INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S.
NIT 800 112 602 - 7
CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

ESTUDIO GEOTÉCNICO O DE SUELOS

INGENIERÍA Y GEOLOGÍA S.A.S.
(IGS)
Consultoría Área de Geotecnia
Laboratorio De: Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos
Ing. CIPRIANO BELTRÁN LEMUS
Sogamoso - Boyacá

INGENIERIA Y GEOLOGIA LTDA. GERENTE

PAIPA, 1 DE AGOSTO DE 2 022
53/22 I

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN....3
1. GENERALIDADES....4
1.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO....4
1.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO....4
1.2.1 Características Arquitectónicas y Estructurales....4
1.2.2 Aspectos Geotécnicos Del Área De Fundación....4
1.3 GEOLOGÍA....7
1.3.1 Estratigrafía Regional y Local....7
1.3.2 Estructuras y Tectónica Regional....7
1.3.3 Características Geomorfológicas....7
2. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO....8
2.1 PERFORACIONES, MUESTREO Y ENSAYOS DE CAMPO....8
2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO....8
3. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO EXPLORADO....9
3.1 NIVEL FREÁTICO....9
3.2 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO EXPLORADO....9
3.3 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL PERFIL DE SUELO EXPLORADO....13
3.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN DEL SUELO....13
3.5 POTENCIAL DE LICUACIÓN....15
3.6 GRADO DE COLAPSIBILIDAD....15
3.7 SUELOS DISPERSIVOS O ERODABLES....15
3.8 DRENAJES....15
3.9 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA....15
4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN....16
4.1 NIVEL DE FUNDACIÓN Y TIPO DE CIMENTACIÓN....16
4.2 CAPACIDAD PORTANTE CAPA D DE FUNDACIÓN....17
4.2.1 Losa De Cimentación....17
4.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTOS....17
4.4 CÁLCULO DE ESFUERZOS INDUCIDOS AL SUELO DE FUNDACIÓN....18
4.5 ASENTAMIENTOS TOTALES....18
4.6 MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL (Ksv) DEL SUELO....20
4.7 MÓDULO DE REACCIÓN HORIZONTAL (Ksh) DEL SUELO....20
5. CONCLUSIONES....21
6. RECOMENDACIONES....23
6.1 PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACIÓN....23
6.2 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS....23
6.3 PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE....23
6.4 PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA EL DISEÑO DE MUROS DEL TANQUE....23
6.5 DIAGRAMA DE PRESIONES PARA EL DISEÑO DE LOS MUROS DEL TANQUE....24
6.5.1 Empuje Activo de Tierra de Rankine (Ea).....24
6.6 EXPANSIVIDAD DEL SUELO....26
6.7 DESCAPOTES, EXCAVACIONES Y RELLENOS....26
6.8 IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE....26
6.9 PROCESO DE EXCAVACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE....27
6.10 RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN....27
7. LIMITACIONES....29
LISTA DE FIGURAS....30
REFERENCIAS....31
ANEXO DE FIGURAS O RESULTADOS DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO DE LAS PERFORACIONES REALIZADAS....32

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
MUNICIPIO DE PAIPA, DISTRITO TURÍSTICO Y CULTURAL
RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PLANOS URBANÍSTICOS Y ARQUITECTÓNICOS
RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES
RESOLUCIÓN DE LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN
DIRECCIÓN: VEREDA PEÑA NEGRA, MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
CONSTRUCTOR: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
RESPONSABLE TÉCNICO: INGENIERÍA Y GEOLOGÍA S.A.S.
DIRECTOR DE OBRA: ING. CIVIL
RESIDENTE DE OBRA: ING. CIVIL
INTERVENTORÍA: ING. CIVIL

INTRODUCCIÓN

El Acueducto Regional Peña Negra del municipio de Paipa, requiere realizar el diseño y construcción de un tanque de almacenamiento de agua potable, para lo cual, se realizó este estudio geotécnico o de suelos.

Este estudio y memorias de cálculo, fue realizado por la Ing. Mónica Ximena Pérez Patiño, geotécnista y aprobado por el Ing. Cipriano Beltrán Lemus, director de consultoría de la empresa INGENIERÍA Y GEOLOGÍA S.A.S., a solicitud del Acueducto Regional Peña Negra del municipio de Paipa, administradores del proyecto.

El informe contiene los resultados del estudio Geotécnico o de Suelos y Fundaciones para el proyecto CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA, localizado en el sector nor-occidental, área rural, Planta de Tratamiento de Agua Potable, vereda Llano Grande, Número Catastral 00-02-0006-0025-000, del municipio de Paipa, propiedad del Acueducto Regional Peña Negra del municipio de Paipa, Nit. 891.857.833-1.

El trabajo incluye un reconocimiento Geológico y Geotécnico preliminar del área del proyecto y sus zonas perimetrales, la exploración del subsuelo mediante 2 perforaciones con barreno manual a una profundidad de 6 m, efectuando ensayos de campo y un muestreo sistemático de acuerdo con las normas A.S.T.M. D1586-67, NSR-10 y RAS-2 017; para realizar posteriormente los ensayos de laboratorio requeridos en la determinación de las características de resistencia y compresibilidad del subsuelo, propiedades necesarias en el análisis de estabilidad y deformación, y con este análisis definir la alternativa de cimentación más conveniente.

El informe presenta detalladamente los resultados del estudio, memorias de la investigación del subsuelo (ensayos de campo y laboratorio), cálculos de capacidad portante, esfuerzos inducidos, asentamientos totales, los parámetros sísmicos del perfil de suelo, las conclusiones y recomendaciones que se deben tener en cuenta para el diseño y construcción de la cimentación más adecuada desde el punto de vista técnico y económico.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA BOYACÁ
00-02-0006-0025-000 NÚMERO CATASTRAL
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA

1. GENERALIDADES

1.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área del proyecto está ubicada en el sector nor-occidental, área rural, Planta de Tratamiento de Agua Potable, vereda Llano Grande, Número Catastral 00-02-0006-0025-000, del municipio de Paipa, conformando una geometría rectangular, con frente por vía de acceso sin pavimentar.

Las Figuras 1 y 2, muestran esquemáticamente el tanque de almacenamiento a construirse, equivalente a una parte del área total del lote, incluyen las características de los límites, detalles del área del proyecto, la ubicación de las perforaciones realizadas para la investigación del subsuelo, y pendiente topográfica.

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

1.2.1 Características Arquitectónicas y Estructurales

El proyecto contempla la construcción de un tanque de almacenamiento de agua potable, en la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Acueducto Peña Negra, en un área en planta de 107,4 m^2, con distribuciones arquitectónicas y estructurales normales para este tipo de proyectos.

El tanque va a ser rectangular de 17,9 m de largo por 6 m de ancho por 2,9 m de altura, el cual va a quedar enterrado completamente, para un peso total de 530 t, según datos suministrados por el Ing. Jhordan Alejandro Bejarano, estructuralista del proyecto; el cual estará estructurado mediante sistema antisísmico con placa de piso maciza, cargada con muros de concreto estructural, cumpliendo con los lineamientos establecidos para este tipo de estructuras en la norma NSR-10 y RAS-2 017.

1.2.2 Aspectos Geotécnicos Del Área De Fundación

El área para la construcción del proyecto se encuentra actualmente baldía, apta para la construcción, por encima del nivel topográfico de la rasante de la vía de acceso sin pavimentar, tiene un área aproximada de 107,4 m^2, dentro de una zona rural, posee forma rectangular, geomorfología montañosa, la topografía es ligeramente inclinada de pendiente promedio 1,5% hacia el costado sur-oriental, bien drenado superficialmente, y escorrentía superficial media hacia el lote del proyecto; por lo tanto, pueden existir problemas de acumulación de aguas superficiales.

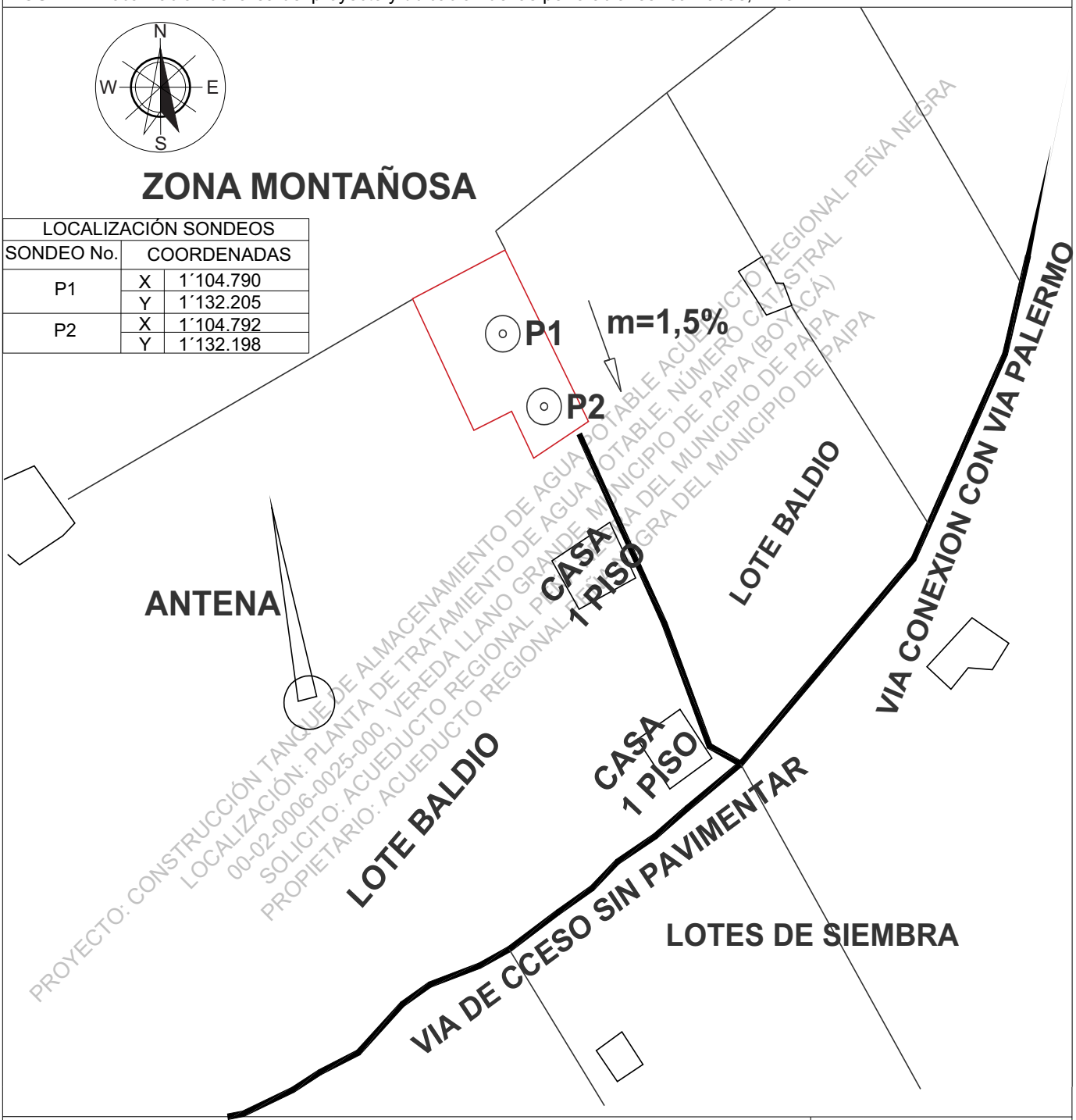
Los límites del área son los siguientes: por el costado norte tanque de recuperación, sedimentador, filtros y cuarto de cloro gaseoso; por el sur, lote baldío y edificaciones de 1 piso, por el oriente vía de acceso sin pavimentar; y por el occidente laboratorio de 1 piso, y lote baldío. Las características de los límites en el 100% del lote de fundación del proyecto, corresponden a laboratorio de 1 piso, tanque de recuperación, sedimentador, filtros, cuarto de cloro gaseoso, vía de acceso sin pavimentar, edificaciones de 1 piso y lotes baldíos, situación que implica un manejo técnico cuidadoso durante la etapa de construcción de los cimientos-tanque.

El lote no presenta problemas geotécnicos externos que amenacen su estabilidad y la del proyecto, siempre y cuando se mantengan las condiciones topográficas y geomorfológicas actuales del terreno; debido a que el tanque se va a construir en una zona de ladera, se debe reconformar, empradizar y reforestar adecuadamente las áreas perimetrales con césped, la vía de acceso al tanque y los cortes y rellenos que se realicen.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITADO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
RESPONSABLE: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S
NIT. 800 112 602 -7
CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

FIGURA 1. Localización del área del proyecto y ubicación de las perforaciones realizadas, P1 al P2.



LOCALIZACIÓN SONDEOS		
SONDEO No.	COORDENADAS	
P1	X	1´104.790
	Y	1´132.205
P2	X	1´104.792
	Y	1´132.198

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITÓ:	ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA.
PROPIETARIO:	ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA.

CONVENCIONES

- Perforación manual (P2)
- Área del proyecto
- m Pendiente topográfica

Figura 2. Características del área del proyecto y ubicación de las perforaciones P1 y P2.





PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, VEREDA LLANO GRANDE, PEÑA NEGRA
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, PEÑA NEGRA
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA

1.3 GEOLOGÍA

El origen y evolución de las rocas, masas de suelo y las geoformas existentes en el municipio de Paipa y sus alrededores, incluidos los terrenos del proyecto, son el resultado de una serie de eventos geológicos complejos que se pueden considerar a grandes rasgos mediante los siguientes tres aspectos:

1.3.1 Estratigrafía Regional y Local

En el sitio del proyecto y sus alrededores aparece un Depósito Cuaternario Residual (Qr), constituido por niveles arcillosos, limosos, arenosos, gravosos y combinaciones de estos, de espesores variables. La estratigrafía local corresponde a un Depósito Cuaternario Residual (Qr), constituido por capas gravo-arcillosas y arcillosas.

1.3.2 Estructuras y Tectónica Regional

La deformación y plegamiento de las formaciones rocosas aflorantes en la zona conforman estructuras de plegamiento con ejes orientados en sentido N-S, lo que refleja la actividad tectónica intensa a que han estado sometidos estos macizos rocosos; fenómenos ligados a la tectónica compresional que dio origen a la cordillera oriental colombiana. El municipio de Paipa y sus alrededores aparecen enmarcadas por las siguientes estructuras: La Falla de Boyacá, que se constituye en una de las principales fracturas regionales responsables de la actividad tectónica; tiene rumbo SW-NE, tipo inversa que pone en contacto las rocas Jurásicas con las Terciarias. Esta Falla presenta una marcada influencia regional generando fenómenos geológicos dentro del área, cruza por inmediaciones de la localidad del Manzano dirigiéndose al NE, aumentando paulatinamente su desplazamiento. Presenta movimiento en ese mismo sector, donde se observan continuos hundimientos sobre la carretera central del norte. La Estructura de plegamiento regional corresponde al Sinclinal de los Medios, la cual inicia a manifestarse al norte de la localidad del Manzano y se prolonga al NE; es una estructura secundaria o de replegamiento dentro del gran Anticlinal de Arcabuco. El sinclinal es cortado por la Falla de Boyacá, en cuyo flanco oriental está ubicada la zona urbana de la Ciudad de Paipa incluyendo el área del proyecto. Debido a la disposición de los ejes de plegamiento, los cuales siguen una tendencia de dirección Norte-Sur, se espera que las ondas sísmicas más peligrosas son las que siguen en dirección paralela a los esfuerzos principales de plegamiento, los cuales actuaron en dirección aproximada Este - Oeste; el análisis estructural del proyecto deberá considerar la aplicación del sismo más crítico sobre esa dirección. Los sismos más frecuentes de la región son de tipo tectónico, provocados por la liberación de energía producto de las deformaciones de la corteza terrestre mediante el mecanismo que ocasiona el movimiento de las placas tectónicas.

1.3.3 Características Geomorfológicas

El lote de fundación del proyecto se localiza sobre terrenos inclinados con paisaje de montaña, que contrasta con el valle de los alrededores, el sitio comprende alturas aproximadas de 2686 m.s.n.m., con temperatura promedio de 18° Celsius. El drenaje local corresponde a la vertiente del río Chicamocha y la quebrada El Chorro, a través de una serie de canales naturales y principalmente de desecación; es característica primordial de estos suelos la permeabilidad baja, bien drenados superficialmente, escorrentía superficial media hacia el lote del proyecto, y la zona del proyecto presenta pendiente topográfica ligeramente inclinada; por lo tanto, pueden existir problemas de acumulación de aguas superficiales, lo que se constituye en un factor desfavorable geotécnicamente, debido a la saturación de los suelos.

PROYECTO CUS BUCCIÓN DE PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL PSICOLABORAL EJUDICIAL PROFESIONAL PEÑA NEGRA
SOLICITUD: 0013-0005-0001 VEREDA LA PEÑA MUNICIPIO DE PAIPA
RADICADO: 2021-0005-0001 VEREDA LA PEÑA MUNICIPIO DE PAIPA
SOLICITO: CEDULA No. 1.052.384.614 DE PAIPA
FOLIO NUMERO: SUELOS

2. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

2.1 PERFORACIONES, MUESTREO Y ENSAYOS DE CAMPO

Para conocer el perfil litológico, las propiedades geomecánicas de las capas, la posición y características del nivel freático; se realizaron 2 perforaciones con barreno manual, de acuerdo con las normas (D1586-67) ASTM, NSR-10 y RAS-2 017, en condiciones de tiempo lluvioso, hasta alcanzar una profundidad máxima de exploración de 6 m. La disposición de las perforaciones se planea de la forma que se indica en la Figura 1 con el propósito de lograr una correlación tridimensional del perfil de suelo explorado del área del proyecto. En cada perforación se efectuó un muestreo representativo de los diferentes estratos o capas, tomando muestras alteradas (bolsa), muestras semialteradas con Split Spoon (cuchara partida) y muestras inalteradas con tubo de pared delgada (Shelby). Simultáneamente con la exploración y el muestreo, se efectuaron los siguientes ensayos de campo, así:

- Penetración estándar (SPT) para medir la resistencia al corte del suelo.
- Penetración dinámica (DCPT), mediante penetrómetro de Borros.
- Resistencia al corte comparativo, mediante penetrómetro de bolsillo, tipo RPI y RPR.

2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Todas las muestras se identificaron visualmente en campo y en laboratorio y sobre un número representativo de las diferentes capas se realizó el siguiente programa de ensayos:

- Humedad natural.
- Peso unitario total y seco.
- Resistencia a la compresión uniaxial.
- Límites de Atterberg.
- Granulometría y gradación por tamizado mecánico.
- Consolidación unidimensional.
- Corte directo no consolidado no drenado UU.

En la sección de Anexo de Figuras o Resultados de Ensayos de Campo y Laboratorio, se muestran los registros de campo y los resultados de ensayos de laboratorio de las perforaciones realizadas con sus respectivas muestras, de la siguiente manera:

- Figuras 10 a 28. Perfiles de resistencias de campo, con los resultados de ensayos de campo y laboratorio por muestra de cada perforación realizada.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE Y ACUEDUCTO SEDE AREA RURAL
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
0012-2018-0025-00, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIOS: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

3. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO EXPLORADO

3.1 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático no se encontró en las 2 perforaciones realizadas hasta la profundidad promedio explorada de 6 m, este comportamiento obedece a la presencia de niveles arcillosos en el perfil de suelo explorado; además, las áreas circundantes al área del proyecto y esta misma, son bien drenadas superficialmente, sin embargo, el suelo se encuentra propenso a la saturación, con la consecuente resistencia al corte del suelo media y asentamientos totales medios cuando se produzcan variaciones de humedad importantes.

Dadas las características descritas, durante la etapa constructiva de la cimentación no existirán dificultades relacionadas con aguas freáticas, pero si con aguas superficiales; por lo tanto, para evitar problemas durante la construcción y vida útil del proyecto, se deberá diseñar y construir el sistema de drenaje más conveniente de aguas de escorrentía superficial a nivel de la topografía actual, para canalizar y evacuar el flujo eventual que pueda surgir por diferentes circunstancias tanto naturales (lluvias) como provocadas, y/o impermeabilizar con polietileno totalmente la base de la cimentación, base de los muros divisorios y placas de contrapiso.

