

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Las propiedades mecánicas de los suelos en el diseño de cimentación
para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024**

Para optar el título profesional de:
Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Lucila Alexandra SANCHEZ CARHUARICRA

Asesor:

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Las propiedades mecánicas de los suelos en el diseño de cimentación
para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO
PRESIDENTE

Dr. José Fermin HINOJOSA DE LA SOTA
MIEMBRO

Mg. Daniel Armando SANCHEZ CHAVARRIA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 034-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**“Las propiedades mecánicas de los suelos en el diseño de
cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco,
2024”**

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Lucila Alexandra SANCHEZ CARHUARICRA

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Vidal Victor, CALSINA COLQUI

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

6 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 17 de junio del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.06.2026 20:00:41 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino y por permitirme culminar una parte esencial de mi vida profesional.

A mis padres y papitos, por su apoyo infinito y su confianza; sin ellos no habría sido posible lograr mis objetivos profesionales.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su apoyo incondicional y confianza en cada etapa de mi formación.

A la Universidad Daniel Alcides Carrión, mi alma mater, por acogerme en su seno y contribuir a mi formación profesional.

A mi asesor, Mg. Vidal Calcina Colqui.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Geología, por las orientaciones en materia de la investigación científica durante mi formación académica y profesional.

RESUMEN

La presente tesis “*Las propiedades mecánicas de los suelos en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024*”, ubicado en la comunidad de Racracancha, distrito de Tinyahuarco, región Pasco tiene como objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para determinar la capacidad portante y definir el tipo de cimentación más adecuado que asegure la estabilidad y seguridad de la infraestructura deportiva. Para ello, se realizaron estudios de campo mediante excavación de calicatas y toma de muestras. La investigación es de tipo aplicada, con nivel descriptivo y usa el método lógico-deductivo. Los resultados evidenciaron que la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso específico son las propiedades mecánicas que influyen directamente en la capacidad portante del suelo. Además, se observó que el tipo de zapata más adecuada para el suelo de la zona es la zapatas cuadrada con la cual se obtuvo la capacidad portante de 0.85kg/cm^2 . Se observó que los asentamientos en las calicatas con suelos granulares son muy bajos y uniformes entre ellas, además de presentar baja compresibilidad y alta capacidad portante. Esto concuerda con los hallazgos de los estudios de Santos Y Olivera (2024). Por otro lado, el suelo SP presenta mayores asentamientos, lo cual coincide con su propia naturaleza de ser un suelo suelto y compresible.

Palabras clave: Cimentación corrida, cimentación cuadrada, capacidad portante, mecánica de suelos, Racracancha, infraestructura deportiva.

ABSTRACT

The present thesis "The mechanical properties of soils in the design of foundations for sports infrastructures in Racracancha-Pasco, 2024", located in the community of Racracancha, Tinyahuarco district, Pasco region, aims to analyze the physical and mechanical properties of soils to determine the bearing capacity and define the most appropriate type of foundation that ensures the stability and safety of the sports infrastructure. For this, field studies were carried out by excavating pits and taking samples. The research is of an applied type, with a descriptive level and uses the logical-deductive method. The results showed that cohesion, the angle of internal friction and the specific weight are the mechanical properties that directly influence the bearing capacity of the soil. In addition, it was observed that the most suitable type of footing for the soil of the area is the square footing with which the bearing capacity of 0.85kg/cm² was obtained. It was observed that the settlements in the pits with granular soils are very low and uniform among them, in addition to having low compressibility and high bearing capacity. This agrees with the findings of the studies by Santos Y Olivera (2024). On the other hand, the SP soil presents greater settlements, which coincides with its own nature of being a loose and compressible soil.

Keywords: Strip foundation, square foundation, bearing capacity, soil mechanics, Racracancha, sports infrastructure.

INTRODUCCIÓN

El centro poblado de Racracancha se encuentra ubicado en el distrito de Tinyahuarco, provincia y región Pasco.

A fin de presentar las propiedades del suelo de Racracancha se realizará estudio de mecánica de suelos necesaria para la caracterización del suelo. La presente tesis desarrolló investigaciones de campo en temporada húmeda y seca, a nivel superficial, para evaluar su comportamiento. Toda la información colectada en campo fue analizada en gabinete, lo que permitió la formulación del estudio.

El siguiente trabajo comprende los siguientes capítulos:

El capítulo i: Identificación y planteamiento del problema, comprende la formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y los alcances del estudio.

El capítulo ii: Marco teórico, se elabora los antecedentes del estudio, bases teóricas y científicas, la definición de los términos básicos y formulación de la hipótesis.

El capítulo iii: Metodología y técnicas de investigación, se detalla tipo, nivel, método y diseño de la investigación; así como la población y muestra, y las técnicas e instrumentos para recolección de datos.

El capítulo iv: Descripción, análisis y resultados, se describe los trabajos de gabinete y campo, la descripción geológica, ensayos de laboratorio, y el análisis de las cimentaciones, incluyendo las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como la determinación de la capacidad portante.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURA

ÍNDICE DE TABLA

ÍNDICE DE ANEXO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y planteamiento del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación temporal.....	2
1.2.3. Delimitación teórica.....	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación.....	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.2. Bases teóricas – científicas.....	10
2.2.1. Cimentaciones superficiales	11
2.2.2. Capacidad de carga	12
2.2.3. Mecánica de suelos.....	14
2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos	19
2.3. Definición de términos básicos.....	20
2.3.1. Presión de hundimiento.....	20
2.3.2. Asentamiento en suelos	20
2.3.3. Zapatas	20
2.3.4. Suelo de fundación.....	21
2.3.5. Deformación del terreno	21
2.3.6. Licuefacción	21
2.3.7. Vulnerabilidad de suelos.....	21
2.3.8. Riesgo sísmico	21
2.3.9. Geodinámica	22
2.3.10. Meteorización	22
2.3.11. Erosión	22
2.3.12. Sedimentación.....	22
2.3.13. Calicata	22
2.3.14. Suelo	23
2.3.15. Suelos residuales	23
2.3.16. Suelos transportados.....	23
2.4. Formulación de la hipótesis	23

2.4.1. Hipótesis general.....	23
2.4.2. Hipótesis específicas.....	23
2.5. Identificación de variables.....	24
2.5.1. Variable independiente.....	24
2.5.2. Variable dependiente.....	24
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	24

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	25
3.2. Nivel de investigación	25
3.3. Método de investigación	25
3.4. Diseño de la investigación	26
3.5. Población y muestra	26
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	27
3.8. Tratamiento estadístico.....	28
3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica.....	28

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	29
4.1.1. Descripción de los trabajos de gabinete y campo	29
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	30
4.2.1. Descripción geológica y sísmica de la zona de estudio	30
4.2.2. Trabajos realizados	38
4.2.3. Perfil estratigráfico del suelo.....	39
4.2.4. Ensayos de laboratorio y resultados	41
4.2.5. Análisis de la cimentación	44
4.2.6. Nivel de napa freática.....	49

4.2.7. Coeficiente de Balasto.....	49
4.3. Prueba de Hipótesis.....	50
4.4. Discusión de resultados.....	51
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURA

	Página
Figura 1. Capacidad de carga en el suelo según Terzaghi.....	12
Figura 2. Perfil de meteorización(Love, Vargas, Sowers, Chandler, Geological Society y Deere & Patton)	16
Figura 3. Formación de suelos	17
Figura 4. Ubicación de la zona de trabajo	31
Figura 5. Ubicación de zona del proyecto. Fuente: Carta geológica 22-K	32
Figura 6. Unidades litoestratigráficas de la zona.	33
Figura 7. Geomorfología del proyecto. Fuente Geocatmin.	34
Figura 8. Geomorfología del proyecto y su descripción. Fuente Geocatmin	34
Figura 9. Ubicación de las calicatas.	39
Figura 11. Detalle de zapata - vista en corte	48
Figura 10. Plano de cimentación de la infraestructura deportiva	48
Figura 12. Detalle de zapata - vista en planta	48

ÍNDICE DE TABLA

	Página
Tabla 1. Variables e indicaciones.....	24
Tabla 2. Resultados	42
Tabla 3. Resultados (y análisis)	42
Tabla 4. Resultados (y análisis)	42
Tabla 5. Resultados	43
Tabla 6. Resultados (y análisis)	43
Tabla 7. Resultados (y análisis)	43
Tabla 8. Resultados (y análisis)	44
Tabla 9. Factores de capacidad con los datos de laboratorio.....	45
Tabla 10. Análisis de asentamientos.....	46
Tabla 11. Valores de la distorsión angular. Norma E-050	47
Tabla 12. Coeficiente de Balasto. Valores orientativos para placa de carga de 30x30 cm ² (J. Aragón, 2006).....	50

ÍNDICE DE ANEXO

	Página
Anexo 1. Perfil estratigráfico del suelo	40
Anexo 2. Ficha de registro de calicatas - explotación del suelos en campo	59
Anexo 3. Matriz de consistencia.....	61
Anexo 4. Perfil estratigráfico del suelo de cada sondeo	62
Anexo 5. Ensayo de laboratorio y memoria de calculo	71

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Página

Foto 1. Vista satelital de la ubicación de la zona del proyecto	76
Foto 2. Calicata N°01, excavación a 0.50 m de profundidad a partir ahí se encuentra roca suelta y clastos anguloso de diámetro 10"	77
Foto 3. Vista de la exploración del suelo a base de calicatas C-01	77
Foto 4. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-02.....	78
Foto 5. Calicata N° 02, excavación a 1.20 m de profundidad a partir de ahí se encuentra material roca suelta y cantos rodados de tamaño menor a 12"	78
Foto 6. Muestra de la parte interna de la exploración C-02	78
Foto 7. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-03.....	79
Foto 8. Calicata N° 03, excavación a 2m de profundidad, a partir de ahí hay suelo grava limosa con cantos rodados de diámetro de 10"	79
Foto 9. Muestra de la parte interna de la exploración C-03	79
Foto 10. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-04.....	80
Foto 11. Calicata N° 04, excavación a 3m de profundidad	80
Foto 12. Muestra de la parte interna de la exploración, C-04	80
Foto 13. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-05.....	81
Foto 14. Calicata N° 05, excavación a 1.30 m de profundidad.....	81
Foto 15. Muestra de la parte interna de la exploración C-05	81
Foto 16. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-06.....	82
Foto 17. Calicata N° 06, excavación a 1.10 m de profundidad a partir de ahí se encuentra agua en la fecha de investigación.....	82
Foto 18. Muestra de la parte interna de la exploración, C-06	82
Foto 19. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-07.....	83
Foto 20. Calicata N° 07, excavación a 1.10 m de profundidad a partir de ahí se tiene material cantos rodado con grava limosa de alta compacidad	83
Foto 21. Muestra de la parte interna de la exploración, C-07	84

Foto 22. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-08.....	84
Foto 23. Calicata N° 08, excavación a 1.20 m de profundidad, a partir de ahí se tiene material cantos rodado con grava limosa dqe alta compacidad.....	85
Foto 24. Muestra de la parte interna de la exploración, C-08	85
Foto 25. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-09.....	86
Foto 26. Calicata N° 09, excavación a 1.20 m de profundidad, a partir de ahí se tiene material cantos rodado con grava limosa de alta compacidad.....	86
Foto 27. Muestra de la parte interna de la exploración, C-09	87

LISTA DE ABREVIATURAS

UTM: Universal Transversal de Mercator

E: Este

N: Norte

MSNM: Metros Sobre el Nivel del Mar

M2: Metros Cuadrados

Et al: Et Alii – En español “Y otros”

SPT: Standard Penetration Test – En español “Ensayo de penetración estándar”

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad

SC: Arena arcillosa

SP: Arena mal graduada

GP: Grava mal graduada

GM: Grava limosa

GW: Grava bien graduada

SM: Arena limosa

ML: Limo inorgánico de baja plasticidad

SUCS: Sistema Unificado de clasificación de Suelos

Kg/cm²: Kilogramo sobre centímetro cuadrado

EMS: Estudio de mecánica de Suelos

CRD: Concreto reciclado de demolición

Df: Profundidad de desplante

qu: Capacidad ultima de aras

Y: Peso específico del suelo

C: cohesión del suelo

Φ : Angulo de fricción interna

B: Ancho de la cimentación

Nc: Factor de corrección por cohesión

Nq: Factor de corrección por capacidad de carga

Ny: Factor de corrección por peso específico

qadm: Capacidad de carga admisible

qu: Capacidad de carga última

q: Peso del suelo en una profundidad de desplante Df.

FS: Factor de seguridad

m: metros

C.C.: Comunidad Campesina

PR: Profesional Responsable

H: Fuerza constante basal

Z: Factor de zona

U: Factor de Uso

C: Factor de amplificación sísmica

S: Factor de suelo

R: Factor de reducción sísmica

P: Peso del edificio

Ts: Periodo del suelo

T: Periodo del edificio

NTP: Norma técnica peruana

NTN: Nivel de terreno natural

NFZ: Nivel de fondo de zapata

PT: Turba o suelo orgánico

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

IP: Índice de plasticidad

gr/cm³: Gramos sobre centímetro cúbico

Si: Asentamiento del suelo en centímetros

μ: Coeficiente de Poisson

If: Factor de forma

Es: Modulo de elasticidad del suelo

Bz: Factor de reducción de acuerdo con las dimensiones de la cimentación

Ks: Coeficiente de balasto

α =distorsión angular

If: Inercia de cimentación

Ef: Modulo de elasticidad del material de la cimentación

Kg/cm³: Kilogramo por centímetro cubico

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y planteamiento del problema

En el poblado de Racracancha, lugar de la investigación, no se cuenta con estudios de mecánica de suelos, por lo que existe un desconocimiento de las características geotécnicas del terreno que fueron destinadas a la construcción de infraestructuras deportivas, en consecuencia la ausencia de un análisis adecuado de mecánica de suelos dificulta el diseño de cimentaciones y que luego de la construcción realizada puedan generar riesgos de fallas estructurales, asentamientos diferenciales y sobrecostos en la construcción.

La construcción de infraestructuras deportivas en todo lugar del territorio presenta dificultades en el diseño y ejecución de cimentaciones debido a la interacción directa entre las características geotécnicas del terreno y las cargas estructurales estáticas y dinámicas generadas por las actividades deportivas. Existen casos, donde los terrenos presentan condiciones heterogéneas, con variabilidad en parámetros como la capacidad portante, cohesión, compresibilidad y permeabilidad del suelo, lo que incrementa el riesgo de fallas estructurales.

La ausencia de un análisis minucioso de mecánica de suelos, que incluya estudios granulométricos, límites de Atterberg, pruebas de compactación, ensayos de

resistencia al corte y análisis de interacción suelo-estructura, conduce a diseñar cimentaciones inadecuadas que no cumplen con los requisitos técnicos ni normativos. Esto puede traer como consecuencia deformaciones excesivas, inestabilidad estructural.

Por lo tanto, en la investigación surge la necesidad de realizar un análisis integral de las propiedades geotécnicas del terreno, para garantizar que las cimentaciones sean seguras. Este análisis debe garantizar la estabilidad y funcionalidad de las estructuras, cumpliendo con las normativas de seguridad y eficiencia estructural.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La zona de investigación se encuentra ubicado en la comunidad de Racracancha, distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco, con coordenadas UTM 334298.64 E y 8805284.44 N, con altitud promedio de 4,415 msnm. Asimismo, cuenta con un área de influencia de 3,000 M2.

1.2.2. Delimitación temporal

La investigación se desarrolló desde diciembre del año 2023 y finalizó en diciembre del año 2024.

1.2.3. Delimitación teórica

El presente estudio se fundamenta en principios y teorías de la ingeniería geotécnica y se centra en la mecánica de suelos (comportamiento) y su aplicación al diseño de cimentación para infraestructura deportiva, los cuales se manifiestan en las muestras tomadas, comprendiendo los siguientes aspectos clave de mecánica de suelos, capacidad portante, diseño de cimentaciones cuadrada y corrida.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo las propiedades mecánica de los suelos influyen en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Las propiedades físicas y mecánicas del suelo influyen en la capacidad portante para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024?
- b. ¿Qué tipo de cimentación es más adecuado para garantizar la estabilidad y seguridad de las infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar las propiedades mecánicas de los suelos que influyen en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Identificar y describir las propiedades físicas y mecánicas del suelo que definen la capacidad portante para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024.
- b. Determinar el tipo de cimentación más adecuado para garantizar la estabilidad y seguridad de las infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación se justifica debido a que toda construcción de infraestructuras deportivas representa oportunidades para desarrollar una población en lo social, cultural y deportivo. Sin embargo, el éxito de estas obras depende en gran medida de la estabilidad y seguridad estructural de sus cimentaciones, las cuales están condicionadas por las propiedades del suelo donde serán construidas.

1.6. Limitaciones de la investigación

La investigación tuvo como limitación técnica estudios geotécnicos previos en la zona, los cuales restringieron realizar comparaciones y referencias contextuales, dificultando el análisis histórico del comportamiento del suelo.

Por otra parte, como limitación operativa, se tuvo disponibilidad limitada de equipos especializados los cuales no permitieron que los datos se registren in situ y no se pudo comparar con los resultados del laboratorio. No obstante, los resultados obtenidos son suficientes para establecer conclusiones confiables en el área.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Barreto et al. (2013), en su trabajo de investigación: “Evaluación comparativa de la Capacidad de Carga en Cimentaciones Profundas. Fórmulas analíticas y Ensayos de Carga” menciona que la metodología convencional de diseño en cimentaciones profundas está regida por el cálculo de expresiones matemáticas basadas en principios teóricos de la mecánica de suelos, con el fin de dimensionar elementos con un factor de seguridad apropiado contra la falla por capacidad de carga o por asentamientos que pongan en riesgo la estructura. Sin embargo, los valores arrojados en los cálculos matemáticos son en general conservadores al compararlos con los valores medidos en ensayos de carga, ensayos que habitualmente no son realizados. En este artículo se presentan los resultados obtenidos al analizar ensayos de carga con relación a cálculos de diseño sobre 10 pilotes, con el fin de establecer cuál o cuáles de las metodologías de diseño, refleja de manera más adecuada las condiciones geotécnicas de nuestros suelos.

Simancas (1999) realizó la investigación titulada “Capacidad de carga en cimentaciones superficiales”, la cual tiene por objeto realizar aportaciones al tema de capacidad de carga en las cimentaciones superficiales apoyadas en suelos granulares

y sobre la base de la modelización bidimensional, orientadas principalmente a la obtención de expresiones que cuantifiquen diferentes tipos de problemas que se presentan cotidianamente, como son: carga vertical centrada; carga inclinada centrada y carga vertical excéntrica. Los coeficientes que se analizan en este trabajo son independientes de las dimensiones del problema que se analice, ya sea bidimensional o tridimensional, tal como demuestran las teorías de capacidad de cargas existentes. De este modo, las expresiones que en este trabajo se proponen sobre la base de modelos en dos dimensiones, son también útiles para problemas en tres dimensiones. Las expresiones que se proponen se comparan en cada caso con las correspondientes formulaciones indicadas por diferentes normativas y con resultados de ensayos de laboratorios. Mata (2015) realizó una investigación titulada "Efectos de la acción sísmica, en edificaciones regulares de concreto armado considerando la interacción suelo-estructura de manera explícita para suelos arenosos y arcillosos" en la que realiza una comparación y análisis de varianza entre los resultados obtenidos haciendo uso de la metodología tradicional con la metodología explícita simplificada que incorpora los efectos de interacción suelo-estructura, a través de la modificación del apoyo de la edificación de rígido a flexible, con el uso de resortes cuyas rigideces se calibraron a partir de funciones de impedancia dinámica, en donde se concluyó que la metodología recomendada por la normativa venezolana puede llegar a ser más conservadora que la utilizada en esta investigación, puesto que no considera la rigidez del sistema suelo fundación de manera flexible, despreciando la capacidad de deformación del suelo. Esto se puede ver reflejado en los resultados obtenidos como de la aplicación de dicha metodología explícita simplificada, ya que los mismos arrojaron valores de menores de cortante basal y momento de volcamiento que los obtenidos por el análisis tradicional. Por lo tanto, se recomienda que al incorporar los efectos de interacción suelo-estructura en el análisis estructural, se tome en cuenta la rigidez del sistema suelo fundación, ya que implementarlo ayuda a obtener

respuestas más reales del análisis sísmico estructural, disminuyendo parte de las incertidumbres de diseño y por lo tanto la vulnerabilidad en las edificaciones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vigil (2019), en su trabajo de investigación "Evaluación de la capacidad portante de los suelos para cimentaciones superficiales de la zona urbana de la localidad de Caspizapa, provincia de Picota, región San Martín" evaluó y determinó la capacidad portante de los diferentes tipos de suelos de la zona urbana del distrito de Caspizapa. Posteriormente elaborar un mapa de zonificación y conocer el comportamiento del suelo para evitar posibles inconvenientes en el futuro. Para hacer los estudios se tuvo en cuenta la norma E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional De San Martín que fueron de contenido de humedad, límites de consistencia (Atterberg), análisis granulométrico, densidad, clasificación de suelos y el ensayo triaxial. Estos ensayos nos permiten comprender las propiedades, características y el comportamiento mecánico del suelo. El ensayo triaxial nos permite determinar propiedades como la densidad, el ángulo de fricción y la cohesión del suelo, para determinar la capacidad de carga. Fernandez (2015), en su trabajo de investigación "Evaluación de la capacidad portante de los suelos de fundación de la ciudad universitaria - Universidad Nacional de Cajamarca – 2014", que se realizó en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, Región Cajamarca, la cual limita al norte la Provincia de Hualgayoc, por el sur con la Libertad, por el este con Celendín y San Marcos y por el oeste con San Miguel y Contumazá, en el cual el problema principal fue: ¿Cuál es la diferencia en la precisión de medición de la capacidad portante de los suelos de fundación de la Ciudad Universitaria entre el método Ensayo de Penetración Estándar y el método de Ensayo de Corte Directo? Tuvo por objetivo principal determinar la precisión de medida de la capacidad portante de los suelos de fundación de la Ciudad Universitaria utilizando dos métodos, el método de ensayo de Corte Directo y el método de ensayo SPT – Universidad Nacional de Cajamarca 2014. La hipótesis fue evaluar la diferencia en la

precisión de medición de la capacidad portante de los suelos de fundación de ciudad Universitaria UNC mediante el ensayo especial de SPT y el ensayo de Corte Directo. Se observó que con el ensayo SPT varía en un 30% que el ensayo especial de Corte Directo. Ocho ensayos de Corte Directo y ocho ensayos de SPT se realizaron para determinar las características físicas y mecánicas de los suelos de fundación para el propósito de cimentación, las muestras se obtuvieron por exploraciones geotécnicas, lo cual permitió calcular la resistencia de los suelos a diferentes profundidades. Para realizar la contrastación de la hipótesis entre los dos métodos, el método de Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y el método de Corte Directo, encontrándose una variación de 0.20, lo que representa el 2.03 %. Se concluye que la Capacidad Portante con fines de cimentación mediante el ensayo de penetración estándar (SPT) y Corte Directo en la Ciudad Universitaria de la UNC a una profundidad de 3 m son de 0,67 kg/cm² – 1,58 Kg/cm² y 1,11 kg/cm² – 1,41kg/cm² respectivamente. Los suelos de fundación a 3 metros de profundidad presentan arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas magras de clasificación CL y arenas arcillosas de clasificación SC.

