santafé de Antioquia, está ubicado entre las cordilleras Central y Occidental a orillas del río Cauca, que forma un valle de origen tectónico, el cual posee una paleotopografía predominantemente plana en la que se originaron acumulaciones de sedimentos sinorogénicos, que posteriormente gracias a la fuerte actividad erosiva, dió forma al valle actual con una alta distribución de aluviones cuaternarios en cercanías al

¹Tomado de Boletín Ciencias de la Tierra, Nro. 32, pp. 23-34. Medellín, diciembre de 2012
CARLOS GIOVANNI PÉREZ PÉREZ
Ing. Civil, Esp. en Geotecnia y Estabilidad de Taludes
cgiovanniperez@gmail.com

municipio de Santafé de Antioquia (Mejía, 1984).

Esta área también presenta una diversidad geológica importante en la que se cuentan rocas de los tres tipos existentes metamórficas, sedimentarias e ígneas, entre las que se encuentran rocas metamórficas de grado bajo, medio y alto como esquistos, anfibolitas, neises y rocas cataclásticas; rocas sedimentarias clásticas como areniscas y conglomerados y químicas oceánicas como chert; rocas ígneas plutónicas como gabros, granitos y rocas ultramáficas, y volcánicas como basaltos, tobas y andesitas. También se presentan depósitos de material no consolidado como los depósitos de Santafé de Antioquia y Sopetrán y terrazas generadas por la actividad de los ríos Cauca y Tonusco.

Rocas Metamórficas

Al noreste del área urbana de Santafé de Antioquia, a la altura del Puente de Occidente, se encuentra un cuerpo de anfibolita compuesta de hornblenda y plagioclasa que aparece también en inmediaciones de Sucre y Olaya, referida en la literatura como Anfibolita del Puente de Occidente (Touissant y Restrepo 1976) y Anfibolita de Sucre (Mejía, 1984), datada radiométricamente en 482 ± 50 m.a (Touissant, et al, 1980). Continuando al este del río Cauca y sobre la carretera a Llanadas se encuentran un grupo de esquistos con variaciones composicionales, esquistos moscovíticos, cuarzosericíticos y talcosos que probablemente hacen parte del Grupo Ayurá Montebello descrito por Botero (1963) como un grupo de rocas metasedimentarias y metamórficas de bajo grado.

Rocas ígneas

En inmediaciones del municipio de Sucre se encuentra un cuerpo de rocas ultramáficas serpentinizadas y muy fracturadas. Al este del casco urbano de Santafé de Antioquia en la carretera que conduce a Llanadas, aflora un cuerpo de roca ígnea volcánica de color verde intercalado con roca sedimentaria (chert) que corresponde al miembro volcánico de la formación Quebradagrande. Sobre el cauce de la quebrada Seca se presenta un cuerpo granítico compuesto de cuarzo, feldespato, plagioclasa, biotita y hornblenda, con textura pegmatítica que corresponde a granodioritas del Batolito de Sabanalarga descrito por Gonzales y Londoño (2002) como un cuerpo heterogéneo con facies máfica, ultramáfica e intermedia datado radiométricamente en $98 \pm 3,5$ m.a.

Rocas Sedimentarias

Al este del río Cauca se observaron varios afloramientos de rocas sedimentarias cristalinas principalmente chert, intercaladas con rocas volcánicas básicas en lo que correspondería a la Formación Quebradagrande, descrita por Botero (1963) como una secuencia intercalada de rocas volcánicas verdes y rocas sedimentarias silíceas. Las

rocas sedimentarias que se encuentran al noroeste del área urbana de Santafé de Antioquia son conglomerados con cantos de tamaño variable de rocas verdes, cuarzo y chert, también se encuentran lodolitas oscuras y grauvacas que se relacionan con la Formación Barroso del grupo Cañasgordas.

Las rocas sedimentarias que se encuentran en las márgenes de río Cauca son conglomerados con cantos de rocas intermedias, basaltos y cuarzo intercaladas con lodolitas de colores crema, estas rocas corresponden a la Formación Amagá descrita por Botero (1963) como Formación Antioquia compuesta de tres miembros: a) Miembro inferior compuesto de conglomerados y areniscas de grano fino a grueso y arcillas laminares, b) El segundo miembro caracterizado por la presencia de mantos de carbón explotables y carente de conglomerados y c) El miembro superior con capas no explotables muy delgadas de carbón y predominio de areniscas de grano fino y arcillas.

Depósitos Cuaternarios

Las áreas urbanas de los municipios de Santafé de Antioquia y Sopetrán están fundadas sobre terrazas de gran extensión formadas por arcillas y gravas de selección mala a regular con características de depositación fluvial en periodos de condiciones diferentes (Mejía, 1984). La actividad fluvial de los ríos Cauca y Tonusco junto con la alta actividad tectónica de la zona generan terrazas de características interesantes en cuanto a sus orígenes.

Geología Estructural

Además de la variedad litológica y las características climáticas de la zona, el paisaje está modelado en gran parte por la fuerte actividad tectónica derivada de los sistemas de falla que cubren el área de este a oeste siendo esta la principal característica estructural. En el camino que conduce de la quebrada Seca al sector de Piñones se observaron expresiones geomorfológicas como silletas, contrapendientes, cambios abruptos de topografía y litología que indican la presencia de una falla geológica que correspondería a la traza de la falla de Romeral. Desde este mismo camino mirando hacia el occidente, al otro lado del río Cauca, se observan facetas triangulares alineadas que evidencian la presencia de una falla correspondiente a la traza Cauca Occidental. La zona también tiene influencia tectónica de las fallas El Carmen, Cauca y Tonusco (Mejía, 1984).



EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El proyecto corresponde a una construcción de categoría media, con lo cual en cumplimiento del título H NSR-10, se ejecutaron 4 sondeos.

Tabla H.3.2-1
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Con el fin de determinar las condiciones geotécnicas del sitio del proyecto, en el mes de julio del presente año, se llevó a cabo el trabajo de exploración, muestreo y ensayos de campo y laboratorio, de acuerdo con las normas vigentes, los cuales consistieron en cuatro (4) perforaciones con ensayo de penetración estándar SPT.

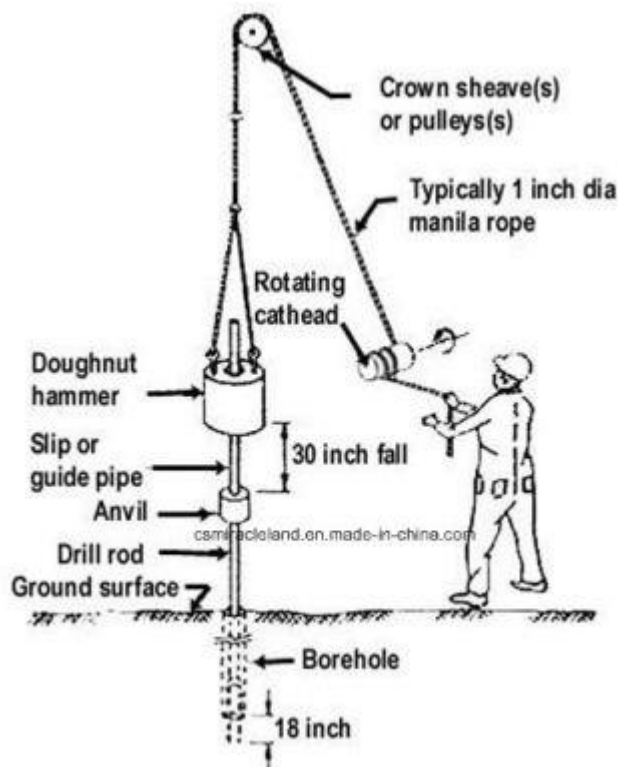


Ilustración 4 Equipo SPT

Las perforaciones se realizaron mediante el sistema de percusión, en las cuales, además de la caracterización estratigráfica levantada, se tomaron muestras para ensayos de laboratorio.

Las muestras se recobraron en muestreador de tubo partido (split-barrel sampler) de 50,8 mm de diámetro exterior, 38,1 mm de diámetro interior y un tubo muestreador de 700 mm de longitud (norma ASTM D 1586, aprobada en 1992), penetradas para el SPT.

Las muestras se describieron visualmente, donde se anotó la clasificación de campo, el color, la plasticidad, la consistencia, el cambio de estrato y demás observaciones complementarias. Las muestras de las cucharas se empacaron en bolsas plásticas y fueron enviadas al laboratorio inmediatamente para su análisis.

TRABAJO DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas durante las exploraciones del subsuelo fueron llevadas al laboratorio, donde se realizaron, ensayos de humedad natural, granulometría, límites de Atterberg y corte directo.

- Clasificación USCS.
- Granulometría por tamizado
- Límites de consistencia de Atterberg y Humedad natural

Las muestras se sometieron a una detallada inspección visual con miras a confrontar las descripciones efectuadas por el personal de campo y corregirlas en caso que fuese necesario, y seleccionar las muestras más representativas para realizar sobre ellas los ensayos rutinarios de humedad natural y clasificación (Límites de consistencia y granulometría por tamizado).

Los suelos explorados presentan características muy similares a en cuanto a condiciones de humedad, límites líquidos y plásticos corresponden arenas arcillosas

ID	HUMEDAD %	LL	LP	IP	USCS
P1M2	12.9	34	21	13	CL
P2M1	6.6	44	25	19	SC
P3M2	21.1	59	31	28	CH
P4M5	6.0	24	14	10	SC



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)					
3"	75	0.00	0.0	100	Resultados Gradación GRAVA (%) = 15.4 ARENA (%) = 30.5 FINOS (%) = 54.1 ERROR (%) = 0.0				
2"	50	0.00	0.0	100					
1½"	37.5	0.00	0.0	100					
1"	25	0.00	0.0	100					
¾"	19	0.00	0.0	100					
3/8"	9.5	10.85	9.0	91	Diámetros Efectivos D ₁₀ (mm) = N/A D ₃₀ (mm) = N/A D ₆₀ (mm) = 0.24				
No. 4	4.75	7.66	6.4	85					
No. 10	2	10.67	8.9	76					
No. 20	0.85	7.53	6.3	70					
No. 40	0.425	5.52	4.6	65					
No. 60	0.25	4.75	3.9	61	Coefficiente de Uniformidad Cu = N/A				
No. 100	0.15	5.11	4.2	57					
No. 140	0.106	1.90	1.6	55	Coefficiente de Curvatura Cc = N/A				
No. 200	0.075	1.30	1.1	54.1					
Fondo	0	0.06	0.05						
LÍMITES DE ATTERBERG									
Limite Líquido, LL = 34					Limite Plástico, LP = 21				
Tara No.	269	270	271		Tara No.	272	273	274	
Masa tara (g)	5.70	6.00	6.32		Masa tara (g)	8.10	5.89	5.57	
Masa suelo húmedo + tara (g)	16.26	17.17	17.67		Masa suelo húmedo + tara (g)	19.60	16.13	16.42	
Masa suelo seco + tara (g)	13.77	14.40	14.64		Masa suelo seco + tara (g)	17.59	14.34	14.55	
Contenido de agua (%)	30.86	32.98	36.42		Contenido de agua (%)	21.18	21.18	20.82	
Número de Golpes	36	27	18						
*Se determina en el estado entregado al laboratorio					Clasificación U.S.C.S.		CL		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)					
3"	75	0.00	0.0	100	Resultados Gradación GRAVA (%) = 20.9 ARENA (%) = 36.2 FINOS (%) = 42.9 ERROR (%) = 0.0				
2"	50	0.00	0.0	100					
1½"	37.5	0.00	0.0	100					
1"	25	0.00	0.0	100					
¾"	19	0.00	0.0	100					
3/8"	9.5	10.12	8.4	92	Diámetros Efectivos D ₁₀ (mm) = N/A D ₃₀ (mm) = N/A D ₆₀ (mm) = 1.43				
No. 4	4.75	15.06	12.5	79					
No. 10	2	17.41	14.5	65					
No. 20	0.85	9.70	8.1	57					
No. 40	0.425	3.70	3.1	53					
No. 60	0.25	4.38	3.6	50	Coefficiente de Uniformidad Cu = N/A				
No. 100	0.15	4.61	3.8	46					
No. 140	0.106	2.13	1.8	44	Coefficiente de Curvatura Cc = N/A				
No. 200	0.075	1.59	1.3	42.9					
Fondo	0	0.00	0.00						
LÍMITES DE ATTERBERG									
Limite Líquido, LL = 44					Limite Plástico, LP = 25				
Tara No.	41	404	A51		Tara No.	A55	410	308	
Masa tara (g)	5.62	5.70	5.27		Masa tara (g)	6.76	7.73	6.60	
Masa suelo húmedo + tara (g)	16.20	15.81	16.17		Masa suelo húmedo + tara (g)	17.48	18.40	16.96	
Masa suelo seco + tara (g)	13.04	12.72	12.78		Masa suelo seco + tara (g)	15.35	16.23	14.95	
Contenido de agua (%)	42.59	44.02	45.14		Contenido de agua (%)	24.80	25.53	24.07	
Número de Golpes	35	24	17						
*Se determina en el estado entregado al laboratorio					Clasificación U.S.C.S.		SC		