3.2 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO EXPLORADO

De acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) el perfil explorado pertenece a los grupos GC, CL y CH, y su historia geológica permite clasificarlo como un Deposito Cuaternario Residual (Qr), estratificado, con una relación de preconsolidación (RSC) de 3,6 es decir ligeramente sobreconsolidado, para la Capa D de fundación de composición arcillosa.

El subsuelo explorado en el área del proyecto muestra características litológicas homogéneas para el perfil tridimensional, las capas encontradas presentan continuidad, sólo con variaciones en los espesores y están compuestas por suelos gravo-arcillosos y arcillosos.

La Figura 3, presenta el perfil litológico de cada perforación realizada, la correlación litológica entre las 2 perforaciones efectuadas, la posición y comportamiento del nivel freático, la disposición del muestreo, las convenciones utilizadas y el nivel de fundación propuesto. La Figura 4, presenta las normas, cantidad y resumen de los resultados de ensayos de campo y laboratorio por muestra de cada perforación realizada. Tomando las capas definidas en las Figuras 3 y 4, y con base en los registros litológicos y los resultados de ensayos de campo y laboratorio, se extractó el perfil litológico promedio del proyecto, los cuales se describen a continuación (Ver Figura 5):

- Capa A: De 0,0 m a 0,45 m de profundidad promedio se encontró una capa de grava arcillosa (GC) con 29% de finos y 25% de arenas, color café claro con gris, tamaño gránulos, guijos, guijarros, arenas gruesas y medias, forma subangular, composición cuarzosa y calcárea, compacidad media, contenido de humedad bajo y la fracción fina presenta plasticidad media; es una capa continua, pero de espesor variable.

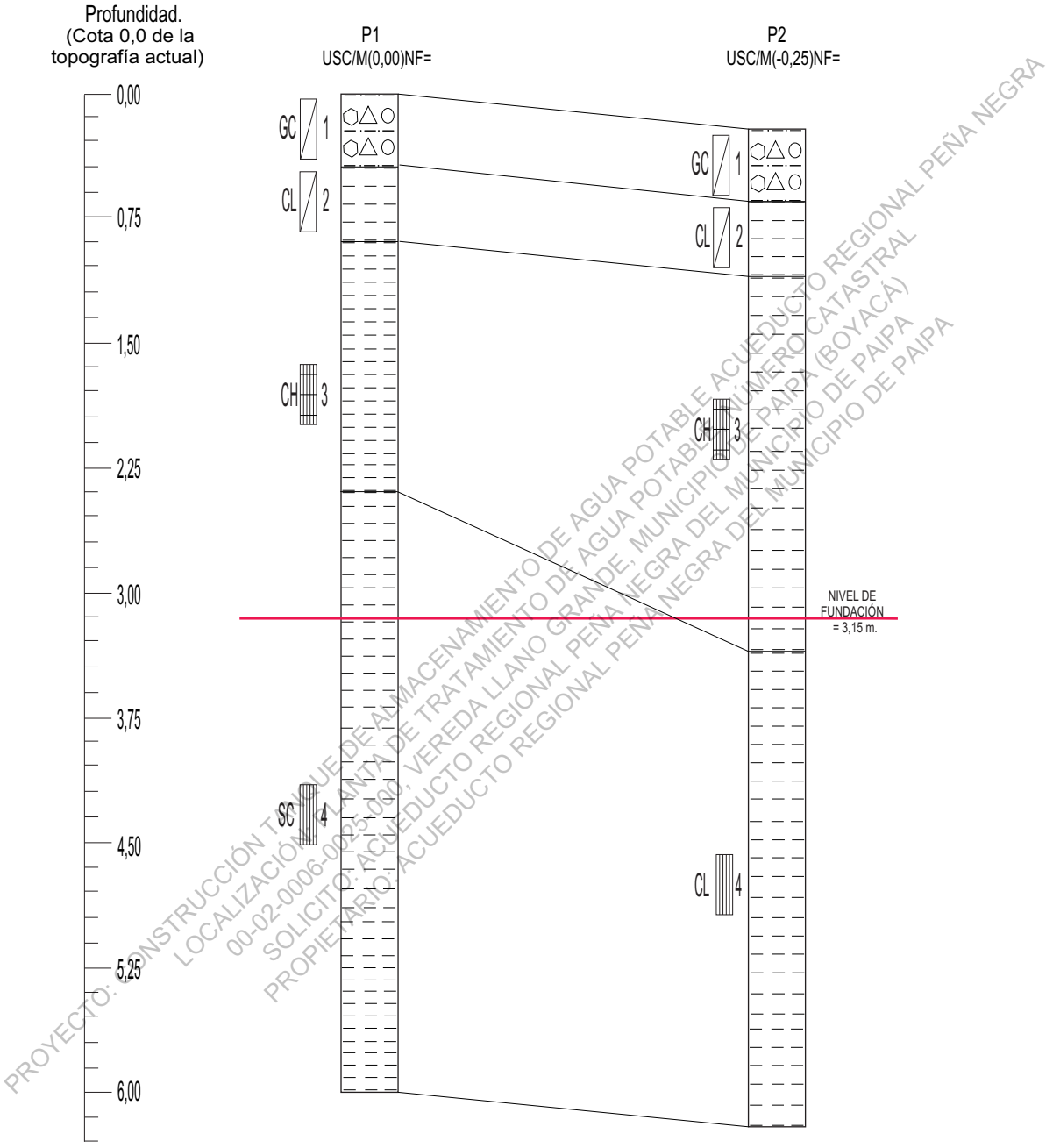
- Capa B: Entre 0,45 m y 0,9 m de profundidad promedio se encontró una capa de arcilla inorgánica de plasticidad media (CL) con 20% de arenas y 0% de gravas, color café con manchas amarillas y verdes, consistencia media y contenido de humedad bajo; es una capa continua, pero de espesor variable.

- Capa C: Seguidamente de 0,9 m a 2,8 m de profundidad promedio se encontró una capa de

PROYECTO CONSTRUCCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE CODIGO BPIN 2020150100025 UBICACION: PUNTA LARGA VEREDA LLANO GRANDE MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACA) SOLICITUD: ACUEDUCTO REGIONAL PUNTA LARGA EL MUNICIPIO DE PAIPA ESTUDIO: ACUEDUCTO REGIONAL PUNTA LARGA EL MUNICIPIO DE PAIPA

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S
NIT. 800 112 602 -7
CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

FIGURA 3. Correlación litológica planar de las perforaciones realizadas, P1 al P2.



CONVENCIONES GENERALES		CONVENCIONES ESPECIFICAS	
CL	Clasificación de la U.S.C.		Grava arcillosa mal gradada, color café claro con manchas blancas y compacidad media.
M	Muestras del sondeo.		Arcilla inorgánica, color amarillo con naranja manchas rojas y consistencia media.
(0,00)	Cota topográfica.		Arcilla inorgánica, color café oscuro y consistencia media
N.F.	Nivel freático.		Arcilla inorgánica, color café con manchas negras y consistencia muy compacta.
	Muestra en bolsa (alterada).		
	Muestra Split - Spoom (semialterada).		
	Muestra Shelby (inalterada).		

FIGURA 4. Norma, cantidad y resumen de ensayos de campo y laboratorio por muestra de cada perforación realizada, P1 al P2.

NORMAS Y CANTIDAD DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO REALIZADOS

TIPO DE ENSAYO REALIZADO	NORMA DEL ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL DE ENSAYOS REALIZADOS
Perforación en suelo	ASTM D-1586 - INVE 111-13	m	12
Humedad natural	ASTM D2216-71 - INVE 122-13	Un	8
Límites de Atterberg	ASTM 423-66 y D424-59 - INVE 125-13	Un	8
Granulometría por tamizado	ASTM D421-58 y D422-63 - INVE 123-13	Un	8
Peso unitario total y seco	ASTM D2937-71 - INVE 146-13	Un	5
Peso especifico (Gs)	ASTM D854-58 - INVE 128-13	Un	1
Consolidación unidimensional	ASTM D2435-70 - INVE 151-13	Un	1
Corte directo	ASTM D3080-72 - INVE 154-13	Un	1
Compresión inconfinada	13ASTM D2166-66 - INVE 152-13	Un	2

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO POR MUESTRA DE CADA PERFORACIÓN REALIZADA

Sondeo No.	Muestra No.	Espesor muestra (m)		Espesor total de la capa (m)		Capas definidas	Profundidad total del sondeo (m)	Pasa 200 (0,074 mm)	Clasificación S.U.C.S.	Wn (%)	Weq (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γt (t/m³)	γd (t/m³)	Compresión inconfinada (Cu) (t/m²)	Peso especifico (Gs)	Consolidación Unidimensional (eo) - (p´c)	Consolidación Unidimensional (Cc) - (Cs)	Corte directo (Cu) (t/m²)	Corte directo (ϕ) (°)	SPT (Cu) (t/m²)	SPT (ϕ) (°)
		De	Hasta	De	Hasta																			
P1	M1	0,0	0,45	0,0	0,45	A	6,0	28,6	GC	9,137	14,55	23,29	15,55	7,741	2,05	1,88	-	-	-	-	-	-	3	17
	M2	0,45	0,90	0,45	0,90	B		77,6	CL	23,56	22	39,14	21,99	17,15	2,01	1,65	-	-	-	-	-	-	7	3
	M3	1,4	2,00	0,90	2,40	C		97,3	CH	23,17	28,48	52,94	27,16	25,78	2,02	1,64	10,4	-	-	-	-	-	10	4
	M4	3,9	4,5	2,40	6,00	D		42,2	SC	8,592	13,96	22,05	14,56	7,494	-	-	-	-	-	-	-	-	2	24
P2	M1	0,0	0,45	0,0	0,45	A	6,0	27,7	GC	9,152	14,38	22,93	15,5	7,429	-	-	-	-	-	-	-	-	4	19
	M2	0,45	0,85	0,45	0,85	B		80,5	CL	19,19	15,77	25,89	16,82	9,072	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4
	M3	1,7	2,3	0,85	3,15	C		96,1	CH	28,54	30,86	57,99	28,79	29,2	2,01	1,56	11,3	-	-	-	-	-	11	4
	M4	4,3	4,9	3,15	6,00	D		78,0	CL	22,0	24,3	44,1	24,8	19,3	2,03	1,75	-	2,60	0,61-2,90	0,23-0,02	12,30	4,35	12	5

PROYECTO: CONSTRUCCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
01-02-0006-0025-000; VEREDA EL MICHE GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA EL MUNICIPIO DE PAIPA

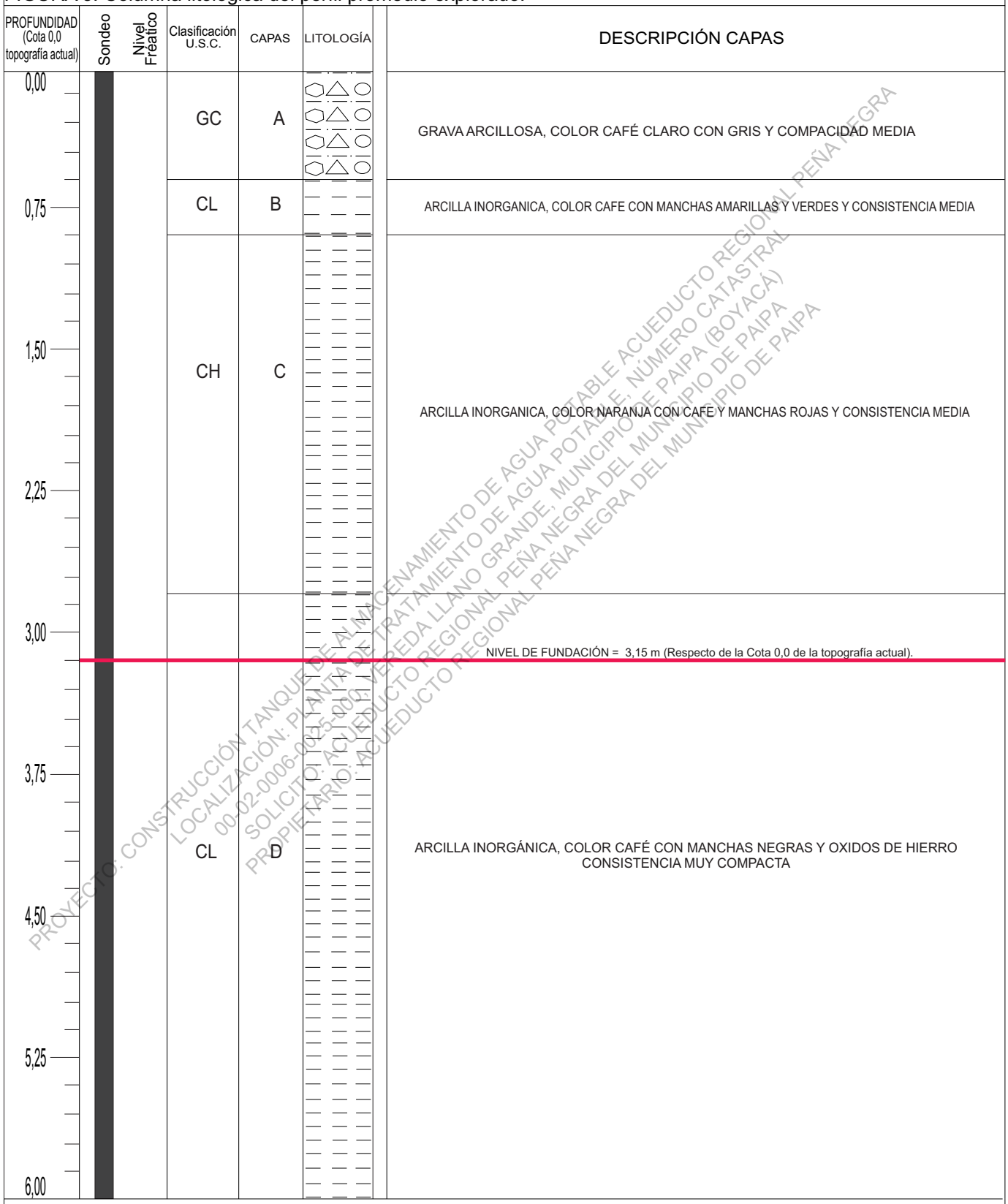
INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT. 800 112 602 -7

CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

FIGURA 5. Columna litológica del perfil promedio explorado.



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000 VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

arcilla inorgánica de plasticidad alta (CH) con 4% de arenas y 0% de gravas, color naranja con café y manchas rojas, consistencia compacta y contenido de humedad bajo; es una capa continua, pero de espesor variable.

Capa D: Finalmente de 2,8 m a 6,0 m de profundidad promedio se encontró una capa de arcilla inorgánica de plasticidad media (CL) con 20% de arenas y 2% de gravas, color café con manchas negras y óxidos de hierro, consistencia muy compacta y contenido de humedad bajo; es una capa continua, pero de espesor variable.

De acuerdo con las tablas H.3.1-1 (Clasificación de las unidades de construcción por categorías), y H.3.2-1 (Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción), se realizaron 2 perforaciones con barreno manual a una profundidad de 6 m, cumpliendo con lo establecido en la NSR-10.

3.3 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL PERFIL DE SUELO EXPLORADO

La Figura 4, muestra un resumen de los resultados de ensayos de campo y laboratorio para el perfil promedio establecido y el comportamiento de las propiedades como límites de consistencia, humedad natural, peso unitario, resistencia a la compresión uniaxial y resistencia al corte comparativo con base en el ensayo de penetrómetro dinámico. Sobresale el comportamiento de los valores de resistencia a la penetración dinámica mediante los ensayos SPT y DCPT; los valores de resistencias son demasiado uniformes, con la misma tendencia en las 2 perforaciones de aumentar la resistencia al corte del suelo hacia profundidad.

La Figura 6, presenta las propiedades geomecánicas e índices por capas del perfil de subsuelo encontrado, las cuales para la Capa D de fundación se resumen así: valores bajos de humedad natural (HN) y por debajo de la humedad de equilibrio (Heq), cohesión última no drenada (Cu) alta en t/m^2, ángulo de fricción interna no drenada (ϕ) bajo, presión de expansión probable en campo (P_{ex}) media en t/m^2, límites de Atterberg (LL, LP e IP) medios, pesos unitarios o gamma (γt) medios en t/m^3, relación de vacíos (e) media, pesos específicos (Gs) medios, esfuerzos verticales efectivos de sobrecarga actual ($\sigma'v$) medios en t/m^2, y compresibilidad baja manifestada en el índice de rigidez reducido (Irr) y coeficiente de compresibilidad (Cc).

La información anterior está sustentada con base en: principalmente ensayos de campo y laboratorio, complementada con estudios similares e información secundaria, producto de correlaciones de fórmulas y tablas de diferente literatura técnica.

En general las propiedades índices y geomecánicas encontradas en cada una de las capas del perfil de suelo explorado reflejan características favorables con relación a los requerimientos de fundación del proyecto, relacionadas con la resistencia al corte y las condiciones del nivel freático. La resistencia al corte tiene un comportamiento homogéneo con la profundidad del perfil, los valores más bajos se registran entre 0,0 m y 0,45 m de profundidad promedio.

3.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN DEL SUELO

A 2,9 m de profundidad a partir de la cota 0,0 de la topografía actual del terreno, donde probablemente se apoyará directamente la cimentación del tanque, se encuentra una capa arcillosa, la cual presenta plasticidad media, esto permite clasificar el suelo con un potencial de expansión bajo, esperándose cambios volumétricos del orden del 23% de acuerdo con el ensayo de expansión libre (EL) medida en probeta, según la tabla H.9.1-1 (Clasificación de suelos expansivos) de la NSR-10; sin embargo, no afectara la estabilidad de las estructuras del tanque y placa de contrapiso a construirse.

La presión de expansión probable en campo (P_{ex}) para la Capa D de fundación es de 3,6 t/m^2, valor medio, teniendo en cuenta que esta capa presenta una humedad natural por debajo a la humedad de equilibrio.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
RESOLUCIÓN 0-0-0006 DE 2021 CONCESIÓN OTORGADA POR LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL - CORPONOR
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT. 800 112 602 -7

CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

FIGURA 6. Propiedades geotécnicas por capas del perfil promedio explorado.

PROFUNDIDAD (Cota 2 501,72 m.s.n.m.)	Sondeo	Nivel Fréatico	Clasificación U.S.C.	CAPAS	LITOLOGÍA	HN (%)	Heq (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ_t (t/m³)	Cu (t/m²)	Pex (t/m²)	Ø (°)	e	Gs	Cc	Cr	Irr	$\sqrt{\sigma'v}$ (t/m²)
0,00			GC	A		9	14	23	16	7	2,05	3	4,2	17	0,4	2,71	0,12	0,02	19	0,5
0,75			CL	B		22	19	33	20	13	2,01	7	2,1	3	0,6	2,63	0,21	0,04	18	1,4
1,50			CH	C		26	30	56	28	28	1,98	10	4,4	4	0,7	2,66	0,41	0,08	18	3,7
3,00						NIVEL DE FUNDACIÓN = 3,15 m (Respecto de la Cota 0,0 de la topografía actual).															
3,75			CL	D		16	19	33	20	13	2,03	12	3,6	5	0,5	2,68	0,21	0,04	18	8,8
4,50																				
5,25																				
6,00																				

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE, ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

La humedad de equilibrio, es la cantidad de agua mínima que el suelo requiere para no reaccionar volumétricamente; si la humedad natural es inferior a la humedad de equilibrio, el suelo buscará satisfacerla, proceso en el cual tiene lugar la expansión; según el numeral H.9.1.4 (Humedad de Equilibrio) de la NSR-10.

3.5 POTENCIAL DE LICUACIÓN

De acuerdo al tipo de perfil de suelo explorado dentro del lote del proyecto, se encontró que en su mayoría es arcilloso, de resistencia media, y no se encontró nivel freático; por lo tanto, no se presentaran problemas asociados con fenómenos de licuación; debido a que para que ocurra licuación, deben existir grandes capas o estratos de arenas que se encuentren saturadas, con compacidad suelta y de baja resistencia.

3.6 GRADO DE COLAPSIBILIDAD

Para que un suelo sea colapsable se requiere que esté formado en su mayoría por arenas saturadas; teniendo en cuenta, que el perfil de suelo explorado en su mayoría es arcilloso, no se encontró nivel freático, y el suelo presenta resistencia al corte alta; por lo tanto, el perfil de suelo no corresponde a un suelo colapsable. Según la NSR-10 de la tabla H.9.3.1, presenta clasificación de severidad moderada.