Santos y Olivera (2024), en el estudio denominado: “Determinación de las implicancias del estudio de mecánica de suelos en el presupuesto de cimentaciones de una vivienda unifamiliar de autoconstrucción Pocollay, Tacna – Tacna 2023”, el cual es de carácter experimental aplicado, de nivel correlacional; donde el principal propósito fue evaluar el impacto del estudio de geotecnia en el presupuesto de cimentaciones de una vivienda unifamiliar construida por sus propios dueños y en el cual se adoptó la normativa E 0.50 Suelos y Cimentaciones como guía fundamental para la ejecución de estudios de mecánica de suelos, tuvo el objetivo de identificar las propiedades del terreno y establecer los parámetros esenciales para el diseño de las cimentaciones. A partir de estos estudios, se procedió a estimar los costos asociados a estas subestructuras, tanto para las viviendas autoconstruidas como para aquellas diseñadas de acuerdo con la mencionada normativa. Así, se evidenció que la ausencia de

estudios de mecánica de suelos en un proyecto provoca una variabilidad presupuestaria que incide negativamente en la seguridad y la economía de las personas. Al evaluar las muestras obtenidas de las calicatas, se determinó que estas se clasifican como GP y SM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), con capacidades de carga de 2,53 kg/cm², 2,60 kg/cm² y 1,14 kg/cm² para las muestras 1, 2 y 3, respectivamente. En cuanto al diseño de las zapatas, se obtuvieron dimensiones que, en su mayoría, fueron subdimensionadas. Evidenciándose que la falta del EMS afecta al correcto cálculo de la geometría de la cimentación, así como a la economía familiar, generando una incertidumbre producto a las consecuencias de la efectividad de los cálculos y a las reparaciones futuras.

Salazar (2022), en su trabajo de investigación "Evaluación de las propiedades mecánicas del suelo para cimentaciones superficiales incorporando material reciclado de demolición, Lambayeque 2020", se mostró que, para alcanzar un nivel satisfactorio de seguridad y estabilidad en la construcción de estructuras en suelos con propiedades mecánicas débiles, una de las mejores soluciones puede ser el mejoramiento del suelo. Por otro lado, el reciclaje y la reutilización de materiales de construcción y demolición da como resultado la preservación de los recursos naturales y la reducción de la contaminación ambiental que generan los botaderos informales. Por lo que, en la investigación se planteó como objetivo evaluar las propiedades mecánicas del suelo para cimentaciones superficiales incorporando material reciclado de demolición. Para llevar a cabo el desarrollo del estudio, se analizó el comportamiento mecánico de un suelo con propiedades arcillosas mejorado con concreto reciclado de demolición CRD mediante una serie de pruebas de compactación, 135 probetas para pruebas de compresión no confinada de suelo USCS y 45 especímenes para ensayos de corte directo en mezclas en proporción del 10%, 15%, 20% y 25% de CRD al peso; todas estas muestras fueron remoldeadas y compactadas simulando la energía de compactación del ensayo de Proctor Modificado. Como resultado del estudio se obtuvo que, el CRD incrementa las propiedades de compresión axial, ángulo de fricción y cohesión del

suelo. De esta manera se puede demostrar que, el CRD influye positivamente en las propiedades mecánicas de un suelo con características arcillosas. Ocrospoma y Rocha (2019), en su trabajo de Investigación "Capacidad Portante de los Suelos para Establecer la Zonificación" presentaron que el estudio de la capacidad portante de los suelos es esencial para establecer una zonificación adecuada en proyectos de construcción. La capacidad portante es la capacidad de un suelo para soportar las cargas aplicadas sin sufrir deformaciones o fallas estructurales significativas. Se realizaron pruebas tanto en campo como en laboratorio para evaluar esta capacidad, como ensayos de carga y análisis de las propiedades mecánicas y físicas del suelo. La investigación recopiló datos sobre varios tipos de suelo en la región de interés. Los hallazgos de estas investigaciones permitieron dividir el terreno en áreas de alta, media y baja capacidad portante. Las construcciones pueden llevarse a cabo en áreas con una alta capacidad portante sin realizar modificaciones significativas en el diseño de las cimentaciones. En áreas con capacidad media, pueden ser necesarias técnicas de cimentación especiales o mejoras del suelo. Se deben utilizar técnicas sofisticadas de estabilización del suelo o estructuras de cimentación profundas para garantizar la estabilidad de las construcciones en áreas con baja capacidad portante. La zonificación adecuada en función de la capacidad portante del suelo ayuda a prevenir problemas estructurales, reducir riesgos y optimizar el uso del terreno, lo que promueve la construcción segura y duradera.

2.2. Bases teóricas – científicas

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales de una estructura cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soporta, el área de contacto entre el suelo y la cimentación debe ser proporcionalmente más grande que los elementos soportados, excepto en suelos rocosos muy coherentes.

La cimentación es importante porque es el grupo de elementos que soportan a la superestructura. La estabilidad de una edificación depende en gran medida del tipo de terreno sobre el que se asienta.

2.2.1. Cimentaciones superficiales

Una cimentación es superficial si la profundidad D_f de la cimentación es menor o igual que el ancho de la misma. posteriormente investigadores sugieren que cimentaciones con D_f igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser definidas como cimentaciones superficiales

Las cimentaciones superficiales son un tipo de cimentación que transmite las cargas de una estructura al terreno mediante elementos ubicados cerca de la superficie del suelo. Son apropiadas cuando el terreno cercano a la superficie tiene suficiente capacidad portante para soportar el peso de la estructura sin asentamientos excesivos o fallos. Estas cimentaciones suelen usarse en edificaciones ligeras o en terrenos con buena resistencia.

Zapatas aisladas

Utilizadas para soportar columnas individuales. Generalmente tienen forma cuadrada, rectangular o circular.

Zapata combinada

Soportan dos o más columnas cuando están cerca unas de otras y no es práctico usar zapatas aisladas.

Zapatas corridas

Soportan dos o más columnas cuando están cerca unas de otras y no es práctico usar zapatas aisladas.

Losas de cimentación

También llamadas cimentaciones por placa. Se usan cuando el terreno tiene baja capacidad portante o las cargas de la estructura son elevadas. Distribuyen el peso de manera uniforme sobre toda el área del edificio.

Este tipo de cimentación es común en proyectos residenciales, comerciales

pequeños y en terrenos con buena capacidad portante cerca de la superficie.

Ventajas:

Más económicas que las cimentaciones profundas. Más rápidas de construir. Requieren menos maquinaria y equipo especializado.

Limitaciones:

No son adecuadas para suelos de baja capacidad portante o para estructuras muy pesadas. Sensibles a asentamientos diferenciales si el terreno no es homogéneo.

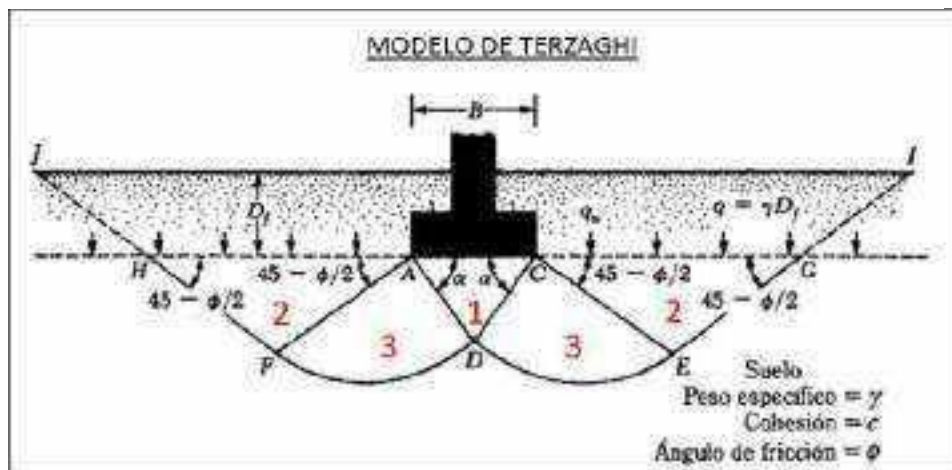
2.2.2. Capacidad de carga

Teoría de capacidad de carga de Terzaghi (1943)

La zona de falla bajo la cimentación puede separarse en tres partes:

1. La zona triangular ACD inmediatamente debajo de la cimentación.
2. Las zonas de corte radiales ADF y CDE, con las curvas DE y DF como arcos de una espiral logarítmica.
3. Dos zonas pasivas de Rankine triangulares AFH y CEG.

Figura 1. Capacidad de carga en el suelo según Terzaghi



$$q_u = cN_c + qN_q + 1/2 \gamma B N_\gamma$$

Donde:

q_u = capacidad de carga ultima

c = cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

$$q = \gamma \cdot Df$$

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales que están en función del ángulo de fricción del suelo

Capacidad de Carga última en Cimentación Cuadrada o Circular según Terzaghi

Es la carga por área unitaria de la cimentación bajo la cual ocurre la falla general por corte en el suelo

CIMENTACION CORRIDA $\square$ $qu = c'N_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma$

CIMENTACION CUADRADA $\square$ $qu = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$

CIMENTACION CIRCULAR $\square$ $qu = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$

Capacidad de Carga última en cimentación cuadrada o circular según Terzaghi

Modificación cuando ocurre falla local de corte en el suelo.

CIMENTACION CORRIDA $\square$ $qu = 2/3c'N_c + qN'_q + 0.5\gamma BN'_\gamma$

CIMENTACION CUADRADA $\square$ $qu = 0.867c'N'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma$

CIMENTACION CIRCULAR $\square$ $qu = 0.867c'N'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_\gamma$

Factor de seguridad

Para el cálculo de la capacidad de carga bruta admisible de cimentaciones superficiales se requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta.

$$q_{adm} = qu/FS$$

La capacidad de carga ultima neta se define como la presión ultima por unidad de área de la cimentación que es soportada por el suelo en exceso de la presión causada por el suelo que la rodea en el nivel de cimentación.

$$q_{neta(u)} = qu - q$$

$$q_{neta(u)} = \text{CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA NETA}$$

$$q_{admisible (neta)} = \gamma \cdot Df$$

$$q_{\text{admisible (neta)}} = (q_u - q) / (FS)$$

El FS con esta ecuación puede ser menos de 3 en todos los casos.

2.2.3. Mecánica de suelos

Origen y formación de los suelos

Los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en sus tres facetas:

Física.

Debida a cambios térmicos (lo que origina dilataciones diferenciales entre los diferentes minerales y da lugar a acciones y fisuras internas) y a la acción del agua (arrastres de fragmentos ya erosionados; posible acción directa por congelación, que produce tensiones internas por el aumento de volumen del hielo respecto al agua; acción alternante de humedad sequedad a lo largo del tiempo, etc.). Estas acciones físicas tienden a romper la roca inicial y a dividirla en fragmentos de tamaño cada vez más pequeño, que pueden ser separados de la roca por agentes activos (agua, viento, gravedad) y llevados a otros puntos en los que continúa la acción erosiva. Es decir, tienden a crear las partículas que van a formar el suelo.

Química.

Originada por fenómenos de hidratación (por ejemplo, paso de anhidrita o sulfato hemihidratado a yeso o sulfato dihidratado), disolución (de sales, como los sulfatos en el agua), oxidación (de minerales de hierro por efecto ambiental), cementación (por agua conteniendo carbonatos previamente disueltos a partir de otra roca), etc. Esta acción, por lo tanto, tiende tanto a disgregar como a cementar, lo que quiere decir que puede ayudar a la acción física y, posteriormente, cementar los productos formados, dando unión química a las partículas pequeñas, tamaño suelo, que se forman, aunque la mayor parte de las veces contribuye más a destruir y transformar que a unir.

Biológica.

Producida por actividad bacteriana, induciendo putrefacciones de materiales orgánicos y mezclando el producto con otras partículas de origen fisicoquímico, actuando de elemento catalizador, etc. Todo ello da lugar a fenómenos de disgregación. (alteración o meteorización) y transformación de la roca, creándose el perfil de meteorización. En este perfil la roca madre ocupa la parte más baja y alejada de la superficie, y el suelo la más alta. Cuando el suelo permanece in situ sin ser transportado, se le conoce como suelo residual, y cuando ha sufrido transporte, formando depósitos coluviales, aluviales, etc., se denomina suelo transportado. Se resumen los distintos procesos que intervienen en la formación de los suelos, caracterizados por:

- Ser un sistema particulado de sólidos de diverso origen, que pueden considerarse indeformables.
- Tener una granulometría de gruesos (centímetros) a finos (micras); las partículas más finas (por debajo de las 265 micras) necesitan procesos físico-químicos para su constitución; las de mayor tamaño solo necesitan procesos físicos, aunque pueden intervenir los químicos.
- Una estructura y fábrica en función del origen de los minerales, agentes cementantes, transformaciones químicas, medio de deposición, etc.
- Presencia importante de huecos (o poros intersticios), con agua (suelo saturado), aire y agua (semi saturado) o solo aire (seco), situación prácticamente inexistente en la naturaleza. El fluido intersticial se considera, a las temperaturas normales, incompresible.
- Las deformaciones del conjunto del suelo se producen por giros y deslizamientos relativos. de las partículas y por expulsión de agua; solo en raras ocasiones se producen por roturas de granos.

Los suelos en ingeniería geológica

La acción antrópica, en un entorno geográfico concreto, altera las condiciones

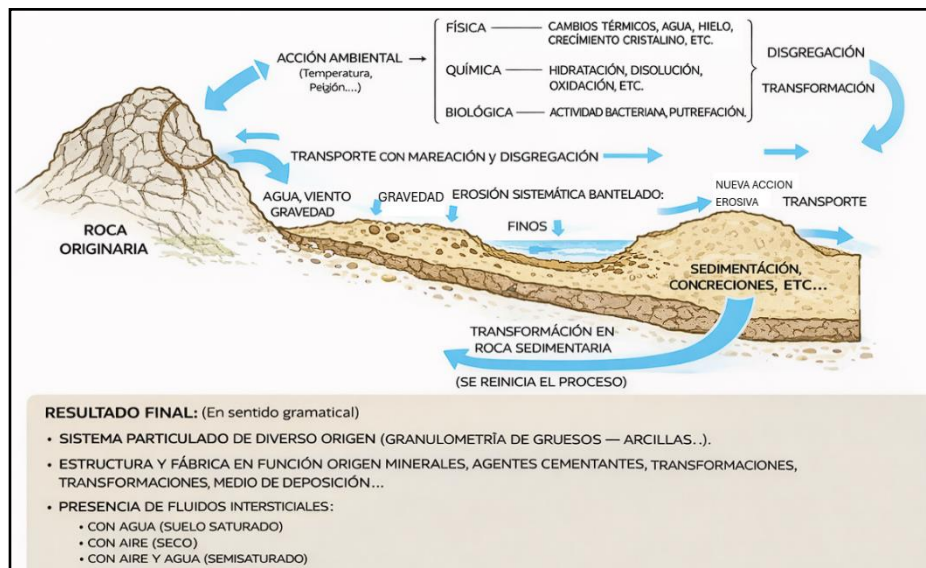
del medio natural al realizarse excavaciones, explanaciones, aplicación de cargas al terreno, etc. La respuesta del terreno frente a esa alteración depende de su constitución y características, de los condicionantes geológicos del entorno, de las propiedades que están relacionadas con las actuaciones humanas y de la acomodación de la obra realizada al entorno natural. La respuesta del terreno, por lo tanto, es compleja, dependiendo en primer lugar del material o materiales preexistentes en la zona y del tipo de acciones a que se le someta.

Figura 2. Perfil de meteorización (Love, Vargas, Sowers, Chandler, Geological Society y Deere & Patton)

PERFIL ESQUEMÁTICO	LOVE (1961) LITTLE (1961)	VARGAS (1951)	SOWERS (1954, 1963)	CHANDLER (1969)	GEOLOGICAL SOC. ENG. GROUP (1970)	DEERE Y PATTON (1971)
	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS, BASÁLTICAS Y ARENISCAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	V COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IA
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA	IV	V COMPLETAMENTE ALTERADA	HORIZONTE IB
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCA DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA	III	IV ALTAMENTE ALTERADA	HORIZONTE IC (SAPROLITO)
	III MODERADAMENTE ALTERADA			II	III MODERADAMENTE ALTERADA	IA TRANSICIÓN CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO
	II ALGO ALTERADA				II DÉBILMENTE ALTERADA	IB PARCIALMENTE METEORIZADA
	I ROCA SANA	ROCA SANA	ROCA INALTERADA	I ROCA INALTERADA	IB MUY POCO ALTERADA	ROCA SANA
					IA ROCA SANA	

Nota. Descripción del perfil del suelo. Tomado de Vallejo, L. G. (2004). Ingeniería geológica. Pearson.

Figura 3. Formación de suelos



Nota. Descripción del perfil del suelo. Tomado de Vallejo L. G. (2004). Ingeniería geológica. Pearson.

Si el terreno es un macizo rocoso esa respuesta vendrá condicionada por la resistencia de la roca, la presencia de zonas alteradas, discontinuidades, etc. Pero si se trata de suelos, es decir, materiales sueltos fruto de la erosión ejercida sobre rocas preexistentes y depositados por acción del agua o del aire, la respuesta cambia sustancialmente (Figura 2 y 3):

- Los suelos están formados por partículas pequeñas (desde micras a algunos centímetros) e individualizadas que, a efectos prácticos, pueden considerarse indeformables.
- Entre esas partículas no cementadas (o ligera mente cementadas) quedan huecos con un volumen total del orden de magnitud del volumen ocupado por ellas (desde la mitad a varias veces superior).
- Un suelo es un sistema multifase (bifase o trifase).
- Los huecos, poros o intersticios pueden estar llenos de agua, suelos saturados, o con aire y agua, suelos semisaturados, lo que condiciona la respuesta de conjunto del material. En condiciones normales de presión y temperatura, el agua se considera incompresible.

La materia sólida que constituye el suelo presenta composición química diferente según la roca o rocas que dieron origen al suelo y las transformaciones ocasionadas por la corrosión en esas partículas, por lo que puede encontrarse materia orgánica (muy deformable), sales diversas, carbonatos (que ayudan a cementar las partículas), etc.

Desde el punto de vista de la ingeniería geológica, el suelo se define como un agregado de minerales unidos por fuerzas débiles de contacto, separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua.

La respuesta del suelo, a nivel práctico, frente a las acciones que introducen las obras de ingeniería, supone un movimiento de esas partículas a través de deslizamientos y giros entre ellas y depende de:

- La proporción de materia sólida que exista en un volumen unitario de suelo de referencia.
- El tamaño y distribución de las partículas (que facilita o dificulta el movimiento de los granos entre sí).
- El volumen relativo de huecos (a medida que éste aumenta, el suelo es más deformable).
- El tamaño medio de los huecos,

Todo ello hace que en los suelos haya que analizar:

- Los problemas de deformabilidad que introducen las cargas y acciones exteriores (las cuales se traducen en tensiones normales y tangenciales sobre los contactos entre las partículas, lo que las hace tender a moverse y cambiar el volumen aparente que ocupan). Esta deformabilidad puede llegar a una situación extrema, «de rotura», en que el cambio de volumen aparente aumenta de forma extraordinaria al cambiar muy poco las cargas exteriores, quedando la resistencia definida por una gran deformabilidad y no por rotura de partículas.

- Los problemas de flujo del agua en el interior del suelo, que condicionan su respuesta, ya que las deformaciones inducidas por las cargas necesitan un tiempo para producirse (el de expulsión o absorción de agua). Este proceso, necesario para estabilizar las acciones exteriores, se denomina consolidación.

2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos

Propiedades físicas de los suelos

Estas propiedades describen las características intrínsecas, la composición y el estado físico del suelo.

- **Textura:** Definida por el tamaño de las partículas minerales (arena, limo y arcilla).
- **Estructura:** La forma en que las partículas se agrupan en agregados (granulares, bloques, prismáticos, etc.).
- **Densidad (Aparente y Real):** Relación entre el peso del suelo y su volumen, crucial para medir la compactación.
- **Porosidad:** Espacios vacíos ocupados por aire y agua; fundamental para la aireación y retención de humedad.
- **Consistencia:** Resistencia del suelo a la deformación o ruptura ante fuerzas externas, variando con la humedad (suave, firme, duro).
- **Color:** Indica la composición mineral, drenaje y contenido de materia orgánica (ej. suelos oscuros ricos en humus, rojizos por hierro).
- **Permeabilidad:** Capacidad del suelo para permitir el flujo de agua a través de sus poros.