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)	<div>Resultados Gradación</div> <div>GRAVA (%) = 15.7 ARENA (%) = 32.4 FINOS (%) = 51.9 ERROR (%) = 0.0</div> <div>Diámetros Efectivos</div> <div>D₁₀ (mm) = N/A D₃₀ (mm) = N/A D₆₀ (mm) = 1.24</div> <div>Coefficiente de Uniformidad</div> <div>Cu = N/A</div> <div>Coefficiente de Curvatura</div> <div>Cc = N/A</div>				
3"	75	0.00	0.0	100					
2"	50	0.00	0.0	100					
1½"	37.5	0.00	0.0	100					
1"	25	0.00	0.0	100					
¾"	19	0.00	0.0	100					
3/8"	9.5	3.46	2.9	97					
No. 4	4.75	15.45	12.8	84					
No. 10	2	22.77	18.9	65					
No. 20	0.85	8.14	6.7	59					
No. 40	0.425	2.66	2.2	57					
No. 60	0.25	2.01	1.7	55					
No. 100	0.15	1.89	1.6	53					
No. 140	0.106	0.78	0.6	53					
No. 200	0.075	0.90	0.7	51.9					
Fondo	0	0.00	0.00						
LÍMITES DE ATTERBERG									
Limite Líquido, LL = 59				Limite Plástico, LP = 31					
Tara No.	275	276	277		Tara No.	O32	O31	O33	
Masa tara (g)	4.45	6.01	5.70		Masa tara (g)	6.60	5.45	4.32	
Masa suelo húmedo + tara (g)	15.78	17.27	17.75		Masa suelo húmedo + tara (g)	17.30	16.31	15.23	
Masa suelo seco + tara (g)	11.78	13.11	13.01		Masa suelo seco + tara (g)	14.79	13.79	12.65	
Contenido de agua (%)	54.57	58.59	64.84		Contenido de agua (%)	30.65	30.22	30.97	
Número de Golpes	35	24	16						
*Se determina en el estado entregado al laboratorio				Clasificación U.S.C.S.		CH			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)					
3"	75	0.00	0.0	100	Resultados Gradación GRAVA (%) = 25.3 ARENA (%) = 36.1 FINOS (%) = 38.7 ERROR (%) = 0.0				
2"	50	0.00	0.0	100					
1½"	37.5	0.00	0.0	100					
1"	25	0.00	0.0	100					
¾"	19	0.00	0.0	100					
3/8"	9.5	10.57	8.7	91	Diámetros Efectivos D ₁₀ (mm) = N/A D ₃₀ (mm) = N/A D ₆₀ (mm) = 1.80				
No. 4	4.75	20.09	16.6	75					
No. 10	2	16.02	13.2	62					
No. 20	0.85	1.37	1.1	60	Coefficiente de Uniformidad Cu = N/A				
No. 40	0.425	0.90	0.7	60					
No. 60	0.25	9.68	8.0	52	Coefficiente de Curvatura Cc = N/A				
No. 100	0.15	9.57	7.9	44					
No. 140	0.106	3.61	3.0	41					
No. 200	0.075	2.58	2.1	38.7					
Fondo	0	0.00	0.00						
LÍMITES DE ATTERBERG									
Limite Liquido, LL = 24				Limite Plástico, LP = 14					
Tara No.	181	188	189		Tara No.	178	179	180	
Masa tara (g)	8.08	7.38	5.82		Masa tara (g)	5.97	7.85	6.84	
Masa suelo húmedo + tara (g)	19.45	18.15	17.46		Masa suelo húmedo + tara (g)	16.40	18.17	17.10	
Masa suelo seco + tara (g)	17.38	15.96	14.95		Masa suelo seco + tara (g)	15.15	16.91	15.86	
Contenido de agua (%)	22.26	25.52	27.49		Contenido de agua (%)	13.62	13.91	13.75	
Número de Golpes	36	23	13						
*Se determina en el estado entregado al laboratorio					Clasificación U.S.C.S.		SC		

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL TERRENO

Características geotécnicas del terreno

El programa de exploración de campo consistió en la ejecución de cuatro (4) perforaciones localizadas estratégicamente, de estos sondeos se hace una descripción general en este capítulo y se presenta cada uno de los registros campo, donde se indican la descripción de las muestras recobradas, la posición del nivel freático, la secuencia estratigráfica y demás detalles pertinentes.

La selección de los sitios a explorar respondió a las necesidades de conocer la distribución de los suelos en profundidad, según las condiciones geológicas y geomorfológicas reconocidas.

LOCALIZACIÓN DE LAS PERFORACIONES



Ilustración 5 Ubicación de sondeos

Las perforaciones se realizaron mediante el sistema de percusión, en las cuales, se tomaron muestras para ensayos de laboratorio. De acuerdo con los resultados de los ensayos de campo y laboratorio y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el sitio del proyecto, el perfil de las perforaciones corresponde al siguiente:

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

De acuerdo con los sondeos realizados, se identificaron 3 estratos similares en todos los sondeos con los siguientes espesores en promedio, caracterizándose por la presencia de arenas arcillosa y limosas con bajo contenido de humedad.

0 – 5 m Arena arcillosa color café con bajo contenido de humedad

5 – 10 m Arena limosa consistencia dura color rojizo y bajo contenido de humedad

10 – 15 m corresponden a arenas y gravas

No se encontró nivel freático para la fecha de la exploración.

Ensayo de penetración estándar (SPT)

Los S.P.T se llevaron a cabo con un martillo de seguridad de 0.62 kN de peso, que se dejaba caer desde una altura de 0.76 m (párrafo 5.4.1 de la norma A.S.T.M D 1586-92), a intervalos de aproximadamente 1.25 m.

El valor de la resistencia a la penetración estándar (valor de N) se obtuvo como el número de golpes requerido para introducir la cuchara (Split barrel sampler) 305 mm, después de hacerla penetrar 150 mm. Una vez determinado el valor de N, la cuchara se penetraba 305 mm adicionales con el fin de obtener una mayor cantidad de muestra y así confirmar la continuidad del estrato.

Las muestras se recobraron en muestreador de cuchara partida (split-barrel sampler) de 50.8 mm de diámetro exterior, 38.1 mm de diámetro interior y un tubo muestreador de 700 mm de longitud (norma ASTM D 1586, aprobada en 1992), penetradas para el S.P.T.

Se realizó la corrección del SPT mediante la metodología de GONZALES (1999) ESTIMATIVOS DE PARAMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT, para obtener los parámetros geomecánicos del suelo. En el Anexo 1 se encuentra en detalle la memoria de cálculo.

En la ilustración 7, se resumen los parámetros geomecánicos estimados para cada uno de los estratos en las diferentes perforaciones.



PROFUNDIDAD	ESTRATO	P1			P2			P3			P4		
		ϕ (°) min	ϕ (°) regresión	C (Kpa)	ϕ (°) min	ϕ (°) regresión	C (Kpa)	ϕ (°) min	ϕ (°) regresión	C (Kpa)	ϕ (°) min	ϕ (°) regresión	C (Kpa)
0 - 5 m	Arena arcillosa color café con bajo contenido de humedad	32,68	31,80	0,84	34,04	33,25	1,80	32,68	33,96	0,00	32,32	32,03	1,70
5 - 10 m	Arena limosa de consistencia dura y color rojizo	33,37	34,80	0,00	35,62	33,93	8,00	35,62	36,29	0,00	35,62	36,19	0,00
10 - 15 m	Arena con contenido de gravas	34,04	36,62	0,00	37,36	38,51	0,00	37,64	39,37	0,00	38,45	39,68	0,00

Ilustración 6 Parámetros geomecánicos

Nivel freático

El flujo de aguas constituye un importante factor detonante del movimiento de masas que afectan la estabilidad de cualquier estructura, por lo que es fundamental entender los mecanismos a través de los cuales actúa, y definir los medios adecuados que eviten las condiciones propicias que lo generan.

La posición del nivel freático corresponde a la línea de presión de poros igual a cero, equivalente a que la presión neta en el sitio es igual a la presión atmosférica. El nivel de agua determina los niveles de presiones hidrostáticas sobre una superficie localizada por debajo de ese nivel, o los valores de presión negativa o de succión para el suelo por encima.

No se identificó presencia de nivel freático durante la exploración.

MODULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad permite conocer el comportamiento de un material elástico y sus deformaciones ante la aplicación de fuerzas externas, se presentan valores estimativos del Módulo de Elasticidad de suelos y rocas (Bowles, 1998).



Tomado de (Joseph E Bowles, 1997).

Tipo de suelo	E _s (MPa)
Arcilla muy blanda	2,0-15,0
Arcilla blanda	5,0-25,0
Arcilla media	15,0-50,0
Arcilla dura	50,0-100,0
Arcilla arenosa	25,0-250,0
Arena limosa	5,0-20,0
Arena suelta	10,0-25,0
Arena densa	50,0-81,0
Arena y grava suelta	50,0-150,0
Arena y grava densa	100,0-200,0

Por medio del ensayo SPT se tiene en la literatura diferentes ecuaciones para calcular el módulo de elasticidad, a continuación, se presenta la planteada por Bowles para arenas

$$E = 500(N_{55} + 15)$$

PROFUNDIDAD	ESTRATO	E (KPa)				E (Kpa)
		P1	P2	P3	P4	
0 - 5 m	Arena arcillosa color café con bajo contenido de	13500	15000	13000	14500	16950
		14000	17000	15000	15000	
		15000	17000	15500	15000	
		19500	19000	19500	19000	
		19500	24500	20000	18500	
5 - 10 m	Arena limosa de consistencia dura y color rojizo	22000	29500	25500	26500	29200
		23500	28000	30000	27000	
		26500	31000	29000	29500	
		31000	29500	31000	31000	
		28000	35500	32000	38000	
10 - 15 m	Arena con contenido de gravas	32500	37500	38000	41000	43750
		30500	39500	43500	42000	
		38500	44000	46000	51500	
		41000	50000	49000	54000	
		45500	47500	54000	49500	



COEFICIENTE DE POISSON

Es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal isótropo cuando se comprime o estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento

Tipo de suelo	Es (MPa)	u
Arena suelta	10,5-24,0	0,20-0,4
Arena densa media	17,25-27,6	0,25-0,4
Arena densa	34,5-55,2	0,3-0,45
Arena limosa	10,3-17,2	0,2-0,4
Arena y grava	69,0-172,0	0,15-0,35
Arcilla blanda	4,1-20,7	0,20-0,50
Arcilla media	20,7-41,4	0,20-0,50
Arcilla firme	41,4-96,6	0,20-0,50

Valores típicos del módulo de elasticidad y relación de Poisson Fuente: Braja Das, 2006

PARAMETROS DE DISEÑO

Después de analizar las condiciones de campo y los resultados de ensayos de campo y laboratorio se definieron los siguientes parámetros del suelo para estimar la capacidad portante y las recomendaciones de cimentación.

PROFUNDIDAD	ESTRATO	DISEÑO				
		ϕ (°)	C (Kpa)	γ KN/m ³	E (Kpa)	ν
0 - 5 m	Arena arcillosa color café con bajo contenido de humedad	32,84	0,00	17,00	16950	0,30
5 - 10 m	Arena limosa de consistencia dura y color rojizo	35,18	0,00	17,00	29200	0,30
10 - 15 m	Arena con contenido de gravas	37,71	0,00	18,00	43750	0,30



CAPACIDAD PORTANTE Y RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN

Se estimó la capacidad admisible, para cargas entre 800 y 4000 KN, se proponen diferentes diámetros que deben ser evaluados de acuerdo con las cargas del diseño estructural.

- **RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN:** Pilas de diámetro acorde con las cargas definitivas en el diseño estructural. Deben construirse anillos en concreto reforzado de 10 cm de espesor para protección de la excavación, cada metro de profundidad
- **CAPACIDAD DE CARGA POR PILA**

DIAMETRO	KN	TON
1	1905	194
1,2	2739	279
1,5	4268	435
1,7	5471	558

- **EL SUELO DE CIMENTACIÓN** Arena limosa de color rojizo
- **LONGITUD DE PILA** 8.00 m.
- No se recomienda el uso de campana, la sección de la pila debe ser continua en toda su longitud al igual que el acero de refuerzo.
- Se anexa memorias de cálculo (Anexo 1)



CALCULO DE ASENTAMIENTOS

Se calculan los asentamientos para pilas con la metodología propuestas Braja Das, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Para las cargas máximas admisibles, en pilas de diámetro 1, 1.2, 1.5, y 1.7 m

DIAMETRO	KN	TON
1	1905	194
1,2	2739	279
1,5	4268	435
1,7	5471	558

El asentamiento total de un pilote ante una carga vertical de trabajo Q_w está dado por

$$s_e = s_{e(1)} + s_{e(2)} + s_{e(3)} \quad (11.72)$$

donde

$s_{e(1)}$ = asentamiento elástico del pilote

$s_{e(2)}$ = asentamiento del pilote causado por la carga en la punta del pilote

$s_{e(3)}$ = asentamiento del pilote causada por la carga transmitida a lo largo del fuste del pilote

Si el material del pilote se supone elástico, la deformación del fuste del pilote se puede evaluar, de acuerdo con los principios fundamentales de la mecánica de materiales, como

$$s_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (11.73)$$

donde

Q_{wp} = carga soportada en la punta del pilote en condición de carga de trabajo

Q_{ws} = carga soportada por la resistencia por fricción (superficial) en condición de carga de trabajo

A_p = área de la sección transversal del pilote

L = longitud del pilote

E_p = módulo de elasticidad del material del pilote



La magnitud de ξ varía entre 0.5 y 0.67 y dependerá de la naturaleza de la distribución de la resistencia por fricción (superficial) unitaria f a lo largo del fuste del pilote.