3.7 SUELOS DISPERSIVOS O ERODABLES

De acuerdo a la NSR-10, se distinguen dos tipos de suelos muy sensibles a la presencia de agua y son las arcillas con alta concentración de sales de sodio (Na) en el agua intersticial, que en la zona no se encuentran dado su origen geológico; y en arenas finas, polvo de roca y depósitos eólicos, que no se encuentran en la zona; por lo anterior, se descarta la presencia de este tipo de suelos.

3.8 DRENAJES

El área del proyecto no tiene ningún sistema de drenaje superficial para la recolección de aguas lluvias y de escorrentía superficial; por lo tanto, se debe diseñar y construir el sistema de drenaje más conveniente para el proyecto, teniendo en cuenta que: la topografía es ligeramente inclinada, no se encontró nivel freático, el terreno presenta un drenaje superficial favorable, y escorrentía superficial media hacia el área del proyecto.

3.9 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Con base en las características topográficas, geológicas, geomorfológicas, clasificación y propiedades geomecánicas del perfil de suelo explorado y drenaje, se determinó una (1) zona geotécnica para el área del proyecto.

PROYECTO: CONSTRUCCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACION: PUNTA ESTRATEGICA ALTO DE AGUA GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACA)
00-02-00-0000-0205-000, VEREDA LA PEÑA NEGRA DE ARRIBA, MUNICIPIO DE PAIPA
SOLICITADO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DE ARRIBA, MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DE ARRIBA, MUNICIPIO DE PAIPA

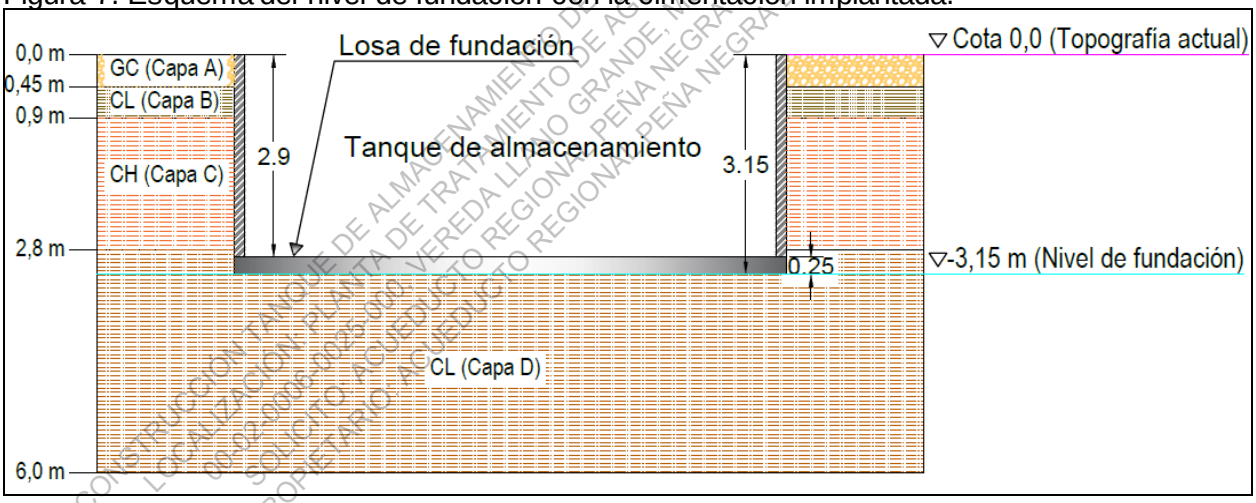
4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN

Con base en: la topografía del área de fundación, las características arquitectónicas y estructurales del proyecto, y los resultados de investigación del subsuelo, en cuanto a su resistencia y compresibilidad; se realizó el análisis de estabilidad (Capacidad Portante) y deformación (Asentamientos).

4.1 NIVEL DE FUNDACIÓN Y TIPO DE CIMENTACIÓN

De acuerdo con las características arquitectónicas, el tipo de sistema estructural del proyecto, y el perfil del subsuelo encontrado, compuesto principalmente por arcillas inorgánicas (Capa D), de resistencia al corte alta, compresibilidad baja, no se encontró nivel freático y el tanque de almacenamiento de agua potable va a quedar enterrado 2,9 m; la cota de fundación para la cimentación se define a 3,15 m de profundidad respecto de la cota 0,0 de la topografía actual del terreno (Ver Figura 7), es decir en la Capa D; la cual está ubicada en el perfil con un espesor promedio de 3,2 m, entre 2,8 m y 6,0 m de profundidad respecto de la topografía actual del terreno, con resistencia al corte última no drenada Cu = 12 t/m^2, ángulo de fricción interna no drenada ϕ = 5° y peso unitario total promedio γt = 2,03 t/m^3, coeficiente activo de presión de tierra Ka = 0,84 y coeficiente pasivo de presión de tierra Kp = 1,19; en la Tabla 1, se muestran las propiedades geotécnicas e índices promedio de la Capa D de fundación.

Figura 7. Esquema del nivel de fundación con la cimentación implantada.



Fuente: Propia.

Tabla 1. Propiedades geotécnicas e índices promedio de la Capa D de fundación.

CAPA	Profundidad (m)	Clasificación USC	HN (%)	Heq (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γt (t/m^3)	Cu (t/m^2)	Pex (t/m^2)	ϕ (°)	Cc	$\sigma'v$ (t/m^2)	Ka	Kp
D	2,8 - 6,0	CL	16	19	33	20	13	2,03	12	3,6	5	0,21	8,8	0,84	1,19

Por lo anterior, para la fundación de la cimentación del tanque de almacenamiento de agua potable, se recomienda adoptar una cimentación superficial mediante losa o placa de cimentación; para lograr un mejor apoyo de todo el conjunto de la cimentación, controlando a la vez asentamientos diferenciales y presiones de expansión.

Para la placa de cimentación se debe calcular el factor de seguridad para las condiciones de cargas reales, desplante y peso total de la estructura utilizando la siguiente ecuación:
Fs = [(Cu*Nc)*(1+0,2*B/L)]/[σc - (γt * Df)]; dónde:

Cu*Nc = 12*6,49 = 77,88 t/m^2.
1+0,2*B/L = Factor de forma.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
00+02.000MTS-1025.000
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

B = Ancho mínimo de la placa.
L = Longitud de la placa.
σc = Esfuerzo de contacto en la base de la losa; resulta de dividir el peso del tanque, incluida la carga viva, entre el área de la placa.
$\gamma t * Df$ = Esfuerzo de descarga por excavación = 2,05 t/m^3 * 0,25 m = 0,512 t/m^2.

El factor de seguridad debe ser mínimo 2,5, si resulta menor significa que es necesario replantear las condiciones de fundación de la placa.

4.2 CAPACIDAD PORTANTE CAPA D DE FUNDACIÓN

La capacidad portante se evalúa para losa de cimentación, de tal forma que el ingeniero estructuralista efectúe un chequeo comparativo de la capacidad portante admisible con las dimensiones o predimensionamiento de la losa y así verificar su estabilidad. Por lo tanto, se establece la presión de hundimiento por falla general teniendo en cuenta los parámetros efectivos de resistencia al corte del suelo, el nivel de fundación adoptado, la litología del suelo y la topografía del terreno, según el método generalizado propuesto por Hansen (1 970),
$\sigma u = CuNcScDcIcGcbcCc + \gamma tDfNqSqDqIqGqbqCq + 0{,}5\gamma tBN\gamma S\gamma D\gamma I\gamma G\gamma b\gamma C\gamma$

4.2.1 Losa De Cimentación

- Capacidad Portante Última: $\sigma u = Cu*Nc*Sc + q*Nq$; en la Tabla 2, se muestran los parámetros geotécnicos de la capa de fundación para hallar la capacidad portante.

Tabla 2. Parámetros geotécnicos de la Capa D de fundación.

Cu (t/m^2)	12
ϕ (°)	5
Nc	6,49
Sc	1,0
Dc	1,0

q	$\gamma t*Df$
γt (t/m^3)	2,05
Df (m)	0,25
Nq	1,57
Sq	1,0
Dq	1,0

B (m)	6,0
$N\gamma$	0,0
$S\gamma$	0,6
$D\gamma$	1,0

- Capacidad Portante Última: σu = 12*6,49*1,0 + 2,05*0,25*1,57 = 78 t/m^2.
- Capacidad Portante Admisible (σa): Adoptando factor de seguridad Fs = 3,0.

$$\underline{\sigma a = 78\ t/m^2/3 = 26\ t/m^2\ o\ 2{,}6\ kg/cm^2.}$$

Si por circunstancias de tipo técnico y económico se requiere fundar a una profundidad y tipo de cimentación diferente a la recomendada; en la Tabla 3, se encuentra: la capacidad portante Admisible (σa) y el coeficiente de fricción lateral para cada una de las capas encontradas.

Tabla 3. Capacidad Portante Admisible (σa) y coeficiente de fricción latéral

CAPA	Nivel de Fundación entre (m)	Clasificación USC	Capacidad Portante Admisible: σa (t/m^2) Zapatas Aisladas	Capacidad Portante Admisible: σa (t/m^2) Zapatas Continuas y/o Losa	Coeficiente de fricción lateral (t/m^2)
A	0,0 - 0,45	GC	16	13	0,7
B	0,45 - 0,9	CL	17	14	1,6
C	0,9 - 2,8	CH	25	21	2,3
D	2,8 - 6,0	CL	31	**26**	2,7

4.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTOS

Tomando la condición máxima de carga total de la estructura (Q), utilizando losa de cimentación de 17,9 m de largo (L) por 6 m de ancho (B), según datos tomados de los plano arquitectónicos y estructurales, queda establecido el dimensionamiento de la losa.

La Tabla 4 muestra el ancho mínimo de cimiento (B) para la condición de carga más probable y relevante en el análisis de estabilidad.

Tabla 4. Relación carga total de la estructura (Q) Vs. Ancho de cimiento (B).

Q (t)	530
B (m)	6,0

Una vez ajustada la carga real de la estructura, se debe realizar un chequeo del porcentaje de área de cimentación con relación al peso total de la estructura, para corroborar la utilización del sistema de cimentación recomendado o de lo contrario realizar los ajustes correspondientes.

4.4 CÁLCULO DE ESFUERZOS INDUCIDOS AL SUELO DE FUNDACIÓN

Para la condición de carga total de la estructura (Q) y el área neta de la placa de cimentación (A), se efectúa el cálculo del esfuerzo de contacto (σc), esfuerzos de descarga por excavación (Dp) y esfuerzo neto transmitido al suelo de fundación (σn), comparándolo con la Capacidad Portante Admisible (σa). La Tabla 5 muestra estos resultados.

Tabla 5. Cálculo de esfuerzos para la condición de fundación.

Q (t)	530
A (m^2)	107,4
σc (t/m^2)	4,93
Dp (t/m^2)	0,51
σn (t/m^2)	4,42
σa (t/m^2)	26

Dónde: σc = Esfuerzo de contacto en la base de la losa.
Dp = Esfuerzo de descarga por excavación.
σn = Esfuerzo neto transmitido al suelo de fundación.
σa = Capacidad Portante Admisible.

Como se observa en la tabla anterior, para la condición de carga, con el ancho de cimiento evaluado, el esfuerzo neto real (σn=4,42 t/m^2) inducido al perfil del suelo bajo la fundación, se reduce en 83% respecto a la capacidad portante admisible (σa= 26 t/m^2), como resultado de la compensación de esfuerzo existente entre la carga inducida por el peso de la estructura y la capacidad portante admisible (σa) del suelo; significa que el comportamiento de la cimentación adoptada corresponde a una fundación compensada, lo cual está por el lado de la seguridad del proyecto y verifica la funcionalidad del sistema recomendado. Lo anterior permite concluir que las condiciones de estabilidad son óptimas para este sistema de cimentación.

4.5 ASENTAMIENTOS TOTALES

Debido a que el perfil de suelo hacia profundidad, bajo la fundación, es de naturaleza cohesiva con humedad baja y permeabilidad baja, se espera una compresibilidad baja por debajo de su esfuerzo vertical efectivo de sobrecarga actual. En estas circunstancias el asentamiento o deformación total es el siguiente: $\delta t = \delta i + \delta cp + \delta cs$; dónde:

δt = Asentamiento total.
δi = Asentamientos inmediatos o elásticos.
δcp = Asentamientos por consolidación primaria.
δcs = Asentamientos por consolidación secundaria.

- Asentamientos Inmediatos (δi): Se calcula por el método elástico, en éste se considera una deformación tridimensional producida simultáneamente con la aplicación de la carga durante la construcción, los parámetros elásticos son los siguientes:

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
DISEÑO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 2-2800-E-001-2021 OFRECIDA EN EL MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
PROPIEDAD DEL MUNICIPIO DE PAIPA

- Módulo de elasticidad (suelo ligeramente sobreconsolidado), Es = 4 800 t/m^2.
- Módulo de Poisson, μs = 0,34, para la capa de fundación, arcillosa.

Los asentamientos inmediatos para una cimentación superficial se calculan por la teoría de la elasticidad, tomando las mismas condiciones de cargas estructurales de las Tablas 4 y 5, la fórmula de cálculo es la siguiente: $\delta i = [Cd*B*\sigma c*(1-\mu s^2)]/[Es]$; dónde:

Cd = factor de forma y rigidez del cimiento = 0,8.
B = Dimensión menor del cimiento (m).
σc = Esfuerzo de contacto (t/m^2).
δi = Asentamiento inmediato en (cm).

En la Tabla 6, se observa el resultado del asentamiento inmediato (δi), calculado para la carga considerada, con el ancho (B) de la placa.

Tabla 6. Carga (Q), Ancho (B) de la placa y Asentamiento inmediato (δi).

Q (t)	530
B (m)	6,0
σc (t/m^2)	4,9
δi (cm)	0,4

- Asentamientos Por Consolidación Primaria (δcp): Se produce al aplicarle carga al suelo, provocando la expulsión del agua contenida en sus poros. La fórmula de cálculo es la siguiente:
$\delta cp = [(H*Cs)/(1+eo)]*Log [(\sigma'v+\Delta P)/\sigma'v]$; dónde:

δcp = Asentamiento por consolidación primaria.
H = Espesor del estrato compresible o 2 veces el ancho del cimiento.
Cs = Índice de expansibilidad.
eo = Relación de vacíos natural.
$\sigma'v$ = Esfuerzo vertical efectivo de sobrecarga actual en el centro del estrato compresible.
ΔP = Presión inducida promedio en el centro del estrato (calculada por el sistema trapezoidal, método 2:1).

En la Tabla 7, se observa el resultado del asentamiento por consolidación primaria (δcp), calculado para la carga considerada, con el ancho mínimo de la placa.

Tabla 7. Carga (Q), Ancho de la placa (B) y Asentamiento por consolidación primaria (δcp).

Q (t)	530
B (m)	6,00
H (m)	3,20
$\sigma'v$ (t/m^2)	8,80
ΔP (t/m^2)	3,58
δcp (cm)	0,59

- Asentamientos Por Consolidación Secundaria (δcs): La cuantía de asentamiento por consolidación secundaria, será baja, por lo tanto, se consideran despreciables dentro de la evaluación del asentamiento o deformación total.

- Asentamientos totales (δt): La Tabla 8 muestra el asentamiento total (δt), el cual es la suma del asentamiento inmediato (δi) más el asentamiento por consolidación primaria (δcp), calculado con sus respectivas fórmulas, para la carga considerada y con el ancho mínimo de la placa.

PROYECTO CONSTRUCCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACION: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
02-00-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
PROPIETARIO ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
SOLICITO ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

Tabla 8. Carga (Q), Ancho de la placa (B) y Asentamiento total esperado (δt).

Q (t)	530
B (m)	6,00
δi (cm)	0,44
δcp (cm)	0,59
δt (cm)	1,0

El asentamiento total es bajo de acuerdo a las tolerancias permisibles para este tipo de proyectos, proporcional a la carga, el total alcanza un valor de 1 cm.

Con el fin de evitar inconvenientes relacionados con rebote de estratos y los esfuerzos transmitidos diferencialmente a las capas del subsuelo por la carga de la estructura con relación a la resistencia al corte, los asentamientos totales y diferenciales, es conveniente mejorar la rigidez del contacto suelo - estructura, compactándolo al 95% del proctor modificado.

4.6 MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL (Ksv) DEL SUELO

Para el diseño y cálculo de la placa de cimentación, el módulo de reacción vertical (Ksv) del suelo de fundación es igual a: $Ksv = [Q/(A*\delta i)]$; dónde:

Q = Carga total de la estructura (t).
A = Área de cimentación (m^2).
δi = Asentamiento esperado (m).

Entonces, $Ksv = [530/(107,4*0,004)] = 1,23$ kg/cm³. El Ksv varía dependiendo del área de cimentación (A) que finalmente se adopte.

4.7 MÓDULO DE REACCIÓN HORIZONTAL (Ksh) DEL SUELO

Para el diseño y cálculo estructural de los muros del tanque de almacenamiento de agua potable, en la Tabla 9, se muestra el módulo de reacción horizontal (Ksh) de la capa de suelo, el cual se obtuvo utilizando el abaco debido a Chadeisson, que obtiene el módulo de balasto horizontal (Ksh), a partir de la cohesión y el ángulo de fricción interno del perfil de suelo, así:

Tabla 9. Módulo de reacción horizontal (Ksh) de las capas de suelo A, B, C y D.

CAPA	Espesor de las capas (m)	Clasificación USC	Cohesión no drenada (Cu) (t/m^2)	Ángulo de fricción interno (ϕ) (°)	Módulo de reacción horizontal del suelo (Ksh) (kg/cm³)
A	0,0 - 0,45	GC	3	17	1,79
B	0,45 - 0,9	CL	7	3	1,52
C	0,9 - 2,8	CH	10	4	1,97
D	2,8 - 6,0	CL	12	5	2,34

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
UBICACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
02-000625-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA - PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

5. CONCLUSIONES

1. El área para la construcción del proyecto se encuentra actualmente baldía, topográficamente por encima del nivel de la vía de acceso sin pavimentar, con capa superficial gravo-arcillosa de 0,45 m de espesor promedio con 29% de finos y 25% de arenas, posee forma geométrica regular aproximada a un rectángulo, con un área de aproximadamente 107,4 m^2, lo cual permite manejar estructuras simétricas, por lo menos en cuanto a ortogonalidad de los muros y placas, y presenta geomorfología montañosa.

2. Es característica primordial de este suelo la permeabilidad baja, bien drenado superficialmente, la zona presenta pendiente topográfica ligeramente inclinada, y escorrentía superficial media hacia el lote del proyecto; por lo tanto, pueden existir problemas de acumulación de aguas superficiales.

3. El perímetro del área está limitado principalmente por laboratorio de 1 piso, tanque de recuperación, sedimentador, filtros, cuarto de cloro gaseoso, vía de acceso sin pavimentar, edificaciones de 1 piso y lotes baldíos, situación que implica un manejo técnico cuidadoso durante la etapa de construcción de los cimientos y tanque de almacenamiento. En general el área no presenta problemas geotécnicos externos que amenacen su estabilidad y la del proyecto, siempre y cuando se mantengan las condiciones topográficas y geomorfológicas actuales del terreno; por lo anterior, el área es apta para la construcción del proyecto.

4. Las condiciones topográficas del terreno del proyecto, implica manejar excelentes condiciones de drenaje de aguas superficiales, para evitar infiltraciones de agua dentro del área a construir.

5. Geológicamente en el sitio del proyecto y sus alrededores aflora un Depósito Cuaternario Residual (Qr) constituido por niveles arcillosos, limosos, arenosos, gravosos y combinaciones de estos, de espesores variables. La estratigrafía local corresponde a un Depósito Cuaternario Residual (Qr), constituido por capas gravo-arcillosas y arcillosas.

6. El nivel freático no se encontró en las 2 perforaciones realizadas hasta la profundidad promedio explorada de 6 m respecto de la topografía actual del terreno, debido a la existencia de niveles arcillosos en el perfil de suelo explorado; sin embargo, el área del proyecto se debe drenar superficialmente muy bien para mantener el subsuelo lo más seco posible.