Propiedades mecánicas de los suelos

Estas propiedades determinan la respuesta del suelo a cargas externas, esfuerzos y deformaciones, siendo fundamentales en la mecánica de suelos para la ingeniería.

- **Resistencia al Esfuerzo Cortante:** La capacidad del suelo para soportar cargas

sin fallar por deslizamiento entre partículas, influenciada por la fricción y la cohesión.

- **Compresibilidad:** Capacidad de reducción de volumen del suelo bajo carga (asentamientos).
- **Cohesión:** Fuerza de atracción interna entre las partículas finas (arcillas), permitiendo que el suelo se mantenga unido sin confinamiento.
- **Ángulo de Fricción Interna:** Resistencia al deslizamiento entre partículas (mayor en arenas y gravas).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Presión de hundimiento

La presión de hundimiento es igual a la presión de la tierra que hemos quitado. Podemos entonces deducir que la fórmula de hundimiento o capacidad portante nos da un valor de presión bruta, no de presión neta.

2.3.2. Asentamiento en suelos

Las cargas transmitidas por la cimentación al suelo generan deformaciones que se manifiestan en forma de asentamientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura. Estos movimientos, si superan ciertos límites, pueden provocar daños en la edificación, tales como fisuras y grietas. El asentamiento se define como el movimiento vertical descendente del suelo o de un elemento estructural debido a la aplicación de cargas o a la modificación de las condiciones del terreno.

2.3.3. Zapatas

Una zapata es una ampliación de la base de una columna o muro, que tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo. Las zapatas que soportan una sola columna se llaman individuales o zapatas aisladas. La zapata que se construye debajo de un muro se llama zapata corrida o zapata continua. Si una zapata soporta varias columnas se llama zapata combinada. (Yepes, 2016).

2.3.4. Suelo de fundación

Se denomina suelo de fundación a la capa del suelo bajo la estructura del pavimento, preparada y compactada como fundación para el pavimento. Se trata del terreno natural o la última capa del relleno de la plataforma sobre la que se asienta el pavimento.

2.3.5. Deformación del terreno

Las deformaciones del suelo, conocidas como movimientos del terreno, son causadas por diversos factores, tanto naturales como antropogénicos. Estos procesos geológicos pueden manifestarse como levantamientos, hundimientos o desplazamientos laterales del suelo, y están asociados a eventos como sismos, deslizamientos, actividades volcánicas y procesos de compactación.

Existe una relación directa entre la resistencia al corte de un suelo y la seguridad de una estructura. A mayor capacidad de un suelo para resistir esfuerzos cortantes, mayor será la estabilidad y seguridad de la estructura fundada sobre él.

2.3.6. Licuefacción

La licuefacción es un fenómeno geotécnico que ocurre cuando suelos saturados de agua, principalmente arenas y gravas, pierden su resistencia al corte debido a la acción de fuerzas sísmicas. Este proceso puede provocar desplazamientos, hundimientos y vuelcos de estructuras, representando un riesgo significativo, especialmente para infraestructuras ubicadas en zonas costeras.

2.3.7. Vulnerabilidad de suelos

Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos sobre la susceptibilidad a degradación del suelo.

2.3.8. Riesgo sísmico

Se refiere a las consecuencias negativas de un terremoto, como la pérdida de viviendas y negocios cuando los edificios no soportan el temblor.

2.3.9. Geodinámica

La geodinámica es la disciplina científica encargada de investigar los procesos que modifican la corteza terrestre, analizando tanto sus causas como sus efectos. Esta rama del conocimiento se subdivide en geodinámica externa e interna, cada una enfocada en diferentes tipos de fuerzas y procesos que actúan sobre nuestro planeta.

2.3.10. Meteorización

La meteorización es un proceso de desintegración y descomposición de las rocas superficiales, inducido por los agentes atmosféricos. Este proceso es fundamental para la formación de suelos y el transporte de sedimentos, ya que reduce el tamaño de las partículas rocosas y modifica su composición mineralógica.

2.3.11. Erosión

El viento, impulsado por gradientes de presión atmosférica, es un agente erosivo capaz de desgastar y transportar materiales terrestres. La erosión eólica se manifiesta a través de dos procesos: la deflación, que implica la remoción de partículas sueltas, y la corrosión, que consiste en el desgaste mecánico de las rocas por el impacto de partículas transportadas por el viento.

2.3.12. Sedimentación

La sedimentación es el proceso por el cual los fragmentos de roca transportados por agentes geológicos, como el viento o el agua, se depositan y acumulan en un lugar determinado. Este proceso dinámico modifica constantemente el paisaje terrestre, al igual que la meteorización, dando lugar a la formación de nuevas formas del relieve.

2.3.13. Calicata

Una calicata es una excavación de profundidad limitada, realizada en un punto específico del terreno con el objetivo de obtener una muestra directa del suelo para su posterior análisis y caracterización. Este método permite una inspección visual y táctil del perfil del suelo, proporcionando información detallada sobre su composición.

2.3.14. Suelo

El suelo es un sistema complejo y dinámico compuesto por una mezcla de minerales, materia orgánica, agua y aire, resultante de la interacción de procesos geológicos, climáticos y biológicos. Los componentes minerales del suelo se originan a partir de la descomposición física y química de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

2.3.15. Suelos residuales

Los suelos residuales son el resultado de la acumulación in situ de los productos de la alteración de una roca. Cuando la velocidad de descomposición de la roca es mayor que la velocidad de remoción de los materiales resultantes, se produce un enriquecimiento progresivo del perfil de suelo en los minerales y compuestos provenientes de la roca madre.

2.3.16. Suelos transportados

Los suelos transportados se originan a partir de la fragmentación y el transporte de materiales rocosos por agentes geológicos externos. La acción de fuerzas como la gravedad, el viento, el agua y los glaciares da lugar a la formación de depósitos sedimentarios con características propias, tales como los depósitos eólicos, aluviales y glaciares.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las propiedades mecánicas de los suelos influyen en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024.

2.4.2. Hipótesis específicas

1. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo influyen en definir la capacidad portante para infraestructuras deportivas en Racracancha, Pasco, 2024.
2. El tipo de cimentación garantiza la estabilidad y seguridad de las infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Propiedades mecánica de suelos.

2.5.2. Variable dependiente

Diseño de cimentación.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Variables e indicaciones

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente: Mecánica de suelos	Es el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo y su comportamiento bajo condiciones de carga aplicadas Braja (2015).	Es el procedimiento para determinar las propiedades físicas, químicas y caracterizar su comportamiento ante cargas estructurales.	Propiedades físicas del suelo Propiedades mecánicas del suelo	- Granulometría (%) - Humedad (%) - Límites de consistencia (%) - Peso específico del suelo (gr/cm ³) Corte directo: °, Kg/cm ²	Tabla de ensayos físicos Tabla de ensayos mecánicos
Variable dependiente: Diseño de cimentación	Es el proceso mediante el cual se selecciona el tipo, tamaño y profundidad de una cimentación, garantizando que esta pueda transferir las cargas estructurales al suelo de manera segura y con asentamientos aceptables (Braja, 2010)	Es el conjunto de cálculos estructurales que permiten determinar las dimensiones, tipo y materiales que incluye los ensayos de laboratorio y de campo.	Capacidad portante del suelo	Kg/cm ²	Tabla de clasificación de cimentación

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Como señalan Hernández, Fernández y Baptista (2006), la investigación descriptiva nos muestra cómo es algo en un momento específico, sin buscar las razones detrás.

Este trabajo es de tipo aplicada debido a que su propósito principal es detallar los conocimientos de la Geotecnia para analizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

3.2. Nivel de investigación

Nivel descriptivo el cual busca caracterizar con los datos del campo y resultados obtenidos; información esencial para su clasificación y aplicación en proyectos constructivos.

3.3. Método de investigación

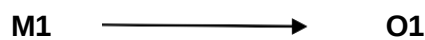
El método para utilizarse para este trabajo es un enfoque lógico-deductivo. Esto implica comenzar desde los conocimientos generales sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para aplicar en la zona de estudio Racracancha mediante la recopilación y el análisis de datos.

El método de investigación lógico-deductivo es un procedimiento que parte de

principios generales, teorías aceptadas para inferir conclusiones particulares aplicables a casos concretos. Su razonamiento es "descendente" (de lo general a lo particular).

3.4. Diseño de la investigación

En el siguiente trabajo se aplica un diseño descriptivo no experimental transversal, porque se observará y describirá el comportamiento de un evento sin influir sobre ella de ninguna manera para luego ser analizado y procesado, teniendo en cuenta el siguiente diseño:



donde:

M1= número muestras tomadas en que se realiza el estudio

O1= información relevante

3.5. Población y muestra

Población

La población está conformada por los tipos de suelos y rocas del área de estudio que comprende la localidad de Racracancha ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco.

Muestra

La muestra está representada por las 09 calicatas a cielo abierto ubicadas estratégicamente, lo cual cubre razonablemente el área a investigar.

Las profundidades máximas alcanzadas fueron de 3.00 m. Finalmente, para la toma de muestra se empleó el método muestreo no probabilístico.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Revisión documental

Se considera la recopilación de información existente tanto geológica, de sismicidad y las propiedades físicas y mecánicas del suelo que posteriormente serán analizadas e interpretadas.

Observación de campo

Se considera las observaciones directas efectuadas en el campo, tales como la geología y la exploración de calicatas describiendo las características del suelo tomadas in situ.

Técnica cartográfica

Es la representación de la superficie mediante mapa geológico y mapa geomorfológico del Perú – fuente GEOCATMIN, para la descripción, el análisis y el estudio de los fenómenos, con el objetivo de obtener nuevos conocimientos, características e investigación de sus interrelaciones espaciales.

Técnica del muestreo por calicatas

Es una técnica que consiste en la exploración del suelo mediante la excavación o perforación a profundidad relativamente baja a media para realizar el muestreo del suelo.

Instrumentos:

- Guías de revisión documental
- Guías de observación
- Tabla de descripción de parámetros.
- Mapa geológico escala 1:50 000 y mapa geomorfológico
- Norma técnica de edificación E-030-diseño sismorresistente
- Registro de excavaciones
- Tabla de cálculos de capacidades

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó el procesamiento de datos de las propiedades físicas y mecánicas de las calicatas los cuales serán sometidos a un proceso de registro en el software Excel 2016. Complementariamente, se utilizaron las herramientas ArcGIS v.10.5 y AutoCAD para su procesamiento e interpretación. Para caracterizar las propiedades del suelo se usó el promedio y desviación estándar e interpretación de los ensayos para

determinar la capacidad portante.

3.8. Tratamiento estadístico

En el presente estudio, se aplicó estadística descriptiva para analizar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y campo, mediante el cálculo de promedio y desviación estándar, como se detalla en las Tablas 3, 4, 6, 7 y 8; con el fin de caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica

La presente investigación se llevó a cabo siguiendo los principios éticos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Daniel Alcides. Los datos recopilados fueron tratados de forma confidencial y anónima, y solo fueron utilizados para los fines de esta investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Descripción de los trabajos de gabinete y campo

Fase preliminar de campo y gabinete

Esta fase corresponde a los trabajos de recopilación, ordenamiento y secuenciación del material cartográfico, bibliográfico, datos referenciales, antecedentes que corresponden a la zona de estudio para la posterior preparación de la delineación de trabajo.

- Recopilación y evaluación de la información existente.
- Prospección geotécnica de la zona.

Fase de campo

Se inicio con el reconocimiento de campo del sector involucrado, realizando un recorrido de los alrededores de la zona de Racracancha, tomando en cuenta los detalles de toda observación necesaria, como formaciones geológicas, verificando el terreno y las características de los suelos de cimentación.

- Tener el plano de ubicación de la zona.
- Ubicación y ejecución de calicatas.

- Toma de muestra de las calicatas.
- Ensayos de campo manual – inspección visual.

Fase final de gabinete

Este trabajo se encuentra centrado en el análisis e interpretación respectivo de los objetivos planteados y que consiste en el cálculo, y descripción, valoración del estado actual del terreno donde se ejecutara el proyecto, evaluación de la erosión del suelo. Por último, se presentan las interpretaciones del área en estudio, conclusiones y recomendaciones.

- Realización de ensayos de campo y laboratorio.
- Análisis y evaluación de la información recopilada - determinación del perfil estratigráfico del suelo de las 9 calicatas (ver Anexo 2) y capacidad de carga admisible de los suelos.
- Análisis de las cimentaciones.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Descripción geológica y sísmica de la zona de estudio

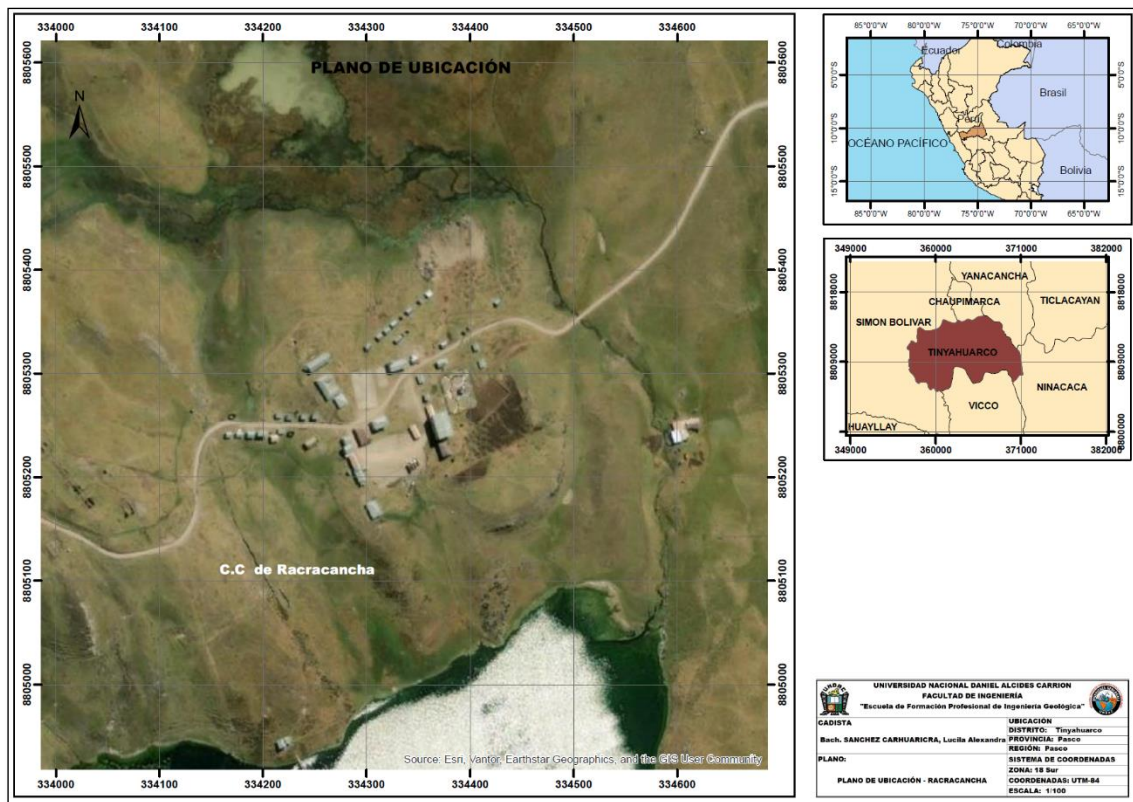
Ubicación y descripción del área de estudio

Departamento: Pasco
 Provincia: Pasco
 Distrito: Tinyahuarco
 Localidades: C.C. de Racracancha

Desde Cerro de Pasco hacia Racracancha, el viaje en auto normalmente demora 1 hora y 30 minutos. El recorrido fue el siguiente:

- Cerro de Pasco → Quiulacocha, fue 20 minutos en carretera asfaltada.
- Quiulacocha → zona de Racracancha, fue 1 hora con 10 minutos por trocha.

Figura 4. Ubicación de la zona de trabajo



Geología

Las zonas del proyecto se encuentran dentro del perfil del suelo homogéneo de las eras Cenozoico y Mesozoico, y dentro de las unidades litoestratigráficas Depósito biogénico (Qh - bi) y Formación Huayllay (Np-huay3).

Depósito aluvial (Qh-al)

Constituido por grava y bloques angulosos a subangulosos, presentan matriz areno-limosa.

Depósito glacial (Qp-gl)

Compuesto por bloques y grava heterogéneas, subangulosas a subredondeadas, presentan matriz arenosa a areno-limosa.

Deposito Biogénico (Qh-bi)

Depósitos fangosos con abundante vegetación aflora en las regiones altas y lagunas. Conformado por arena, conglomerado, limo y nivel orgánico.

Litológicamente, están compuestos por arena, conglomerado limo de un ambiente continental.

Centro Volcánico Purun (Nm-pu-da)

Unidad volcánica constituida principalmente por rocas dacíticas, generadas por actividad volcánica durante el Neógeno. Presenta textura masiva y composición intermedia a ácida.

Formación Huayllay (Np-huay3)

Secuencia de areniscas y limolitas compuestas de tobas retrabajadas, intercaladas con tobas de cristales blanquecinas a amarillentas.

Litológicamente compuesta de arenisca tobácea, de un ambiente continental.

Formación Pocobamba – Miembro Racracancho (Pe-r4)

Formado por limoarcillitas rojas intercaladas con areniscas, conglomerados y tobas cristalolíticas rosadas. Hacia la parte superior la secuencia es más conglomerádica, intercalada con areniscas y limoarcillitas

Formación Celendín (Ks-ce3)

Integrada por limoarcillitas grises y amarillentas intercaladas con delgados estratos de calizas grises. Representa ambientes sedimentarios marinos de baja energía.

Formación Jumasha – Miembro 2 (Ks-j/24)

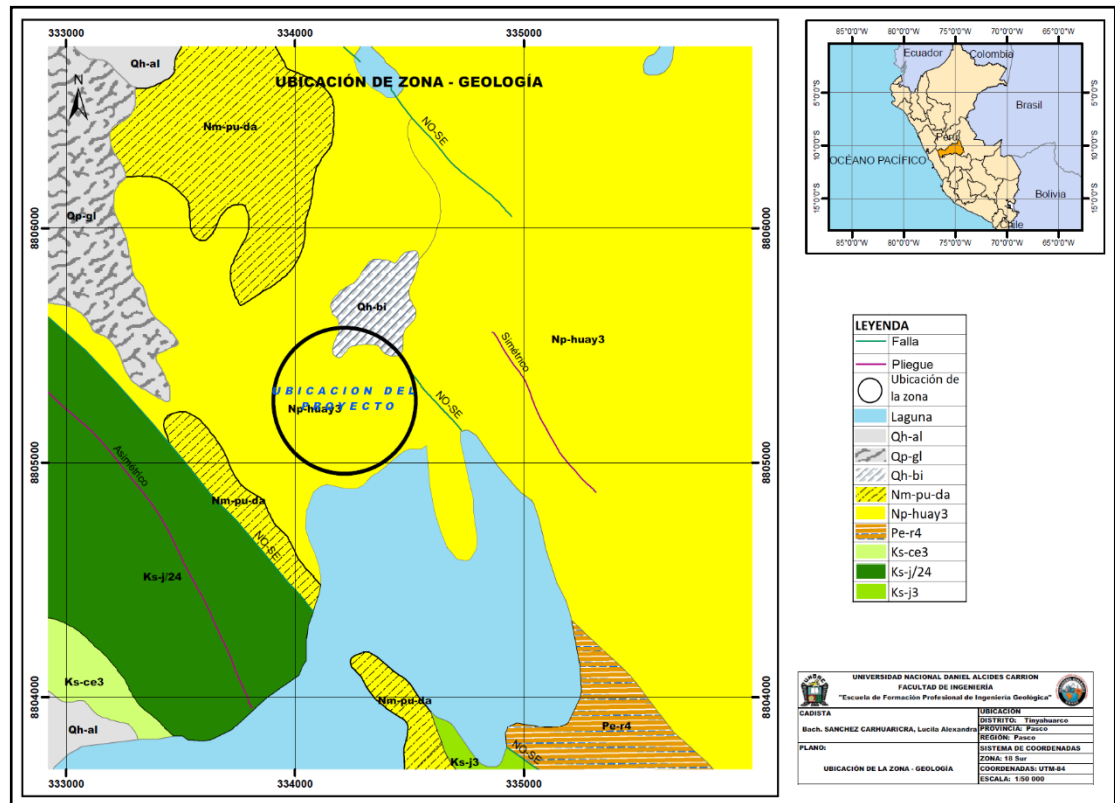
Estratos masivos de hasta 5 m de calizas mudstone a wackstone color gris a gris pardo y margas grises, al techo estratos tabulares de intercalación de margas y calizas (Secuencia marcadora).

Formación Jumasha (Ks-j3)

Caracterizada por limoarcillitas negras seguidas de calizas grises en estratos medianos que aumentan de espesor hacia la parte media. En la parte superior predominan calizas en estratos delgados.

Figura 5. Ubicación de zona del proyecto. Fuente: Carta geológica 22-K

Figura 6. Unidades litoestratigráficas de la zona.