El asentamiento de un pilote ocasionado por la carga soportada en la punta del pilote se puede expresar en la forma:

$$s_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (11.74)$$

donde

D = ancho o diámetro del pilote

q_{wp} = carga puntual por área unitaria en la punta del pilote = Q_{wp}/A_p

E_s = módulo de elasticidad del suelo en o debajo de la punta del pilote

μ_s = relación de Poisson del suelo

I_{wp} = factor de influencia ≈ 0.85

Vesic (1977) también propuso un método semiempírico para obtener la magnitud del asentamiento de $s_{e(2)}$. Su ecuación es

$$s_{e(2)} = \frac{Q_{wp} C_p}{D q_p} \quad (11.75)$$

donde

q_p = resistencia última en la punta del pilote

C_p = un coeficiente empírico

Los valores representativos de C_p para varios suelos se indican en la tabla 11.13.

Tabla 11.13 Valores comunes de C_p [de la ecuación (11.75)].

Tipo de suelo	Pilote hincado	Pilote perforado
Arena (densa a suelta)	0.02-0.04	0.09-0.18
Arcilla (firme a suave)	0.02-0.03	0.03-0.06
Limo (denso a suelto)	0.03-0.05	0.09-0.12

De "Design of Pile Foundations", de A.S. Vesic. SYNTHESIS OF HIGHWAY PRACTICE by AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORT. Derechos de autor 1969 del TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Reimpresa con permiso del TRANSPORTATION RESEARCH BOARD en formato Texbook mediante el Copyright Clearance Center.



El asentamiento de un pilote causado por la carga soportada por el fuste del pilote se obtiene de una relación similar a la ecuación (11.74), que es:

$$s_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (11.76)$$

donde

p = perímetro del pilote

L = longitud empotrada del pilote

I_{ws} = factor de influencia

Observe que el término Q_{ws}/pL en la ecuación (11.76) es el valor promedio de f a lo largo del fuste del pilote. El factor de influencia, I_{ws} , tiene una relación empírica simple (Vesic, 1977):

$$I_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (11.77)$$

Vesic (1977) también propuso una relación empírica simple similar a la ecuación (11.75) para obtener $s_{e(3)}$:

$$s_{e(3)} = \frac{Q_{ws} C_s}{L q_p} \quad (11.78)$$

En esta ecuación, C_s = una constante empírica = $(0.93 + 0.16 \sqrt{L/D}) C_p$ (11.79)

Los valores de C_p para utilizarlos en la ecuación (11.75) se pueden estimar de la tabla 11.13.

	1	1,2	1,5	1,7
Qwp (KN)	1209,57	1778,96	2769,94	3549,63
Qws (KN)	0	0	0	0
L (m)	8	8	8	8
D (m)	1,00	1,20	1,50	1,70
Ap (m2)	0,79	1,13	1,77	2,27
Ep (KPa)	21538106	21538106	21538106	21538106
Es (Kpa)	29475	29475	29475	29475
μ	0,3	0,3	0,3	0,3
Se1 (mm)	0,572	0,584	0,582	0,581
Se2 (mm)	40,416	49,534	61,702	69,767
Se3 (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000
Se (mm)	40,988	50,118	62,284	70,348

Los asentamientos maximos estimados correspondientes a la carga maxima admisible para los diferente diametros de pila, para evaluar los asentamientos reales se requieren las cargas de servicio en cada uno de los apoyos.



PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO

DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO

Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelos

A.2.4.3.2 — Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar — El número medio de golpes del ensayo de penetración estándar se obtiene por medio de los dos procedimientos dados a continuación:

(a) Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo — El número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo, indistintamente que esté integrado por suelos no cohesivos o cohesivos, se obtiene por medio de:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (\text{A.2.4-2})$$

donde:

N_i = número de golpes por pie obtenidos en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D 1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrato i . El valor de N_i a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100.

$$N_{60} = \frac{N \eta_H \eta_B \eta_S \eta_R}{60} \quad (2.6)$$

donde

N_{60} = número de penetración estándar, corregido por las condiciones en el campo

N = número de penetración medido

η_H = eficiencia del martinete (%)

η_B = corrección por el diámetro de la perforación

η_S = corrección del muestreador

η_R = corrección por longitud de la barra

Las variaciones de η_H , η_B , η_S y η_R con base en recomendaciones de Seed y colaboradores (1985) y Skempton (1986) se resumen en la tabla 2.5.

Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)



Muestra Numero/t	Profundidad		SPT 1				N60
	Desde	Hasta	Golpes/15 CM		N SPT		
M1	0,45	1,45	4	8	7	15	11
M2	1,45	2,45	7	8	8	16	12
M3	2,45	3,45	8	11	8	19	14
M4	3,45	4,45	10	12	14	26	22
M5	4,45	5,45	11	13	13	26	22
M6	5,45	6,45	10	13	15	28	27
M7	6,45	7,45	10	14	17	31	29
M8	7,45	8,45	13	15	22	37	35
M9	8,45	9,45	16	24	21	45	43
M10	9,45	10,45	18	19	21	40	38
M11	10,45	11,45	20	22	24	46	46
M12	11,45	12,45	24	21	21	42	42
M13	12,45	13,45	25	26	31	57	57
M14	13,45	14,45	26	30	31	61	61
M15	14,45	15,45	31	34	36	70	70

Muestra Numero/	Profundidad		SPT 2				N60
	Desde	Hasta	Golpes/15 CM		N SPT		
M1	0,45	1,45	9	10	8	18	14
M2	1,45	2,45	9	12	10	22	17
M3	2,45	3,45	12	10	13	23	17
M4	3,45	4,45	14	11	14	25	21
M5	4,45	5,45	21	21	16	37	31
M6	5,45	6,45	21	20	22	42	40
M7	6,45	7,45	23	21	19	40	38
M8	7,45	8,45	23	23	22	45	43
M9	8,45	9,45	21	20	22	42	40
M10	9,45	10,45	24	24	30	54	51
M11	10,45	11,45	31	30	25	55	55
M12	11,45	12,45	24	27	32	59	59
M13	12,45	13,45	31	31	36	67	67
M14	13,45	14,45	35	40	38	78	78
M15	14,45	15,45	38	29	44	73	73

Muestra	Profundidad		SPT 3				N60
Numero/t	Desde	Hasta	Golpes/15 CM		N SPT		
M1	0,45	1,45	8	7	6	13	10
M2	1,45	2,45	9	9	10	19	14
M3	2,45	3,45	11	11	9	20	15
M4	3,45	4,45	11	12	14	26	22
M5	4,45	5,45	14	12	15	27	23
M6	5,45	6,45	19	17	18	35	33
M7	6,45	7,45	19	20	23	43	41
M8	7,45	8,45	18	20	21	41	39
M9	8,45	9,45	21	22	23	45	43
M10	9,45	10,45	29	25	22	47	45
M11	10,45	11,45	31	24	32	56	56
M12	11,45	12,45	30	32	34	66	66
M13	12,45	13,45	38	39	32	71	71
M14	13,45	14,45	41	37	39	76	76
M15	14,45	15,45	37	41	44	85	85

Muestra Numero/	Profundidad		SPT 4				N60
	Desde	Hasta	Golpes/15 CM		N SPT		
M1	0,45	1,45	9	9	8	17	13
M2	1,45	2,45	10	10	8	18	14
M3	2,45	3,45	10	11	8	19	14
M4	3,45	4,45	11	12	13	25	21
M5	4,45	5,45	14	12	11	23	20
M6	5,45	6,45	21	16	21	37	35
M7	6,45	7,45	19	18	20	38	36
M8	7,45	8,45	21	22	20	42	40
M9	8,45	9,45	20	21	24	45	43
M10	9,45	10,45	29	30	29	59	56
M11	10,45	11,45	29	31	30	61	61
M12	11,45	12,45	31	34	29	63	63
M13	12,45	13,45	41	40	41	81	81
M14	13,45	14,45	39	43	42	85	85
M15	14,45	15,45	40	39	38	77	77



SPT 1			
PROFUNDIDAD	di	Ni	di/Ni
1,45	1	11	0,09
2,45	1	12	0,08
3,45	1	14	0,07
4,45	1	22	0,05
5,45	1	22	0,05
6,45	1	27	0,04
7,45	1	29	0,03
8,45	1	35	0,03
9,45	1	43	0,02
10,45	1	38	0,03
11,45	1	46	0,02
12,45	1	42	0,02
13,45	1	57	0,02
14,45	1	61	0,02
15,45	1	70	0,01
Σdi	15	Σdi/Ni	0,58
		N	25,86

SPT 2			
PROFUNDIDAD	di	Ni	di/Ni
1,45	1,45	14	0,10
2,45	1	17	0,06
3,45	1	17	0,06
4,45	1	21	0,05
5,45	1	31	0,03
6,45	1	40	0,03
7,45	1	38	0,03
8,45	1	43	0,02
9,45	1	40	0,03
10,45	1	51	0,02
11,45	1	55	0,02
12,45	1	59	0,02
13,45	1	67	0,01
14,45	1	78	0,01
15,45	1	73	0,01
Σdi	14,45	Σdi/Ni	0,50
		N	29,08

SPT 3			
PROFUNDIDAD	di	Ni	di/Ni
1,45	1,45	10	0,15
2,45	1	14	0,07
3,45	1	15	0,07
4,45	1	22	0,05
5,45	1	23	0,04
6,45	1	33	0,03
7,45	1	41	0,02
8,45	1	39	0,03
9,45	1	43	0,02
10,45	1	45	0,02
11,45	1	56	0,02
12,45	1	66	0,02
13,45	1	71	0,01
14,45	1	76	0,01
15,45	1	85	0,01
Σdi	15,45	Σdi/Ni	0,57
		N	27,11

SPT 4			
PROFUNDIDAD	di	Ni	di/Ni
1,45	1,45	13	0,11
2,45	1	14	0,07
3,45	1	14	0,07
4,45	1	21	0,05
5,45	1	20	0,05
6,45	1	35	0,03
7,45	1	36	0,03
8,45	1	40	0,03
9,45	1	43	0,02
10,45	1	56	0,02
11,45	1	61	0,02
12,45	1	63	0,02
13,45	1	81	0,01
14,45	1	85	0,01
15,45	1	77	0,01
Σdi	15,45	Σdi/Ni	0,54
		N	28,41

N prom	27,62
---------------	--------------

TIPO D

SANTA FE DE ANTIOQUIA se encuentra en una zona de amenaza sísmica **INTERMEDIA**

El proyecto se clasifica como grupo de uso III Edificaciones de atención a la comunidad

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Se deben evaluar para el diseño estructural los siguientes parámetros:

- **Aa:** 0.20
- **Av:** 0.20
- **Zona de amenaza sísmica:** Intermedia
- **Tipo de perfil del suelo:** D
- **Fa:** 1.4
- **Fv:** 2.0
- **Coeficiente de importancia:** 1.25

Coeficientes del sitio **Fa y Fv**, se tiene:

CARLOS GIOVANNI PÉREZ PÉREZ
Ing. Civil, Esp. en Geotecnia y Estabilidad de Taludes
cgiovanniperez@gmail.com

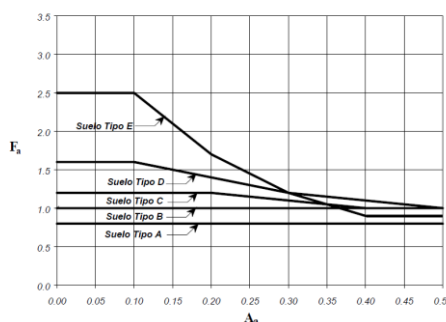


Figura A.2.4-1 - Coeficiente de amplificación F_a del suelo para la zona de periodos cortos del espectro

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

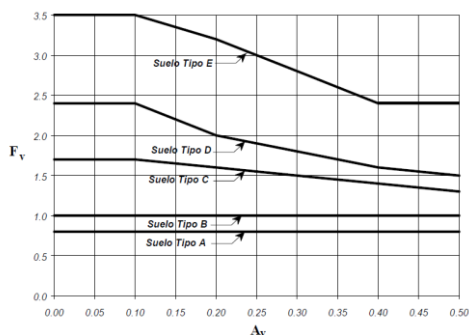


Figura A.2.4-2 — Coeficiente de amplificación F_v del suelo para la zona de periodos intermedios del espectro

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.



RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN

- ✓ Se recomienda cimentación en pilas de 8 m de longitud, el diámetro debe seleccionarse acorde a las cargas definitivas del diseño estructural.
- ✓ Debe proteger la excavación con anillos en concreto reforzado de 10 cm de espesor, lo cuales debe irse construyendo cada metro de excavación.
- ✓ No se debe realizar campana la sección de la pila debe ser continua en toda su longitud al igual que el acero de refuerzo.
- ✓ El fondo de la excavación se deberá limpiar y colocar un solado de limpieza para evitar alteraciones en el suelo de soporte.
- ✓ Si el suelo propuesto para servir de apoyo a las cimentaciones no se encuentra al nivel especificado, la excavación debe continuarse hasta encontrar la capa portante y la sobre excavación se reemplazará por concreto ciclópeo, con previa autorización del ingeniero Geotecnista.
- ✓ Las dimensiones finales de los elementos de cimentación deben ser coherentes con la capacidad de soporte del suelo y las solicitudes a las que estarán sometidos, el refuerzo de tales elementos será definido por el ingeniero estructural.
- ✓ Las conclusiones y recomendaciones consignadas en el presente informe se basan los en los resultados de las investigaciones de campo y laboratorio que se describen en los capítulos pertinentes, y en la experiencia de los profesionales que participaron en el estudio.

CARLOS GIOVANNI PÉREZ PÉREZ

C.C. 1.053.778.587

INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES

M.P. 05202-275472 ANT



ANEXO 1

MEMORIA DE CÁLCULO



3.0 RESISTENCIA EFECTIVA APROXIMADA CON SPT

3.1 Procedimiento

El procedimiento para obtener valores aproximados de valores efectivos de resistencia c' y ϕ' con SPT es el siguiente, teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente:

- Obtener el valor de N (golpes/pie) en campo, con la profundidad respectiva e identificar al tipo de suelo en el cual se hizo el ensayo.
- Colocar al ensayo la profundidad media entre las dos lecturas de golpes que se usen
- Obtener o estimar el valor del peso unitario total de la muestra, preferentemente en el sitio. Esta se puede obtener de la muestra de la cuchara perdida, pero corrigiendo el área por la compresión que sufre la muestra al entrar al muestreador.
- Obtener lo más fiablemente posible la posición del nivel piezométrico
- Calcular el valor de los esfuerzos totales (σ), la presión de poros (u_w) y los esfuerzos efectivos ($\sigma' = \sigma - u_w$) para toda la columna de ensayo. Hay que tener en cuenta que el material puede estar saturado y la presión de poros puede ser negativa hasta la altura de capilaridad.
- El valor de N_{45} para Colombia se corrige por confinamiento con la formulación de C_n de Seed-Idriss (Marcuson), Fórmula (5f), teniendo cuidado que $C_n \leq 2$.
- Se obtiene el valor de ϕ'_{eq} con la fórmula de Kishida (8c).
- Se calcula el valor de $\tau = \sigma' \times \tan(\phi'_{eq})$
- Se agrupan los valores de τ y σ' por tipos de materiales
- Se hace la regresión τ vs σ' para cada tipo de material y se obtienen c' y $\tan\phi'$. Si en la regresión resulta $c' < 0$, se obliga a la regresión a pasar por cero.
- Se puede obtener el ϕ' mínimo de cada material haciendo $\phi'_{mínimo} = \phi'_{eq}$ mínimo
- Se colocan los resultados en un diagrama $c' - \tan\phi'$ y si son materiales del mismo origen geológico, los puntos normalmente se alinean en forma aproximada.

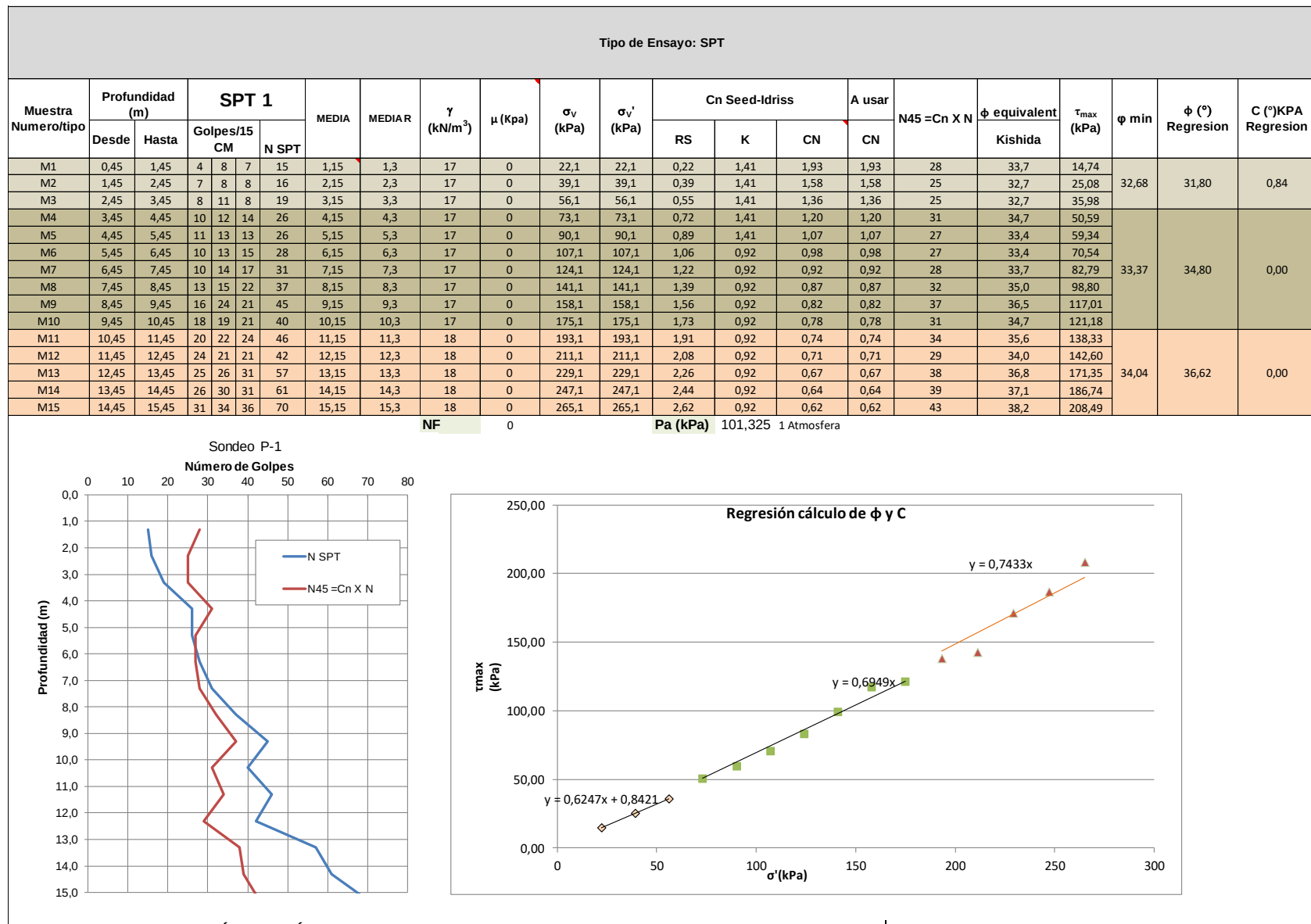
$$\text{Kishida} \quad \phi'_{eq} = 15 + (12.5 \times N_{45})^{0.5}$$

$$R_s = \sigma_v' / p_a \quad (4)$$

Existen numerosas propuestas, entre las que se destacan las siguientes (Figura 2) :

Peck	$C_n = \log(20/R_s) / \log(20)$	(5a)
Seed	$C_n = 1 - 1.25 \log(R_s)$	(5b)
Meyerhof-Ishihara	$C_n = 1.7 / (0.7 + R_s)$	(5c)
Liao-Whitman	$C_n = (1/R_s)^{0.5}$	(5d)
Skempton	$C_n = 2 / (1 + R_s)$	(5e)
Seed-Idriss (Marcuson)	$C_n = 1 - K^* \log R_s$ ($K=1.41$ para $R_s < 1$; $K=0.92$ para $R_s \geq 1$)	(5f)
González (Logaritmo)	$C_n = \log(10/R_s)$	(5g)
Schmertmann	$C_n = 32.5 / (10.2 + 20.3 R_s)$	(5h)

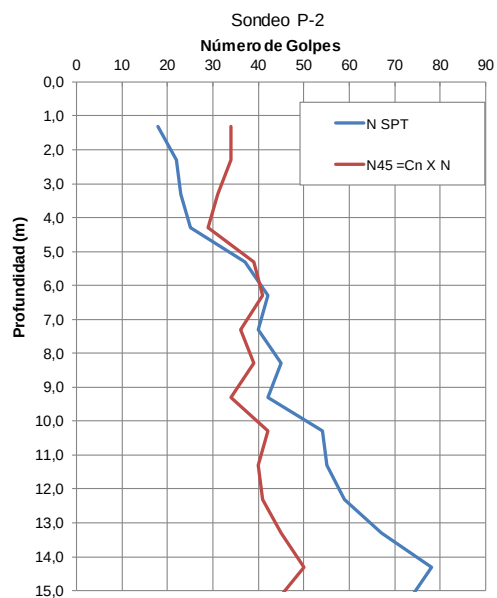
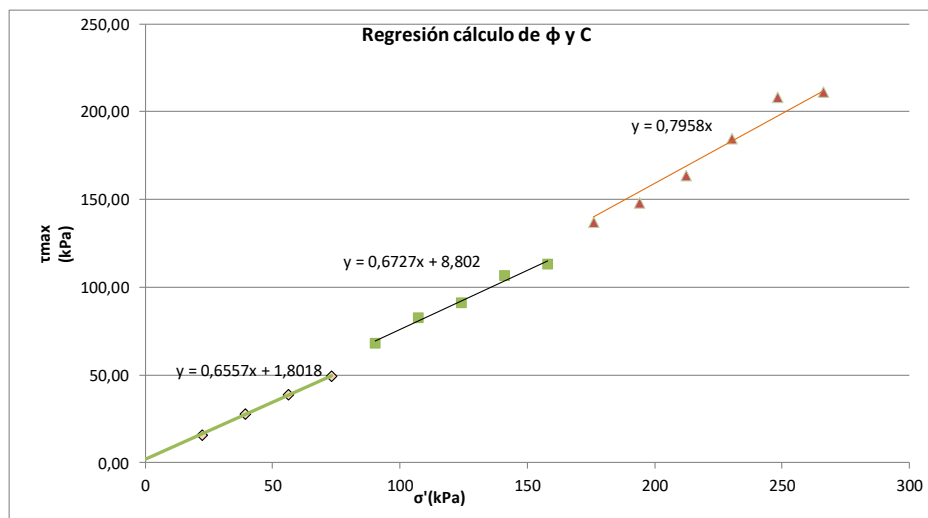
En general se recomienda que $C_n \leq 2.0$, por lo cual la formulación de Skempton es la única que cumple exactamente esta recomendación para $R_s = 0$.