7. Según su historia geológica y clasificación de suelos de la USC, el perfil litológico del suelo explorado es ligeramente sobreconsolidado y está constituido por las siguientes Capas: Capa A, grava arcillosa tipo GC con 29% de finos y 25% de arenas, la fracción fina presenta plasticidad media y compresibilidad baja; Capa B, arcilla inorgánica tipo CL con 20% de arenas y 0% de gravas, de plasticidad media y compresibilidad baja; Capa C, arcilla inorgánica tipo CH con 4% de arenas y 0% de gravas, de plasticidad alta y compresibilidad media; y Capa D, arcilla inorgánica tipo CL con 20% de arenas y 2% de gravas, de plasticidad media y compresibilidad baja.

8. El perfil de suelo a nivel de fundación, no es potencialmente expansivo; sin embargo, pueden existir inconvenientes de expansividad del suelo con fenómenos de contracción - expansión cuando se produzcan cambios de humedad importantes.

9. Con base en las características topográficas, geológicas, geomorfológicas, clasificación y propiedades geomecánicas del perfil de suelo explorado y drenaje, se determinó una (1) zona geotécnica para el área del proyecto.

PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y REDUCTOR DE CAUDAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPIO CATARATUL
0100210105-0325-000 VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE SOGAMOSO BOYACÁ
SOLICITADO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE TUNJA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE TUNJA

10. La Capa D de fundación tiene una humedad natural (HN) por debajo a la humedad de equilibrio (Heq); por lo tanto, el suelo puede estar propenso a la expansión.

11. Aunque la Capa D de fundación presenta un potencial de expansión bajo, se debe buscar un estado constante de las condiciones de humedad del suelo construyendo perimetralmente al proyecto un sistema de drenaje adecuado y totalmente impermeabilizado, debido a que los cambios de humedad ocasionaran inestabilidad volumétrica, con la consecuente generación de presiones sobre los cimientos y placa de contrapiso, tanto en sentido vertical como horizontal, lo cual puede producir serias repercusiones sobre las estructuras, principalmente con la placa de contrapiso.

12. Desde el punto de vista de las características litológicas, las propiedades geomecánicas del perfil y el comportamiento hidráulico del suelo, no existen inconvenientes geotécnicos que pueden incidir desfavorablemente en la cimentación del proyecto, principalmente durante la etapa constructiva de la fundación y placas de cimentación.

13. De acuerdo con las características arquitectónicas y estructurales del proyecto, resistencia y compresibilidad del perfil de suelo explorado, asentamientos totales y que el tanque de almacenamiento va a quedar enterrado 2,9 m, el nivel de fundación se establece a 3,15 m de profundidad respecto de la cota 0,0 de la topografía actual del terreno.

14. El nivel de fundación obedece a: la expansividad baja del perfil de suelo a nivel de fundación, no se encontró nivel freático, resistencia al corte alta del perfil de suelo explorado, asentamientos totales bajos y manejo de esfuerzos de contacto, para una adecuada interacción suelo - estructura, que garantice la estabilidad de las estructuras con bajas deformaciones.

15. Las características del proyecto y las propiedades geomecánicas del suelo de fundación, permiten establecer que, para el tanque de almacenamiento de agua a construirse, lo más adecuado es un sistema de cimentación superficial mediante la adopción de una placa o losa de cimentación.

16. Los asentamientos teóricos esperados son bajos para el suelo de fundación, los totales alcanzan valores de 1 cm.

17. En general las características geotécnicas externas al área del proyecto, así como las propiedades geomecánicas del perfil de suelo explorado, implica la adopción de medidas técnicas especiales tanto para el diseño de la fundación, como para el procedimiento de la construcción de la cimentación y tanque, tales como entibados y/o tablestacados.

18. Las propiedades índices y geomecánicas encontradas en cada una de las capas del perfil del suelo explorado, reflejan características favorables con relación a los requerimientos de fundación del proyecto; en cuanto a la resistencia al corte, asentamientos y condiciones del nivel freático, lo cual permite plantear una cimentación convencional; por lo tanto, el proyecto es viable técnica y económicamente.

19. Dadas las características internas y los límites externos al área del proyecto, es conveniente construir la cimentación en época de verano, para no tener que enfrentar dificultades geotécnicas de estabilidad en las excavaciones y durante el proceso constructivo de la fundación.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PAIPA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE; MUNICIPIO CAMPO ALEGRE
00-01-0006-0000-000, VEREDA LLANO GRANDE; MUNICIPIO DE PAIPA (BOY.)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PAIPA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PAIPA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

6. RECOMENDACIONES

6.1 PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta que el tanque de almacenamiento de agua potable va a quedar enterrado completamente, el nivel de fundación, se establece a 3,15 m de profundidad respecto de la cota 0,0 de la topografía actual del terreno (Ver Figura 7).

Para la fundación del tanque de almacenamiento, se recomienda adoptar una cimentación superficial mediante losa o placa de cimentación, como lo establece la NSR-10 y la RAS-2017.

6.2 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

Para la adopción del sistema de fundación y dimensionamiento de la misma, en la forma recomendada, se puede adoptar el siguiente valor de capacidad portante admisible: $\sigma a = 26$ t/m^2 o 2,6 kg/cm^2.

Aunque los asentamientos teóricos son bajos de 1 cm, y para reducir problemas de asentamientos diferenciales y cumplir las condiciones de rigidez de la cimentación, se debe armar la placa de acuerdo con las especificaciones de la NSR-10. Además, se debe compactar el suelo de fundación hasta provocar dichos asentamientos.

6.3 PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

Según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (Ley 400 de 1 998 y decretos 1229 de 2008 y 926 del 19 de marzo de 2010) y teniendo en cuenta los criterios locales de esfuerzos activos producidos por las Fallas, se debe utilizar los siguientes parámetros:

- Zona de amenaza sísmica = Alta.
- Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva (Aa) = 0,2.
- Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva (Av) = 0,25.
- Perfil de suelo = D.
- Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos (Fa) = 1,4.
- Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios (Fv) = 1,9.
- Grupo de uso = IV.
- Coeficiente de importancia = 1,5.

La orientación del sismo más peligroso se debe tomar en dirección aproximada Este - Oeste, siendo ésta la orientación del eje principal de esfuerzos tectónicos ($\sigma 1$) que plegaron y fallaron las rocas regionalmente; el efecto de la fuerza sísmica sobre las estructuras debe ser aplicado en las dos direcciones.

6.4 PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA EL DISEÑO DE MUROS DEL TANQUE

Los muros de contención perimetrales al tanque de almacenamiento, se deben diseñar para contrarrestar los empujes activos producidos por el perfil de suelo natural, sobrecargas, terraplenes conformados, rellenos en el espaldar de los muros, y ocasionales presiones hidrostáticas, para tal fin se debe tener en cuenta los siguientes parámetros en condiciones no drenadas, Ver Tabla 10:

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
UBICACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE ACUEDUCTO REGIONAL NÚMERO CATASTRAL
LOCALIZACIÓN: VEREDA LLANO GRANDE MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

Tabla 10. Parámetros geomecánicos del perfil de suelo para el diseño de los muros del tanque.

CAPA	Clasificación USC	Profundidad (m)	γt (t/m^3)	Cu (t/m^2)	ϕ (°)	Ka	Kp	Ko	Coeficiente de fricción contra deslizamiento
A	GC	0,0 - 0,45	2,05	3	17	0,55	1,83	0,71	0,45
B	CL	0,45 - 0,9	2,01	7	3	0,89	1,13	0,94	0,35
C	CH	0,9 - 2,8	1,98	10	4	0,87	1,15	0,93	0,35
D	CL	2,8 - 6,0	2,03	12	5	0,84	1,19	0,91	0,35

- Condiciones de presión hidrostática hasta 2,9 m de profundidad, $\gamma w * hw = 0,0$ t/m^2.
- Presión de expansión del suelo = 3,6 t/m^2.
- Sobrecarga a los muros por efecto de cargas o construcciones adyacentes: carga estática por el perfil de suelo, rellenos de espaldar y edificación adyacente al lote del proyecto.

Si por proceso constructivo se requiere relleno en el espaldar de los muros, para su diseño, se recomienda utilizar un relleno tipo afirmado (A-38), para lo cual, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros geotécnicos en condiciones no drenadas, Ver Tabla 11.

Tabla 11. Parámetros geotécnicos del relleno recomendado.

Parámetros	Valores
Peso unitario (t/m^3)	2,1
Ángulo de fricción (°)	28
Cohesión (t/m^2)	2
Ka	0,36
Kp	2,77
Ko	0,53

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE CUENCA HIDROGRÁFICA PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE NÚMERO 1 (A-1)
0062-0006-0005 - RADICADO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

6.5 DIAGRAMA DE PRESIONES PARA EL DISEÑO DE LOS MUROS DEL TANQUE

Para el cálculo de los empujes activos, se utilizaron los parámetros geotécnicos del perfil litológico encontrado, mostrados en la Tabla 10. Y de acuerdo con la topografía del terreno y los planos arquitectónicos del proyecto, se obtuvo la máxima altura de talud de corte y por lo tanto la mayor sobrecarga con base en las estructuras perimetrales al área del proyecto, Ver Tabla 12.

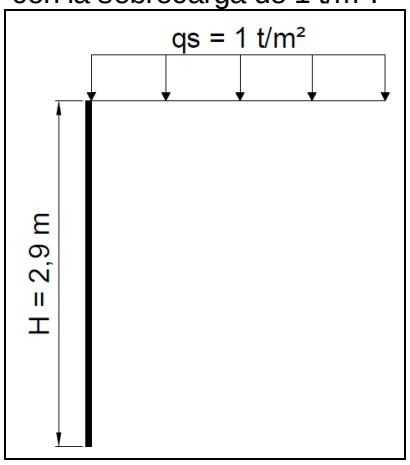
Tabla 12. Altura de los muros del tanque y sobrecargas ejercidas.

Datos	Valores
Altura de los muros del tanque (m)	2,9
Sobrecarga ejercida por la edificación de 1 piso (t/m^2)	1,0

6.5.1 Empuje Activo de Tierra de Rankine (Ea).

Por el costado occidental existe una edificación de 1 piso, esta produce una sobrecarga de 1 t/m^2, y con la altura del muro del tanque de 2,9 m, se calcula el empuje activo, Ver Figura 8.

Figura 8. Muro de 2,9 m de alto, con la sobrecarga de 1 t/m².



- Cálculo del Empuje Activo

$$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a + q_s H K_a$$

Dónde:
Ea = Empuje activo de tierra soportando una sobrecarga (t/m).
γ = Peso unitario del suelo (t/m³).
H = altura del muro (m).
Ka = Coeficiente de presión activa de tierra.
qs = Sobrecarga distribuida en la longitud de los muros (t/m²).

El resultado del empuje activo (E_a), con la sobrecarga de la edificación de 1 piso, se muestra en la Tabla 13.

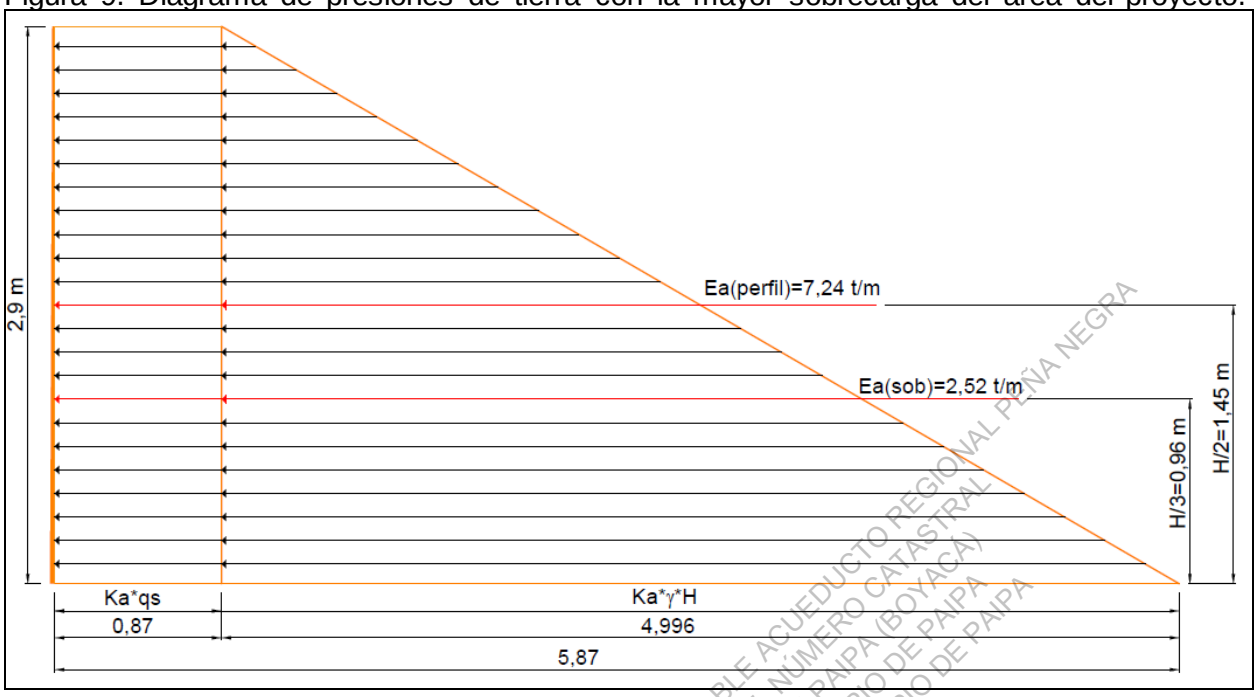
Tabla 13. Cálculo del empuje activo (E_a), con la sobrecarga de 1 t/m².

γ (t/m³)	1,98
H (m)	2,9
ϕ (°)	4
Ka	0,87
q_s (t/m²)	1,0
$E_{aperfil}$ (t/m)	7,24
$E_{asobrecarga}$ (t/m)	2,52
E_{atotal} (t/m)	9,76

El punto de aplicación del valor del empuje activo causado por la sobrecarga de la edificación de 1 piso ($E_{asobrecarga}$), es a H/2, medidos respecto de la base de los muros, y el punto de aplicación del valor del empuje activo causado por el perfil de suelo al espaldar de los muros ($E_{aperfil}$), es a H/3, medidos respecto de la base de los muros. El valor del empuje total (E_{atotal}) originado por las sobrecargas y por el perfil de suelo al espaldar de los muros, se debe utilizar para el diseño de los muros del tanque de almacenamiento, en la Figura 9, se muestra el diagrama de empujes de tierra del área del proyecto.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

Figura 9. Diagrama de presiones de tierra con la mayor sobrecarga del área del proyecto.



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 00-00-0002-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITA: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA ESP MUNICIPIO DE PAIPA

6.6 EXPANSIVIDAD DEL SUELO

El perfil de suelo a nivel de fundación presenta un potencial de expansión bajo; por lo tanto, no se requiere de ningún tratamiento especial para la construcción de la cimentación.

6.7 DESCAPOTES, EXCAVACIONES Y RELLENOS

Se requiere efectuar el descapote y remoción de los materiales sueltos y/o material orgánico del área del proyecto.

La excavación para la cimentación y tanque de almacenamiento de agua potable, se debe realizar únicamente manual o mecánicamente, en período seco y con taludes verticales gracias a la resistencia al corte alta que tiene el perfil de suelo explorado (sin embargo, a estos taludes verticales se les debe realizar su análisis de estabilidad).

Si se requieren rellenos para la construcción de la cimentación y proyecto en general, estos se deben efectuar con materiales adecuados, en capas de espesor máximo de 0,15 m, totalmente niveladas, construidas técnicamente y compactadas mínimo al 98% del proctor modificado. Las especificaciones del material a utilizar en los rellenos son las siguientes:

MATERIAL PARA AFIRMADO (A-38).
- Límite líquido menor e igual de 40%.
- Índice de plasticidad entre 4% y el 9%.
- Porcentaje que pasa el tamiz 200 entre 9% y el 18%.
- Tamaño máximo de las gravas 3,8 cm.
- La granulometría debe cumplir con la norma del INVIAS.

6.8 IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

Las redes hidráulicas se deben diseñar y construir flexibles y herméticas para absorber deformaciones causadas por reacomodación de la estructura y principalmente por efectos sísmicos, y para evitar infiltraciones de agua en el suelo de fundación.

Aunque no se encontró nivel freático en el área del proyecto, es necesario impermeabilizar con polietileno totalmente la base de la placa o losa de cimentación, para así evitar humedades en la misma; también como el área del proyecto presenta topografía ligeramente inclinada de pendiente promedio 1,5%, es bien drenada superficialmente, y presenta escorrentía superficial

media, se debe diseñar y construir un sistema de evacuación de aguas superficiales, constantes o eventuales, puede ser mediante cunetas y/o andenes perimetrales totalmente impermeabilizados y en contacto con las estructuras del proyecto.

Se debe evitar infiltraciones exteriores de aguas lluvias que alteren las condiciones de humedad del suelo; para lograr este propósito se debe recoger las aguas colectadas en el área del proyecto mediante cunetas que descarguen dentro del sistema de alcantarillado. De igual manera las vías de acceso vehicular y peatonal se deben diseñar con un adecuado sistema de bermas de bombeo para la evacuación rápida de aguas lluvias. Las zonas verdes también deben poseer bermas de evacuación rápida de aguas para evitar infiltración que altere la humedad del suelo.

Las medidas de drenaje que se diseñen y construyan, se deben apoyar sobre una capa de relleno con espesor mínimo de 0,15 m, compactada técnicamente, de las mismas características de un afirmado.

6.9 PROCESO DE EXCAVACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE

Las excavaciones para la construcción de los muros para del tanque, se deben realizar por un método que no implique la excavación de paredes libres, puede ser mediante el sistema bermas y taludes, y por medio de trincheras.

Debido a la resistencia al corte del suelo alta, se puede excavar parcialmente o por tramos el volumen de material que ocupará el tanque, conformando taludes verticales (sin embargo, se debe realizar su análisis de estabilidad); las excavaciones deben programarse por tramos y volúmenes pequeños, construyendo simultáneamente los elementos de cimentación, esto con el propósito de lograr que el rebote en el fondo de la excavación sea mínimo, comparado con el que se generaría realizando completamente la excavación en una sola etapa.

Es conveniente comenzar la excavación definitiva desde la parte central hacia los extremos construyendo por tramos la cimentación; de esta manera la cimentación construida sirve de apoyo a los puntales de avance. Utilizando esta forma de excavación se puede ver también la posibilidad de excavar mediante terraceó de altura no superior a 1 m, abarcando inicialmente toda el área a excavar y reduciéndola hacia profundidad para evitar mayores costos de entibación, en caso de requerirse; sin embargo, este comportamiento debe ser corroborado una vez se comience la excavación.

Si se presenta acumulación de flujos de aguas lluvias o de escorrentía superficial estancadas al momento de la excavación definitiva, se debe construir subdrenes (puede ser tipo francés) en el fondo, para que evacue el agua a un cárcamo situado a un nivel inferior del resto de la excavación final. En el cárcamo el nivel del agua se debe mantener suficientemente bajo, para que el nivel de agua libre en el perfil de suelo adyacente quede abajo del fondo de la excavación con el fin de evitar inestabilidad en el pie de la misma.

6.10 RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

1. Si por circunstancias de tipo técnico y económico se requiere contemplar otra alternativa de fundación, se puede considerar la siguiente: zapatas corridas dispuestas en el sentido de la mayor dimensión del área del proyecto.

2. En el proceso de excavación, si se requiere, no se debe utilizar explosivos detonantes para volar bloques compactos de cualquier tipo de material, debido a que la utilización de explosivos causa inestabilidad en los taludes del terreno y perfil del subsuelo, se debe recurrir a métodos manuales o mecánicos.

3. Las excavaciones para la cimentación y el tanque se pueden efectuar con taludes verticales, teniendo la precaución de no colocar cargas de ningún tipo en los bordes o bermas. El procedimiento de excavación debe ser lo más rápido posible con el fin de controlar el rebote

PROYECTO CONSTRUCCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE NÚMERO CATASTRAL
CÓDIGO: 0006-002 UBICADO EN GRADOS MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITA: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
RESPONSABLE: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

de estratos en el fondo de la excavación; sin embargo, se recomienda realizar un análisis de estabilidad a los taludes de corte que resulten de las excavaciones.

4. La construcción de la cimentación se debe hacer preferiblemente en época de verano para evitar alteraciones y remoldeos en la base de la cimentación, problemas de inestabilidad en las excavaciones e incrementos de caudales de evacuación.

5. El material que resulte de cortes o excavaciones, puede ser utilizado con fines de rellenos para el proyecto, siempre y cuando este se compacte técnicamente de acuerdo con las especificaciones de compactación del INVIAS.