LEYENDA							
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		DESCRIPCION	ROCAS IGNEAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos Coluviales	Qh-co	Gravas y bloques angulosos a subangulosos, presentan poca matriz arenosa		
			Depósito Biológico	Qh-bi	Arroyo, conglomerado, limo y nivel orgánico		
			Depósitos Aluviales	Qpl-al	Gravas y bloques angulosos a subangulosos, presentan matriz areno-limosa		
		PLEISTOCENA	Depósitos de Deslizamiento	Qpl-de	Bloques y gravas subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz arenosa a areno-limosa		
			Depósitos Morrenicos	Qpl-mo	Bloques y gravas heterogéneas, subangulosos a subredondeados, presentan matriz arenosa a areno-limosa		
	NEÓGENO	PLIOCENA	Formación Huayllay	Np-huay3	Secuencia de areniscas y limolitas compuestas de tobas retrabajadas, intercaladas con tobas de cristales blanquecinas a amarillentas		
		MIOCENA	Formación Milingo	Discontinuidad			Domos de Punrun Nm-pa1a Dacita
				Centro volcánico de Cochaquillo		Centro volcánico de Pariamachay	Domo de Lucuma Nm-la1a Dacita
				Nm-mi-co1a	Coladas volcánicas andesíticas con disyunción columnar	Nm-mi-pa1a Tobas de cristales y cristalolíticas	Domo de Cachaquito Nm-co1a Andesita
				Nm-mi-co1b	Conglomerados y areniscas conglomeráticas intercaladas con brechas y coladas volcánicas		Stock y diques de Ragra Pucará Nm-rp1a Diorita-Dacita
					Stock de Churamachay Nm-ch1a1g1 Diorita-Granodiorita		
					Stock de Chagapata Nm-ch1g1 Granito-Granodiorita		

Geomorfología

Corresponde a la formación de Vertiente glacial o de gelifracción (V-gl)

Vertiente glacial o de gelifracción (V-gl)

Las rocas de la vertiente presentan rotura de la roca (efecto palanca), como consecuencia de las tensiones que soporta al congelarse el agua contenida en sus

diaclasas, discontinuidades mineralógicas etc.

Figura 7. Geomorfología del proyecto. Fuente Geocatmin.

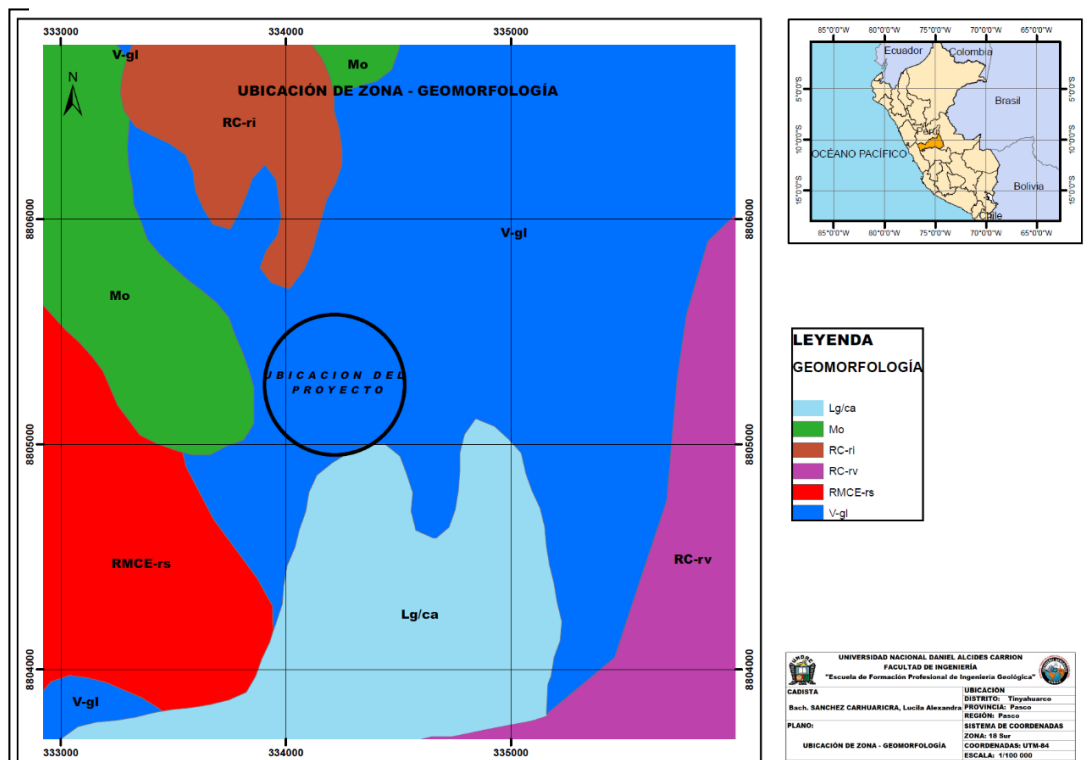
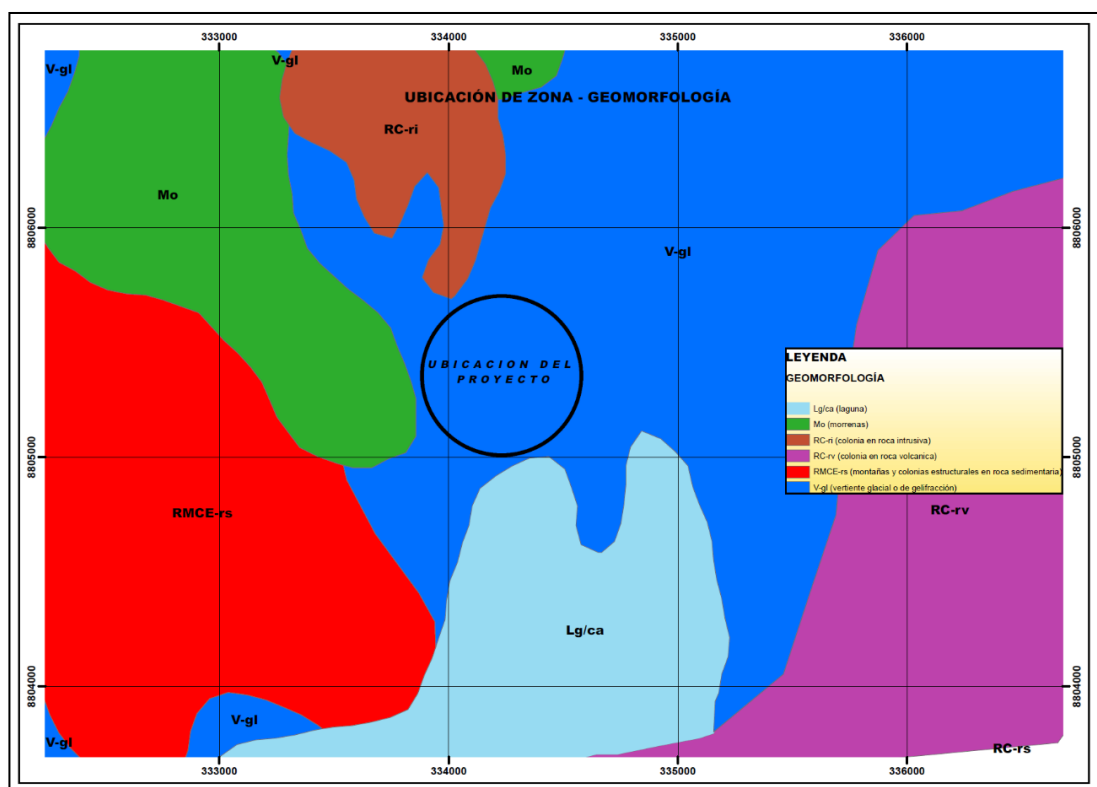


Figura 8. Geomorfología del proyecto y su descripción. Fuente Geocatmin



Geodinámica

En general en la zona del estudio los fenómenos geodinámicos son frecuentes de moderada envergadura, debido básicamente a que anualmente en periodos de lluvias se producen desplazamientos de masas, los mismos que afectan el correcto funcionamiento del drenaje.

A continuación, se describen los fenómenos de Geodinámica Externa que ocurren en esta zona del proyecto:

Caídas de rocas

El fenómeno de caída o desprendimiento de rocas depende principalmente de la composición, presencia de discontinuidades en las rocas; pendiente, efectos climáticos y sobre fracturamiento por voladura.

En la cuenca del río Blanco, se producen caídas de rocas principalmente en rocas volcanosedimentarias del Formación Huayllay. En la mayoría de los casos, los desprendimientos de rocas se producen donde los sistemas o familias de diaclasas ayudados por procesos avanzados de disyunción y exfoliación, dejan numerosos bloques suspendidos, fáciles de desprenderse ante la menor incentivación sísmica.

Derrumbes

Son fenómenos aislados en la zona del proyecto, producidos por los desplazamientos de alguna masa de suelo, roca o mezcla de ambos, provenientes del talud superior de una obra, debidos básicamente a falta de cohesión de los materiales conforantes que caen sobre la obra en cantidades relativamente pequeñas o medianas.

En el área de estudio, los derrumbes tienen una amplia distribución a lo largo del río Blanco y de sus principales afluentes. Se ha registrado 35 ocurrencias de derrumbes, principalmente en la parte alta y media de la cuenca del río Blanco. La mayoría de ellos ocurre en afloramientos de rocas volcano-sedimentarias del Formación Huayllay en sectores con fuerte pendiente y moderada a alta meteorización, por erosión pluvial.

Deslizamientos

Los deslizamientos constituyen las formas de remoción en masa en las que volúmenes de dimensión considerable o pequeña de suelo y/o roca, se desprenden y deslizan pendiente abajo, como una sola unidad (o en forma escalonada), de forma lenta o rápida (reacción violenta), a lo largo de una o varias superficies o planos de deslizamiento.

En la zona de estudio son poco frecuentes y se localizan en la zona alta, sobre depósitos cuaternarios fluvio-glaciares y rocas volcánico-sedimentarias de la Formación Huayllay. Se trata de antiguos deslizamientos reactivados por la construcción de trochas carrozables de acceso, precipitaciones pluviales y filtraciones de agua de riego en laderas de fuerte pendiente; hoy inactivos y estabilizados por la vegetación.

Erosión de laderas

Erosión en surcos, cárcavas o laminar, ocasionada por fuertes lluvias, litología propensa a la erosión (depósitos superficiales, rocas alteradas y/o fracturadas).

Los problemas o daños principales que origina tienen que ver principalmente con pérdidas de suelos para la agricultura, erosión de áreas cultivadas, erosión de terraplenes en trochas de carreteras. Están asociados frecuentemente a la ocurrencia de otros procesos de remoción en masa como derrumbes, deslizamientos y flujos.

En la zona de estudio se puede observar procesos de erosión de laderas, ligados a la Formación Huayllay, especialmente en áreas de fuerte pendiente, a ambos márgenes de los ríos formadores del río Blanco.

Erosión fluvial

Es la erosión de riberas a lo largo de los márgenes de ríos principales o tributarios. Para su ocurrencia intervienen: La pendiente y ancho del cauce fluvial. Los cambios estacionales y climáticos en relación con la dinámica del río. Pueden dañar: puentes, badenes, plataformas de carreteras, trochas, terrenos de cultivo, pastos naturales y áreas pobladas ubicadas en los márgenes de los ríos. Las áreas sujetas a erosión fluvial, en la cuenca del río Blanco, están localizadas en las riberas del río Blanco y

sus ríos tributarios.

En el capítulo I, artículo 4, Ítem 4.4. la norma E050 indica que no toma en cuenta los efectos de los fenómenos de geodinámica externa y no se aplica en los casos que haya evidencia y presunción de la existencia de ruinas arqueológicas; galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial. En ambos casos deben efectuarse estudios específicamente orientados a confirmar y solucionar dichos problemas por un profesional competente de especialidad diferente del PR, pudiendo ser arqueólogo o geólogo.

Sismicidad

Las vibraciones producidas por un sismo se transmiten a partir de su origen a través de las rocas de la corteza terrestre. En un lugar específico, las vibraciones que llegan al basamento rocoso son a su vez transmitidas hacia la superficie a través de los suelos existentes en el lugar. Las vibraciones sufren variaciones al ser transmitidas a lo largo de las trayectorias recorridas, llegando a la superficie con características que dependen no sólo de las que tenían en su origen, sino también de la trayectoria seguida a lo largo de la corteza terrestre y de las propiedades de los suelos que existen en el lugar. El suelo en estudio se encuentra en la Zona 3, según el mapa de Zonificación Sísmica del Perú, de acuerdo con las Normas de diseño sismo resistente del Reglamento Nacional de Construcción (E.030, 2016), la fuerza sísmica horizontal se puede calcular de acuerdo con la siguiente relación:

$$H = \frac{Z U C S}{R} P$$

Donde:

Z = Factor de zona (zona 3) = 0.35

U = Factor de uso = 1.0

$$C = \text{Factor de amplificación sísmica} = C = 2.5 \left(\frac{T_s}{T} \right)^{1.25} \leq 2.5$$

$$S = \text{Factor de suelo (suelo intermedio S2)} = 1.20$$

Estos valores serán tomados por el estructurista para los 9 puntos de exploración (calicatas), considerando que son Suelos de tipo S2 (suelos intermedios), según los registros de exploración realizadas.

4.2.2. Trabajos realizados

Trabajos realizados

Según la Norma Técnica de Edificaciones E-050, se realizó 09 sondeos (ver Fotos 2, 4, 7, 11, 14, 16, 19, 22 y 25) respectivamente en el área de estudio. Los sondajes fueron realizados mediante el sistema de calicata excavada con herramientas manuales hasta una profundidad máxima de 3.00 m.

Determinación de la profundidad de los puntos de exploración

El tipo de estructura a plantear es de una edificación sin sótano con cimentaciones superficiales, lo cual según el artículo 15.3.2. ítem c (norma E050) se toma en cuenta la siguiente fórmula:

$$P = D_f + Z$$

Donde:

P = profundidad de la excavación.

D_f = altura de desplante

B = ancho de la cimentación mínima

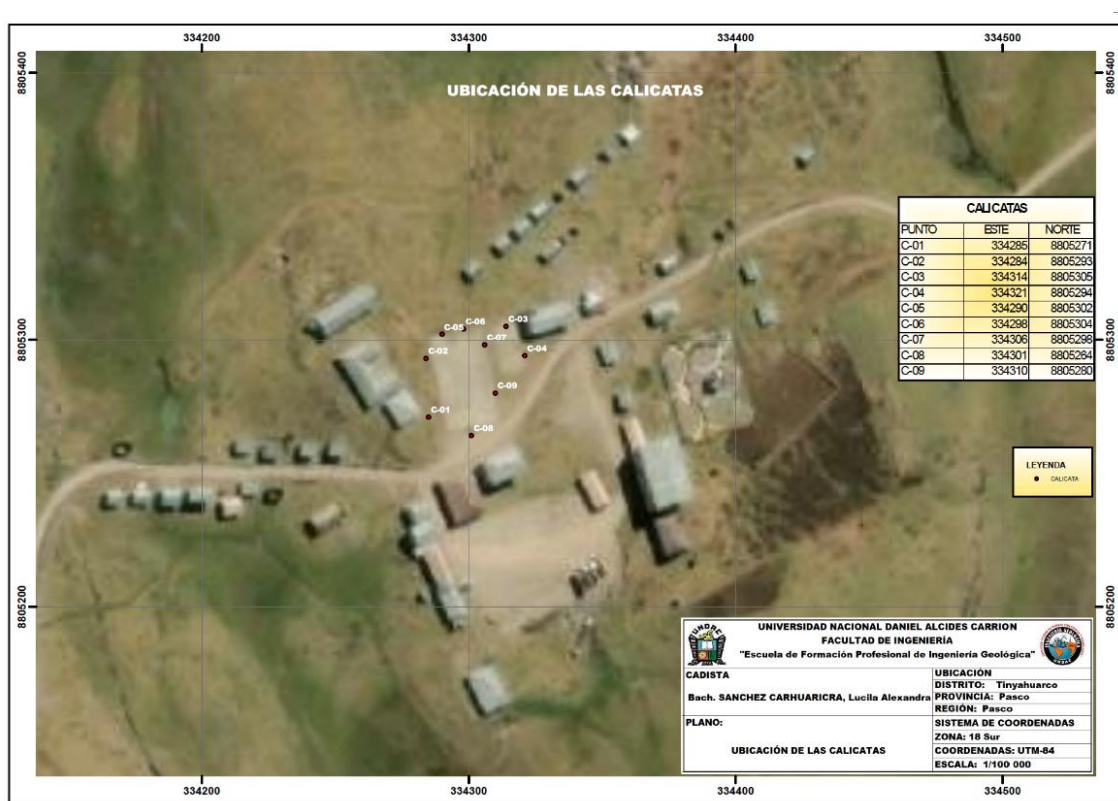
$$Z = 1.5B$$

Siguiendo esta relación para los valores preliminares propuestos en campo de: D_f=1.50m y B=1.00m se llegó a la conclusión que la profundidad de excavación para la presente calicata es de 3.00m.

Registros de calicatas y muestras de suelo

En las perforaciones se registró el perfil del suelo cuidadosamente y se clasificaron visualmente los estratos de acuerdo con la Norma Técnica de Edificaciones E-050 y las Normas NTP 339.162, NTP39.134 y NTP 339.150, extrayéndose muestras representativas en los suelos (ver Fotos 3, 5, 9, 12,15, 18, 21, 24 y 27) las cuales fueron debidamente protegidas y fueron remitidas al laboratorio para su análisis.

Figura 9. Ubicación de las calicatas.



4.2.3. Perfil estratigráfico del suelo

Dentro del perfil del suelo se aprecia la presencia de bolsas desmontes hasta 0.30m seguida de los estratos estudiados de acuerdo con las exploraciones realizadas. A continuación, se describen los perfiles estratigráficos encontrados: El material residual llega hasta profundidad de 0.30 m. Dada la naturaleza de este tipo de material eólico su profundidad puede variar respecto a lo encontrado en las perforaciones. Estos materiales inadecuados deben ser removidos, hasta llegar al suelo natural antes de iniciar las obras tal como lo indica la Norma Técnica de Edificaciones E.050, Suelos

y Cimentaciones (Capítulo 4, Artículo 19).

Anexo 1. Perfil estratigráfico del suelo

CALICATA	PROF.	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
C-1	0.20m	Suelo orgánico	PT	
	3.00m	Suelos de grano fino. Limos y arcillas. Limo arenoso con grava, cementación alta, color marrón oscuro. Cantidad de grava 23.00%, cantidad de arena 26.99%, cantidad de limos y arcilla 50.01%, con humedad natural de 3.60%. Presencia de clastos angulosos de diámetro mayores a 10".	ML	A-4
	0.20m	Suelo orgánico	PT	
C-2	3.00m	Suelos de grano grueso. Gravitas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color gris. Cantidad de grava 50.51%, cantidad de arena 36.29%, cantidad de limos y arcilla 13.20%, con humedad natural de 2.03%. Presencia de rocas suelta y cantos rodados menores a 12".	GM	A-1-a
C-3	0.20m	Suelo orgánico	PT	
	3.00m	Suelos de grano grueso. Arenas limpias. Arena mal graduada con grava, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 30.33%, cantidad de arena 67.69%, cantidad de limos y arcilla 1.98%, con humedad natural de 0.33%. Presencia de cantos rodados con diámetros mayores a 10".	SP	A-1-b
C-4	0.30m	Suelo orgánico	PT	
	3.00m	Suelos de grano grueso. Gravitas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 42.94%, cantidad de arena 33.60%, cantidad de limos y arcilla 23.46%, con humedad natural de 6.06%.	GM	A-1-b
C-5	0.20m	Suelo orgánico	PT	
	3.00m	Suelos de grano grueso. Nomenclatura con símbolo doble. Grava bien graduada con limo y arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 55.58%, cantidad de arena 38.55%, cantidad de limos y arcilla 5.87%, con humedad natural de 5.08%.	GW-GM	A-1-a
C-6	0.20m	Suelo orgánico	PT	
	3.00m	Suelos de grano grueso. Arena con finos. Arena limosa con grava, cementación alta, color marrón oscuro. Cantidad de grava 30.58%, cantidad de arena 36.67%, cantidad de limos y arcilla 32.75%, con humedad natural de 16.82%.	SM	A-2-4
	0.30m	Suelo orgánico	PT	

C-7	3.00m	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 49.11%, cantidad de arena 30.87%, cantidad de limos y arcilla 20.02%, con humedad natural de 8.00%. Presencia de cantos rodados.	GM	A-1-b
C-8	0.20m	Suelo orgánico	PT	
	3.00m	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color rojizo. Cantidad de grava 48.73%, cantidad de arena 32.52%, cantidad de limos y arcilla 18.75%, con humedad natural de 9.94%. Presencia de cantos rodados.	GM	A-1-b
C-9	0.20m	Suelo orgánico	PT	
	3.00m	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 44.97%, cantidad de arena 39.31%, cantidad de limos y arcilla 15.72%, con humedad natural de 2.45%. Presencia de cantos rodados.	GM	A-1-b

La documentación detallada de cada uno de estos resúmenes se encuentra en los anexos (ver Fotos 3, 5, 9, 12,15, 18, 21, 24 y 27), que serán tomados en cuenta por el estructurista para proponer diseños.

4.2.4. Ensayos de laboratorio y resultados

En el laboratorio se verifico la clasificación visual de las muestras y se procedió a ejecutar con ellas:

- Ensayo de peso específico NTP 400.022
- Análisis Granulométrico NTP 339.128
- Límites de Atterberg NTP 339.129
- Humedad NTP 339.127
- Corte Directo NTP 339.171

Los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas se presentan en la Tabla 2 y 5; asimismo, se detallan y describen en el Anexo 4. “Ensayo de laboratorio y memoria de cálculo” respecto a las calicatas (C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-8 y C-9). Se tomaron en cuenta únicamente estos ensayos, debido a que estos datos son suficientes para realizar todos los cálculos para el presente estudio.