Tipo de Ensayo: SPT																						
Muestra Numero/tipo	Profundidad (m)		SPT 2				MEDIA	MEDIA R	γ (kN/m ³)	μ (Kpa)	σ _v (kPa)	σ _{v'} (kPa)	Cn Seed-Idriss			A usar	N45 =Cn X N	φ equivalent Kishida	τ _{max} (kPa)	φ min	φ (°) Regresio n	C (°)KPA Regresion
	Desde	Hasta	Golpes/15 CM	N SPT	RS	K							CN	CN								
M1	0,45	1,45	9	10	8	18	1,15	1,3	17	0	22,1	22,1	0,22	1,41	1,93	1,93	34	35,6	15,83	34,04	33,25	1,80
M2	1,45	2,45	9	12	10	22	2,15	2,3	17	0	39,1	39,1	0,39	1,41	1,58	1,58	34	35,6	28,01			
M3	2,45	3,45	12	10	13	23	3,15	3,3	17	0	56,1	56,1	0,55	1,41	1,36	1,36	31	34,7	38,82			
M4	3,45	4,45	14	11	14	25	4,15	4,3	17	0	73,1	73,1	0,72	1,41	1,20	1,20	29	34,0	49,38			
M5	4,45	5,45	21	21	16	37	5,15	5,3	17	0	90,1	90,1	0,89	1,41	1,07	1,07	39	37,1	68,09	35,62	33,93	8,00
M6	5,45	6,45	21	20	22	42	6,15	6,3	17	0	107,1	107,1	1,06	0,92	0,98	0,98	41	37,6	82,59			
M7	6,45	7,45	23	21	19	40	7,15	7,3	17	0	124,1	124,1	1,22	0,92	0,92	0,92	36	36,2	90,87			
M8	7,45	8,45	23	23	22	45	8,15	8,3	17	0	141,1	141,1	1,39	0,92	0,87	0,87	39	37,1	106,63			
M9	8,45	9,45	21	20	22	42	9,15	9,3	17	0	158,1	158,1	1,56	0,92	0,82	0,82	34	35,6	113,25	37,36	38,51	0,00
M10	9,45	10,45	24	24	30	54	10,15	10,3	18	0	176,1	176,1	1,74	0,92	0,78	0,78	42	37,9	137,15			
M11	10,45	11,45	31	30	25	55	11,15	11,3	18	0	194,1	194,1	1,92	0,92	0,74	0,74	40	37,4	148,19			
M12	11,45	12,45	24	27	32	59	12,15	12,3	18	0	212,1	212,1	2,09	0,92	0,70	0,70	41	37,6	163,57			
M13	12,45	13,45	31	31	36	67	13,15	13,3	18	0	230,1	230,1	2,27	0,92	0,67	0,67	45	38,7	184,46			
M14	13,45	14,45	35	40	38	78	14,15	14,3	18	0	248,1	248,1	2,45	0,92	0,64	0,64	50	40,0	208,18			
M15	14,45	15,45	38	29	44	73	15,15	15,3	18	0	266,1	266,1	2,63	0,92	0,61	0,61	44	38,5	211,30			

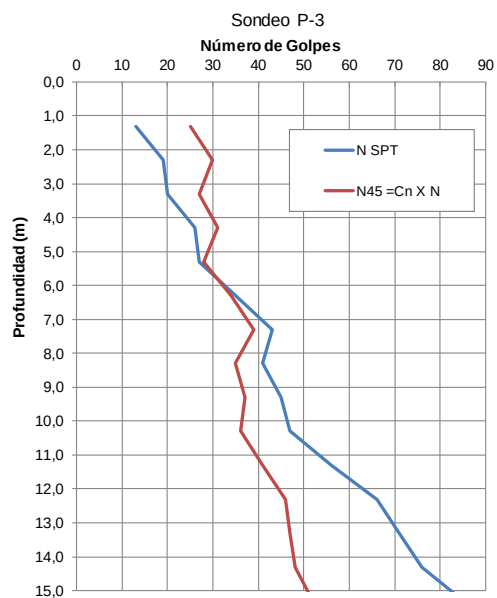
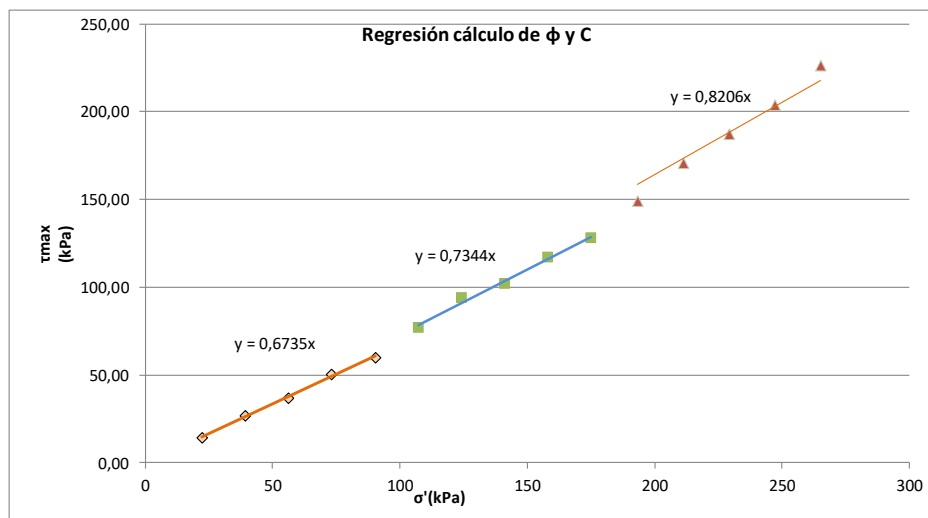
NF 0 Pa (kPa) 101,325 1 Atmosfera

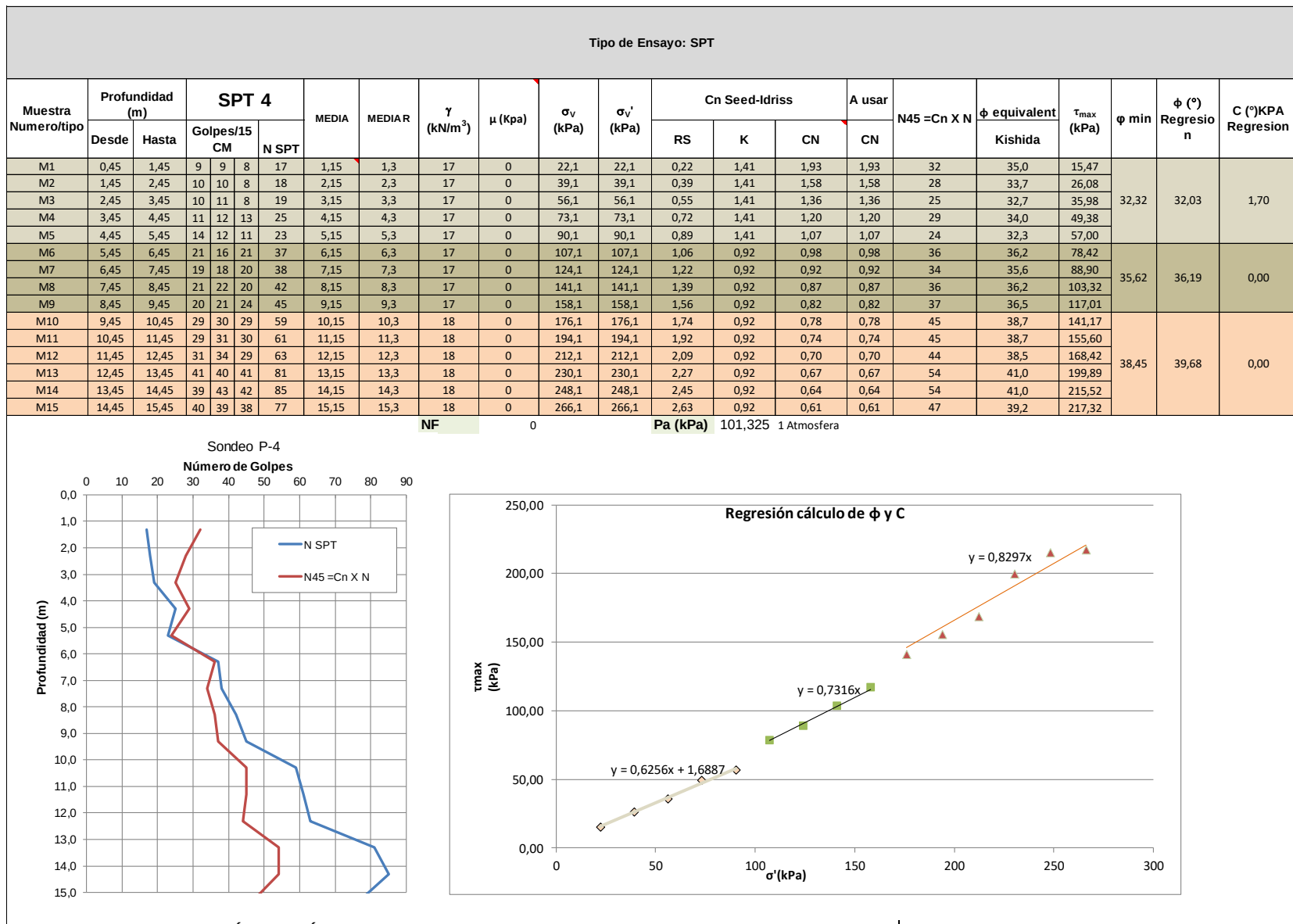




Tipo de Ensayo: SPT																							
Muestra Numero/tipo	Profundidad (m)		SPT 3				MEDIA	MEDIA R	γ (kN/m ³)	μ (Kpa)	σ _v (kPa)	σ _{v'} (kPa)	Cn Seed-Idriss			A usar	N45 =Cn X N	φ equivalent Kishida	τ _{max} (kPa)	φ min	φ (°) Regresio n	C (°)KPA Regresion	
	Desde	Hasta	Golpes/15 CM										RS	K	CN								CN
M1	0,45	1,45	8	7	6	13	1,15	1,3	17	0	22,1	22,1	0,22	1,41	1,93	1,93	25	32,7	14,18	32,68	33,96	0,00	
M2	1,45	2,45	9	9	10	19	2,15	2,3	17	0	39,1	39,1	0,39	1,41	1,58	1,58	30	34,4	26,74				
M3	2,45	3,45	11	11	9	20	3,15	3,3	17	0	56,1	56,1	0,55	1,41	1,36	1,36	27	33,4	36,95				
M4	3,45	4,45	11	12	14	26	4,15	4,3	17	0	73,1	73,1	0,72	1,41	1,20	1,20	31	34,7	50,59				
M5	4,45	5,45	14	12	15	27	5,15	5,3	17	0	90,1	90,1	0,89	1,41	1,07	1,07	28	33,7	60,11				
M6	5,45	6,45	19	17	18	35	6,15	6,3	17	0	107,1	107,1	1,06	0,92	0,98	0,98	34	35,6	76,72	35,62	36,29	0,00	
M7	6,45	7,45	19	20	23	43	7,15	7,3	17	0	124,1	124,1	1,22	0,92	0,92	0,92	39	37,1	93,79				
M8	7,45	8,45	18	20	21	41	8,15	8,3	17	0	141,1	141,1	1,39	0,92	0,87	0,87	35	35,9	102,20				
M9	8,45	9,45	21	22	23	45	9,15	9,3	17	0	158,1	158,1	1,56	0,92	0,82	0,82	37	36,5	117,01				
M10	9,45	10,45	29	25	22	47	10,15	10,3	17	0	175,1	175,1	1,73	0,92	0,78	0,78	36	36,2	128,22				
M11	10,45	11,45	31	24	32	56	11,15	11,3	18	0	193,1	193,1	1,91	0,92	0,74	0,74	41	37,6	148,91	37,64	39,37	0,00	
M12	11,45	12,45	30	32	34	66	12,15	12,3	18	0	211,1	211,1	2,08	0,92	0,71	0,71	46	39,0	170,82				
M13	12,45	13,45	38	39	32	71	13,15	13,3	18	0	229,1	229,1	2,26	0,92	0,67	0,67	47	39,2	187,11				
M14	13,45	14,45	41	37	39	76	14,15	14,3	18	0	247,1	247,1	2,44	0,92	0,64	0,64	48	39,5	203,66				
M15	14,45	15,45	37	41	44	85	15,15	15,3	18	0	265,1	265,1	2,62	0,92	0,62	0,62	52	40,5	226,38				

NF 0 Pa (kPa) 101,325 1 Atmosfera







CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN PILAS

Figura 11.13 Variación de los valores máximos de N_q^* con el ángulo de fricción del suelo ϕ' . [De Meyerhof, G.G. (1976). "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations", Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, vol. 102, núm. GT3, pp. 197-228. Con permiso de la ASCE].

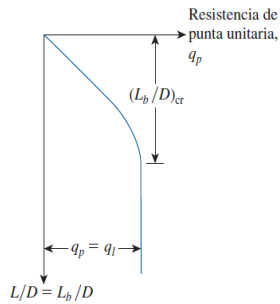


Figura 11.12 Naturaleza de la variación de la resistencia de punta en una arena homogénea.

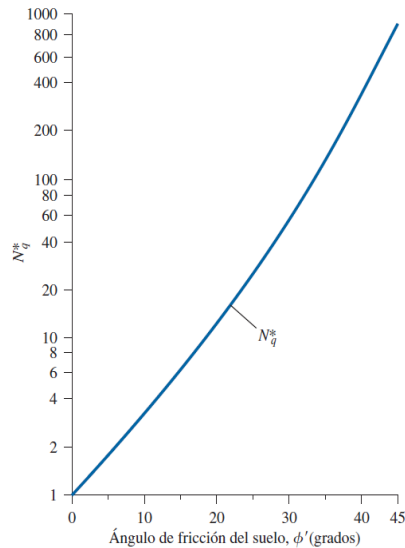


Tabla 11.5 Valores interpolados de N_q^* con base en la teoría de Meyerhof.