6. Después de nivelado y compactado el suelo de fundación, se debe proceder a la colocación de una capa de material de relleno de buena calidad tipo afirmado (A-38) de mínimo 5 cm de espesor, compactado al 98% del proctor modificado y posteriormente instalar una capa de concreto pobre de 5 cm de espesor, sobre la cual se fundirá la cimentación y placas de contrapiso.

7. El afirmado (A-38) para la construcción del relleno de fundación de 5 cm, debe cumplir técnicamente con las especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías (INVIAS) de 2 013.

8. El suelo natural que sirva de apoyo a la placa o losa de cimentación y relleno, se debe compactar al 98% del proctor modificado efectuado en laboratorio (densidad seca máxima de laboratorio).

9. Bajo ninguna circunstancia se debe permitir la descarga de aguas superficiales en las zonas aledañas al área del proyecto una vez realizada la fundación.

10. Es necesario diseñar y construir un sistema de evacuación perimetral de aguas lluvias y de escorrentía superficial, de manera que no haya infiltración, ni se produzca erosión hídrica, en las paredes de los taludes de corte y suelo de fundación, por arrastre de materiales finos.

11. Debido a la profundidad de excavación de 2,9 m del tanque, se debe adoptar medidas técnicas especiales tanto para el diseño de la fundación, como para el procedimiento de la construcción de las excavaciones, en caso de requerirse, se puede utilizar entibados y/o tablestacados.

12. Durante la construcción del proyecto se debe causar el menor impacto ambiental y sembrar árboles nativos de la región alrededor del proyecto.

13. Debido a que el área del proyecto se encuentra en una zona de ladera, se debe reconformar, empradizar y reforestar adecuadamente los taludes perimetrales al área del proyecto con césped, para así evitar problemas de inestabilidad, que puedan llegar a generar daños al tanque a construirse.

14. Se debe realizar un inventario del estado actual de las vías y estructuras vecinas, con su respectivo registro fotográfico, lo cual deberá quedar escrito y registrado en el acta de vecindad, para el caso de reclamaciones posteriores.

15. Se recomienda programar una visita del Ingeniero Geotécnista o de Suelos durante la construcción de la cimentación, con el fin de inspeccionar el proceso de excavación, y aprobación del suelo de fundación.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL LA PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: ALTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE NÚMERO CATASTRAL
01-02-2006-0023-000 VEREDA LLANO GRANDE MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

7. LIMITACIONES

1. Los resultados obtenidos en este estudio, las conclusiones y recomendaciones dadas, están basados en las propiedades geomecánicas del subsuelo explorado mediante pruebas de campo y laboratorio, lo mismo que en las características arquitectónicas, estructurales, geológicas y topográficas del proyecto, cualquier modificación posterior por: el diseñador, estructuralista, propietario o constructor, condiciones climáticas extremas como altas precipitaciones y altas temperaturas, cambios del uso del suelo y sismos, implicará nuevas condiciones de estabilidad y deformación que deben ser evaluadas.

2. Si durante el diseño, cálculo y construcción de la cimentación, aparecen circunstancias no previstas en este informe, se debe avisar inmediatamente al Ingeniero Geotecnista o de Suelos para buscar las soluciones y recomendaciones más convenientes.

3. El suelo de cimentación debe ser aprobado por el Ingeniero Geotecnista o de Suelos.

Realizó:

MÓNICA XIMENA PÉREZ PATIÑO
GEOTÉCNISTA
Ingeniero Geólogo - Especialista en Geotécnia

Aprobó:

CIPRIANO BELTRÁN LEMUS
DIRECTOR DE CONSULTORÍA

Sogamoso, 1 de agosto de 2 022.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área del proyecto y ubicación de las perforaciones realizadas, P1 y P2……..(Pág. 6).

Figura 2. Características del área del proyecto y ubicación de las perforaciones P1 y P2……..(Pág. 7).

Figura 3. Correlación litológica planar de las perforaciones realizadas, P1 y P2……..(Pág. 11).

Figura 4. Norma, cantidad y resumen de ensayos de campo y laboratorio por muestra de cada perforación realizada, P1 y P2....……..(Pág. 12).

Figura 5. Columna litológica del perfil promedio explorado…….(Pág. 13).

Figura 6. Propiedades geotécnicas por capas del perfil promedio explorado…….(Pág. 15).

Figura 7. Esquema del nivel de fundación con la cimentación implantada…….(Pág. 17).

Figura 8. Muro de 2,9 m de alto, con la sobrecarga de 1 t/m^2……..(Pág. 25).

Figura 9. Diagrama de presiones de tierra con la mayor sobrecarga del área del proyecto……..(Pág. 26).

Figuras 10 a 28. Perfiles de resistencias y propiedades de las perforaciones 1 al 2, y resultados de ensayos de laboratorio por muestra de cada perforación realizada (Anexo de Figuras o Resultados de Ensayos de Campo y Laboratorio de las Perforaciones Realizadas).

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

REFERENCIAS

- Asociación Colombiana I. S. (1 997). Normas Colombianas de Diseños y Construcción Sismo Resistente, Santafé de Bogotá, Colombia, Tomo 1.

- Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), ley 400 de 1 997 (modificada ley 1 229 de 2 008), Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), Bogotá D.C., Colombia, marzo de 2 010.

- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS) - RAS 2 017 componente ambiental para los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo.

- Berry, L. P., y Reíd D. (1 993). Mecánica de suelos. Editorial Nomos S. A Santafé de Bogotá, Colombia, Vol. 1, 205-269.

- Braja, M. D. (2 001). Fundamentos de Ingeniería geotécnica. International Thomson Editores, S. A. DE C.V, México, 445-493.

- Braja, M. D. (2 001). Principios de ingeniería de Cimentaciones. International Thomson Editores, S.A. de C.V. International Thomson, México, 387-451.

- Crespo, V. C. (1 994). Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa, S.A. DE C.V. Grupo Noriega Editores, México, Vol. 3,507-529.

- Instituto Nacional De Vías (1 998). Especificaciones generales de construcción de carreteras. Centro Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá, Colombia, ISBN 958-8060-03-6.

- Jaime, S. D. (1 988). Ingeniería de suelos aplicada a las cimentaciones, Bucaramanga, Segunda Edición, 1-163.

- Manuel, D. V. (2 001). Ingeniería de fundaciones. Centro Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, segunda reimpresión 22-524.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0025-0001 VEREDA MONTE GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITADO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

ANEXO DE FIGURAS O RESULTADOS DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO DE LAS PERFORACIONES REALIZADAS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA, MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA, MUNICIPIO DE PAIPA

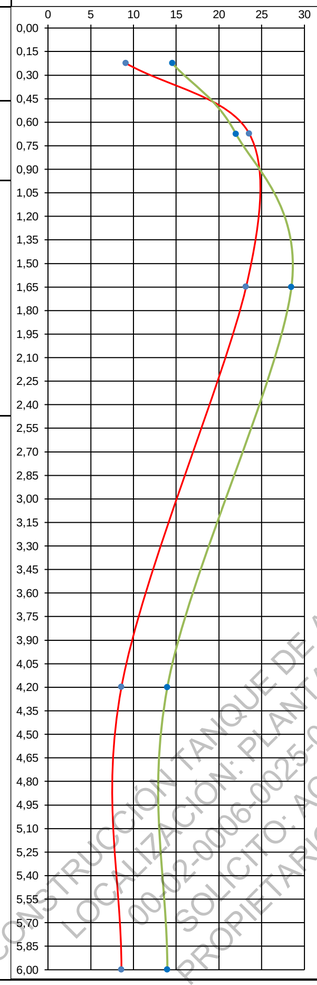
INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S.

FIGURA 10. PERFIL DE RESISTENCIAS Y PROPIEDADES PARA EL SONDEO P1.

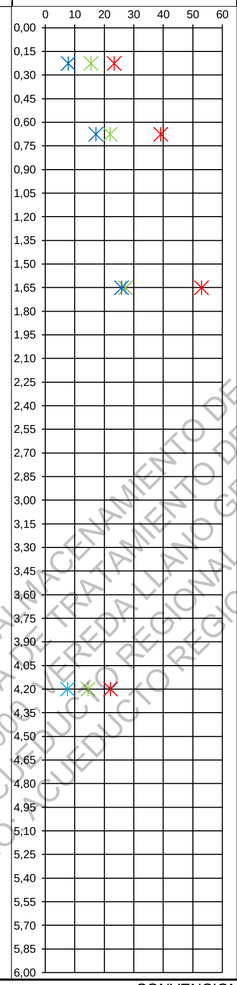
MUESTRA	Prof (m) DE	A	Wn (%)	Weq (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γt (t/m³)	γd (t/m³)	Compresion Inconfinada Cu (t/m²)	Cu (SPT) (t/m²)	ϕ (SPT) (°)	Pasa 200 (0,074 mm)	Clasificacion S.U.C.S.	Capas Definidas	Profundidad total del sondeo (m)
M1	0,00	0,45	9,14	14,55	23,29	15,55	7,74	2,05	1,88	-	3	17	28,6	GC	A	6,0
M2	0,45	0,90	23,56	22,00	39,14	21,99	17,15	2,01	1,65	-	7	3	77,6	CL	B	
M3	1,40	2,00	23,17	28,48	52,94	27,16	25,78	2,02	1,64	10,40	10	4	97,3	CH	C	
M4	3,90	4,50	8,59	13,96	22,05	14,56	7,49	-	-	-	2	24	42,2	SC	D	

Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Tipo muestra	Clasificación USC	Descripción	Capa
0,00 – 0,90			GC	Grava arcillosa color café claro con manchas blancas	A
0,90 – 1,65			CL	Arcila inorgánica, color amarillo con naranja y manchas rojas y negras	B
1,65 – 2,55			CH	Arcilla inorganica color café oscuro	C
2,55 – 6,00			SC	Arcilla inorganica color amarillo con manchas rojas y grices	D

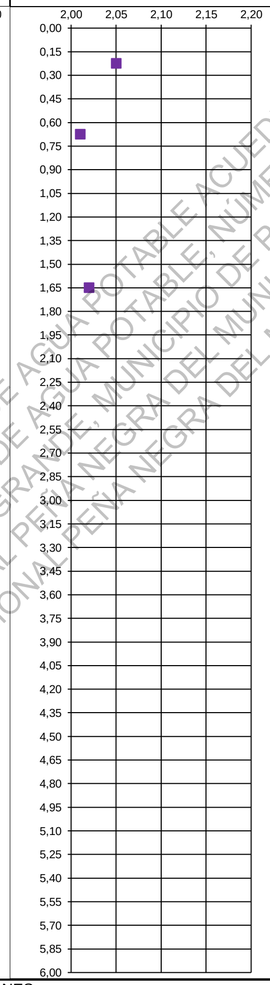
Humedad Natural (Hn) Y Humedad Equilibrio (Heq) (%)



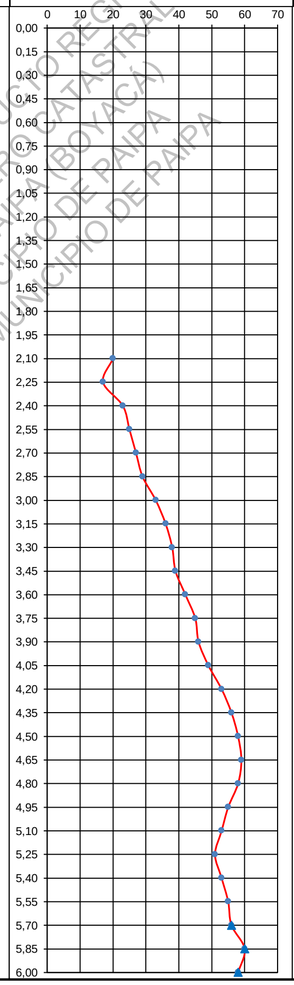
Limite Liquido (LL), Limite Plastico (LP) e Indice de Plasticidad (IP) (%)



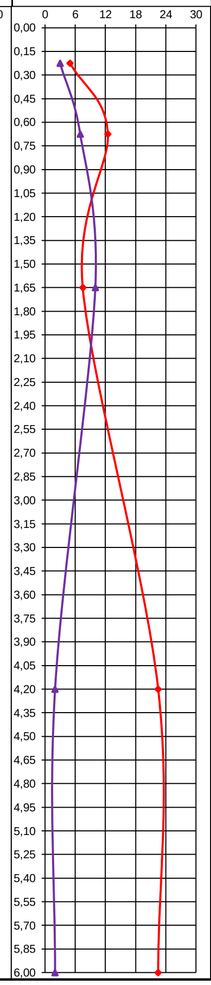
Peso Unitario Total (gr/cm³)



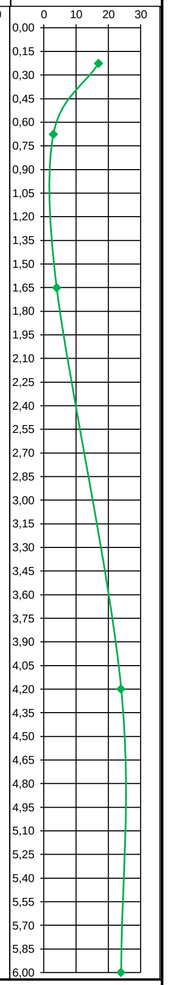
N (SPT)



Cu (t/m²)



ϕ (°)



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000 VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

CONVENCIONES

- Muestra alterada (bolsa).
- Muestra semialterada (cuchara partida)
- Muestra corte directo
- Muestra inalterada (Shelby)
- Humedad natural
- Humedad de equilibrio
- Límite Líquido (LL)
- Límite Plástico (LP)
- Indice de plasticidad (IP)
- Peso Unitario Total
- SPT (N)
- Penetrometro de borros
- Cu (SPT)
- Cu (compresión inconfinada)
- Cu (Penetrometro de bolsillo)
- ϕ (SPT)

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

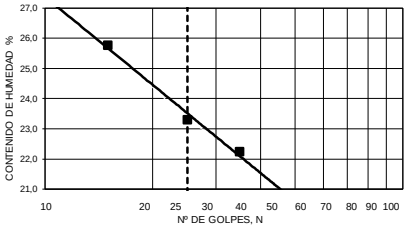
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P1. MUESTRA: P1/M1. PROFUNDIDAD: 0,0 m - 0,45 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCIÓN: Grava arcillosa, mal gradada, color café claro con manchas blancas, tamaño granulos, guijos, guijarros y arenas gruesas y medias,forma subangular, composición cuarzosa y compacidad media.
LA FRACCIÓN FINA PRESENTA PLASTICIDAD MEDIA.

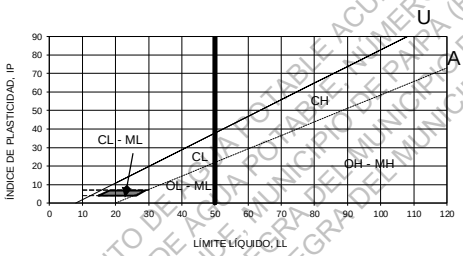
LIMITES DE ATTERBERG Y ANALISIS GRANULOMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	109
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	95,42
Suelo seco + Cap. (g)	88,06
Peso cápsula (g)	7,51
Contenido de humedad (%)	9,14

Limite líquido		
15	25	35
88	83	30
25,67	30,63	35,7
21,92	26,26	30,58
7,36	7,50	7,55
25,76	23,29	22,23

Límite Plástico	
244	248
16,73	15,46
15,16	14,05
5,07	4,98
15,56	15,55

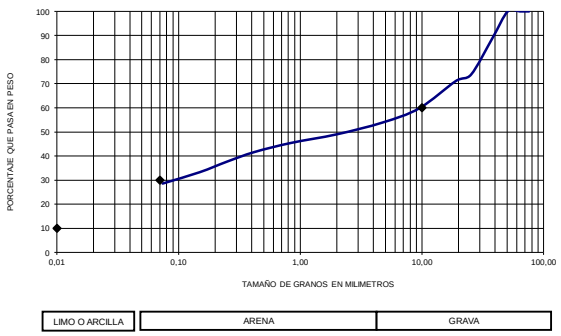




TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	588,6	113,8	11,0	11,0	89,0
1	25,400	449,9	607,1	157,2	15,2	26,2	73,8
3/4	19,000	439,8	467,8	28,0	2,7	28,9	71,1
3/8	9,525	451,6	568,5	116,9	11,3	40,2	59,8
4	4,760	436,4	497,4	61,0	5,9	46,1	53,9
10	2,000	407,1	457,9	50,8	4,9	51,0	49,0
20	0,841	373,0	409,9	36,9	3,6	54,6	45,4
40	0,420	334,9	374,1	39,2	3,8	58,4	41,6
60	0,250	287,0	328,2	41,2	4,0	62,3	37,7
100	0,149	299,0	344,4	45,4	4,4	66,7	33,3
200	0,074	283,0	331,6	48,6	4,7	71,4	28,6
FONDO	0,000	257,5	259,0	1,5	28,6	100,0	0,0

740,5

D10: 0,01 D30: 0,07 D60: 10,00 CU: 1000,00 CG: 0,05



Curva Ensayo

Curva Norma

HUMEDAD NATURAL (HN):	9,1 %
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	14,5 %
LIMITE LIQUIDO (LL):	23,3 %
LIMITE PLASTICO (LP):	15,6 %
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	7,7 %

DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+R	1.238,3
Peso Suelo Total Lavado + Recipie	944,2
Peso Recipiente	203,7
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	1.034,6
Peso Suelo Seco Lavado	740,5

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	46,1
% ARENAS	25,3
% FINOS	28,6

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	GC

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. MUNICIPIO DE PAIPA

FIGURA 11. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P1. MUESTRA: P1/M2. PROFUNDIDAD: 0,4 m - 0,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorganica de plasticidad media con arenas, color amarillo con naranja y manchas rojas y negras y consistencia media.

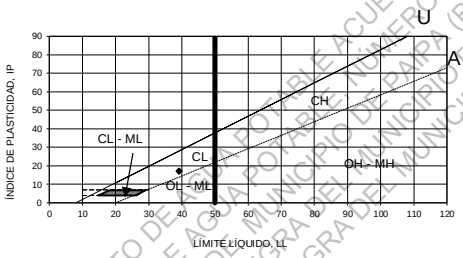
LIMITES DE ATTERBERG Y ANALISIS GRANULOMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	9
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	82,63
Suelo seco + Cap. (g)	68,71
Peso cápsula (g)	9,63
Contenido de humedad (%)	23,56

Limite líquido		
15	25	35
346	347	379
20,67	25,68	30,45
16,18	20,04	23,68
5,61	5,63	5,62
42,48	39,14	37,49

Límite Plástico	
207	249
17,34	17,57
15,12	15,33
5,02	5,15
21,98	22,00

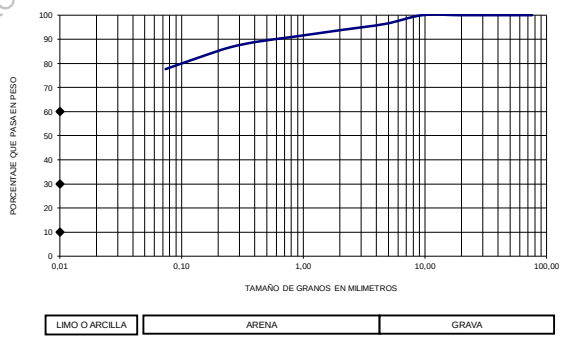




TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1	25,400	449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4	19,000	439,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8	9,525	451,6	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	436,4	449,3	12,9	3,6	3,6	96,4
10	2,000	407,1	416,7	9,6	2,7	6,2	93,8
20	0,841	373,0	382,7	9,7	2,7	8,9	91,1
40	0,420	334,9	342,4	7,5	2,1	11,0	89,0
60	0,250	287,0	295,4	8,4	2,3	13,3	86,7
100	0,149	299,0	312,3	13,3	3,7	17,0	83,0
200	0,074	283,0	302,3	19,3	5,3	22,4	77,6
FONDO	0,000	257,5	257,8	0,3	77,6	100,0	0,0

81,0

D10: 0,01 D30: 0,01 D60: 0,01 CU: 1,00 CG: 1,00



Curva Ensayo

Curva Norma

HUMEDAD NATURAL (HN):	23,6 %
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	22,0 %
LIMITE LIQUIDO (LL):	39,1 %
LIMITE PLASTICO (LP):	22,0 %
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	17,1 %

DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+R	526,3
Peso Suelo Total Lavado + Recipie	246,5
Peso Recipiente	165,5
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	360,8
Peso Suelo Seco Lavado	81,0

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	3,6
% ARENAS	18,8
% FINOS	77,6

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	CL

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P1. MUESTRA: P1/M2. PROFUNDIDAD: 0,4 m - 0,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorganica de plasticidad media con arenas, color amarillo con naranja y manchas rojas y negras y consistencia media.