Después de realizados los ensayos de laboratorio se procedió a comparar los resultados con las características de los suelos obtenidos en el campo, efectuándose las compatibilizaciones correspondientes en los casos que fueron necesarios. Así se llegó a los siguientes resultados físicos y mecánicos:

Tabla 2. Resultados

PUNTO	GRANULOMETRÍA			LÍMITES DE ATTERBERG			HUM.	CLASIFICACIÓN	
	GRAVAS	ARENAS	FINOS	LL	LP	IP		SUCS	AASHTO
C-1	23.00 %	26.99 %	50.01 %	NP	NP	NP	3.60%	ML	A-4
C-2	50.51 %	36.29 %	13.20 %	NP	NP	NP	2.03%	GM	A-1-a
C-3	30.33 %	67.69 %	1.98 %	NP	NP	NP	0.33%	SP	A-1-b
C-4	42.94 %	33.60 %	23.46 %	12.01 %	8.27 %	3.74 %	6.06%	GM	A-1-b
C-5	55.58 %	38.55 %	5.87 %	NP	NP	NP	5.08%	GW-GM	A-1-a
C-6	30.58 %	36.67 %	32.75 %	NP	NP	NP	16.82%	SM	A-2-4
C-7	49.11 %	30.87 %	20.02 %	NP	NP	NP	8.00%	GM	A-1-b
C-8	48.73 %	32.52 %	18.75 %	NP	NP	NP	9.94%	GM	A-1-b
C-9	44.97 %	39.31 %	15.72 %	NP	NP	NP	2.45%	GM	A-1-b

Tabla 3. Resultados (y análisis)

	SUELO PROMEDIO		
	GRAVAS	ARENAS	FINOS
PROMEDIO	41.75	38.05	20.20
DESVIACION ESTANDAR	11.12	11.78	14.43
MAXIMO	55.58	67.69	50.01
MINIMO	23.00	26.99	1.98
MEDIANA	44.97	36.29	18.75
COEFICIENTE DE VARIACION	26.6%	30.9%	71.4%

Tabla 4. Resultados (y análisis)

HUMEDAD	
PROMEDIO	6.03%
DESVIACION ESTANDAR	5%
MAXIMO	16.82%
MINIMO	0.33%
MEDIANA	5.08%
COEFICIENTE DE VARIACION	83.6%

De los resultados mostrados, se observa que la cantidad de grava tiene como promedio 41.75% con una desviación estándar de 11.12%, la cantidad de arena tiene como promedio 38.05% con una desviación estándar de 11.78% y la cantidad de finos

con un promedio de 20.20% con una desviación estándar de 14.43%. Estos valores de desviación estándar indican que los suelos varían considerablemente en su composición entre las diferentes muestras.

También, se puede observar que en promedio la zona cuenta con una humedad de 6.03% con una desviación estándar de 5.05%. Este valor indica que los valores de humedad tienen mucha variabilidad de las muestras.

Tabla 5. Resultados

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DE LOS SUELOS					
PUNTO	CLASIFICACIÓN		PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	CORTE DIRECTO	
	SUCS	AASHTO		ϕ	C
C-1	ML	A-4	1.51 gr/cm ³	19.78°	0.163 kg/cm ²
C-2	GM	A-1-a	1.80 gr/cm ³	30.59°	0.053 kg/cm ²
C-3	SP	A-1-b	1.78 gr/cm ³	24.94°	0.025 kg/cm ²
C-4	GM	A-1-b	1.91 gr/cm ³	30.57°	0.100 kg/cm ²
C-5	GW-GM	A-1-a	1.92 gr/cm ³	28.99°	0.084 kg/cm ²
C-6	SM	A-2-4	1.74 gr/cm ³	25.85°	0.037 kg/cm ²
C-7	GM	A-1-b	1.92 gr/cm ³	30.58°	0.093 kg/cm ²
C-8	GM	A-1-b	1.91 gr/cm ³	30.14°	0.109 kg/cm ²
C-9	GM	A-1-b	1.91 gr/cm ³	30.74°	0.036 kg/cm ²

Tabla 6. Resultados (y análisis)

PESO ESPECIFICO	
PROMEDIO	1.82222222
DESVIACION ESTANDAR	0.13636145
MAXIMO	1.92
MINIMO	1.51
MEDIANA	1.91
COEFICIENTE DE VARIACION	7.5%

Tabla 7. Resultados (y análisis)

ANGULO DE FRICCION INTERNA	
PROMEDIO	28.0244
DESVIACION ESTANDAR	3.78825
MAXIMO	30.78
MINIMO	19.78
MEDIANA	30.14
COEFICIENTE DE VARIACION	13.5%

Tabla 8. Resultados (y análisis)

COHESIÓN	
PROMEDIO	0.07777778
DESVIACION ESTANDAR	0.04445441
MAXIMO	0.163
MINIMO	0.025
MEDIANA	0.084
COEFICIENTE DE VARIACION	57.2%

Por otro lado, el promedio del peso específico de los suelos tiene como valor 1.82 gr/cm³ con una desviación estándar de 0.14gr/cm³. También, el ángulo de fricción interna y la cohesión presentan promedios de 28.02° y 0.08 kg/cm² respectivamente y desviaciones estándar de 3.79° y 0.04kg/cm² respectivamente. Este valor indica que los valores de peso específico, ángulo de fricción y la cohesión tienen mucha variabilidad de las muestras.

4.2.5. Análisis de la cimentación

El análisis del perfil del suelo encontrado permite recomendar las siguientes alternativas de cimentación para todos los puntos de investigación:

- Cimiento corrido de concreto armado
- Zapata cuadrada de concreto armado

Profundidad de cimentación

Teniendo en cuenta las características de las estructuras y el perfil del suelo encontrado, se recomienda: Cimiento Corrido de Concreto Armado y/o Zapatas Cuadradas de Concreto Armado con una profundidad de cimentación mínima de 1.50 m con respecto al nivel de piso terminado, en nuestro caso, de las mediciones realizadas en todas las calicatas, de acuerdo con las condiciones topográficas para proporcionar a la cimentación un confinamiento adecuado. Si al llegar a esa profundidad no se ha penetrado 0.20m en el suelo gravoso, se continuará excavando hasta penetrar 0.20 m en ella.

Presión admisible

La capacidad de carga de una zapata cimentada sobre suelo está dada por:

$$q\mu = 1.3c'NC + qNq + 0.4\gamma BN\gamma \quad (\text{Cimentación cuadrada})$$

$$q\mu = c'NC + qNq + 0.5\gamma BN\gamma \quad (\text{Cimentación rectangular o continua}) \text{ Donde:}$$

Df : Profundidad de Cimentación en m.

B : Ancho de la Cimentación en m.

c' : Cohesión del Suelo

γ : Peso Específico del Suelo

Φ' : Ángulo de Fricción Interna del Suelo

F.S. : Factor de Seguridad

Nc, Nq, Ny : Factores de Capacidad de carga de Terzaghi

Tomando en cuenta los datos de laboratorio, se consideran los siguientes datos y desarrollaremos la capacidad portante del suelo.

Tabla 9. Factores de capacidad con los datos de laboratorio

PUNTO	CLASIFICACIÓN		CIMENTACIÓN	
	SUCS	AASHTO	CORRIDA	CUADRADA
C-1	ML	A-4	0.65 kg/cm ²	0.85 kg/cm ²
C-2	GM	A-1-a	2.35 kg/cm ²	3.42 kg/cm ²
C-3	SP	A-1-b	1.18 kg/cm ²	1.64 kg/cm ²
C-4	GM	A-1-b	2.58 kg/cm ²	3.70 kg/cm ²
C-5	GW-GM	A-1-a	2.13 kg/cm ²	3.01 kg/cm ²
C-6	SM	A-2-4	1.07 kg/cm ²	1.47 kg/cm ²
C-7	GM	A-1-b	2.59 kg/cm ²	3.71 kg/cm ²
C-8	GM	A-1-b	2.47 kg/cm ²	3.55 kg/cm ²
C-9	GM	A-1-b	2.57 kg/cm ²	3.67 kg/cm ²

Según los recuadros analizados es recomendable cimentar a una profundidad de desplante (Df) = 1.50 m, para lo cual se puede trabajar con una capacidad portante admisible de 0.85 kg/cm² (CASO ESTÁTICO).

Asentamientos

En el caso de la platea se adoptará el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a L/500. Donde L es el ancho de la zapata, de acuerdo a Terzaghi y Peck (1967).

Para determinar el asentamiento de la cimentación sobre material granular se ha utilizado el método elástico para el cálculo de asentamientos inmediatos mediante

la siguiente relación:

$$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) I_f}{E_s}$$

$$I_f = \frac{\sqrt{\frac{L}{B}}}{B_z}$$

Donde:

Si : Asentamiento producido en cm

u: Coeficiente de Poisson

If: Factor de forma (cm/m)

Es : Módulo de elasticidad (t/m²)

qad: Capacidad admisible (t/m²)

B: Ancho de la cimentación

L: Longitud de la cimentación

Bz: Parámetro en función de las dimensiones de la cimentación

Si; Df=B se considerara 75% del asentamiento

Si; Df>B se considerara 50% del asentamiento

A continuación, se muestra el análisis de asentamientos:

Tabla 10. Análisis de asentamientos.

PUNTO	CLASIFICACIÓN		ASENTAMIENTO	
	SUCS	AASHTO	CORRIDA	CUADRADA
C-1	ML	A-4	0.02 cm	0.08 cm
C-2	GM	A-1-a	0.01 cm	0.06 cm
C-3	SP	A-1-b	0.03 cm	0.16 cm
C-4	GM	A-1-b	0.02 cm	0.11 cm
C-5	GW-GM	A-1-a	0.02 cm	0.09 cm
C-6	SM	A-2-4	0.02 cm	0.12 cm
C-7	GM	A-1-b	0.02 cm	0.11 cm
C-8	GM	A-1-b	0.02 cm	0.12 cm
C-9	GM	A-1-b	0.02 cm	0.11 cm

Distorsión angular

Según el artículo 19.1. de la norma E-050 la distorsión angular no debe ser ocasionada mayor a los valores establecidos de acuerdo a la presente tabla:

Tabla 11. Valores de la distorsión angular. Norma E-050

DISTORSIÓN ANGULAR = α	
$\alpha = \delta/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1,20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

Para el presente estudio el límite seguro que se recomienda según la tabla anterior es de 1/500 o 0.002.

La relación máxima se calculó para un valor máximo de luz más larga de separación entre columnas de 5.50m y tomando en cuenta el asentamiento diferencial más crítico entre columnas de 0.0011cm, lo cual se encuentra dentro del límite de rango permisible.

Plano de cimentación

Se presenta el plano de la cimentación más adecuada para el presente proyecto que garantice la estabilidad y seguridad de la infraestructura, asimismo se muestra el detalle de la zapata en vistas de planta y corte.

Figura 11. Plano de cimentación de la infraestructura deportiva

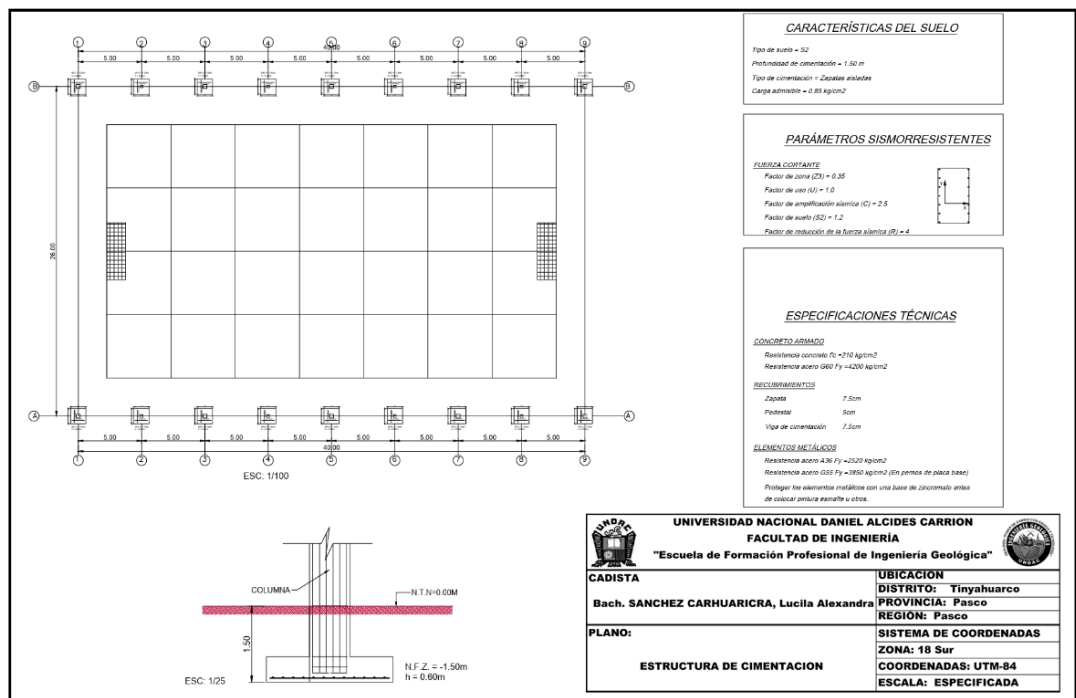


Figura 10. Detalle de zapata - vista en corte

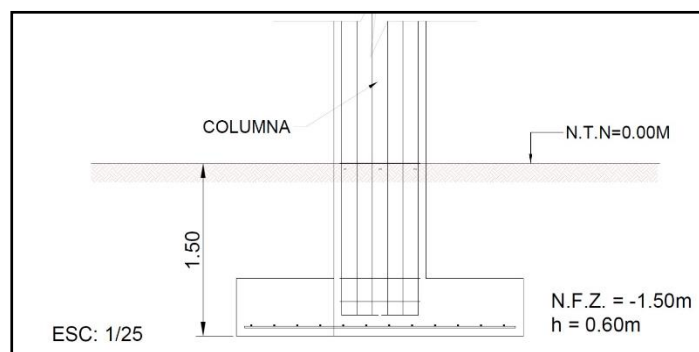
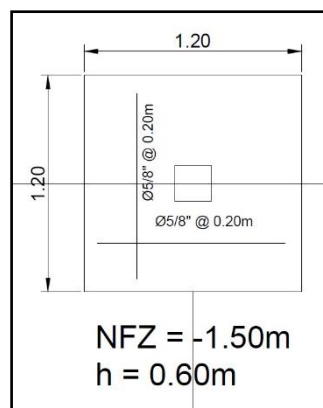


Figura 12. Detalle de zapata - vista en planta



4.2.6. Nivel de napa freática

La ubicación de la Napa Freática es función de la época del año en la que se realice la investigación de campo, así como de las variaciones naturales de los sistemas de lluvia que abastecen los estratos acuíferos.

En la zona comprendida en el estudio se ha detectado la Napa Freática sólo en el punto C-6 a una altura de 1.10m sobre el nivel natural del suelo (Foto 17), luego los demás puntos no se encontraron nivel freático a la profundidad 3.00m investigada en las calicatas, en abril del 2022 fecha en la que se realizó la investigación de (ver Fotos 8, 13, 20, 23 y 26).

4.2.7. Coeficiente de Balasto

La deformación de un suelo depende su coeficiente de compresibilidad. Los suelos no se comportan elásticamente, su comportamiento es viscoelástico, por lo tanto; un suelo real no tiene el comportamiento de un material elástico. Sin embargo, es práctica usual diseñar las plateas de cimentación modelando el suelo mediante una cama de resortes, por lo que de acuerdo con lo solicitado se presenta el valor del coeficiente de balasto K_s ; el valor K_s se calcula a partir de la ecuación propuesta por Vesic (1961).

$$K_s = \frac{0,65}{B} \sqrt{\frac{E_s B^4}{E_f I_f}} \frac{E_s}{1 - \mu^2}$$

Dónde:

k_s = coeficiente de balasto.

E_s = módulo de elasticidad del suelo

B = ancho de la cimentación

I_f = momento de inercia de la cimentación.

E_f = módulo de elasticidad del material de la cimentación

μ = coeficiente de Poisson

Para nuestro caso, utilizamos la ficha elaborada por Jorge Aragón Fiterá.

Tabla 12. Coeficiente de Balasto. Valores orientativos para placa de carga de 30x30 cm² (J. Aragón, 2006)

COEFICIENTE DE BALASTO Valores orientativos para placa de carga de 30x30cm ² (K30).			
Clases de suelo		(K/cm¹)	
Suelo ligero de turba y pantanoso	0.5 - 1.0		
Suelo pesado de turba y pantanoso	1.0 - 1.5		
Arena fina de densa o playa	1.0 - 1.5		
Arena fina seca	1.0 - 1.3		
Arena fina húmeda	0.6 - 1.6		
Arena media seca	3.0 - 9.0		
Arena media húmeda	2.0 - 8.0		
Arena compacta seca	9.0 - 20.0		
Arena compacta húmeda	7.0 - 13.0		
Capa de humus, arena y grava	1.0 - 2.0		
Arcilla mojada	2.0 - 3.0		
Arcilla húmeda	4.0 - 5.0		
Arcilla seca	6.0 - 8.0		
Arcilla seca dura	> 16.0		
Margas arcillosas	20.0 - 40.0		
		Clases de suelo	(K/cm¹)
		Humes firmemente estratificado con arenas y cocas piedras	8.0 - 10.0
		Humes firmemente estratificado, con arenay muchas piedras	10.0 - 12.0
		Gravita arenosa fina	4.0 - 8.0
		Gravita arenosa compacta	9.0 - 25.0
		Grava fina con mucha arena fina	8.0 - 10.0
		Grava media con arena fina	10.0 - 12.0
		Grava media con arena gruesa	12.0 - 15.0
		Grava gruesa con arena gruesa	15.0 - 20.0
		Grava gruesa con poca arena	15.0 - 20.0
		Rocas blandas o algo alteradas	>30.0
		Rocas sanas	>500.0
UNIDADES: 1 K/cm ¹ = 10 ⁵ T/m ² = 10 ⁶ kN/m ²			

Luego el coeficiente de balasto recomendado es:

$$K = 4 \text{ kg/cm}^3$$

4.3. Prueba de Hipótesis

La hipótesis general menciona que las propiedades mecánicas de los suelos influyen en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas.

De acuerdo con los resultados de laboratorio obtenidos, se observó que el suelo ML tiene un peso específico de 1.51kg/cm², ángulo de fricción interna de 19.78° y cohesión de 0.163 kg/cm². Con estos valores se obtuvo, de forma óptima, una cimentación corrida de 0.70m de ancho y una zapata cuadrada de 1.20m de ancho.

Por otro lado, los suelos GM , tienen valores muy similares con promedios del peso específico de 1.89 kg/cm², ángulo de fricción interna de 30.52° y cohesión de 0.078 kg/cm². Con estos valores se obtuvo, de forma óptima, una cimentación corrida de 0.60m de ancho y una zapata cuadrada de 1.10m de ancho.

Entonces podemos afirmar que las propiedades de un suelo si influyen en el

diseño de las cimentaciones.

En adición, en la hipótesis específica se menciona que las propiedades del suelo influyen en la capacidad de carga del suelo, el cuál queda demostrado por que los suelos ML tienen menor capacidad portante que un suelo GM y SP.

4.4. Discusión de resultados

En nuestro estudio se muestran asentamientos muy reducidos en todos los puntos evaluados, tanto para cimentación corrida como cuadrada, oscilando entre 0.01 cm y 0.16 cm. Esta magnitud de asentamientos es típica de suelos granulares o de suelos con adecuada capacidad portante y baja compresibilidad.

Los suelos clasificados según SUCS se distribuyen entre grupos predominantemente granulares: GM, GW-GM, SP y SM, además de un punto con suelo fino ML. Según AASHTO, predomina la clasificación A-1-a y A-1-b, ambas características de suelos granulares de buena calidad para estructuras civiles, y solo un punto presenta clasificación A-4, asociada a suelos limosos de menor capacidad de carga. Estos resultados son coherentes con los asentamientos obtenidos:

- Suelos granulares → asentamientos pequeños (0.01–0.12 cm).
- Suelos de tipo fino (ML, A-4) → asentamientos ligeramente mayores (0.02–0.16 cm).

En la calicata C-3 (SP – A-1-b) se observa el mayor asentamiento en cimentación cuadrada (0.16 cm). Ello coincide con la naturaleza de las arenas mal graduadas (SP), que tienen una estructura suelta y mayor susceptibilidad a deformarse.

Las calicatas C-2, C-4, C-7, C-8 y C-9, clasificados como GM y A-1-b, mantienen asentamientos muy uniformes (0.01–0.12 cm), lo cual es característico de los gravas limo-arenosas, suelos que tienen un comportamiento más estable y buena capacidad de carga para cimentaciones superficiales.

Fernández (2015) identificó suelos predominantemente finos (CL, SC), con ca-

capacidades portantes entre 0.67 a 1.58 kg/cm² (SPT) y 1.11 a 1.41 kg/cm² (Corte Directo). Son suelos que presentan mayores deformaciones y menor rigidez, por tener partículas arcillosas. En nuestra investigación se tuvo asentamientos extremadamente bajos (0.01–0.16 cm), en contraste de los suelos arcillosos de Fernández (2015), que tienen asentamientos mayores. Esto se debe al tamaño de las partículas del estudio de Fernández (2015), que son suelos finos y que tienen plasticidad y alta (CL, SC) compresibilidad, mientras que en nuestro estudio los suelos son granulares (GM, SP, GW-GM, SM) y tienen baja compresibilidad.

Los suelos evaluados en esta investigación son de mejor calidad para cimentaciones superficiales que los suelos estudiados por Fernández (2015).

Santos y Olivera (2024) identificaron suelos GP y SM, parecidos a los suelos de la calicata C-6 (SM), con capacidades de carga de 2.53 kg/cm², 2.60 kg/cm² y 1.14 kg/cm², valores típicos de suelos granulares densos. En nuestra investigación también se encontró suelos granulares con capacidad de carga similares y que tienen bajos asentamientos.

Santos y Olivera (2024), precisan que la capacidad de carga de esos suelos es elevada, lo que nos indica que son suelos de mayor densidad o mejor graduación.

En esta investigación, los asentamientos bajos nos permiten afirmar que las capacidades admisibles son parecidos a las mencionadas por Santos y Olivera (2024).