Ángulo de fricción del suelo, ϕ (grados)	N_q^*
20	12.4
21	13.8
22	15.5
23	17.9
24	21.4
25	26.0
26	29.5
27	34.0
28	39.7
29	46.5
30	56.7
31	68.2
32	81.0
33	96.0
34	115.0
35	143.0
36	168.0
37	194.0
38	231.0
39	276.0
40	346.0
41	420.0
42	525.0
43	650.0
44	780.0
45	930.0

CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0,0
L (m)	8,0
D (m)	1,0
γ (kN/m3)	17,0
Nq^*	143,0

Meyerhof $Qp = Ap * q' * Nq^* \leq Ap * q_l$

$$q_l = 0,5 Pa * Nq^* * \tan \phi'$$

Pa (kN/m2) 100

Qp 15274,42

Ap*q_l 3932,08

FS 3

Qadm 1311 kN

CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0,0
L (m)	8,0
D (m)	1,2
γ (kN/m3)	17,0
Nq^*	143,0

Meyerhof $Qp = Ap * q' * Nq^* \leq Ap * q_l$

$$q_l = 0,5 Pa * Nq^* * \tan \phi'$$

Pa (kN/m2) 100

Qp 21995,17

Ap*q_l 5662,20

FS 3

Qadm 1887 kN



CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0,0
L (m)	8,0
D (m)	1,5
γ (kN/m ³)	17,0
Nq^*	143,0

Meyerhof $Qp = Ap * q' * Nq^* \leq Ap * q_l$

$$q_l = 0,5 Pa * Nq^* * \tan \phi'$$

Pa (kN/m²) 100

Qp 34367,45
 Ap*q_l 8847,19
 FS 3

Qadm 2949 kN

CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0,0
L (m)	8,0
D (m)	1,7
γ (kN/m ³)	17,0
Nq^*	143,0

Meyerhof $Qp = Ap * q' * Nq^* \leq Ap * q_l$

$$q_l = 0,5 Pa * Nq^* * \tan \phi'$$

Pa (kN/m²) 100

Qp 44143,08
 Ap*q_l 11363,72
 FS 3

Qadm 3788 kN

Estimación de Q_p

Para una pila perforada con su base ubicada sobre un suelo granular (es decir, $c' = 0$), la *capacidad de soporte de carga última neta* en la base se puede obtener con la ecuación (12.4) como

$$Q_{p(\text{neta})} = A_p [q' (N_q - 1) F_{qs} F_{qd} F_{qc}] \quad (12.5)$$

$$F_{qs} = 1 + \tan \phi'$$

$$F_{qd} = 1 + C \tan^{-1} \left(\frac{L}{D_b} \right)$$

radianes

$$C = 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2$$

Las variaciones de F_{qs} y C con ϕ' se dan en la tabla 12.1.

De acuerdo con Chen y Kulhawy (1994), F_{qc} , se puede calcular de la manera siguiente.

Paso 1. Se calcula el índice de rigidez crítico como

$$I_{cr} = 0.5 \exp \left[2.85 \cot \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right) \right] \quad (12.9)$$



Tabla 12.1 Variación de N_q , F_{qs} , C , I_{cr} , μ_s y n con ϕ' .

Ángulo de fricción del suelo, ϕ' (grados)	N_q (tabla 3.3)	F_{qs} [ec. (12.6)]	C [ec. (12.8)]	I_{cr} [ec. (12.9)]	μ_s [ec. (12.13)]	n [ec. (12.15)]
25	10.66	1.466	0.311	43.84	0.100	0.00500
26	11.85	1.488	0.308	47.84	0.115	0.00475
27	13.20	1.510	0.304	52.33	0.130	0.00450
28	14.72	1.532	0.299	57.40	0.145	0.00425
29	16.44	1.554	0.294	63.13	0.160	0.00400
30	18.40	1.577	0.289	69.63	0.175	0.00375
31	20.63	1.601	0.283	77.03	0.190	0.00350
32	23.18	1.625	0.276	85.49	0.205	0.00325
33	26.09	1.649	0.269	95.19	0.220	0.00300
34	29.44	1.675	0.262	106.37	0.235	0.00275
35	33.30	1.700	0.255	119.30	0.250	0.00250
36	37.75	1.727	0.247	134.33	0.265	0.00225
37	42.92	1.754	0.239	151.88	0.280	0.00200

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0
L (m)	8
D (m)	1,0
γ (kN/m3)	17
Nq	33,3
Fqs	1,70
C	0,255
Fqd	1,37
Icr	119,30
Es (Kpa)	29200
μ_s	0,25
Ir	122,6527112
n	0,0025
Irr	86,56
Fqc	0,8555
Qp(neta)	6867
Qadm	2289

KN

KN

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0
L (m)	8
D (m)	1,2
γ (kN/m3)	17
Nq	33,3
Fqs	1,70
C	0,255
Fqd	1,36
Icr	119,30
Es (Kpa)	29200
μ_s	0,25
Ir	122,6527112
n	0,0025
Irr	86,56
Fqc	0,8555
Qp(neta)	9843
Qadm	3281

KN

KN



ϕ (°)	35,0	
C (Kpa)	0	
L (m)	8	
D (m)	1,5	
γ (kN/m3)	17	
Nq	33,3	
Fqs	1,70	
C	0,255	
Fqd	1,35	
Icr	119,30	
Es (Kpa)	29200	
μ_s	0,25	
Ir	122,6527112	
n	0,0025	
Irr	86,56	
Fqc	0,8555	
Qp(neta)	15275	KN
Qadm	5092	KN

ϕ (°)	35,0	
C (Kpa)	0	
L (m)	8	
D (m)	1,7	
γ (kN/m3)	17	
Nq	33,3	
Fqs	1,70	
C	0,255	
Fqd	1,35	
Icr	119,30	
Es (Kpa)	29200	
μ_s	0,25	
Ir	122,6527112	
n	0,0025	
Irr	86,56	
Fqc	0,8555	
Qp(neta)	19531	KN
Qadm	6510	KN

La magnitud de $Q_{p(neta)}$ también se puede estimar razonablemente bien a partir de una relación basada en el análisis de Berezantzev y colaboradores (1961) que se puede expresar como

$$Q_{p(neta)} = A_p q' (\omega N_q^* - 1) \quad (12.18)$$

donde

$$N_q^* = \text{factor de capacidad de carga} = 0.21 e^{0.17 \phi'} \quad (\text{Consulte la tabla 12.2}) \quad (12.19)$$

$$\omega = \text{factor de corrección} = f(L/D_b)$$

En la figura (12.19), ϕ' está en grados. La variación de ω con L/D_b se da en la figura 12.10.



Tabla 12.2 Variación de N_q^* con ϕ' [ecuación (12.19)].

ϕ' (deg)	N_q^*
25	14.72
26	17.45
27	20.68
28	24.52
29	29.06
30	34.44
31	40.83
32	48.39
33	57.36
34	67.99
35	80.59
36	95.52
37	113.22
38	134.20
39	159.07
40	188.55
41	223.49
42	264.90
43	313.99
44	372.17
45	441.14

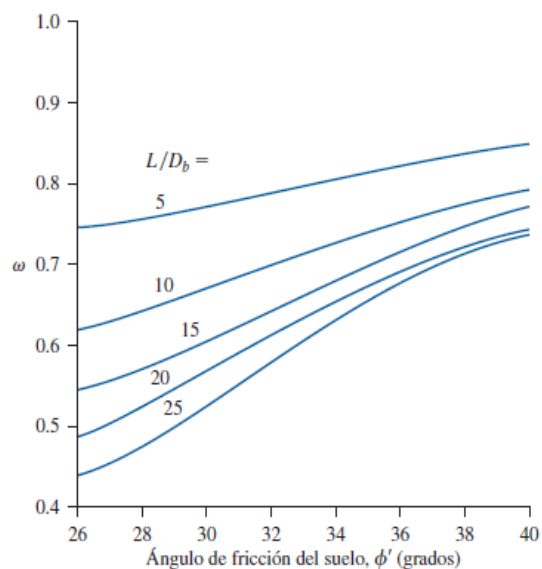


Figura 12.10 Variación de ω con ϕ' y L/D_b .

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0
L (m)	8
D (m)	1,0
γ (kN/m3)	17
N_q^*	80,59
L/D	8,0
w	0,75
$Q_p(\text{neta})$	6349
Q_{adm}	2116

KN

KN

ϕ (°)	35,0
C (Kpa)	0
L (m)	8
D (m)	1,2
γ (kN/m3)	17
N_q^*	80,59
L/D	6,7
w	0,75
$Q_p(\text{neta})$	9143
Q_{adm}	3048

KN

KN



ϕ (°)	35,0	
C (Kpa)	0	
L (m)	8	
D (m)	1,5	
γ (kN/m ³)	17	
Nq*	80,59	
L/D	5,3	
w	0,75	
Qp(neta)	14286	KN
Qadm	4762	KN

ϕ (°)	35,0	
C (Kpa)	0	
L (m)	8	
D (m)	1,7	
γ (kN/m ³)	17	
Nq*	80,59	
L/D	4,7	
w	0,75	
Qp(neta)	18349	KN
Qadm	6116	KN

Resumen de capacidad portante.

D = 1	Qadm (KN)	Qadm (Ton)
1	1311	134
2	2289	234
3	2116	216
prom	1905	194

D = 1,2 m	Qadm (KN)	Qadm (Ton)
1	1887	193
2	3281	335
3	3048	311
prom	2739	279

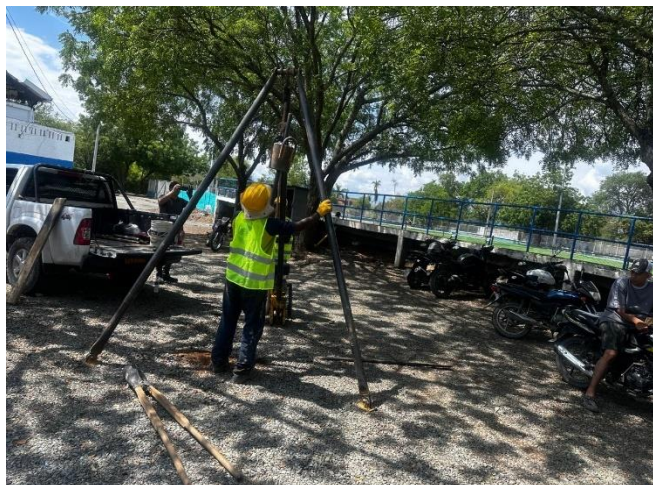
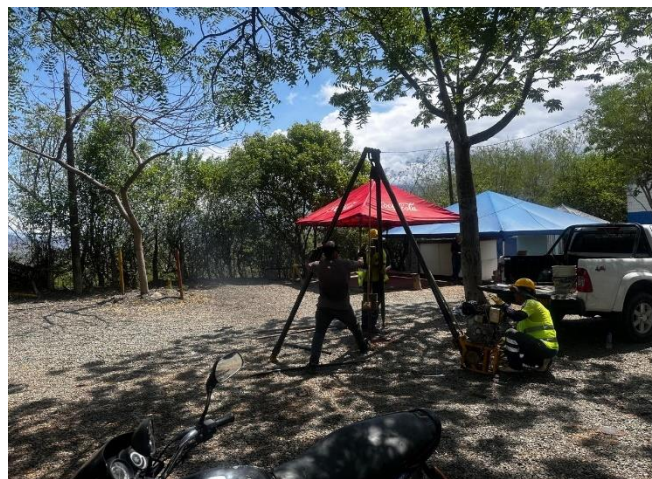
D = 1,5	Qadm (KN)	Qadm (Ton)
1	2949	301
2	5092	520
3	4762	486
prom	4268	435

D = 1,7	Qadm (KN)	Qadm (Ton)
1	3788	387
2	6510	664
3	6116	624
prom	5471	558



ANEXO 2

REGISTRO FOTOGRÁFICO





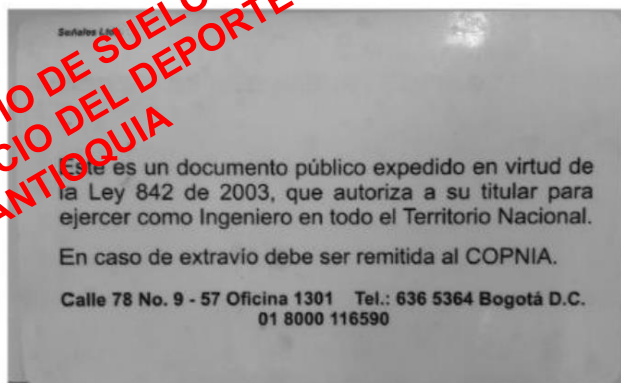


ANEXO 3

MATRICULA PROFESIONAL



ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL
EDIFICIO DEL DEPORTE – EN EL MUNICIPIO DE SANTA FÉ
DE ANTIOQUIA





LA UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
Con personería jurídica reconocida mediante Resolución número 14 de 31 de julio de 1950 del Ministerio de Justicia
Y CON AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL
EN NOMBRE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA
OTORGA EL TÍTULO DE
Especialista en Geotecnia y Estabilidad de Taludes
CARLOS GIOVANNI PÉREZ PÉREZ
C.C. 1.053.778.587
POR HABER COMPLETADO LOS REQUISITOS LEGALES Y REGISTROS
Expedido en Medellín el veinticuatro de julio del año dos mil dieciocho