FIGURA 12. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P1. MUESTRA: P1/M3. PROFUNDIDAD: 1,4 m - 2,0 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color café oscuro y consistencia media.

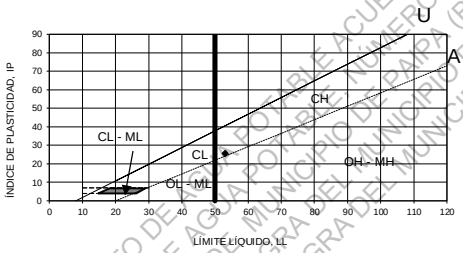
LIMITES DE ATTERBERG Y ANALISIS GRANULOMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	309
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	81,15
Suelo seco + Cap. (g)	67,00
Peso cápsula (g)	5,94
Contenido de humedad (%)	23,17

Limite líquido		
15	25	35
305	310	301
20,52	25,44	30,59
15,28	18,6	22,25
5,93	5,68	5,99
56,04	52,94	51,29

Límite Plástico	
224	245
15,82	17,10
13,52	14,53
5,04	5,08
27,12	27,20





TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1	25,400	449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4	19,000	439,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8	9,525	451,6	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	436,4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	407,1	408,5	1,4	0,3	0,3	99,7
20	0,841	373,0	374,8	1,8	0,4	0,6	99,4
40	0,420	334,9	336,9	2,0	0,4	1,0	99,0
60	0,250	287,0	288,5	1,5	0,3	1,3	98,7
100	0,149	299,0	301,1	2,1	0,4	1,7	98,3
200	0,074	283,0	287,7	4,7	0,9	2,7	97,3
FONDO	0,000	257,5	257,7	0,2	97,3	100,0	0,0

HUMEDAD NATURAL (HN):	23,2 %
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	28,5 %
LIMITE LIQUIDO (LL):	52,9 %
LIMITE PLASTICO (LP):	27,2 %
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	25,8 %

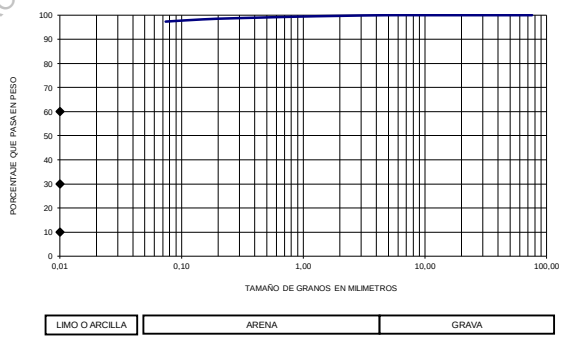
DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+R	714,2
Peso Suelo Total Lavado + Recipie	220,0
Peso Recipiente	207,2
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	507,0
Peso Suelo Seco Lavado	12,8

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	0,0
% ARENAS	2,7
% FINOS	97,3

13,7

D10: 0,01 D30: 0,01 D60: 0,01 CU: 1,00 CG: 1,00



Curva Ensayo

Curva Norma

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	CH

PROYECTO CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
RECIBO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA

FIGURA 13. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P1. MUESTRA: P1/M3. PROFUNDIDAD: 1,4 m - 2,0 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA
NTC 1527, INVE -152-13 Y ASTM D 2166-06

CONTENIDO HUMEDAD:

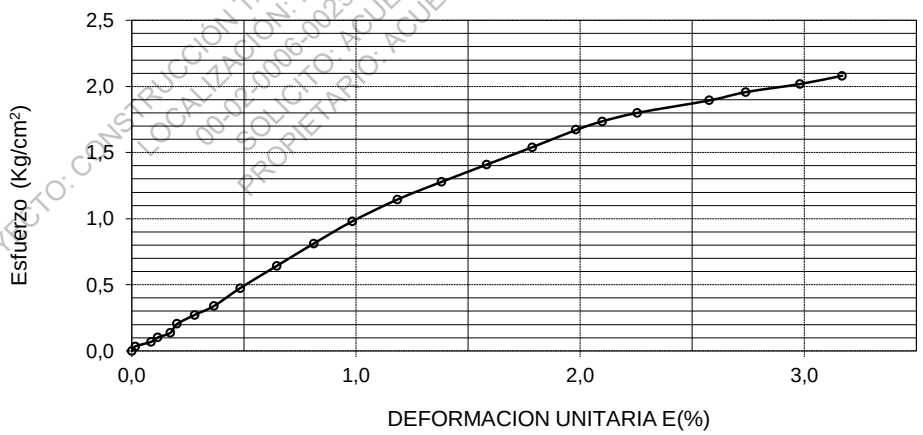
CAPSULA No.	309
P. SUELO HUME+CAPS	81,15
P. SUELO SECO+CAPS	67
PESO CAPASULA (g)	5,94
PESO DEL AGUA (g)	14,15
PESO SUELO SECO (g)	61,06
CONT. HUMEDAD (%)	23,17

PESO UNITARIO:

DIMENSIONES DE LA PROBETA

Peso en (g)	772,2
Diámetro Superior (cm)	6,16
Diámetro Medio (cm)	6,17
Diámetro Inferior (cm)	6,18
Diámetro Promedio (cm)	6,17
Altura en (cm)	12,81
Area Incial en (cm²)	29,90
Volumen en (cm³)	383,01
Densidad Húme (g/cm³)	2,02
Densidad Seca (g/cm³)	1,64

No. Lectura	Lectura Deformación (mm)	Deformación unitaria axial (ε%)	Area Corregida (cm²)	Fuerza (KN)	Esfuerzo (KPa)	Esfuerzo (Kg/cm²)
1	0,00	0,00	29,90	0,00	0	0,00
2	0,02	0,02	29,90	0,01	3	0,03
3	0,11	0,09	29,92	0,02	7	0,07
4	0,15	0,12	29,93	0,03	10	0,10
5	0,22	0,17	29,95	0,04	13	0,14
6	0,26	0,20	29,96	0,06	20	0,20
7	0,36	0,28	29,98	0,08	27	0,27
8	0,47	0,37	30,01	0,10	33	0,34
9	0,62	0,48	30,04	0,14	47	0,48
10	0,83	0,65	30,09	0,19	63	0,64
11	1,04	0,81	30,14	0,24	80	0,81
12	1,26	0,98	30,20	0,29	96	0,98
13	1,52	1,19	30,26	0,34	112	1,15
14	1,77	1,38	30,32	0,38	125	1,28
15	2,03	1,58	30,38	0,42	138	1,41
16	2,29	1,79	30,44	0,46	151	1,54
17	2,54	1,98	30,50	0,50	164	1,67
18	2,69	2,10	30,54	0,52	170	1,74
19	2,89	2,26	30,59	0,54	177	1,80
20	3,30	2,58	30,69	0,57	186	1,89
21	3,51	2,74	30,74	0,59	192	1,96
22	3,82	2,98	30,82	0,61	198	2,02
23	4,06	3,17	30,88	0,63	204	2,08



Resultados		
Resistencia última compresión inconfinada (qu)		
Kg/cm²	Kpa	t/m².
2,08	204	20,8
Cohesión (Cu)		
Kg/cm²	Kpa	t/m².
1,04	102	10,4

Tipo de falla: Cuña y grietas verticales.

FIGURA 14. Comprensión inconfinada.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

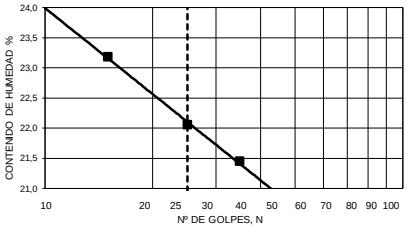
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P1. MUESTRA: P1/M4. PROFUNDIDAD: 3,9 m - 4,5 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCIÓN: Arena arcillosa mal gradada, de grano muy fino, fino, medio, grueso y muy grueso, con gravas, color amarillo con manchas rojas y grises, forma subangular, composición cuarzosa y compacidad densa.
LA FRACCIÓN FINA PRESENTA PLASTICIDAD MEDIA.

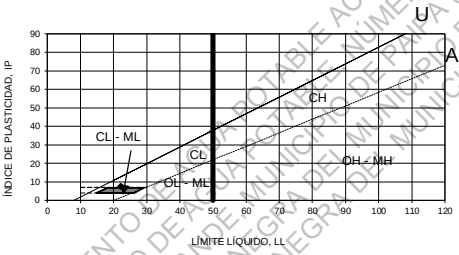
LIMITES DE ATTERBERG Y ANALISIS GRANULOMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	108
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	44,95
Suelo seco + Cap. (g)	41,99
Peso cápsula (g)	7,54
Contenido de humedad (%)	8,59

Limite líquido		
15	25	35
11	7	14
31,18	32,21	33,25
27,05	28,08	29,12
9,23	9,35	9,86
23,18	22,05	21,44

Límite Plástico	
209	235
16,68	17,65
15,19	16,04
4,85	5,09
14,41	14,70

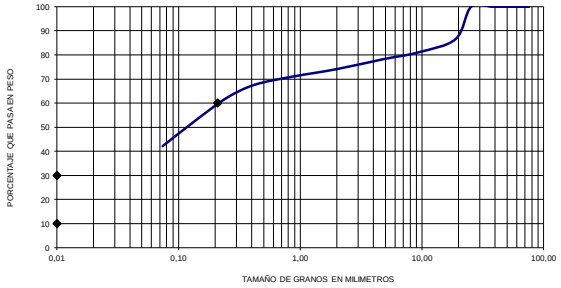




TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1	25,400	449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4	19,000	439,8	460,5	20,7	13,4	13,4	86,6
3/8	9,525	451,6	460,1	8,5	5,5	18,9	81,1
4	4,760	436,4	441,0	4,6	3,0	21,8	78,2
10	2,000	407,1	413,4	6,3	4,1	25,9	74,1
20	0,841	373,0	378,0	5,0	3,2	29,1	70,9
40	0,420	334,9	340,0	5,1	3,3	32,4	67,6
60	0,250	287,0	295,3	8,3	5,4	37,8	62,2
100	0,149	299,0	311,6	12,6	8,1	45,9	54,1
200	0,074	283,0	301,5	18,5	11,9	57,8	42,2
FONDO	0,000	257,5	258,3	0,8	42,2	100,0	0,0

90,4

D10: 0,01 D30: 0,01 D60: 0,21 CU: 21,00 CG: 0,05



Curva Ensayo

Curva Norma

HUMEDAD NATURAL (HN):	8,6 %
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	14,0 %
LIMITE LIQUIDO (LL):	22,1 %
LIMITE PLASTICO (LP):	14,6 %
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	7,5 %

DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+Rec	321,8
Peso Suelo Total Lavado + Recipient	257,3
Peso Recipiente	166,9
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	154,9
Peso Suelo Seco Lavado	90,4

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	21,8
% ARENAS	36,0
% FINOS	42,2

CLASIFICACION DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	SC

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
SONDEO: P1. MUESTRA: P1/M4. PROFUNDIDAD: 3,9 m - 4,5 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.

FIGURA 15. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

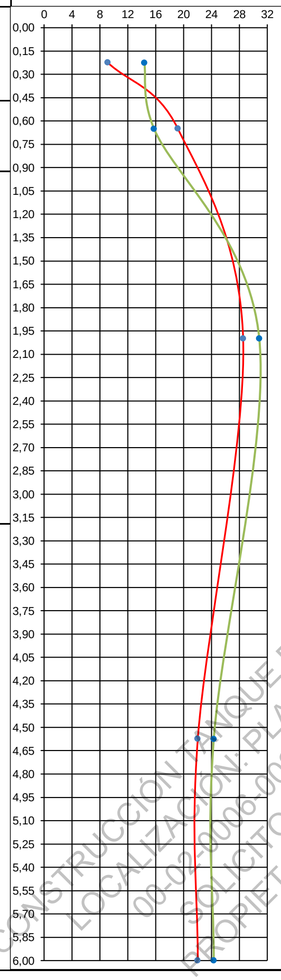
INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S.

FIGURA 16. PERFIL DE RESISTENCIAS Y PROPIEDADES PARA LA PERFORACIÓN P2.

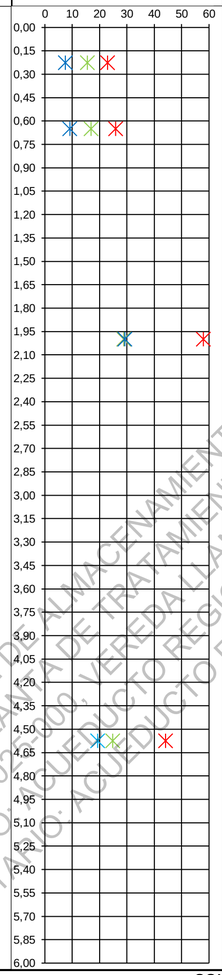
MUESTRA	Prof (m) DE	A	Wn (%)	Weq (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γt (t/m³)	γd (t/m³)	Corte directo (Cu) (t/m²)	Corte directo (ϕ) (°)	Compresion Inconfinada Cu (t/m²)	Cu (SPT) (t/m²)	ϕ (SPT) (°)	Clasificacion S.U.C.S.	Capas Definidas	Profundidad total de la perforación (m)
M1	0,00	0,45	9,15	14,38	22,93	15,50	7,43	-	-	-	-	-	4	19	GC	A	6,0
M2	0,45	0,85	19,19	15,77	25,89	16,82	9,07	-	-	-	-	-	8	4	CL	B	
M3	1,70	2,30	28,54	30,86	57,99	28,79	29,20	2,01	1,56	-	-	11,3	11	4	CH	C	
M4	4,30	4,90	22,04	24,32	44,09	24,80	19,30	2,03	1,75	12,30	4,35	-	12	5	CL	D	

Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Tipo muestra	Clasificación USC	Descripción	Capa
0,00 – 0,75			GC	Grava arcillosa color café claro con gris.	A
0,75 – 0,90			CL	Arcilla color café oscuro con manchas amarillas y verdes .	B
0,90 – 3,30			CH	Arcilla color naranja con café y manchas rojas.	C
3,30 – 6,00			CL	Arcilla inorgánica, color café oscuro con manchas negras y oxidos de hierro.	D

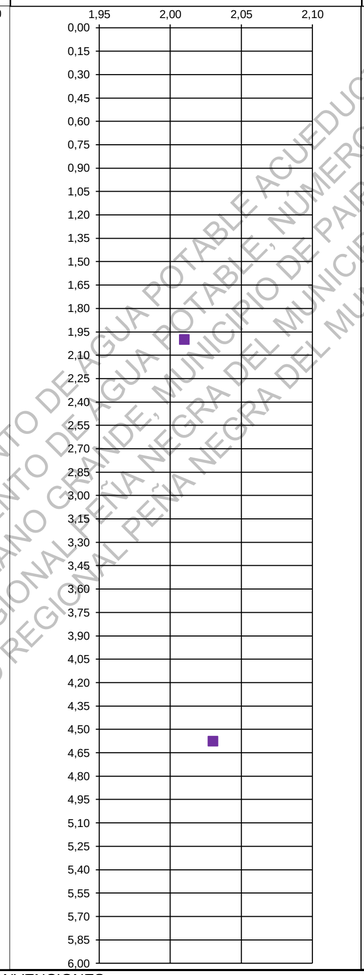
Humedad Natural (Hn) Y Humedad Equilibrio (Heq) (%)



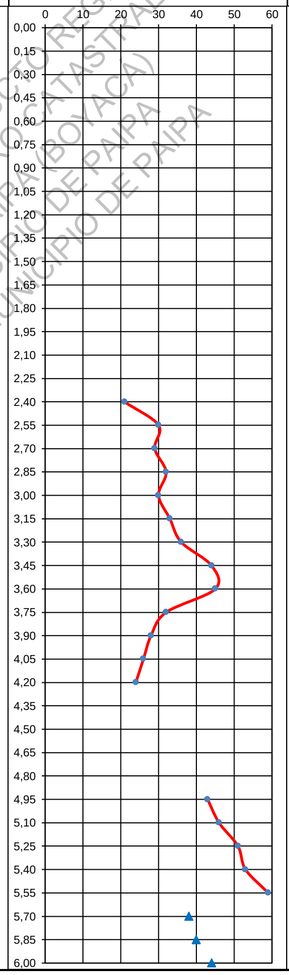
Limite Liquido (LL), Limite Plastico (LP) e Indice de Plasticidad (IP) (%)



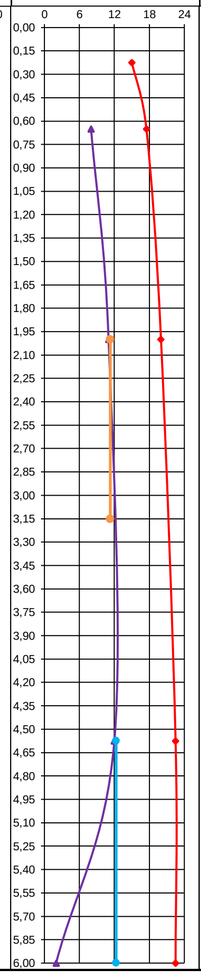
Peso Unitario Total (gr/cm³)



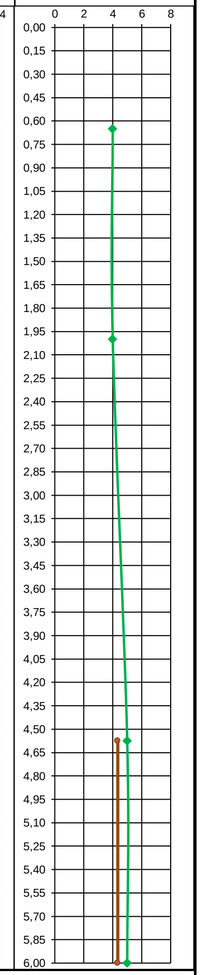
N (SPT)



Cu (t/m²)



ϕ (°)



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE, NUMERO CATASTRAL LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACA) 08-02-0006-0027-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA

CONVENCIONES

- Muestra alterada (bolsa).
- Muestra semialterada (cuchara partida)
- Muestra corte directo
- Muestra inalterada (Shelby)
- Humedad natural
- Humedad de equilibrio
- Límite Líquido (LL)
- Límite Plástico (LP)
- Indice de plasticidad (I
- Peso Unitario Total
- SPT (N)
- Penetrometro de borros
- Cu (SPT)
- Cu (compresión inconfinada)
- Cu (Corte directo (Cu)
- Cu (Penetrometro de bolsillo)
- ϕ (SPT)
- ϕ (CD (Cu))

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

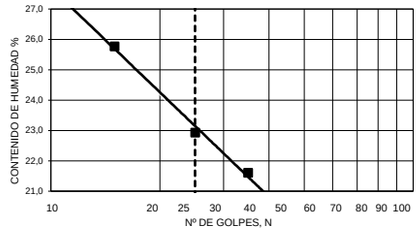
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M1. PROFUNDIDAD: 0,0 m - 0,45 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCIÓN: Grava arcillosa, mal gradada, color café claro con manchas blancas, tamaño granulos, guijos, guijarros y arenas gruesas y medias,forma subangular, composición cuarzosa y compacidad media.
LA FRACCIÓN FINA PRESENTA PLASTICIDAD MEDIA.