Frente a Santos y Olivera (2024): Los resultados se alinean con su hallazgo de alta capacidad de carga y baja compresibilidad en suelos granulares.

Los valores de desviación estándar indican que las muestras varían en sus propiedades físicas y mecánicas considerablemente y esto, a su vez, indica que el suelo es heterogéneo.

CONCLUSIONES

En el estudio se demostró que las propiedades mecánicas como la cohesión y el ángulo de fricción interna de los suelos influyen directamente en el diseño de cimentaciones en infraestructura deportiva. Además, los resultados de las capacidades portantes demuestran que el uso de cimentaciones superficiales como las zapatas y cimientos corridos garantizan la estabilidad y seguridad de las estructuras.

Se identificaron y describieron de las propiedades mecánicas del suelo cohesión, ángulo de fricción y peso unitario, las cuales permitieron hallar la capacidad portante; así como las propiedades físicas (granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad) que sirvieron para la clasificación del suelo, para ayudar en la comprensión del suelo y complementar el análisis.

De acuerdo con los resultados de las capacidades portantes de los suelos obtenidos, se observó que las zapatas cuadradas y cimientos corridas son adecuadas para infraestructura deportiva en Racracancho. Sin embargo, con las zapatas cuadradas se obtienen las mayores capacidades portantes y por lo tanto las cimentaciones más óptimas.

RECOMENDACIONES

Utilizar cimentaciones superficiales, particularmente zapatas cuadradas, dado que los asentamientos obtenidos son mínimos y los suelos granulares poseen la rigidez adecuada para soportar cargas estructurales de edificaciones deportivas.

En el punto C-3 (SP) se recomienda realizar un mejoramiento local del suelo, mediante compactación profunda, vibrocompactación o reemplazo granular, con el fin de reducir el riesgo de asentamientos diferenciales y mejorar la densidad relativa del terreno.

Implementar un control geotécnico de compactación durante la fase de construcción, a fin de garantizar que la estructura se apoye sobre un suelo con características uniformes y suficientes.

Para el diseño definitivo de cimentaciones, se sugiere realizar ensayos complementarios, como:

- Ensayo de capacidad de carga mediante placa de carga,
- Ensayos SPT adicionales,
- Ensayos triaxiales o corte directo en muestras representativas.

Esto permitirá ajustar con mayor precisión los parámetros de diseño geotécnico.

Debido a que los suelos granulares pueden verse afectados por la humedad y el nivel freático, se recomienda implementar drenajes perimetrales y sistemas de evacuación de aguas que eviten saturaciones que puedan disminuir la capacidad portante.

Para las infraestructuras deportivas, donde las cargas pueden ser dinámicas (tránsito, vibración), se sugiere verificar la respuesta dinámica del suelo, especialmente en zonas donde predominan las arenas mal gradadas (SP) o arenas limosas (SM).

Mantener un monitoreo geotécnico post-construcción, especialmente durante los primeros seis meses, para detectar asentamientos diferenciales potenciales, aunque se estima que estos serán mínimos dadas las características del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto, A., Pérez, J., & Gómez, L. (2013). *Evaluación comparativa de la capacidad de carga en cimentaciones profundas: fórmulas analíticas y ensayos de carga* [Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI.
- Simancas, J. (1999). *Capacidad de carga en cimentaciones superficiales* [Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI.
- Mata Lemus, R. D. (2015). Efectos de la acción sísmica en edificaciones regulares de concreto armado considerando la interacción suelo-estructura de manera explícita para suelos arenosos y arcillosos.
- Vigil, M. (2019). *Evaluación de la capacidad portante de los suelos para cimentaciones superficiales de la zona urbana de la localidad de Caspizapa, provincia de Picota, región San Martín* [Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional UNSM.
- Fernandez, J. (2015). *Evaluación de la capacidad portante de los suelos de fundación de la Ciudad Universitaria – Universidad Nacional de Cajamarca – 2014* [Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- Santos, J., & Olivera, M. (2024). *Determinación de las implicancias del estudio de mecánica de suelos en el presupuesto de cimentaciones de una vivienda unifamiliar de auto-construcción Pocollay* [Tesis de ingeniería civil, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT.
- Salazar, R. (2022). *Evaluación de las propiedades mecánicas del suelo para cimentaciones superficiales incorporando material reciclado de demolición, Lambayeque 2020* [Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG.
- Ocrospoma, J., & Rocha, M. (2019). *Capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación* [Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP.

- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2004). *Ingeniería geológica*. Pearson Prentice Hall.
- Yepes Piqueras, V. (2016). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Editorial Universitat Politècnica de València
- Aragón, J. (2006). *Coeficiente de balasto: valores orientativos para placa de carga de 30 × 30 cm²*. [Documento técnico/libro/manual]. Editorial o institución.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Bowles, J.E. (1974). *Analytical and computer methods in foundation engineering*. Tokyo: McGraw-Hill Book Kogakusha Ltd.
- Bowles, J.E. (1996). *Foundation analysis and design*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Coduto, D. P. (2001). *Foundation design: Principles and practices*. Prentice Hall.
- Das, B. M. (2011). *Principios de ingeniería de cimentaciones* (7ma ed.). Cengage Learning.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (8va ed.). Cengage Learning.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de suelos* (Vols. 1 y 2). Limusa.
- Simons N., Menzies B. and Matthews M. (2002) *Geotechnical Site Investigation*. London: Thomas Telford Publishing.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice* (3rd ed.). Wiley.
- Vesic, A. S. (1961). *Beams on elastic subgrade and the Winkler's hypothesis*. Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2026). *Norma Técnica E.030: Diseño Sismoresistente*. Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.050: Suelos y Cimentaciones*. Perú.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2012). *Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing*.

Instituto Nacional de Calidad. (2014). *NTP 339.134: Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS)*. INACAL.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). *NTP 339.162:2001 (revisada el 2015). Suelos. Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción*. INDECOPI.

Instituto Nacional de Calidad. (2019). *NTP 339.134:1999 (revisada el 2019). Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*. INACAL.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). *NTP 339.150:2001 (revisada el 2015). Suelos. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual*. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2014). *NTP 339.127:1998 (revisada el 2014). Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (1999). *NTP 339.128:1999. Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (1999). *NTP 339.129:1999. Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2002). *NTP 339.171:2002. Suelos. Método de ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas*. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2002). *NTP 400.022:2002. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. INDECOPI.

ANEXOS

Anexo 2. Ficha de registro de calicatas - explotación del suelos en campo

FICHA DE REGISTRO DE CALICATAS - EXPLORACIÓN DE SUELOS EN CAMPO

Proyecto: Racracancha

Método de exploración: calicatas a cielo abierto | N.º de puntos explorados: 9 | Norma de referencia: NTE E-050 Suelos y Cimentaciones

N.º de calicata	Coordenada Norte (N)	Coordenada Este (E)	Cota (m.s.n.m.)	Profundidad de excavación (m)	Nivel freático	Prof. capa orgánica (m)	Descripción capa orgánica	Descripción del estrato principal (color, textura, cementación, % grava/arena/finos, humedad natural)	Clasif. SUCS	Clasif. AASHTO	N.º de muestras	Observaciones de campo
C-1	8819452	368210	4,320	0.50	No se encontró	0.20	Suelo orgánico (capa vegetal)	Limo arenoso con grava, cementación alta, color marrón oscuro. Grava 23.00%, arena 26.99%, finos 50.01%, humedad natural 3.60%. Presencia de clastos angulosos de diámetro mayor a 10".	ML	A-4	2	A partir de 0.50 m se encontró roca suelta y clastos angulosos.
C-2	8819468	368256	4,318	1.20	No se encontró	0.20	Suelo orgánico (capa vegetal)	Grava limosa con arena, cementación alta, color gris. Grava 50.51%, arena 36.29%, finos 13.20%, humedad natural 2.03%. Presencia de roca suelta y cantos rodados menores a 12".	GM	A-1-a	2	Roca suelta y cantos rodados a partir de 1.20 m.
C-3	8819501	368289	4,322	2.00	No se encontró	0.20	Suelo orgánico (capa vegetal)	Arena mal graduada con grava, cementación alta, color marrón. Grava 30.33%, arena 67.69%, finos 1.98%, humedad natural 0.33%. Presencia de cantos rodados con diámetro mayor a 10".	SP	A-1-b	2	Grava limosa con cantos rodados a partir de 2.00 m.
C-4	8819523	368325	4,325	3.00	No se encontró	0.30	Suelo orgánico (capa vegetal)	Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Grava 42.94%, arena 33.60%, finos 23.46%, humedad natural 6.06%.	GM	A-1-b	2	Excavación llevada hasta 3.00 m sin refusal.

C-5	8819470	368198	4,319	1.30	No se encontró	0.20	Suelo orgánico (capa vegetal)	Grava bien graduada con limo y arena, cementación alta, color marrón. Grava 55.58%, arena 38.55%, finos 5.87%, humedad natural 5.08%.	GW-GM	A-1-a	2	—
C-6	8819440	368172	4,316	1.10	Sí, a 1.10 m	0.20	Suelo orgánico (capa vegetal)	Arena limosa con grava, cementación alta, color marrón oscuro. Grava 30.58%, arena 36.67%, finos 32.75%, humedad natural 16.82%.	SM	A-2-4	2	Se registró presencia de agua (napa freática) a partir de 1.10 m.
C-7	8819495	368350	4,323	1.10	No se encontró	0.30	Suelo orgánico (capa vegetal)	Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Grava 49.11%, arena 30.87%, finos 20.02%, humedad natural 8.00%. Presencia de cantos rodados.	GM	A-1-b	2	—
C-8	8819512	368300	4,321	1.20	No se encontró	0.20	Suelo orgánico (capa vegetal)	Grava limosa con arena, cementación alta, color rojizo. Grava 48.73%, arena 32.52%, finos 18.75%, humedad natural 9.94%. Presencia de cantos rodados.	GM	A-1-b	2	—
C-9	8819535	368270	4,324	1.20	No se encontró	0.20	Suelo orgánico (capa vegetal)	Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Grava 44.97%, arena 39.31%, finos 15.72%, humedad natural 2.45%. Presencia de cantos rodados.	GM	A-1-b	2	—

Título: “Las propiedades mecánica de los suelos en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024”

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables
Problema general: ¿Cómo las propiedades mecánicas de los suelos influyen en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024?	Objetivo general: Analizar las propiedades mecánicas de los suelos que influyen en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024.	Hipótesis general: Las propiedades mecánicas de los suelos influyen en el diseño de cimentación para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024.	Variable independiente : Propiedades de mecánica de suelos
Problemas específicos: a. ¿Las propiedades físicas y mecánicas del suelo influyen en la capacidad portante para infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024? b. ¿Qué tipo de cimentación es más adecuado para garantizar la estabilidad y seguridad de las infraestructuras deportivas en Racracancha- Pasco, 2024?	Objetivos específicos: a. Identificar y describir las propiedades físicas y mecánicas del suelo que definen la capacidad portante para infraestructuras deportivas de Racracancha - Pasco, 2024. b. Determinar el tipo de cimentación más adecuado para garantizar la estabilidad y seguridad de las infraestructuras deportivas en Racracancha – Pasco, 2024.	Hipótesis específicas: a. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo influyen en definir la capacidad portante para infraestructuras deportivas en Racracancha – Pasco, 2024. b. Al determinar el tipo de cimentación se garantiza la estabilidad y seguridad de las infraestructuras deportivas en Racracancha - Pasco, 2024.	Variable dependiente: Diseño de cimentación

Anexo 4. Perfil estratigráfico del suelo de cada sondeo

Calicata: C - 1

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO									
Método de Excavación: Calicata			Largo: 1.00m			Profundidad:		3.00m	
Referencia: Nivel del terreno									
Superficie: +/-0.00m			Ancho: 0.70m			Nivel Freático:		NP	
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO		
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)			
10	PT		Suelo orgánico				0.20	E-1	
20									
30	ML	A-4	Suelos de grano fino. Limos y arcillas. Limo arenoso con grava, cementación alta, color marrón oscuro. Cantidad de grava 23.00%, cantidad de arena 26.99%, cantidad de limos y arcilla 50.01%, con humedad natural de 3.60%. Presencia de clastos angulosos de diámetro mayores a 10".				3.00	E-2	
40									
50									
60									
70									
80									
90									
100									
110									
120									
130									
140									
150									
160									
170									
180									
190									
200									
210									
220									
230									
240									
250									
260									
270									
280									
290									
300									

Mab = Muestra en bolsa

Mis = Muestra shelby

Pm =penetrómetro manual

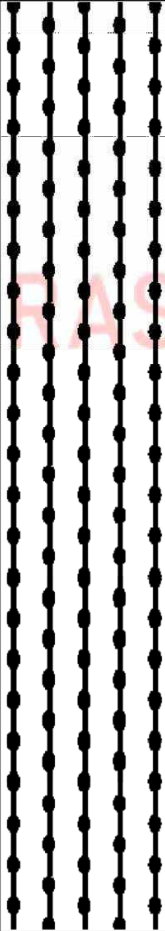
Mib = Muestra en bloque

Dn = densidad natural

qu = resistencia a la comprensión simple (kg/cm2)

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Calicata: C - 2

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO									
Método de Excavación: Calicata				Largo: 1.00m		Profundidad: 3.00m			
Referencia: Nivel del terreno				Ancho: 0.70m		Nivel Freático: NP			
Superficie: +/-0.00m									
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO		
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)			
10	PT		Suelo orgánico						
20						0.20	E-1		
30	GM	A-I-a	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color gris. Cantidad de grava 50.51%, cantidad de arena 36.29%, cantidad de limos y arcilla 13.20%, con humedad natural de 2.03%. Presencia de rocas suelta y cantos rodados menores a 12".		1	Mab (Muestra en Bolsa)	3.00	E-2	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO
40									
50									
60									
70									
80									
90									
100									
110									
120									
130									
140									
150									
160									
170									
180									
190									
200									
210									
220									
230									
240									
250									
260									
270									
280									
290									
300									

Mab = Muestra en bolsa

Mib = Muestra en bloque

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Mis = Muestra shelby

Dn = densidad natural

Pm =penetrómetro manual

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm2)

Mis = Muestra shelby

Pm = penetrómetro manual

D_n = densidad natural

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm²)

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm²)

Calicata: C – 3

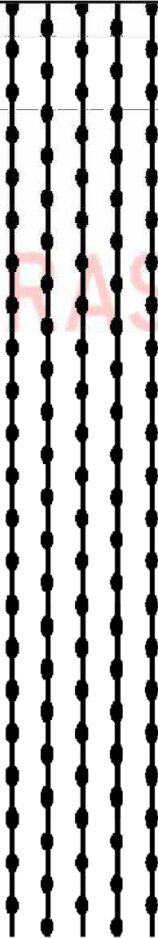
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO							
Método de Excavación: Calicata			Largo: 1.00m		Profundidad: 3.00m		
Referencia: Nivel del terreno							
Superficie: +/-0.00m			Ancho: 0.70m		Nivel Freático: NP		
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	PT		Suelo orgánico			0.20	E-1
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							
110							
120							
130							
140							
150							
160							
170							
180							
190							
200							
210							
220							
230							
240							
250							
260							
270							
280							
290							
300							
Mab = Muestra en bolsaMis = Muestra shelbyPm =penetrómetro manual Mib = Muestra en bloqueDn = densidad naturalqu = resistencia a la comprensión simple (kg/cm2) N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)							

Pm = penetrómetro manual

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm²)

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Calicata: C - 4

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO								
Método de Excavación: Calicata			Largo: 1.00m		Profundidad:		3.00m	
Referencia: Nivel del terreno								
Superficie: +/-0.00m			Ancho: 0.70m		Nivel Freático:		NP	
Prof. cm	SIMBOL		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO	
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)		
10	PT		Suelo orgánico			0.30	E-1	
20								
30								
40	GM	A-I-b	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 42.94%, cantidad de arena 33.60%, cantidad de limos y arcilla 23.46%, con humedad natural de 6.06%.		1	Mab (Muestra en Balsa)	3.00	E-2
50								
60								
70								
80								
90								
100								
110								
120								
130								
140								
150								
160								
170								
180								
190								
200								
210								
220								
230								
240								
250								
260								
270								
280								
290								
300								

Mab = Muestra en bolsa

Mib = Muestra en bloque

N (SPT) = ensayo estándar de penetración (golpes/30cm)

Mis = Muestra shelby

Dn = densidad natural

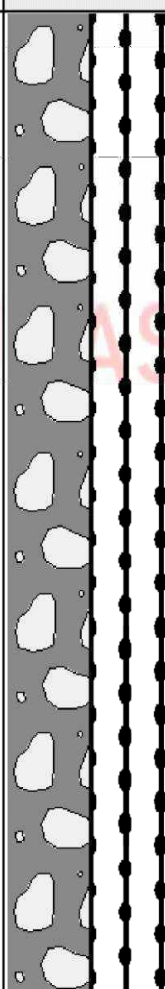
Pm =penetrómetro manual

qu = resistencia a la comprensión simple (kg/cm2)

P_m = penetrómetro manual

pu = resistencia a la compresión simple (kg/cm²)

Calicata: C – 5

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO									
Método de Excavación: Calicata				Largo: 1.00m		Profundidad: 3.00m			
Referencia: Nivel del terreno				Ancho: 0.70m		Nivel Freático: NP			
Superficie: +/-0.00m									
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO		
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)			
10	PT		Suelo orgánico			0.20	E-1		
20									
30									
40	GW-GM	A-I-a	Suelos de grano grueso. Nomenclatura con símbolo doble. Grava bien graduada con limo y arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 55.58%, cantidad de arena 38.55%, cantidad de limos y arcilla 5.87%, con humedad natural de 5.08%.		1	Mab (Muestra en Bolsa)	3.00	E-2	
50									
60									
70									
80									
90									
100									
110									
120									
130									
140									
150									
160									
170									
180									
190									
200									
210									
220									
230									
240									
250									
260									
270									
280									
290									
300									

Mab = Muestra en bolsa Mis = Muestra shelby Pm = penetrómetro manual

Mib = Muestra en bloque Dn = densidad natural qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm2)

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Calicata: C – 6

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO									
Método de Excavación: Calicata				Largo: 1.00m		Profundidad: 3.00m			
Referencia: Nivel del terreno									
Superficie: +/-0.00m				Ancho: 0.70m		Nivel Freático: 1.10m			
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO		
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)			
10	PT		Suelo orgánico			0.20	E-1		
20									
30	SM	A-2-4	Suelos de grano grueso. Arena con finos. Arena limosa con grava, cementación alta, color marrón oscuro. Cantidad de grava 30.58%, cantidad de arena 36.67%, cantidad de limos y arcilla 32.75%, con humedad natural de 16.82%.	1	Mab (Muestra en Bolsa)	3.00	E-2	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	
40									
50									
60									
70									
80									
90									
100									
110									
120									
130									
140									
150									
160									
170									
180									
190									
200									
210									
220									
230									
240									
250									
260									
270									
280									
290									
300									

Mis = Muestra en bolsa

Mib = Muestra en bloque

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Mis = Muestra shelby

Dn = densidad natural

Pm =penetrómetro manual

qu = resistencia a la comprensión simple (kg/cm2)

P_m = penetrómetro manual

σ_{cu} = resistencia a la compresión simple (kg/cm^2)

Calicata: C - 7

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO								
Método de Excavación: Calicata			Largo: 1.00m		Profundidad:		3.00m	
Referencia: Nivel del terreno			Ancho: 0.70m		Nivel Freático:		NP	
Superficie: +/-0.00m								
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN		MUESTRA			ESTRATO
	SUCS	AASHTO			Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	PT		Suelo orgánico				0.30	E-1
20								
30								
40	GM	A-1-b	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 49.11%, cantidad de arena 30.87%, cantidad de limos y arcilla 20.02%, con humedad natural de 8.00%. Presencia de cantos rodados.		1	Mab (Muestra en Bolsa)	3.00	E-2
50								
60								
70								
80								
90								
100								
110								
120								
130								
140								
150								
160								
170								
180								
190								
200								
210								
220								
230								
240								
250								
260								
270								
280								
290								
300								

Mab = Muestra en bolsa Mis = Muestra shelly Pm =penetrómetro manual

Mib = Muestra en bloque Dn = densidad natural qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm2)

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (pulgues/30cm)

Mis = Muestra shelby

P_m = penetrómetro manual

Mib = Muestra en bloque

D_n = densidad natural

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm²)

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Calicata: C – 8

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO							
Método de Excavación: Calicata			Largo: 1.00m		Profundidad: 3.00m		
Referencia: Nivel del terreno							
Superficie: +/-0.00m			Ancho: 0.70m		Nivel Freático: NP		
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	PT		Suelo orgánico				E-1
20							
30							
40							
50	GM	A-1-b	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color rojizo. Cantidad de grava 48.73%, cantidad de arena 32.52%, cantidad de limos y arcilla 18.75%, con humedad natural de 9.94%. Presencia de cantos rodados.	1	Mab (Muestra en Bolsa)	3.00	E-2
60							
70							
80							
90							
100							
110							
120							
130							
140							
150							
160							
170							
180							
190							
200							
210							
220							
230							
240							
250							
260							
270							
280							
290							
300							

Mab = Muestra en bolsa

Mis = Muestra shelby

Pm =penetrómetro manual

Mib = Muestra en bloque

Dn = densidad natural

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm2)

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Mis = Muestra shelby

Pm = penetrómetro manual

D_n = densidad natural

ou = resistencia a la compresión simple (kg/cm²)

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm²)