El Rector,

NÉSTOR HINCAPIÉ VARGAS

La Secretaria General,

Esgranza Restrepo Restrepo

Asado es el folio 49736 del libro de Registro de Diplomas número 34

022864



ANEXO 4

INFORME DE LABORATORIO



Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com

CLASIFICACIÓN: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y LIMITES DE ATTERBERG (ASTM D6913, D1140, D4318)

Proyecto: <u>Cancha Llanos</u>	Perforación: <u>P1</u>
Localización: <u>Santa Fé de Antioquia, Antioquia</u>	Muestra: <u>M1</u>
Cliente: <u>Ing. Jhon Jairo Arango</u>	Prof. (m): <u>-</u>
Descripción: <u>Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava (café)</u>	

Equipos, Métodos y Preparación de muestra					Registro Fotográfico				
Tamices granulometría: Juego estándar según ASTM D6913 Equipo Límite Líquido: Cazuela manual, ranurador metálico Equipo Límite Plástico: Enrollado manual Granulometría: Método A (ASTM D6913) Tipo de muestra: Bolsa Método de selección: Muestra completa Pulverización: Manual Tipo de agua (Límites): Agua potable									
Lavado Sobre Tamiz No. 200					Contenido Natural de Agua*				
Tiempo de remojo en agua (hr) = 2 Masa suelo seco antes de lavado (g) = 120.43 Masa suelo seco después de lavado (g) = 55.35 Masa de los finos (g) = 65.08 Porcentaje de finos (%) = 54.0					Tara No. O72 O76 O75 Masa tara (g) 5.63 4.39 6.31 Masa suelo húmedo + tara (g) 18.74 18.84 18.69 Masa suelo seco + tara (g) 17.25 17.19 17.27 Contenido de agua promedio (%) = 12.9				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)	Resultados Gradación				
3"	75	0.00	0.0	100	GRAVA (%) = 15.4				
2"	50	0.00	0.0	100	ARENA (%) = 30.5				
1½"	37.5	0.00	0.0	100	FINOS (%) = 54.1				
1"	25	0.00	0.0	100	ERROR (%) = 0.0				
3/4"	19	0.00	0.0	100					
3/8"	9.5	10.85	9.0	91	Diámetros Efectivos				
No. 4	4.75	7.66	6.4	85	D ₁₀ (mm) = N/A				
No. 10	2	10.67	8.9	76	D ₃₀ (mm) = N/A				
No. 20	0.85	7.53	6.3	70	D ₆₀ (mm) = 0.24				
No. 40	0.425	5.52	4.6	65					
No. 60	0.25	4.75	3.9	61	Coeficiente de Uniformidad				
No. 100	0.15	5.11	4.2	57	Cu = N/A				
No. 140	0.106	1.90	1.6	55	Coeficiente de Curvatura				
No. 200	0.075	1.30	1.1	54.1	Cc = N/A				
Fondo	0	0.06	0.05						
LIMITES DE ATTERBERG									
Limite Líquido, LL = 34					Limite Plástico, LP = 21				
Tara No.		269	270	271	Tara No.		272	273	274
Masa tara (g)		5.70	6.00	6.32	Masa tara (g)		8.10	5.89	5.57
Masa suelo húmedo + tara (g)		16.26	17.17	17.67	Masa suelo húmedo + tara (g)		19.60	16.13	16.42
Masa suelo seco + tara (g)		13.77	14.40	14.64	Masa suelo seco + tara (g)		17.59	14.34	14.55
Contenido de agua (%)		30.86	32.98	36.42	Contenido de agua (%)		21.18	21.18	20.82
Número de Golpes		36	27	18					
*Se determina en el estado entregado al laboratorio					Clasificación U.S.C.S.		CL		

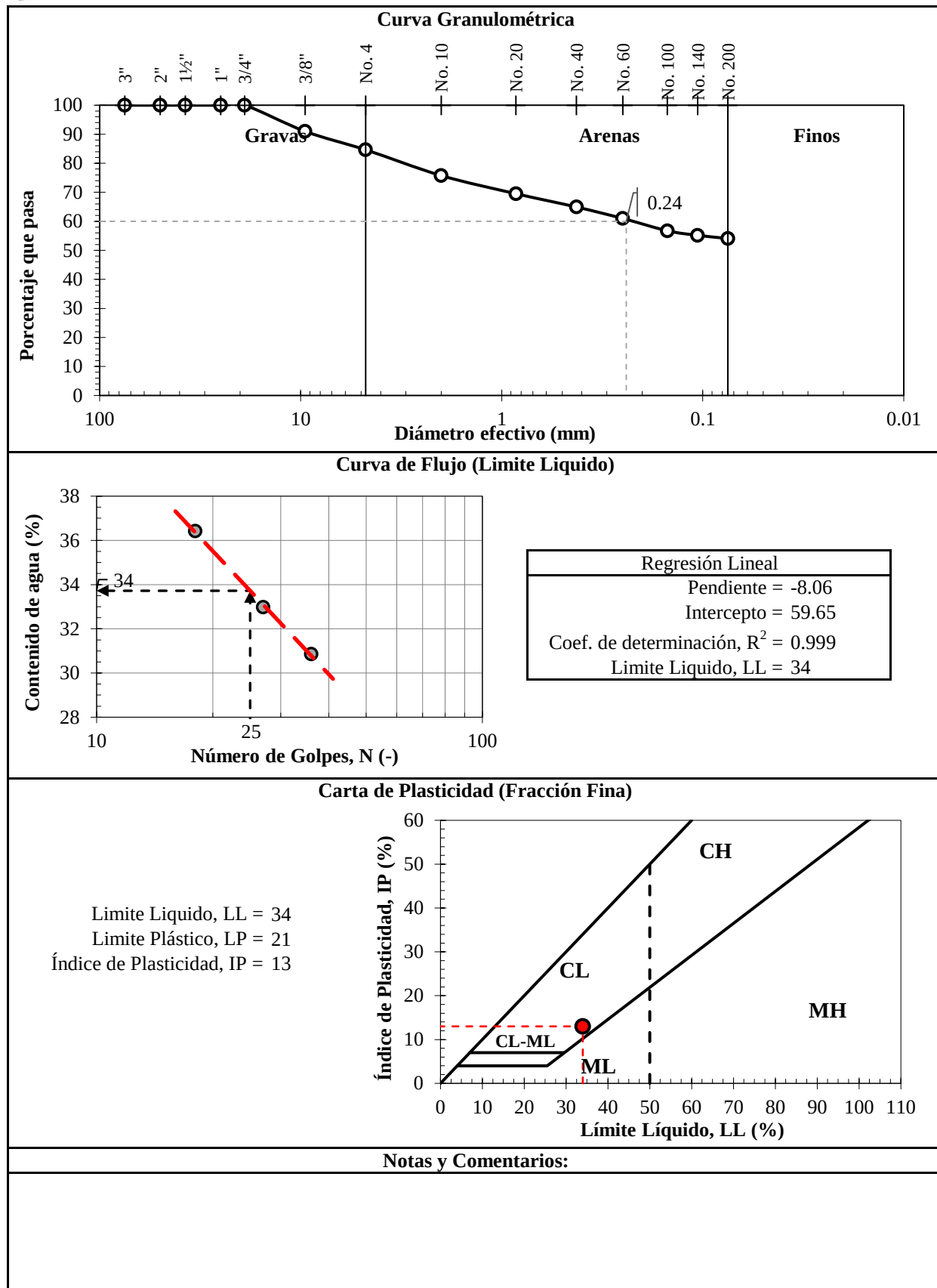


Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com



**Laboratorio de Geotecnia**

Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com

CLASIFICACIÓN: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y LIMITES DE ATTERBERG (ASTM D6913, D1140, D4318)

Proyecto: <u>Cancha Llanos</u>	Perforación: <u>P2</u>
Localización: <u>Santa Fé de Antioquia, Antioquia</u>	Muestra: <u>M3</u>
Cliente: <u>Ing. Jhon Jairo Arango</u>	Prof. (m): <u>-</u>
Descripción: <u>Arena arcillosa con grava (café)</u>	

Equipos, Métodos y Preparación de muestra					Registro Fotográfico			
Tamices granulometría: Juego estándar según ASTM D6913 Equipo Límite Líquido: Cazuela manual, ranurador metálico Equipo Límite Plástico: Enrollado manual Granulometría: Método A (ASTM D6913) Tipo de muestra: Bolsa Método de selección: Muestra completa Pulverización: Manual Tipo de agua (Límites): Agua potable								
Lavado Sobre Tamiz No. 200					Contenido Natural de Agua*			
Tiempo de remojo en agua (hr) = 2					Tara No.	O77	O71	O70
Masa suelo seco antes de lavado (g) = 120.31					Masa tara (g)	6.52	6.14	7.67
Masa suelo seco después de lavado (g) = 68.72					Masa suelo húmedo + tara (g)	19.54	18.69	19.60
Masa de los finos (g) = 51.59					Masa suelo seco + tara (g)	18.71	17.97	18.83
Porcentaje de finos (%) = 42.9					Contenido de agua promedio (%) = 6.6			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)	Resultados Gradación			
3"	75	0.00	0.0	100	GRAVA (%) = 20.9			
2"	50	0.00	0.0	100	ARENA (%) = 36.2			
1½"	37.5	0.00	0.0	100	FINOS (%) = 42.9			
1"	25	0.00	0.0	100	ERROR (%) = 0.0			
¾"	19	0.00	0.0	100	Diámetros Efectivos			
⅜"	9.5	10.12	8.4	92	D ₁₀ (mm) = N/A			
No. 4	4.75	15.06	12.5	79	D ₃₀ (mm) = N/A			
No. 10	2	17.41	14.5	65	D ₆₀ (mm) = 1.43			
No. 20	0.85	9.70	8.1	57	Coeficiente de Uniformidad			
No. 40	0.425	3.70	3.1	53	Cu = N/A			
No. 60	0.25	4.38	3.6	50	Coeficiente de Curvatura			
No. 100	0.15	4.61	3.8	46	Cc = N/A			
No. 140	0.106	2.13	1.8	44				
No. 200	0.075	1.59	1.3	42.9				
Fondo	0	0.00	0.00					
LIMITES DE ATTERBERG								
Limite Líquido, LL = 44					Limite Plástico, LP = 25			
Tara No.	41	404	A51		Tara No.	A55	410	308
Masa tara (g)	5.62	5.70	5.27		Masa tara (g)	6.76	7.73	6.60
Masa suelo húmedo + tara (g)	16.20	15.81	16.17		Masa suelo húmedo + tara (g)	17.48	18.40	16.96
Masa suelo seco + tara (g)	13.04	12.72	12.78		Masa suelo seco + tara (g)	15.35	16.23	14.95
Contenido de agua (%)	42.59	44.02	45.14		Contenido de agua (%)	24.80	25.53	24.07
Número de Golpes	35	24	17					
*Se determina en el estado entregado al laboratorio					Clasificación U.S.C.S.		SC	

Ejecutó: LFRG

Revisó: Diego I. Galeano-Parra, MSc.