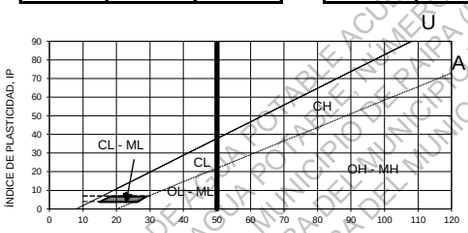
LIMITES DE ATTERBERG Y ANÁLISIS GRANULÓMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	150
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	105,57
Suelo seco + Cap. (g)	98,20
Peso cápsula (g)	17,67
Contenido de humedad (%)	9,15

Limite liquido		
15	25	35
50	38	35
25,71	30,65	35,65
21,96	26,34	30,68
7,41	7,54	7,68
25,77	22,93	21,61

Límite Plástico	
158	350
16,55	15,44
15,15	14,06
6,12	5,15
15,50	15,49





TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	603,6	128,8	12,3	12,3	87,7
1	25,400	449,9	601,7	151,8	14,6	26,9	73,1
3/4	19,000	439,8	469,7	29,9	2,9	29,8	70,2
3/8	9,525	451,6	564,8	113,2	10,9	40,6	59,4
4	4,760	436,4	497,3	60,9	5,8	46,5	53,5
10	2,000	407,1	467,2	60,1	5,8	52,2	47,8
20	0,841	373,0	407,7	34,7	3,3	55,5	44,5
40	0,420	334,9	359,7	24,8	2,4	57,9	42,1
60	0,250	287,0	329,7	42,7	4,1	62,0	38,0
100	0,149	299,0	351,5	52,5	5,0	67,1	32,9
200	0,074	283,0	337,3	54,3	5,2	72,3	27,7
FONDO	0,000	257,5	258,7	1,2	27,7	100,0	0,0

754,9

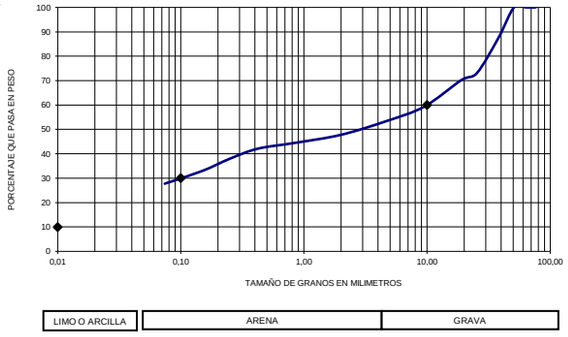
HUMEDAD NATURAL (HN):	9,2	%		
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	14,4	%		
LIMITE LIQUIDO (LL):	22,9	%		
LIMITE PLASTICO (LP):	15,5	%		
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	7,4	%		

DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+R	1.283,3
Peso Suelo Total Lavado + Recipie	995,1
Peso Recipiente	240,2
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	1.043,1
Peso Suelo Seco Lavado	754,9

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	46,5
% ARENAS	25,8
% FINOS	27,7

D10: 0,01 D30: 0,10 D60: 10,00 CU: 1000,00 CG: 0,10



Curva Ensayo

Curva Norma

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	GC

PROYECTO CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M1. PROFUNDIDAD: 0,0 m - 0,45 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCIÓN: Grava arcillosa, mal gradada, color café claro con manchas blancas, tamaño granulos, guijos, guijarros y arenas gruesas y medias,forma subangular, composición cuarzosa y compacidad media.
LA FRACCIÓN FINA PRESENTA PLASTICIDAD MEDIA.

FIGURA 17. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

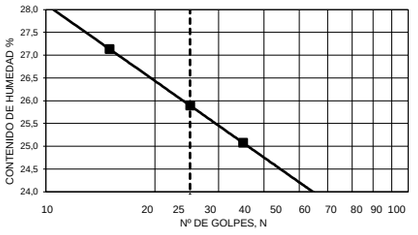
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M2. PROFUNDIDAD: 0,4 m - 1,0 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorganica de plasticidad media con arenas, color café oscuro con manchas amarillas y verd y consistencia media.

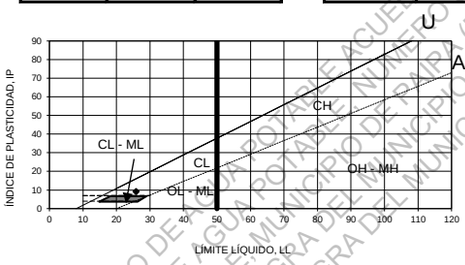
LIMITES DE ATTERBERG Y ANALISIS GRANULOMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	70
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	68,28
Suelo seco + Cap. (g)	58,99
Peso cápsula (g)	10,57
Contenido de humedad (%)	19,19

Limite líquido		
15	25	35
35	23	32
25,57	30,63	35,51
21,66	25,78	29,86
7,25	7,05	7,33
27,13	25,89	25,08

Límite Plástico	
218	217
18,02	16,79
16,12	15,09
4,83	4,98
16,83	16,82

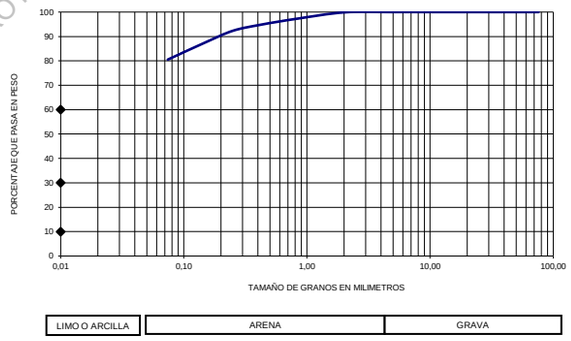




TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1	25,400	449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4	19,000	439,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8	9,525	451,6	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	436,4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	407,1	407,6	0,5	0,1	0,1	99,9
20	0,841	373,0	383,3	10,3	2,5	2,7	97,3
40	0,420	334,9	345,1	10,2	2,5	5,2	94,8
60	0,250	287,0	297,0	10,0	2,5	7,7	92,3
100	0,149	299,0	318,4	19,4	4,8	12,5	87,5
200	0,074	283,0	311,4	28,4	7,0	19,5	80,5
FONDO		0,000	257,5	258,1	0,6	80,5	100,0	0,0

79,4

D10: 0,01 D30: 0,01 D60: 0,01 CU: 1,00 CG: 1,00



Curva Ensayo

Curva Norma

HUMEDAD NATURAL (HN):	19,2 %
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	15,8 %
LIMITE LIQUIDO (LL):	25,9 %
LIMITE PLASTICO (LP):	16,8 %
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	9,1 %

DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+R	611,2
Peso Suelo Total Lavado + Recipie	286,4
Peso Recipiente	207,0
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	404,2
Peso Suelo Seco Lavado	79,4

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	0,0
% ARENAS	19,5
% FINOS	80,5

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	CL

PROYECTO CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

FIGURA 18. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

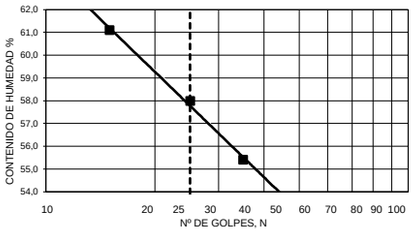
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M3. PROFUNDIDAD: 1,7 m - 2,3 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color naranja con café y manchas rojas y consistencia media.

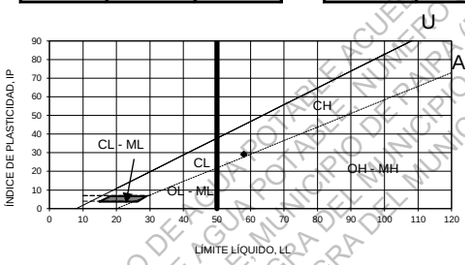
LIMITES DE ATTERBERG Y ANALISIS GRANULOMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	304
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	39,94
Suelo seco + Cap. (g)	32,40
Peso cápsula (g)	5,98
Contenido de humedad (%)	28,54

Limite líquido		
15	25	35
369	342	354
20,62	25,64	30,7
14,87	18,31	21,78
5,46	5,67	5,68
61,11	57,99	55,40

Límite Plástico	
219	205
16,48	15,98
13,95	13,52
5,15	4,99
28,75	28,84

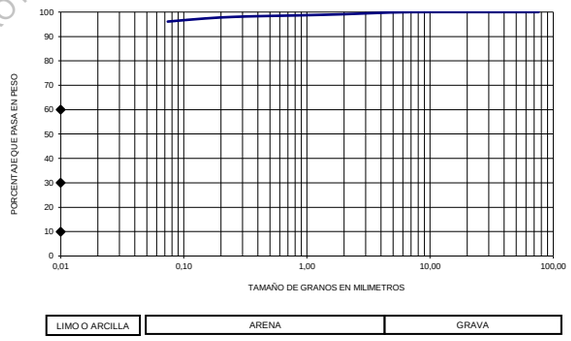




TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1	25,400	449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4	19,000	439,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8	9,525	451,6	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	436,4	437,0	0,6	0,2	0,2	99,8
10	2,000	407,1	409,7	2,6	0,7	0,9	99,1
20	0,841	373,0	374,8	1,8	0,5	1,4	98,6
40	0,420	334,9	336,0	1,1	0,3	1,7	98,3
60	0,250	287,0	288,2	1,2	0,3	2,0	98,0
100	0,149	299,0	301,3	2,3	0,6	2,6	97,4
200	0,074	283,0	287,7	4,7	1,3	3,9	96,1
FONDO		0,000	257,5	257,6	0,1	96,1	100,0	0,0

14,4

D10: 0,01 D30: 0,01 D60: 0,01 CU: 1,00 CG: 1,00



Curva Ensayo

Curva Norma

HUMEDAD NATURAL (HN):	28,5 %
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	30,9 %
LIMITE LIQUIDO (LL):	58,0 %
LIMITE PLASTICO (LP):	28,8 %
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	29,2 %

DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+R	570,2
Peso Suelo Total Lavado + Recipie	217,2
Peso Recipiente	202,8
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	367,4
Peso Suelo Seco Lavado	14,4

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	0,2
% ARENAS	3,7
% FINOS	96,1

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	CH

PROYECTO CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA

FIGURA 19. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M3. PROFUNDIDAD: 1,7 m - 2,3 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA
NTC 1527, INVE -152-13 Y ASTM D 2166-06

CONTENIDO HUMEDAD:

CAPSULA No.	304
P. SUELO HUME+CAPS	39,94
P. SUELO SECO+CAPS	32,4
PESO CAPASULA (g)	5,98
PESO DEL AGUA (g)	7,54
PESO SUELO SECO (g)	26,42
CONT. HUMEDAD (%)	28,54

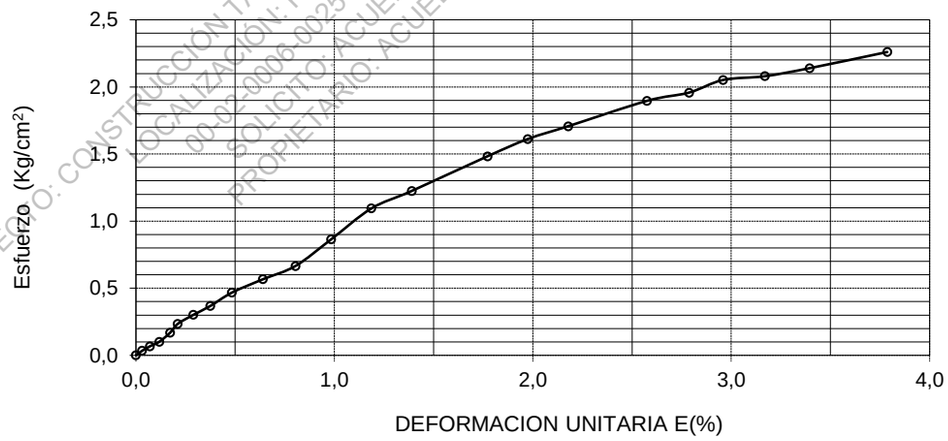
PESO UNITARIO:

DIMENSIONES DE LA PROBETA

Peso en (g)	782,1
Diámetro Superior (cm)	6,21
Diámetro Medio (cm)	6,22
Diámetro Inferior (cm)	6,23
Diámetro Promedio (cm)	6,22
Altura en (cm)	12,81
Area Incial en (cm²)	30,39
Volumen en (cm³)	389,24
Densidad Húme (g/cm³)	2,01
Densidad Seca (g/cm³)	1,56

No. Lectura	Lectura Deformación (mm)	Deformación unitaria axial (ε%)	Area Corregida (cm²)	Fuerza (KN)	Esfuerzo (KPa)	Esfuerzo (Kg/cm²)
1	0,00	0,00	30,39	0,00	0	0,00
2	0,04	0,03	30,40	0,01	3	0,03
3	0,09	0,07	30,41	0,02	7	0,07
4	0,15	0,12	30,42	0,03	10	0,10
5	0,22	0,17	30,44	0,05	16	0,17
6	0,27	0,21	30,45	0,07	23	0,23
7	0,37	0,29	30,47	0,09	30	0,30
8	0,48	0,37	30,50	0,11	36	0,37
9	0,62	0,48	30,53	0,14	46	0,47
10	0,82	0,64	30,58	0,17	56	0,57
11	1,03	0,80	30,63	0,20	65	0,67
12	1,26	0,98	30,69	0,26	85	0,86
13	1,52	1,19	30,75	0,33	107	1,09
14	1,78	1,39	30,81	0,37	120	1,22
15	2,27	1,77	30,93	0,45	145	1,48
16	2,53	1,98	31,00	0,49	158	1,61
17	2,79	2,18	31,06	0,52	167	1,71
18	3,30	2,58	31,19	0,58	186	1,90
19	3,57	2,79	31,26	0,60	192	1,96
20	3,79	2,96	31,31	0,63	201	2,05
21	4,06	3,17	31,38	0,64	204	2,08
22	4,35	3,40	31,45	0,66	210	2,14
23	4,85	3,79	31,58	0,70	222	2,26

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE NUEVO (BOYACÁ), CATASTRO
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA



Resultados		
Resistencia última compresión inconfinada (qu)		
Kg/cm²	Kpa	t/m².
2,26	222	22,6
Cohesión (Cu)		
Kg/cm²	Kpa	t/m².
1,13	111	11,3

Tipo de falla: Cuña y grietas verticales.

FIGURA 20. Comprensión inconfinada.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

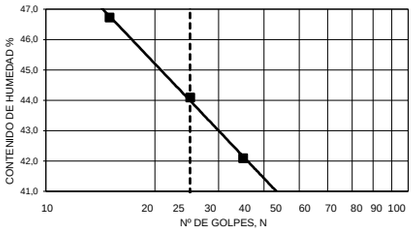
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color café oscuro con manchas negras y verdes y consistencia compacta.

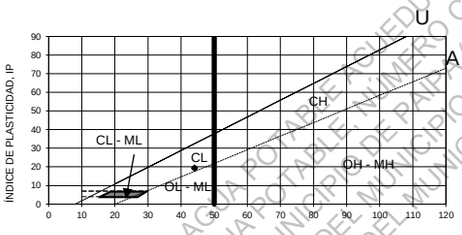
LIMITES DE ATTERBERG Y ANALISIS GRANULOMETRICO

Descripción	Hum.Natural
Número de golpes	
Número de cápsula	16
Peso suelo húmedo + Cap. (g)	66,32
Suelo seco + Cap. (g)	56,13
Peso cápsula (g)	9,89
Contenido de humedad (%)	22,04

Limite líquido		
15	25	35
349	377	367
20,48	25,55	30,52
15,7	19,39	23,15
5,47	5,42	5,64
46,73	44,09	42,09

Límite Plástico	
201	245
16,08	15,17
13,86	13,18
4,98	5,09
25,00	24,60

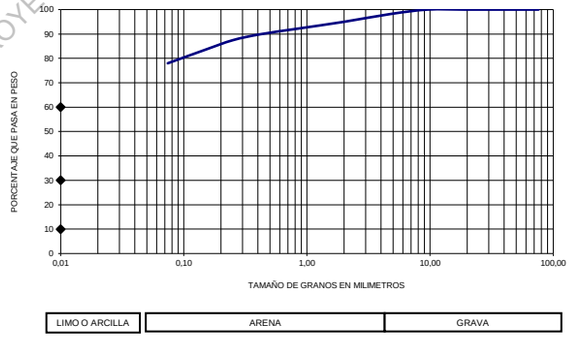




TAMIZADO							
MALLA No.	Dimension (mm)	Peso Malla (g)	Peso Malla +Suelo	Peso Suelo Rete(g)	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasa
3	76,000	483,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2	64,000	498,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	50,800	472,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2	38,100	474,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1	25,400	449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4	19,000	439,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8	9,525	451,6	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	436,4	440,8	4,4	1,8	1,8	98,2
10	2,000	407,1	414,8	7,7	3,2	5,0	95,0
20	0,841	373,0	379,8	6,8	2,8	7,8	92,2
40	0,420	334,9	340,4	5,5	2,3	10,1	89,9
60	0,250	287,0	292,9	5,9	2,4	12,5	87,5
100	0,149	299,0	308,5	9,5	3,9	16,5	83,5
200	0,074	283,0	296,4	13,4	5,5	22,0	78,0
FONDO	0,000	257,5	257,8	0,3	78,0	100,0	0,0

53,5

D10: 0,01 D30: 0,01 D60: 0,01 CU: 1,00 CG: 1,00



Curva Ensayo

Curva Norma

HUMEDAD NATURAL (HN):	22,0 %
HUMEDAD DE EQUIL.(Heq):	24,3 %
LIMITE LIQUIDO (LL):	44,1 %
LIMITE PLASTICO (LP):	24,8 %
INDICE DE PLASTICIDAD (IP):	19,3 %

DATOS TAMIZADO	
Peso Suelo Tot. Antes de Lavar+Rec	441,4
Peso Suelo Total Lavado + Recipien	253,3
Peso Recipiente	199,8
Peso Suelo Seco Antes de Lavar	241,6
Peso Suelo Seco Lavado	53,5

PORCENTAJES DEL MATERIAL

%GRAVAS	1,8
% ARENAS	20,2
% FINOS	78,0

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

CLASIFICACION USC	CL

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

FIGURA 21. Determinación de Límites de Atterberg, gradación y Curva granulométrica para clasificar el suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S.

NIT 800 112 602 - 7
CONSULTORIA - CONSTRUCCION
LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DE LOS SUELOS
I.N.V.E - 128

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color café oscuro con manchas negras y verdes y consistencia compacta.

Peso de Picnómetro + agua a 23 ºC	341,4
Factor de corrección basado en peso especifico del agua a 23 ºC	0,998
Peso de Picnómetro + agua a 23 ºC + suelo (g)	431,00
Peso del suelo seco (g)	145,30
PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA	2,60

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

FIGURA 22. Peso especifico del suelo.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S.

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

LABORATORIO DE SUELOS - CONCRETOS - ASFALTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL (NTC 1967)

HUMEDAD DE LA MUESTRA			
ANTES DEL ENSAYO		DESPUES DEL ENSAYO	
Cápsula No.	16	Cápsula No.	348
P.Suelo humedo + cap.	66,32	P.Suelo humedo + cap.	122,14
P.Suelo seco + cap.	56,13	P.Suelo seco + cap.	103,82
Peso cápsula (g)	9,89	Peso cápsula (g)	5,80
Peso del agua (g)	10,19	Peso del agua (g)	18,32
Peso suelo seco (g)	46,24	Peso suelo seco (g)	98,02
Contenido de humed (%)	22,04	Contenido de humed (%)	18,69

DATOS DEL ANILLO	
Diámetro Prom. (cm)	6,3
Area en (cm²)	31,17
Altura inicial en (cm)	2,00
Volumen en (cm³)	62,34
W Anillo en (g)	81,87
W (anillo+ m ini.) en (g)	205,00
W (anillo+ m fi.) en (g)	205,39
Densidad hum. (g/cm³)	1,97
Densidad Seca (g/cm³)	1,62

DATOS GENERALES	
Relación de brazo 1	10
W (bl +pp) en (kg)	0,000
Peso especifico (g/cm³)	2,60
Altura final en (cm)	1,98
altura de solidos en (cm)	1,24
lev. Final def*10-4	21,5
R. Vacios incial	0,61

CICLO DE CARGA												
TIEMPO	√ TIEMPO min	16,2 g	32,4 g	62,5 g	125 g	250 g	500 g	1 000 g	2 000 g	4 000 g	8 000 g	16000g
(minutos)		Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}
0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	15,00	46,00
5,0	2,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	2,36	17,32	48,62
10,0	3,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	2,58	21,36	50,25
20,0	4,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	3,12	28,25	55,63
30,0	5,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	4,25	30,32	62,35
60,0	7,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	5,36	31,25	64,25
120,0	11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,21	32,36	66,85
180,0	13,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15	7,25	33,25	70,32
240,0	15,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	8,63	35,62	72,36
300,0	17,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	10,32	39,65	74,26
360,0	19,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	12,25	40,32	79,62
420,0	20,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63	14,32	41,25	85,32
480,0	21,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,86	14,65	43,25	89,36
540,0	23,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	14,96	45,62	94,65
1440,0	37,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	15,00	46,00	100,00

CICLO DE DESCARGA											
CARGA DEL BRAZO	16,2 g	32,4 g	62,5 g	125 g	250 g	500 g	1 000 g	2 000 g	4 000 g	8 000 g	16 000 g
	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}	Def.cmx10^{-3}
Lect deformación.	21,5	22,9	24,0	28,6	33,5	40,9	49,6	63,0	76,0	86,4	100,0

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, NÚMERO CATASTRAL 15-572-02-00-00-0023-0000-000
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

FIGURA 23. Caracteristicas de la muestra y datos de laborartorio.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S.