Calicata: C – 9

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO							
Método de Excavación: Calicata			Largo: 1.00m		Profundidad: 3.00m		
Referencia: Nivel del terreno							
Superficie: +/-0.00m			Ancho: 0.70m		Nivel Freático: NP		
Prof. cm	SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO
	SUCS	AASHTO		Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	PT		Suelo orgánico				E-1
20						0.20	
30							
40							
50	GM	A-I-b	Suelos de grano grueso. Gravas con finos. Grava limosa con arena, cementación alta, color marrón. Cantidad de grava 44.97%, cantidad de arena 39.31%, cantidad de limos y arcilla 15.72%, con humedad natural de 2.45%. Presencia de cantos rodados.		Mab (Muestra en Bolsa)	3.00	E-2
60							
70							
80							
90							
100							
110							
120							
130							
140							
150							
160							
170							
180							
190							
200							
210							
220							
230							
240							
250							
260							
270							
280							
290							
300							

Mab = Muestra en bolsa

Mib = Muestra en bloque

N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

Mis = Muestra shelby

Dn = densidad natural

qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm2)

Pm =penetrómetro manual

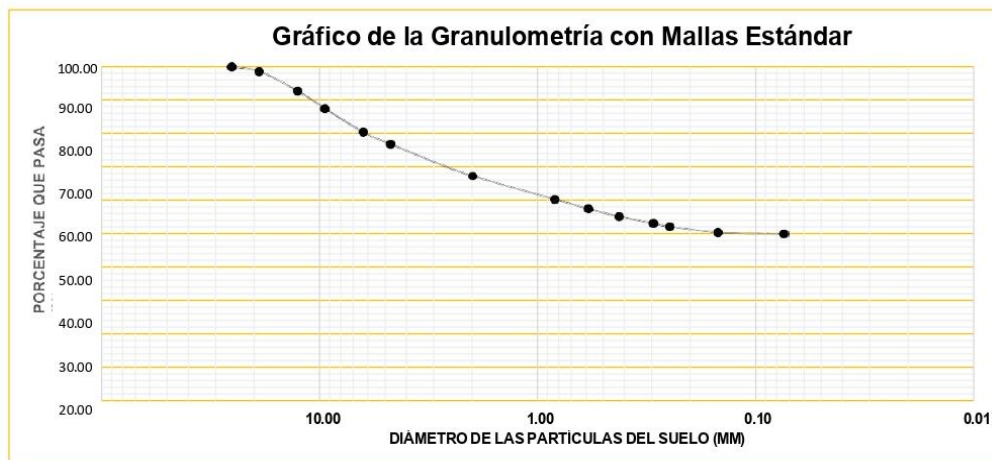
Anexo 5. Ensayo de laboratorio y memoria de calculo

Calicata: C – 1

ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

TAMIZ Nº	Diámetro (mm)	Peso Reten. (gr)	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)		
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	Pasa tamiz Nº 4 :	77.001 %
2"	50.80 38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	Pasa tamiz Nº 200:	50.011 %
1 1/2"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	D60(diámetro efectivo):	0.81 mm 0.04
1"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	D30(diámetro efectivo):	mm
3/4"	12.70	18.90	1.38	1.38	98.62	D10 (diámetro efectivo):	0.01 mm
1/2"	9.53	78.90	5.77	7.15	92.85	Coef. de uniformidad (Cu):	55.01
3/8"	6.35	72.10	5.27	12.42	87.58	Grado de curvatura (Cc):	0.16
1/4"	4.76	95.60	6.99	19.40	80.60		
No 4	2.00	49.20	3.60	23.00	77.00		
No 10	0.84	132.00	9.65	32.65	67.35		
No 20	0.59	96.60	7.06	39.71	60.29		
No 30	0.43	38.60	2.82	42.53	57.47		
No 40	0.30	32.20	2.35	44.88	55.12		
No 50	0.25	27.40	2.00	46.88	53.12		
No 60	0.15	13.40	0.98	47.86	52.14		
No 100	0.07	23.40	1.71	49.57	50.43		
No 200		5.70	0.42	49.99	50.01		
CAZOLETA	0.00	684.30	50.01	100.00	0.00		
TOTAL		1368.30					

Humedad Natural: 3.60 %



Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO	
Suelos de grano fino. Limos y arcillas ML Limo arenoso con grava	Materiales de limo y arcilla regular a malo A-4 Suelos limosos	Ind. Grupo: 0

Estado: Remoldeado
Clasificación: ML Limo arenoso con grava

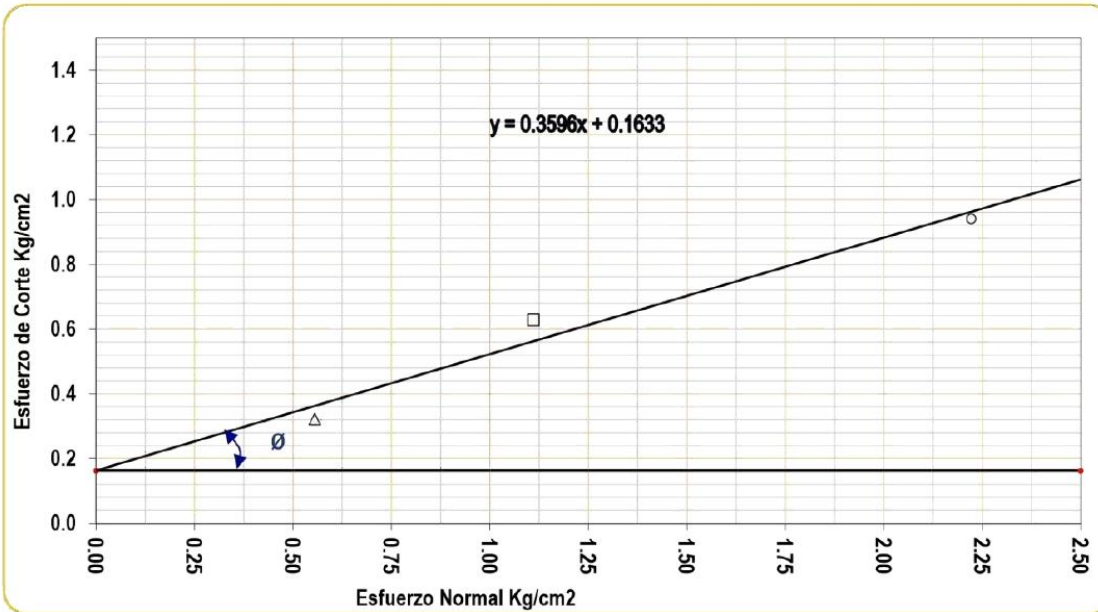
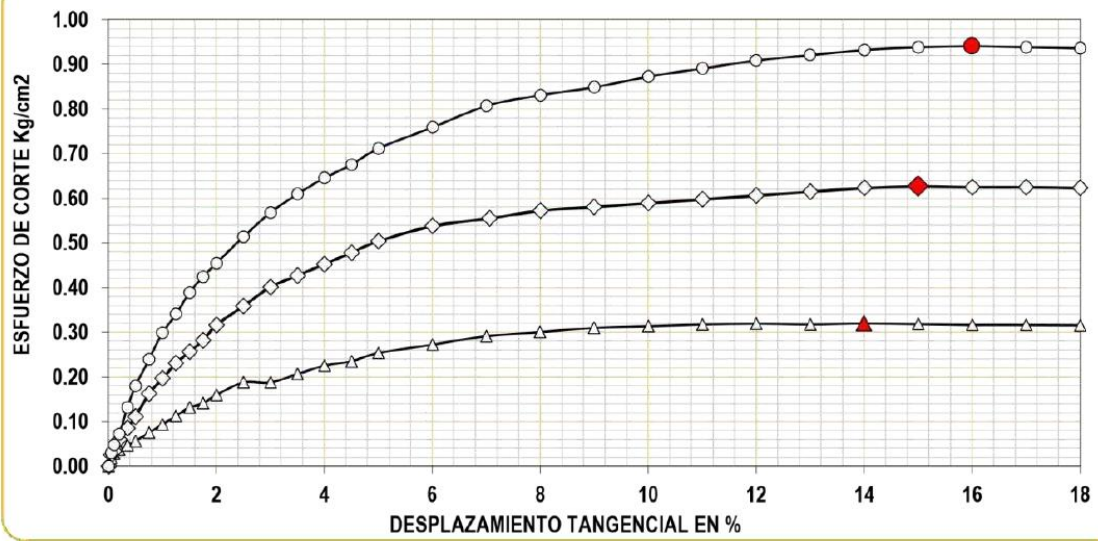
CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm2	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	mm		19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado	mm		60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad	%		2.13	3.00	2.13	3.30	2.13	3.14
Densidad Seca	g/cm3		1.510	1.688	1.510	1.760	1.510	1.793
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm2	Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm2	Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.05	0.03	0.01
0.10	0.03	0.05	0.10	0.03	0.03	0.10	0.05	0.02
0.20	0.04	0.07	0.20	0.06	0.05	0.20	0.07	0.03
0.35	0.05	0.08	0.35	0.09	0.08	0.35	0.13	0.06
0.50	0.06	0.10	0.50	0.11	0.10	0.50	0.18	0.08
0.75	0.08	0.14	0.75	0.16	0.15	0.75	0.24	0.11
1.00	0.09	0.17	1.00	0.20	0.18	1.00	0.30	0.13
1.25	0.11	0.20	1.25	0.23	0.21	1.25	0.34	0.15
1.50	0.13	0.24	1.50	0.26	0.23	1.50	0.39	0.17
1.75	0.14	0.25	1.75	0.28	0.25	1.75	0.42	0.19
2.00	0.16	0.29	2.00	0.32	0.28	2.00	0.45	0.20
2.50	0.19	0.34	2.50	0.36	0.32	2.50	0.51	0.23
3.00	0.19	0.34	3.00	0.40	0.36	3.00	0.57	0.26
3.50	0.21	0.37	3.50	0.43	0.38	3.50	0.61	0.27
4.00	0.23	0.41	4.00	0.45	0.41	4.00	0.65	0.29
4.50	0.23	0.42	4.50	0.48	0.43	4.50	0.68	0.30
5.00	0.25	0.46	5.00	0.50	0.45	5.00	0.71	0.32
6.00	0.27	0.49	6.00	0.54	0.48	6.00	0.76	0.34
7.00	0.29	0.52	7.06	0.56	0.50	7.00	0.81	0.36
8.00	0.30	0.54	8.00	0.57	0.51	8.00	0.83	0.37
9.00	0.31	0.56	9.00	0.58	0.52	9.00	0.85	0.38
10.00	0.31	0.56	10.00	0.59	0.53	10.00	0.87	0.39
11.00	0.32	0.57	11.00	0.60	0.54	11.00	0.89	0.40
12.00	0.32	0.57	12.00	0.61	0.55	12.00	0.91	0.41
13.00	0.32	0.57	13.00	0.61	0.55	13.00	0.92	0.41
14.00	0.32	0.58	14.00	0.62	0.56	14.00	0.93	0.42
15.00	0.32	0.57	15.00	0.63	0.56	15.00	0.94	0.42
16.00	0.32	0.57	16.00	0.63	0.56	16.00	0.94	0.42
17.00	0.32	0.57	17.00	0.63	0.56	17.00	0.94	0.42
18.00	0.32	0.57	18.00	0.62	0.56	18.00	0.94	0.42

Estado: Remoldeado

Clasificación: ML Limo arenoso con grava

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$\phi = 19.8^\circ$
 $c = 0.163 \text{ Kg/cm}^2$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-1

Cota de Superficie (m) :

4,324.000

Fecha :

ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (Φ)	19.8	grados
Cohesión (c)	0.2	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (Φ) _c	19.8	grados
Cohesión corregida (c)	0.16	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.51	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.51	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	0.70	m
Incremento de base (Δb)	0.30	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,324.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
) Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	ML Limo arenoso con grava	

Cimentación sugerida

Cimientos Corridos

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} N_c &= 14.629 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 6.260 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 2.837 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_c &= 1.043 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.036 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \\ S_y &= 0.960 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = 1.000 K_a = 0.494 \quad i_q = 1.000 K_p = 2.023 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.662$$

$$I_z = I_{cz} = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	0.7	1.00	1.00	1.96	0.65	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	2.02	0.67	
-1.50	1.50	1.3	1.00	1.00	2.08	0.69	
-1.80 -	1.80	0.7	1.00	1.00	2.16	0.72	
1.80 -	1.80	1.0	1.00	1.00	2.22	0.74	
1.80	1.80	1.3	1.00	1.00	2.28	0.76	
-2.00 -	2.00	0.7	1.00	1.00	2.35	0.78	
2.00 -	2.00	1.0	1.00	1.00	2.41	0.80	
2.00	2.00	1.3	1.00	1.00	2.48	0.83	
-2.20 -	2.20	0.7	1.00	1.00	2.55	0.85	
2.20 -	2.20	1.0	1.00	1.00	2.61	0.87	
2.20	2.20	1.3	1.00	1.00	2.67	0.89	

-2.40 -	2.40	0.7	1.00	1.00	2.74	0.91
2.40 -	2.40	1.0	1.00	1.00	2.81	0.94
2.40	2.40	1.3	1.00	1.00	2.87	0.96

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	0.65	$\frac{Kg}{cm^2}$	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E_s	=	1,200	$\frac{Kg}{cm^2}$	$S_i = \frac{q_{adm} B (1-\mu^2) I_f}{E_s}$
Asentamiento permisible	$S_i (max)$	=	2.54	cm	
Ancho de la cimentación	B	=	0.70	m	
Factor de forma	I_f	=	0.30	m/m	$I_f = \frac{\sqrt{\frac{L}{B}}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.000	m	
Asentamiento	S_i	=	0.02	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	0.65	$\frac{Kg}{cm^2}$	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	1.00	$\frac{Kg}{cm^2}$	
	S_i	=	0.01	cm	OK !
	S_i	=	0.02	cm	OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-1

Cota de Superficie (m) : 4,324.000

Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	19.8	grados
Cohesión (c)	0.2	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	19.8	grados
Cohesión corregida (c)	0.16	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.51	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.51	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.20	m
Incremento de base (Δb)	0.30	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,324.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación **ML Limo arenoso con grava**
Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 14.629 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 6.260 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 2.837 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.428 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.360 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \\ S_y &= 0.600 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.494 \quad i_q = 1.000 K_p = 2.023 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.662$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

$$I_z = I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{\phi'^2} \right)^2$$

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIV A	DESPLANT E Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	1.2	1.00	1.00	2.55	0.85	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	2.59	0.86	
-1.50	1.50	1.8	1.00	1.00	2.63	0.88	
-1.80 - 1.80 - 1.80	1.80	1.2	1.00	1.00	2.81	0.94	
	1.80	1.5	1.00	1.00	2.85	0.95	
	1.80	1.8	1.00	1.00	2.89	0.96	
-2.00 - 2.00 - 2.00	2.00	1.2	1.00	1.00	3.07	1.02	
	2.00	1.5	1.00	1.00	3.10	1.03	
	2.00	1.8	1.00	1.00	3.14	1.05	

-2.20 -	2.20	1.2	1.00	1.00	3.32	1.11
2.20 -	2.20	1.5	1.00	1.00	3.36	1.12
2.20	2.20	1.8	1.00	1.00	3.40	1.13
-2.40 -	2.40	1.2	1.00	1.00	3.58	1.19
2.40 -	2.40	1.5	1.00	1.00	3.62	1.21
2.40	2.40	1.8	1.00	1.00	3.66	1.22

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	qadm	=	0.85	Kg/c m ²	$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) I_f}{E_s}$
Relación de Poisson	m	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	Es	=	1,200	Kg/c m ²	
Asentamiento permisible	Si (max)	=	2.54	cm	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$
Ancho de la cimentación	B	=	1.20	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	
Asentamiento	S_i	=	0.001	m	
Asentamiento	S_i	=	0.08	cm	
Presión por carga	qadm	=	0.85		
Kg/cm ² Presión de carga asumida por asentamiento	qadm	=	1.00		
Kg/cm ²					
	S	=	0.07	cm	OK !
	S_i	=	0.08	cm	OK !

Calicata: C – 2

ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

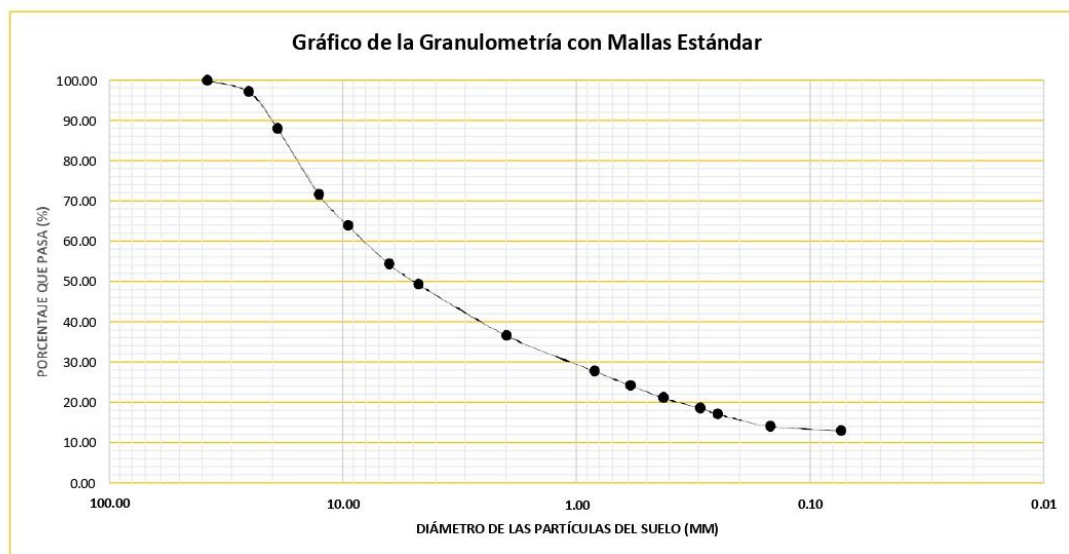
TAMIZ Nº	Diametro (mm)	Peso Reten. (gr)	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	35.10	2.78	2.78	97.22
3/4"	19.05	115.80	9.16	11.94	88.06
1/2"	12.70	205.80	16.28	28.22	71.78
3/8"	9.53	97.80	7.74	35.95	64.05
1/4"	6.35	120.40	9.52	45.48	54.52
No 4	4.76	63.60	5.03	50.51	49.49
No 10	2.00	160.50	12.70	63.21	36.79
No 20	0.84	111.60	8.83	72.04	27.96
No 30	0.59	44.80	3.54	75.58	24.42
No 40	0.43	38.90	3.08	78.66	21.34
No 50	0.30	32.00	2.53	81.19	18.81
No 60	0.25	18.70	1.48	82.67	17.33
No 100	0.15	38.40	3.04	85.71	14.29
No 200	0.07	13.90	1.10	86.80	13.20
CAZOLETA	0.00	166.80	13.20	100.00	0.00
TOTAL		1264.10			

Pasa tamiz Nº 4 :	49.490 %
Pasa tamiz Nº 200:	13.195 %
D60(diámetro efectivo):	8.18 mm
D30(diámetro efectivo):	1.11 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.06 mm
Coef. de uniformidad (Cu):	145.80
Grado de curvatura (Cc):	2.67

LÍMITES DE ATTERBERG		GRANULOMETRÍA	
Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	50.51%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	36.29%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cantidad de Limo-Arcilla	13.20%
Material granular equivalente a:			86.80%

Peso de la Muestra Húmeda	1475.40 gr
Peso de la Muestra Seca	1448.30 gr
Peso de la Muestra Seca Lavada	1281.50 gr
Peso de la Tara	112.10 gr

Humedad Natural: 2.03 %



OBSERVACIONES:

Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO	
Suelos de grano grueso. Gravas con finos	Materiales granulares Excelente a buena	Ind. Grupo:
GM Grava limosa con arena	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena	0