(3A-1267) Página 1 de 2

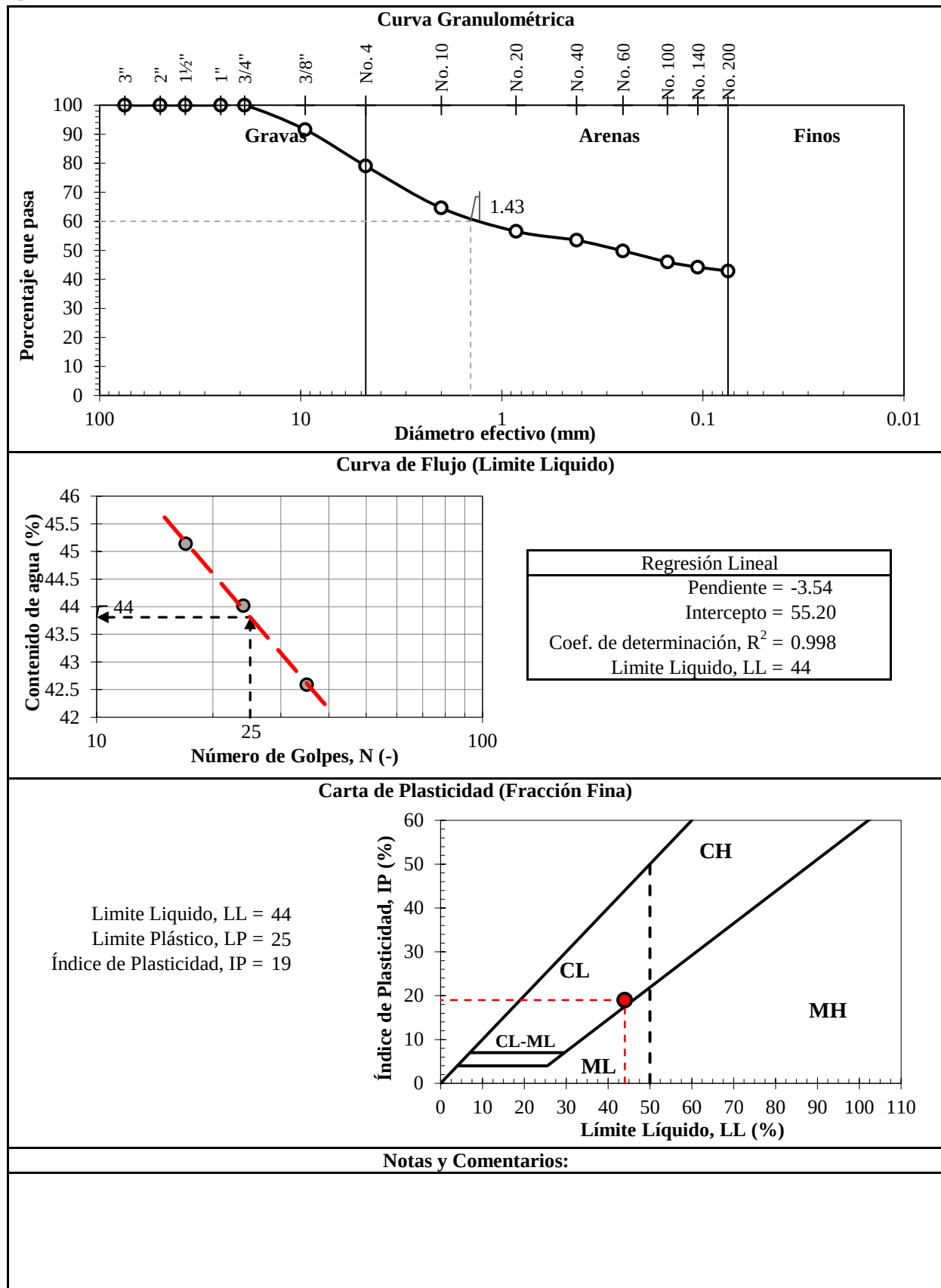


Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com





Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com

CLASIFICACIÓN: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y LIMITES DE ATTERBERG (ASTM D6913, D1140, D4318)

Proyecto: <u>Cancha Llanos</u>	Perforación: <u>P3</u>
Localización: <u>Santa Fé de Antioquia, Antioquia</u>	Muestra: <u>M2</u>
Cliente: <u>Ing. Jhon Jairo Arango</u>	Prof. (m): <u>-</u>
Descripción: <u>Arcilla arenosa de alta plasticidad con grava (café)</u>	

Equipos, Métodos y Preparación de muestra					Registro Fotográfico				
Tamices granulometría: Juego estándar según ASTM D6913 Equipo Límite Líquido: Cazuela manual, ranurador metálico Equipo Límite Plástico: Enrollado manual Granulometría: Método A (ASTM D6913) Tipo de muestra: Bolsa Método de selección: Muestra completa Pulverización: Manual Tipo de agua (Límites): Agua potable									
Lavado Sobre Tamiz No. 200					Contenido Natural de Agua*				
Tiempo de remojo en agua (hr) = 2 Masa suelo seco antes de lavado (g) = 120.69 Masa suelo seco después de lavado (g) = 58.06 Masa de los finos (g) = 62.63 Porcentaje de finos (%) = 51.9					Tara No. 197 196 284 Masa tara (g) 5.64 4.34 6.12 Masa suelo húmedo + tara (g) 19.36 17.32 20.21 Masa suelo seco + tara (g) 16.93 15.01 17.85 Contenido de agua promedio (%) = 21.1				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)	Resultados Gradación				
3"	75	0.00	0.0	100	GRAVA (%) = 15.7				
2"	50	0.00	0.0	100	ARENA (%) = 32.4				
1½"	37.5	0.00	0.0	100	FINOS (%) = 51.9				
1"	25	0.00	0.0	100	ERROR (%) = 0.0				
3/4"	19	0.00	0.0	100					
3/8"	9.5	3.46	2.9	97	Diámetros Efectivos				
No. 4	4.75	15.45	12.8	84	D ₁₀ (mm) = N/A				
No. 10	2	22.77	18.9	65	D ₃₀ (mm) = N/A				
No. 20	0.85	8.14	6.7	59	D ₆₀ (mm) = 1.24				
No. 40	0.425	2.66	2.2	57					
No. 60	0.25	2.01	1.7	55	Coeficiente de Uniformidad				
No. 100	0.15	1.89	1.6	53	Cu = N/A				
No. 140	0.106	0.78	0.6	53	Coeficiente de Curvatura				
No. 200	0.075	0.90	0.7	51.9	Cc = N/A				
Fondo	0	0.00	0.00						
LIMITES DE ATTERBERG									
Limite Líquido, LL = 59					Limite Plástico, LP = 31				
Tara No.		275	276	277	Tara No.		O32	O31	O33
Masa tara (g)		4.45	6.01	5.70	Masa tara (g)		6.60	5.45	4.32
Masa suelo húmedo + tara (g)		15.78	17.27	17.75	Masa suelo húmedo + tara (g)		17.30	16.31	15.23
Masa suelo seco + tara (g)		11.78	13.11	13.01	Masa suelo seco + tara (g)		14.79	13.79	12.65
Contenido de agua (%)		54.57	58.59	64.84	Contenido de agua (%)		30.65	30.22	30.97
Número de Golpes		35	24	16					
*Se determina en el estado entregado al laboratorio					Clasificación U.S.C.S.		CH		

Ejecutó: LFRG

Revisó: Diego I. Galeano-Parra, MSc.

(3A-1267) Página 1 de 2

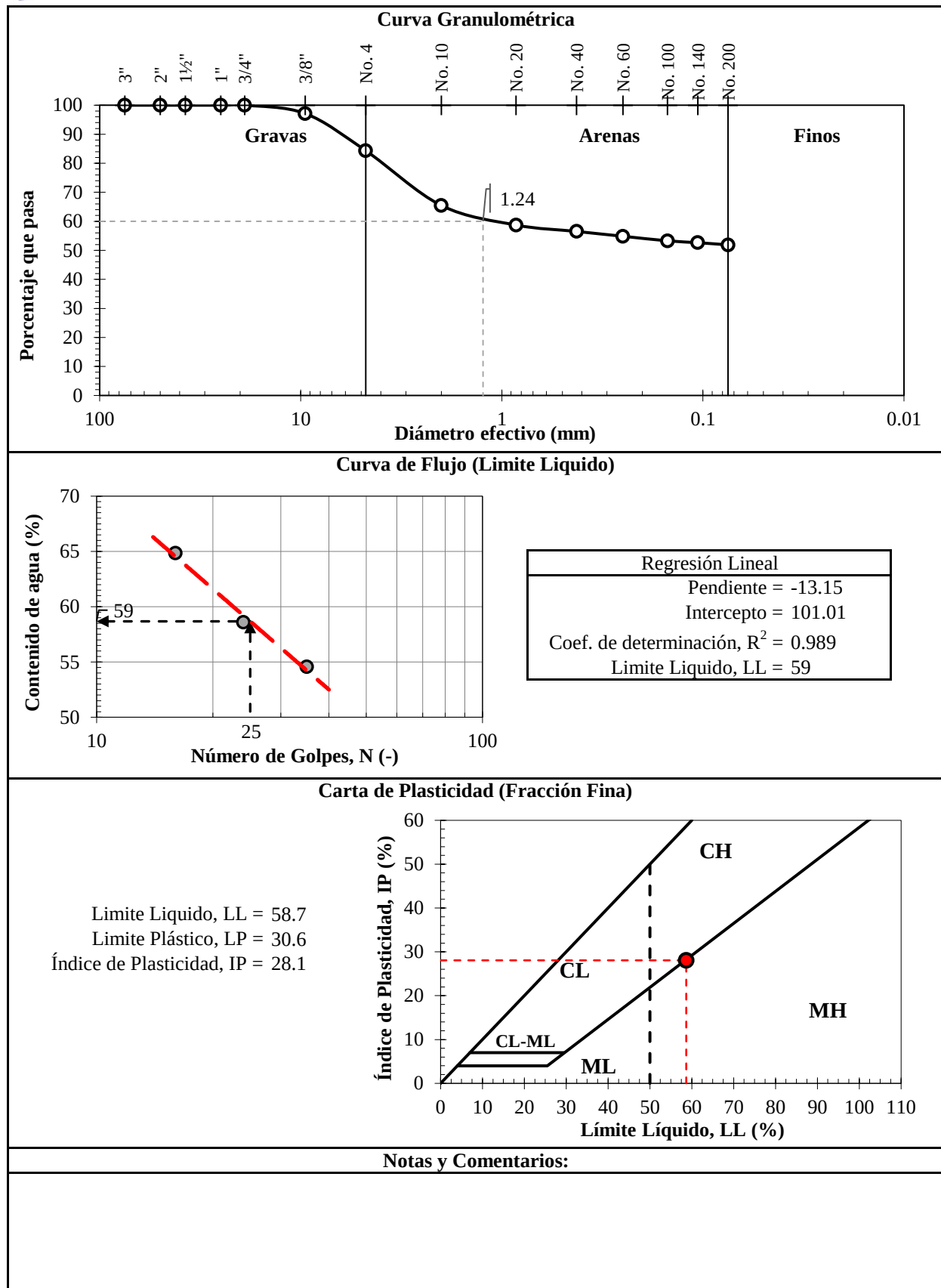


Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com





Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com

CLASIFICACIÓN: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y LIMITES DE ATTERBERG (ASTM D6913, D1140, D4318)

Proyecto: <u>Cancha Llanos</u>	Perforación: <u>P4</u>
Localización: <u>Santa Fé de Antioquia, Antioquia</u>	Muestra: <u>M5</u>
Cliente: <u>Ing. Jhon Jairo Arango</u>	Prof. (m): <u>-</u>
Descripción: <u>Arena arcillosa con grava (café)</u>	

Equipos, Métodos y Preparación de muestra					Registro Fotográfico						
Tamices granulometría: Juego estándar según ASTM D6913 Equipo Límite Líquido: Cazuela manual, ranurador metálico Equipo Límite Plástico: Enrollado manual Granulometría: Método A (ASTM D6913) Tipo de muestra: Bolsa Método de selección: Muestra completa Pulverización: Manual Tipo de agua (Límites): Agua potable											
Lavado Sobre Tamiz No. 200					Contenido Natural de Agua*						
Tiempo de remojo en agua (hr) = 2 Masa suelo seco antes de lavado (g) = 121.30 Masa suelo seco después de lavado (g) = 74.39 Masa de los finos (g) = 46.91 Porcentaje de finos (%) = 38.7					Tara No.				117	115	116
					Masa tara (g)				5.80	5.73	5.70
					Masa suelo húmedo + tara (g)				19.65	18.44	18.40
					Masa suelo seco + tara (g)				18.97	17.67	17.64
					Contenido de agua promedio (%) = 6.0						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO											
Tamiz No.	Tamaño (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Pasa (%)	Resultados Gradación						
3"	75	0.00	0.0	100	GRAVA (%) = 25.3						
2"	50	0.00	0.0	100	ARENA (%) = 36.1						
1½"	37.5	0.00	0.0	100	FINOS (%) = 38.7						
1"	25	0.00	0.0	100	ERROR (%) = 0.0						
3/4"	19	0.00	0.0	100							
3/8"	9.5	10.57	8.7	91	Diámetros Efectivos						
No. 4	4.75	20.09	16.6	75	D ₁₀ (mm) = N/A						
No. 10	2	16.02	13.2	62	D ₃₀ (mm) = N/A						
No. 20	0.85	1.37	1.1	60	D ₆₀ (mm) = 1.80						
No. 40	0.425	0.90	0.7	60							
No. 60	0.25	9.68	8.0	52	Coeficiente de Uniformidad						
No. 100	0.15	9.57	7.9	44	Cu = N/A						
No. 140	0.106	3.61	3.0	41	Coeficiente de Curvatura						
No. 200	0.075	2.58	2.1	38.7	Cc = N/A						
Fondo	0	0.00	0.00								
LIMITES DE ATTERBERG											
Limite Líquido, LL = 24					Limite Plástico, LP = 14						
Tara No.		181	188	189	Tara No.		178	179	180		
Masa tara (g)		8.08	7.38	5.82	Masa tara (g)		5.97	7.85	6.84		
Masa suelo húmedo + tara (g)		19.45	18.15	17.46	Masa suelo húmedo + tara (g)		16.40	18.17	17.10		
Masa suelo seco + tara (g)		17.38	15.96	14.95	Masa suelo seco + tara (g)		15.15	16.91	15.86		
Contenido de agua (%)		22.26	25.52	27.49	Contenido de agua (%)		13.62	13.91	13.75		
Número de Golpes		36	23	13							
*Se determina en el estado entregado al laboratorio					Clasificación U.S.C.S.			SC			

Ejecutó: LFRG

Revisó: Diego I. Galeano-Parra, MSc.

(3A-1267) Página 1 de 2



Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia

Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935

gerencia@lab3axial.com

www.lab3axial.com