NIT 800 112 602 - 7

CONSULTORIA - CONSTRUCCION

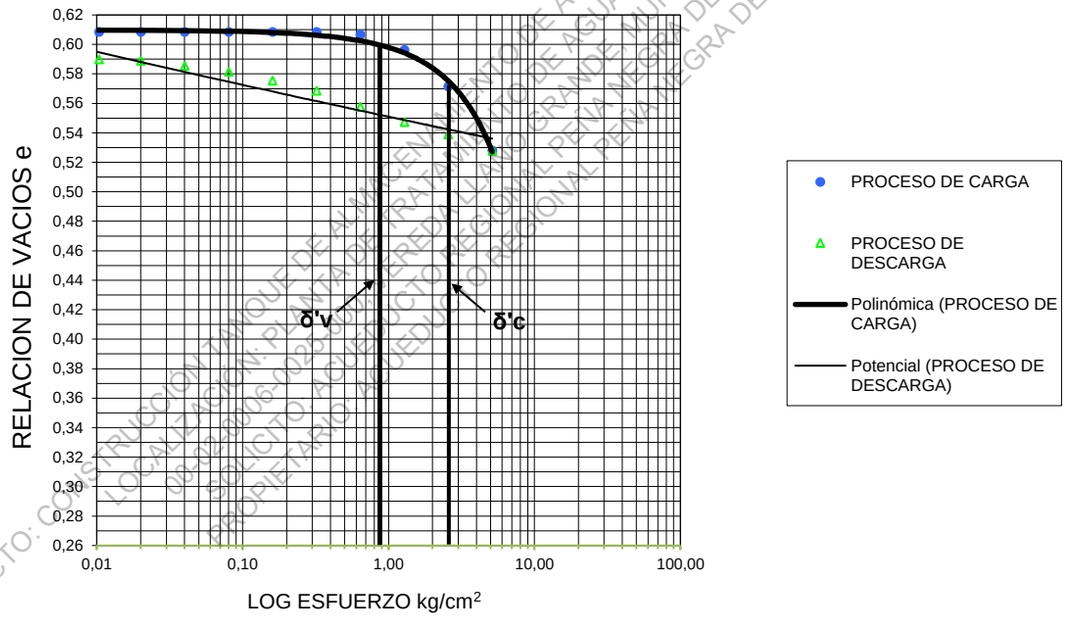
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL (NTC 1967)

PROCESO DE CARGA						
CARGA kg	ESFUERZO EFECTIVO kg/cm²	Lec. Defor. al final de incr. de carga(10^{-4}")	Cambio de altura (cm)	relacion vacios inst. e	altura promedio (cm)	Altura de drenaje (h_d)(cm)
0,016	0,005	0,0	0,000	0,608	2,00	1,00
0,032	0,010	0,0	0,000	0,608	2,00	1,00
0,063	0,020	0,0	0,000	0,608	2,00	1,00
0,125	0,040	0,0	0,000	0,608	2,00	1,00
0,250	0,080	0,0	0,000	0,608	2,00	1,00
0,50	0,160	0,0	0,000	0,608	2,00	1,00
1,00	0,321	0,0	0,000	0,608	2,00	1,00
2,00	0,642	2,0	0,002	0,607	2,00	1,00
4,00	1,283	15,0	0,015	0,596	1,99	1,00
8,00	2,566	46,0	0,046	0,571	1,97	0,98
16,00	5,133	100,0	0,100	0,528	1,93	0,96

PROCESO DE DESCARGA			
ESFUERZO EFECTIVO kg/cm²	Lec. Defor. al final de incr. de carga(10^{-4}")	Cambio de altura (cm)	relacion vacios inst. e
0,005	21,5	0,022	0,591
0,010	22,9	0,023	0,590
0,020	24,0	0,024	0,589
0,040	28,6	0,029	0,585
0,080	33,5	0,034	0,581
0,160	40,9	0,041	0,575
0,321	49,6	0,050	0,568
0,642	63,0	0,063	0,558
1,283	76,0	0,076	0,547
2,566	86,4	0,086	0,539
5,133	100,0	0,100	0,528



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
08-02-2006-0025 SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

PRESION DE PRECONSOLIDACION (δ' c)(kg/cm^2)	2,90
PRESION VERTICAL EFECTIVA DE SOBRECARGA ACTUAL(δ' v)(kg/cm²)	0,80
RELACION DE PRESONSOLIDACION (OCR)	3,6
COMO LA RSC ESTA ENTRE 1 Y 4, ES UN SUELO LIGERAMENTE SOBRECONSOLIDADO.	

INDICE DE COMPRESION (Cc)	0,23
INDICE DE EXPANCION (Cs)	0,02

FIGURA 24. Curva de compresibilidad.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.A.S.
NIT 800 112 602 - 7
CONSULTORIA - CONSTRUCCION
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEG
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color café oscuro con manchas negras y verdes y consistencia compacta.
ENSAYOS REALIZADOS: 1 Corte directo no consolidado no drenado UU.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTC-1917. I. N. V E. - 154

Parámetros de la muestra	**Muestra No. 1**	**Muestra No. 2**	**Muestra No. 3**
Diámetro (mm)	50,80	50,80	50,80
Area mm^2	2.026,83	2.026,83	2.026,83
Masa M. húmeda M_{T0} + anillo (g)	201,54	200,80	202,88
Altura del anillo (mm)	21,80	21,80	21,80
Masa delanillo (g)	119,23	119,23	119,23
Densidad de la muestra (g/cm^3)	1,86	1,85	1,89
Condiciones iniciales			
Recipiente No.	Rp-1	Rp-2	rp-3
Masa M. húmeda + recipiente (g)	108,20	100,81	102,83
Masa M. seca + recipiente (g)	90,02	84,29	87,02
Masa de recipiente (g)	24,05	17,61	17,70
Humedad natural (%)	27,56	24,78	22,81
Masa muestra húmeda M_{TO} (g)	18,18	16,52	15,81
Masa muestra seca M_d (g)	65,97	76,65	77,20
Densida húmeda r_n (g/cm^3)	1,86	1,85	1,89
Densidad seca r_d (g/cm^3)	1,46	1,48	1,54
Condiciones finales			
Recipiente No.	rp-3	rp-4	rp-5
Masa M. húmeda + recipiente (g)	108,20	100,81	102,83
Masa M. seca + recipiente (g)	90,02	84,29	87,02
Masa de recipiente (g)	24,05	17,61	17,70
Humedad final (%)	27,56	24,78	22,81
Parámetros del Ensayo			
Pesas en el brazo (kg)	0,00	0,00	3,00
Carga total en la muestra (kg)	2,124	4,210	6,210
Múltiplo (5 / 10)	5,000	5,000	5,000
Esfuerzo Vertical (kPa) (Normal)	10,28	20,37	30,05
Esfuerzo Vertical (Kg/cm^2) (Normal)	0,10	0,21	0,31
Factor F para correción por área	0,93	0,94	0,94
Esfuerzo Vertical (kPa) (Normal)- corregido	11,05	21,67	31,96
Esfuerzo Vertical (Kg/cm^2) (Normal)-corregido	0,11	0,22	0,33

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 00-02-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

FIGURA 25. Caracteristicas de la muestra.

INGENIERIA Y GEOLOGIA S.AS.
NIT 800 112 602 - 7
CONSULTORIA - CONSTRUCCION
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS - PAVIMENTOS

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color café oscuro con manchas negras y verdes y consistencia compacta.
ENSAYOS REALIZADOS: 1 Corte directo no consolidado no drenado UU.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTC-1917. I. N. V E. - 154

CORTE DE LAS MUESTRAS											
MUESTRA No.			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Def. Unitaria	**Def. Horizontal**		Deformación Normal			Fuerza			Esfuerzo Cortante		
(%)	**(mm)**	**F**	(mm)			(N)			(kPa)		
Esfuerzo Vertical (kPa)	**→**	**correción**	11,05	21,67	31,96	11,05	21,67	31,96	11,05	21,67	31,96
0,00	0,00	1,00	0,000	0,000	0,000	1,30	3,09	6,32	0,64	1,52	3,12
0,10	0,05	1,00	0,000	0,000	0,000	8,10	9,26	10,32	4,00	4,57	5,10
0,20	0,10	1,00	0,000	0,000	0,000	25,90	11,71	16,35	12,81	5,79	8,09
0,30	0,15	1,00	0,000	0,000	0,000	47,10	27,51	18,32	23,33	13,63	9,07
0,40	0,20	0,99	0,000	0,000	0,000	62,90	42,31	22,36	31,20	20,98	11,09
0,50	0,25	0,99	0,000	0,000	0,000	75,30	53,11	28,13	37,39	26,37	13,97
0,60	0,31	0,99	0,000	0,000	0,000	84,90	60,71	39,93	42,21	30,19	19,85
0,70	0,36	0,99	0,000	0,000	0,000	92,90	67,71	54,93	46,25	33,71	27,35
0,80	0,41	0,99	0,000	0,000	0,000	99,50	74,51	67,33	49,60	37,14	33,56
0,90	0,46	0,99	0,000	0,000	0,000	105,90	80,51	79,53	52,86	40,19	39,70
1,00	0,51	0,99	0,000	0,000	0,000	111,70	86,31	90,33	55,83	43,14	45,15
1,20	0,61	0,98	0,000	0,000	0,000	122,30	98,11	108,93	61,28	49,16	54,58
1,40	0,71	0,98	0,000	0,000	0,000	133,90	111,51	126,13	67,27	56,02	63,36
1,60	0,82	0,98	0,000	0,000	0,000	141,90	124,11	139,73	71,47	62,51	70,38
1,80	0,92	0,98	0,000	0,000	0,000	150,70	136,51	152,13	76,10	68,94	76,82
2,00	1,02	0,97	0,000	0,000	0,000	159,50	148,11	163,33	80,76	74,99	82,69
2,50	1,27	0,97	0,000	0,000	0,000	179,90	171,91	187,53	91,68	87,61	95,57
3,00	1,53	0,96	0,000	0,142	0,101	195,70	191,71	205,73	100,39	98,35	105,54
3,50	1,78	0,96	0,000	0,372	0,321	209,30	207,91	221,33	108,08	107,37	114,30
4,00	2,04	0,95	0,000	0,665	0,537	219,30	220,11	233,33	114,01	114,43	121,30
4,50	2,29	0,94	0,000	0,959	0,697	227,10	229,91	239,53	118,86	120,33	125,36
5,00	2,55	0,94	0,000	1,239	0,821	232,10	236,31	235,33	122,30	124,52	124,00
5,50	2,80	0,93	0,000	1,463	0,931	233,30	233,31	223,53	123,77	123,78	118,59
6,00	3,06	0,92	0,000	1,647	1,106	230,10	207,11	210,33	122,91	110,63	112,35
6,50	3,31	0,92	0,000	1,853	1,294	223,30	165,31	192,53	120,11	88,92	103,56
7,00	3,57	0,91	0,000	2,009	1,468	214,10	130,91	176,13		70,90	95,40
7,50	3,82	0,90	0,000	2,087	1,647	211,30	117,11	162,13		63,88	88,43
8,00	4,08	0,90			1,798			143,53			78,84
8,50	4,33	0,89			1,826			137,93			76,30
Esfuerzo Cortante max (kPa)									123,77	124,52	125,36

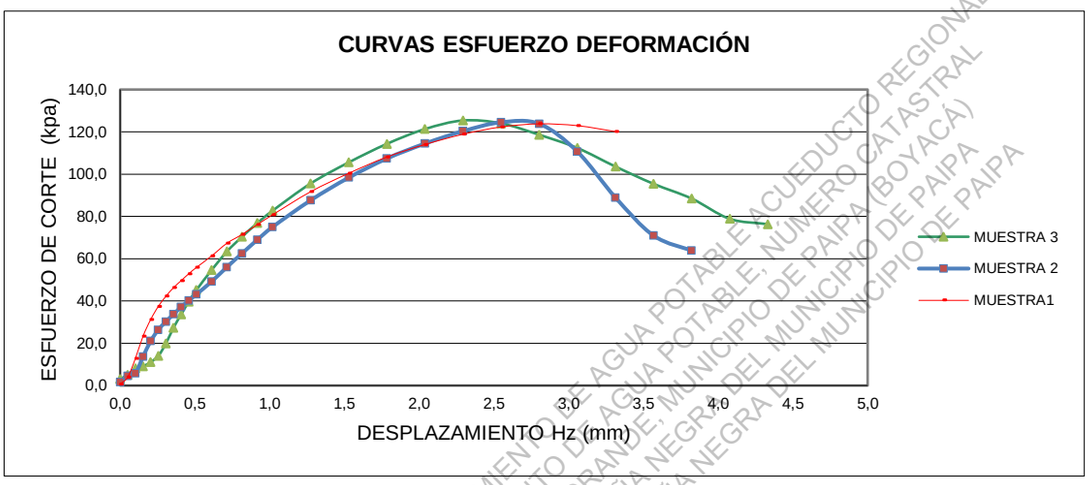
PROYECTO CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color café oscuro con manchas negras y verdes y consistencia compacta.
ENSAYOS REALIZADOS: 1 Corte directo no consolidado no drenado UU.

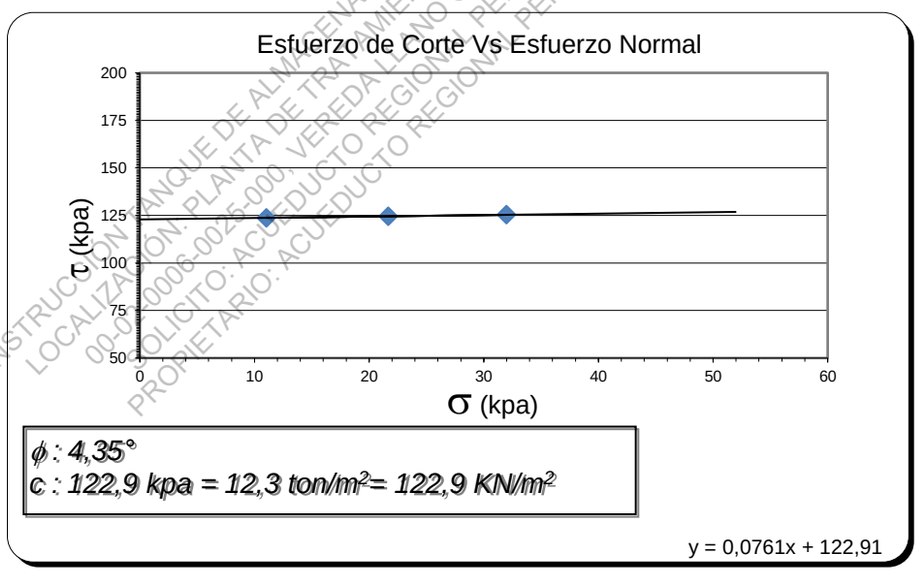
FIGURA 26. Datos de laboratorio.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
LOCALIZACIÓN: PTAP, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ).
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA. PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA.
SONDEO: P2. MUESTRA: P2/M4. PROFUNDIDAD: 4,3 m - 4,9 m. FECHA: 31 DE MAYO DE 2 022.
DESCRIPCION: Arcilla inorgánica de plasticidad alta, color café oscuro con manchas negras y verdes y consistencia compacta.
ENSAYOS REALIZADOS: 1 Corte directo no consolidado no drenado UU.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTC-1917. I. N. V E. - 154

RESULTADOS



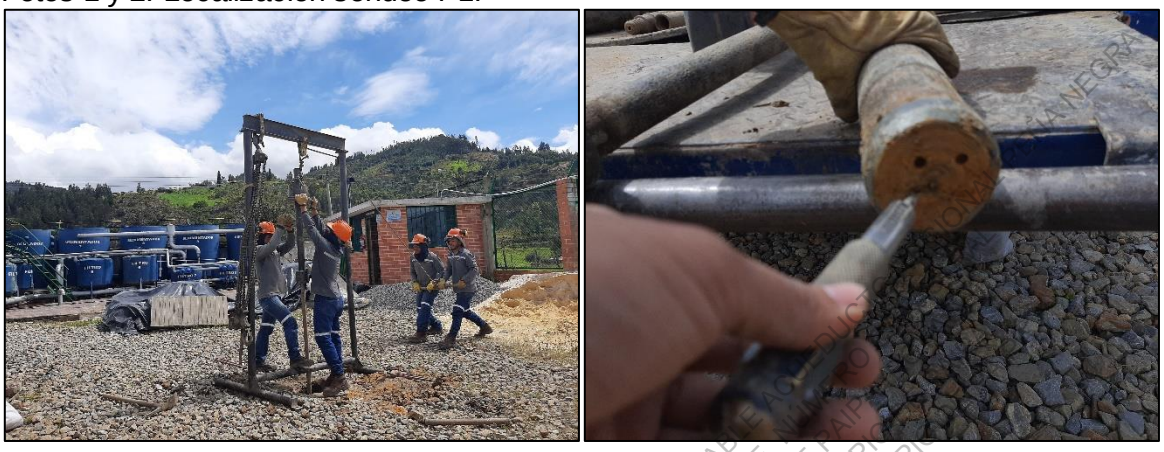


PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA
LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-00-0006-0025-000, VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA, DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

FIGURA 27. Envolvente de falla de la muestra.

Figura 28. Registro fotográfico de las muestras extraídas en campo y laboratorio.

Fotos 1 y 2. Localización sondeo P1.



Fotos 3 y 4. Localización sondeo P2.



Fotos 5 y 6. Ensayos de laboratorio.



Fotos 7 y 8. Ensayos de laboratorio.





Fotos 9 y 10. Ensayos de laboratorio.





Fotos 11 y 12. Ensayos de laboratorio.





PROYECTO: CONSTRUCCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL
LOCALIZACION: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL
00-02-0006-0025-000 VEREDA LLANO GRANDE, MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL ALEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL ALEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

Fotos 13 y 14. Ensayos de laboratorio.





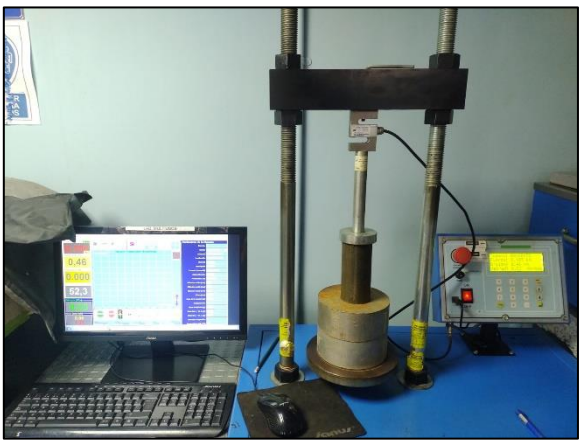
Fotos 15 y 16. Ensayos de laboratorio.





Fotos 17 y 18. Ensayos de laboratorio.





PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO RURAL, POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 15759000200020026000, LOCALIZACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 15759000200020026000, VEREDA LA PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ), SOLICITO: ACUEDUCTO RURAL, POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 15759000200020026000, VEREDA LA PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ), PROPIETARIO: ACUEDUCTO RURAL, POTABLE, NÚMERO CATASTRAL 15759000200020026000, VEREDA LA PEÑA NEGRA DEL MUNICIPIO DE PAIPA (BOYACÁ)

Fotos 19 y 20. Ensayos de laboratorio.




Fotos 21 y 22. Ensayos de laboratorio.




Fotos 23 y 24. Ensayos de laboratorio.




PROYECTO: CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO REGIONAL PAIPA - DUITAMA
LOCALIZACIÓN: PREDIO LA MESETA, VEREDA LA GRANDE, NÚMERO CATASTRAL 00-02-0006-0021-000
SOLICITO: ACUEDUCTO REGIONAL PAIPA - DUITAMA
PROPIETARIO: ACUEDUCTO REGIONAL PAIPA - DUITAMA