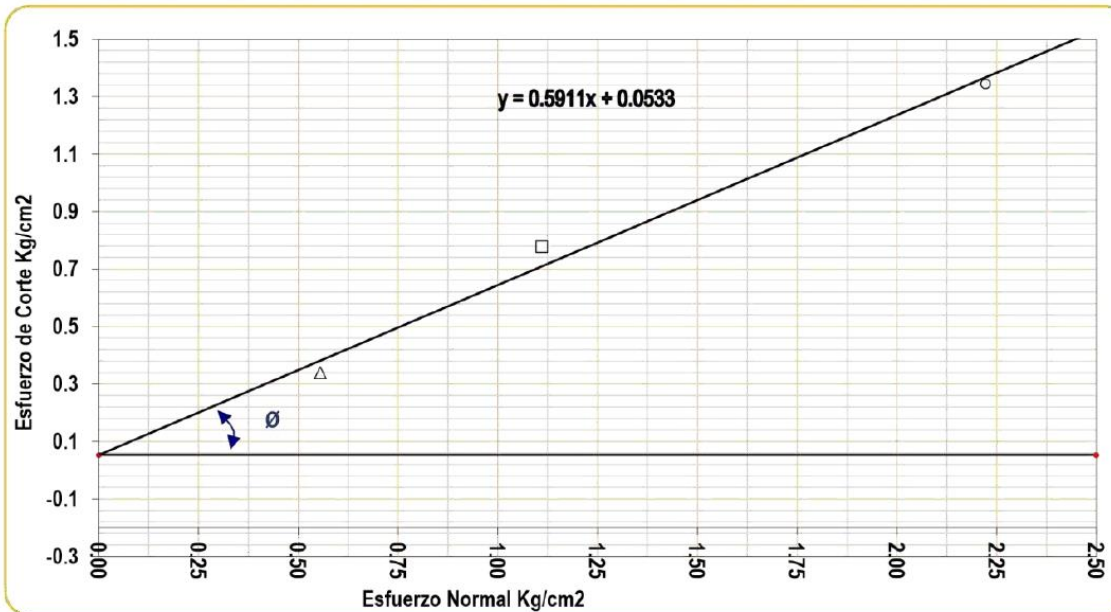
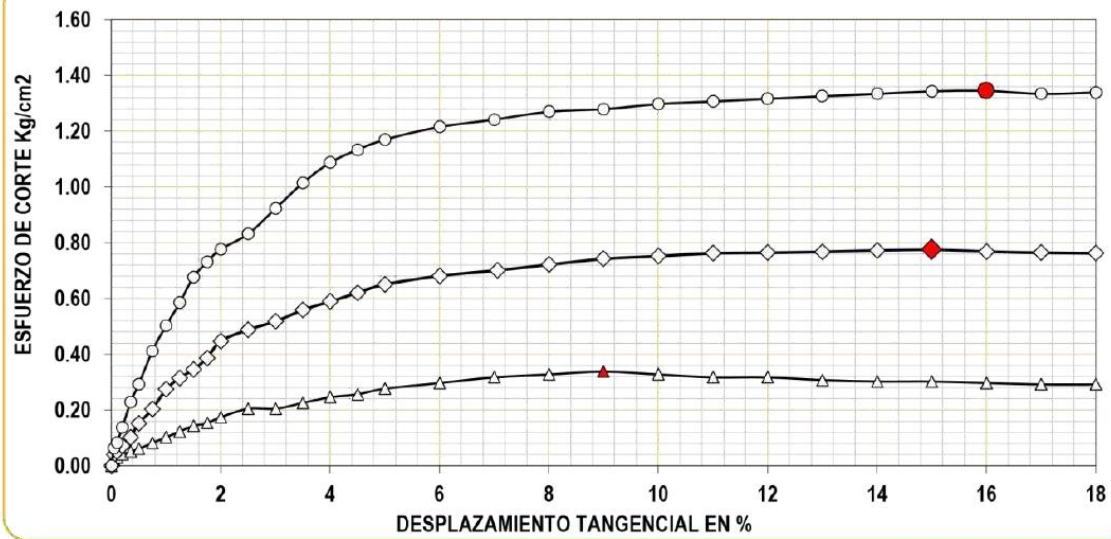
Estado: Remoldeado
Clasificación: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T – 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm2	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	1.13	2.30	1.13	2.28	1.13	3.50
Densidad Seca		g/cm3	1.800	2.012	1.800	2.098	1.800	2.138
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.03
0.10	0.03	0.06	0.10	0.05	0.05	0.10	0.08	0.04
0.20	0.04	0.07	0.20	0.07	0.06	0.20	0.14	0.06
0.35	0.05	0.09	0.35	0.10	0.09	0.35	0.23	0.10
0.50	0.06	0.11	0.50	0.15	0.14	0.50	0.29	0.13
0.75	0.08	0.15	0.75	0.20	0.18	0.75	0.41	0.19
1.00	0.10	0.18	1.00	0.27	0.25	1.00	0.50	0.23
1.25	0.12	0.22	1.25	0.32	0.28	1.25	0.58	0.26
1.50	0.14	0.26	1.50	0.35	0.31	1.50	0.68	0.30
1.75	0.15	0.28	1.75	0.39	0.35	1.75	0.73	0.33
2.00	0.17	0.31	2.00	0.45	0.40	2.00	0.78	0.35
2.50	0.20	0.37	2.50	0.49	0.44	2.50	0.83	0.37
3.00	0.20	0.37	3.00	0.52	0.47	3.00	0.92	0.42
3.50	0.23	0.41	3.50	0.56	0.50	3.50	1.01	0.46
4.00	0.25	0.44	4.00	0.59	0.53	4.00	1.09	0.49
4.50	0.26	0.46	4.50	0.62	0.56	4.50	1.13	0.51
5.00	0.28	0.50	5.00	0.65	0.59	5.00	1.17	0.53
6.00	0.30	0.53	6.00	0.68	0.61	6.00	1.22	0.55
7.00	0.32	0.57	7.06	0.70	0.63	7.00	1.24	0.56
8.00	0.33	0.59	8.00	0.72	0.65	8.00	1.27	0.57
9.00	0.34	0.61	9.00	0.74	0.67	9.00	1.28	0.58
10.00	0.33	0.59	10.00	0.75	0.68	10.00	1.30	0.58
11.00	0.32	0.57	11.00	0.76	0.69	11.00	1.31	0.59
12.00	0.32	0.57	12.00	0.76	0.69	12.00	1.32	0.59
13.00	0.31	0.55	13.00	0.77	0.69	13.00	1.33	0.60
14.00	0.30	0.54	14.00	0.77	0.70	14.00	1.33	0.60
15.00	0.30	0.54	15.00	0.78	0.70	15.00	1.34	0.60
16.00	0.30	0.53	16.00	0.77	0.69	16.00	1.35	0.61
17.00	0.29	0.53	17.00	0.76	0.69	17.00	1.33	0.60
18.00	0.29	0.53	18.00	0.76	0.69	18.00	1.34	0.60

Estado: Remoldeado
Clasificacion: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$\phi = 30.6^\circ$

$c = 0.053 \text{ Kg/cm}^2$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-2

Cota de Superficie (m) : 4,162.000

Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.6	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.6	grados
Cohesión corregida (c)	0.05	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ_1)	1.80	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_2)	1.80	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
	0.60	
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación		m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,162.00	m
	1.50	
Profundidad de Desplante (Df)		m (0.0 si es indeterminado)
) Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM Grava limosa con arena	
Cimentación sugerida	Cimientos Corridos	

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 31.594 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 19.675 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 16.558 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.062 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.059 & S_y &= 1 + 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.960 & S_y &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.326 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.072 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.491$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$I_z = I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _a (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.50	1.50	0.6	1.00	1.00	7.04	2.35	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	0.8	1.00	1.00	7.32	2.44	
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	7.61	2.54	
-1.80 -	1.80	0.6	1.00	1.00	7.79	2.60	
1.80 -	1.80	0.8	1.00	1.00	8.07	2.69	
1.80	1.80	1.0	1.00	1.00	8.36	2.79	
-2.00 -	2.00	0.6	1.00	1.00	8.54	2.85	
2.00 -	2.00	0.8	1.00	1.00	8.83	2.94	
2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	9.11	3.04	
-2.20 -	2.20	0.6	1.00	1.00	9.29	3.10	
2.20 -	2.20	0.8	1.00	1.00	9.58	3.19	
2.20	2.20	1.0	1.00	1.00	9.86	3.29	
-2.40 -	2.40	0.6	1.00	1.00	10.04	3.35	
2.40 -	2.40	0.8	1.00	1.00	10.33	3.44	
2.40	2.40	1.0	1.00	1.00	10.61	3.54	
-2.40	2.40	0.6	1.00	1.00	10.04	3.35	
-2.40	2.40	0.8	1.00	1.00	10.33	3.44	
-2.40	2.40	1.0	1.00	1.00	10.61	3.54	

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible

$$q_{adm} = 2.35 \text{ Kg/cm}^2$$

Relación de Poisson
Módulo de Elasticidad

$$\begin{aligned} \mu &= 0.35 \\ E &= 3,000 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Asentamiento permisible

$$S_{i(max)} = 2.54 \text{ cm}$$

$$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) I_f}{E}$$

Ancho de la cimentación

$$B = 0.60 \text{ m}$$

Factor de forma

$$I_f = 0.30 \text{ m/m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.000 \text{ m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.01 \text{ cm}$$

Presión por carga

$$q_{adm} = 2.35 \text{ Kg/cm}^2$$

Presión de carga asumida por asentamiento

$$q_{adm} = 2.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_i = 0.01 \text{ cm} \quad \text{OK !}$$

$$S_i = 0.01 \text{ cm} \quad \text{OK !}$$

$$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$$

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-2

Cota de Superficie (m) : 4,162.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.6	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.6	grados
Cohesión corregida (c)	0.05	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.80	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.80	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	0.20	m
Incremento de base (Δb)		
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,162.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)		m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga		grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	50.0	
	0.0	
	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación **GM Grava limosa con arena**
Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 31.594 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 19.675 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 16.558 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.623 & S_c &= 1 + \frac{B N_q}{L N_c} \\ S_q &= 1.591 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.600 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.326 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.072 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.491$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad i_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIV A	DESPLANT E Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	10.27	3.42	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.3	1.00	1.00	10.45	3.48	
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	10.63	3.54	
-1.80 - 1.80	1.80	1.1	1.00	1.00	11.40	3.80	
1.80 - 1.80	1.80	1.3	1.00	1.00	11.58	3.86	
1.80 - 1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	11.76	3.92	
-2.00 - 2.00	2.00	1.1	1.00	1.00	12.53	4.18	
2.00 - 2.00	2.00	1.3	1.00	1.00	12.71	4.24	
2.00 - 2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	12.88	4.29	

-2.20 -	2.20	1.1	1.00	1.00	13.65	4.55
2.20 -	2.20	1.3	1.00	1.00	13.83	4.61
2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	14.01	4.67
-2.40 -	2.40	1.1	1.00	1.00	14.78	4.93
2.40 -	2.40	1.3	1.00	1.00	14.96	4.99
2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	15.14	5.05

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	qadm	=	3.42	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	m	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E^s	=	3,000	Kg/cm ²	
			2.54		
Asentamiento permisible	Si (max)	=		cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.10	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	
					$I_f = \frac{\sqrt{\frac{L}{B}}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.001	m	
Asentamiento	S_i	=	0.06	cm	
Presión por carga	qadm	=	3.42	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	qadm	=	2.00	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.10	cm	OK !
	S_i	=	0.06	cm	OK !

Calicata: C – 3

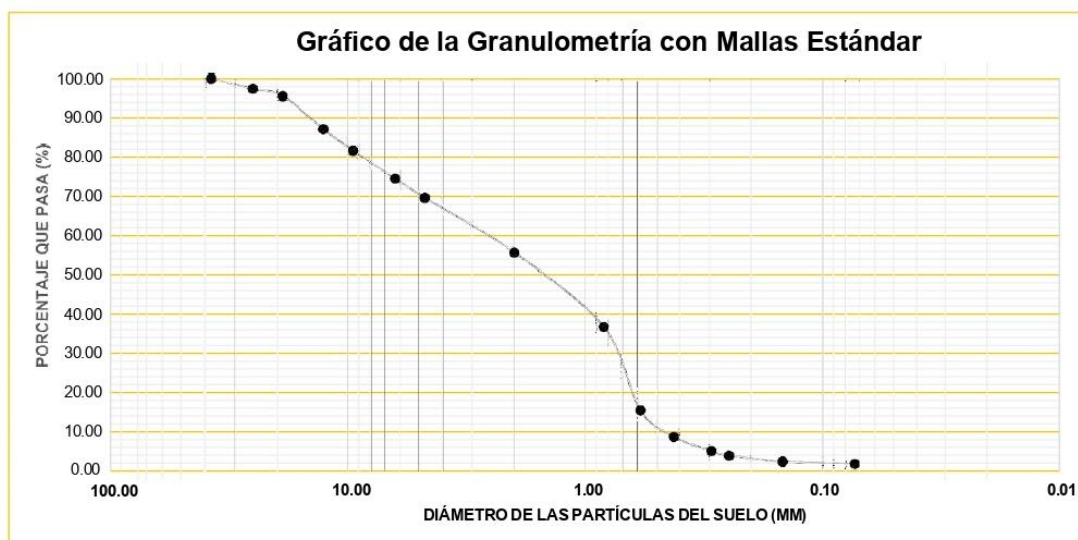
ANALISIS GRANULOMETRICO – NTP 339.128

TAMIZ	Diametro (mm)	Peso Reten. (gr)	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	42.60	2.58	2.58	97.42
3/4"	19.05	30.10	1.83	4.41	95.59
1/2"	12.70	139.10	8.44	12.85	87.15
3/8"	9.53	90.30	5.48	18.32	81.68
1/4"	6.35	117.40	7.12	25.45	74.55
No 4	4.76	80.50	4.88	30.33	69.67
No 10	2.00	230.20	13.96	44.29	55.71
No 20	0.84	309.70	18.79	63.08	36.92
No 30	0.59	350.10	21.24	84.31	15.69
No 40	0.43	112.40	6.82	91.13	8.87
No 50	0.30	59.90	3.63	94.77	5.23
No 60	0.25	19.40	1.18	95.94	4.06
No 100	0.15	25.00	1.52	97.46	2.54
No 200	0.07	9.30	0.56	98.02	1.98
CAZOLETA	0.00	32.60	1.98	100.00	0.00
TOTAL		1648.60			

Pasa tamiz N° 4 :	69.671 %
Pasa tamiz N° 200:	1.977 %
D60(diámetro efectivo):	2.85 mm
D30(diámetro efectivo):	0.76 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.45 mm
Coef. de uniformidad (Cu):	6.28
Grado de curvatura (Cc):	0.45

LÍMITES DE ATTERBERG		GRANULOMETRÍA	
Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	30.33%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	67.69%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cantidad de Limo-Arcilla	1.98%
Material granular equivalente a:			98.02%
Peso de la Muestra Húmeda		1602.00 gr	
Peso de la Muestra Seca		1597.10 gr	
Peso de la Muestra Seca Lavada		1564.50 gr	
Peso de la Tara		93.50 gr	

Humedad Natural: 0.33%



OBSERVACIONES:

Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO	
Suelos de grano grueso. Arenas limpias	Materiales granulares Excelente a buena	Ind. Grupo:
SP Arena mal graduada con grava	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena	0

Estado: Remoldeado

Clasificación: SP Arena mal graduada con grava

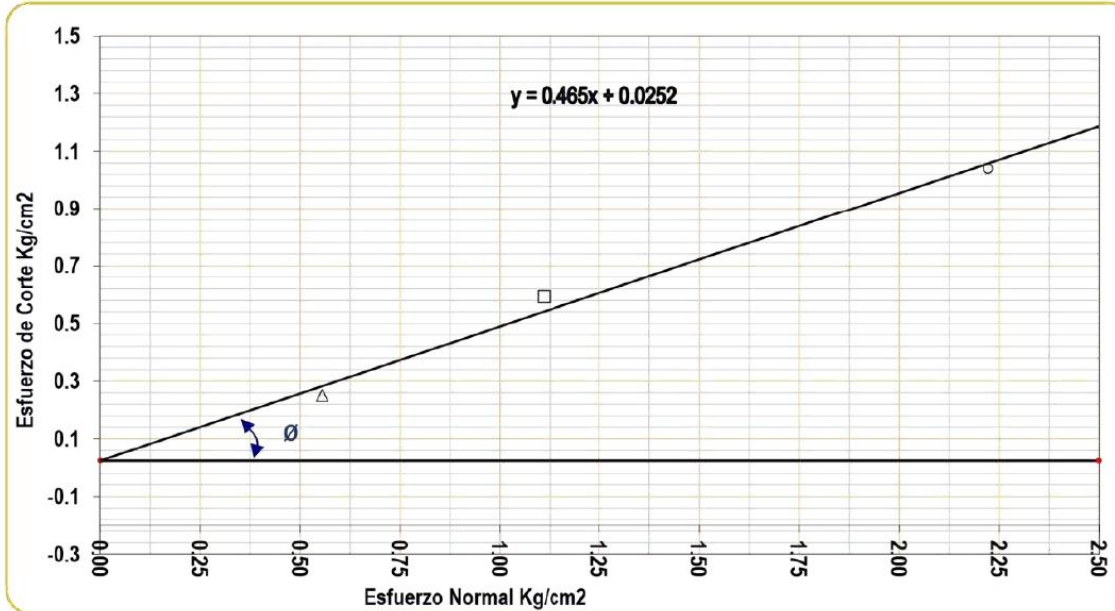
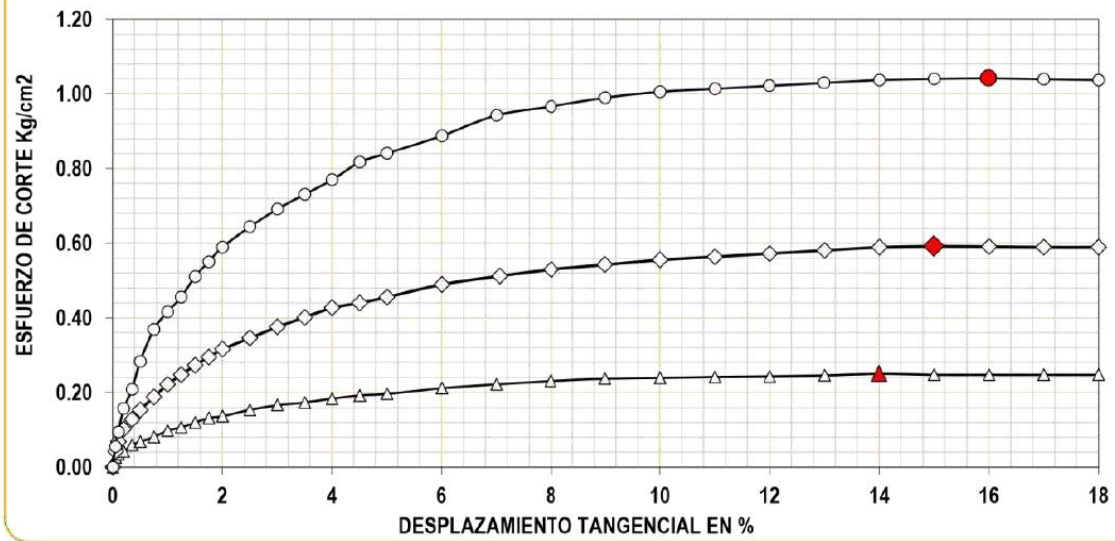
CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm2	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	2.55	4.30	2.55	4.56	2.55	5.00
Densidad Seca		g/cm3	1.78	1.99	1.78	2.08	1.78	2.11
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02
0.10	0.03	0.06	0.10	0.07	0.06	0.10	0.09	0.04
0.20	0.04	0.08	0.20	0.10	0.09	0.20	0.16	0.07
0.35	0.06	0.11	0.35	0.13	0.12	0.35	0.21	0.09
0.50	0.07	0.12	0.50	0.15	0.14	0.50	0.28	0.13
0.75	0.08	0.15	0.75	0.19	0.17	0.75	0.37	0.17
1.00	0.10	0.18	1.00	0.22	0.20	1.00	0.42	0.19
1.25	0.11	0.19	1.25	0.25	0.22	1.25	0.46	0.21
1.50	0.12	0.22	1.50	0.27	0.25	1.50	0.51	0.23
1.75	0.13	0.24	1.75	0.29	0.27	1.75	0.55	0.25
2.00	0.14	0.25	2.00	0.32	0.28	2.00	0.59	0.27
2.50	0.15	0.28	2.50	0.35	0.31	2.50	0.64	0.29
3.00	0.17	0.30	3.00	0.38	0.34	3.00	0.69	0.31
3.50	0.17	0.31	3.50	0.40	0.36	3.50	0.73	0.33
4.00	0.18	0.33	4.00	0.43	0.38	4.00	0.77	0.35
4.50	0.19	0.35	4.50	0.44	0.40	4.50	0.82	0.37
5.00	0.20	0.35	5.00	0.46	0.41	5.00	0.84	0.38
6.00	0.21	0.38	6.00	0.49	0.44	6.00	0.89	0.40
7.00	0.22	0.40	7.06	0.51	0.46	7.00	0.94	0.42
8.00	0.23	0.42	8.00	0.53	0.48	8.00	0.97	0.43
9.00	0.24	0.43	9.00	0.54	0.49	9.00	0.99	0.45
10.00	0.24	0.43	10.00	0.56	0.50	10.00	1.01	0.45
11.00	0.24	0.44	11.00	0.56	0.51	11.00	1.01	0.46
12.00	0.24	0.44	12.00	0.57	0.51	12.00	1.02	0.46
13.00	0.25	0.44	13.00	0.58	0.52	13.00	1.03	0.46
14.00	0.25	0.45	14.00	0.59	0.53	14.00	1.04	0.47
15.00	0.25	0.45	15.00	0.59	0.53	15.00	1.04	0.47
16.00	0.25	0.45	16.00	0.59	0.53	16.00	1.04	0.47
17.00	0.25	0.45	17.00	0.59	0.53	17.00	1.04	0.47
18.00	0.25	0.45	18.00	0.59	0.53	18.00	1.04	0.47

Estado: Remoldeado

clasificacion: SP Arena mal graduada con grava

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$\phi = 24.9^\circ$

$c = 0.025 \text{ Kg/cm}^2$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-3

Cota de Superficie (m) : 4,199.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	24.9	grados
Cohesión (c)	0.0	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	24.9	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.03	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.78	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.78	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	0.60	m
Incremento de base (Δb)	0.50	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,199.00	m
	1.50	
Profundidad de Desplante (Df)		m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	SP Arena mal graduada con grava	
Cimentación sugerida	Cimientos Corridos	

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 20.631 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 10.593 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 6.691 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.051 & S_c &= 1 + \frac{B N_q}{L N_c} \\ S_q &= 1.047 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.960 & S_y &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.407 \quad i_q = 1.000 K_p = 2.458 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.578$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$I_z = I_{ti} = \left(1 - \frac{\beta^{\tan \phi'}}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIV A	DESPLANT E Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	0.6	1.00	1.00	3.55	1.18	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	3.84	1.28	
-1.50	1.50	1.6	1.00	1.00	4.13	1.38	
-1.80 -	1.80	0.6	1.00	1.00	3.95	1.32	
1.80 -	1.80	1.1	1.00	1.00	4.24	1.41	
1.80	1.80	1.6	1.00	1.00	4.52	1.51	
-2.00 -	2.00	0.6	1.00	1.00	4.34	1.45	
2.00 -	2.00	1.1	1.00	1.00	4.63	1.54	
2.00	2.00	1.6	1.00	1.00	4.92	1.64	

-2.20 -	2.20	0.6	1.00	1.00	4.74	1.58
2.20 -	2.20	1.1	1.00	1.00	5.02	1.67
2.20	2.20	1.6	1.00	1.00	5.31	1.77
-2.40 -	2.40	0.6	1.00	1.00	5.13	1.71
2.40 -	2.40	1.1	1.00	1.00	5.42	1.81
2.40	2.40	1.6	1.00	1.00	5.71	1.90

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	qadm	=	1.18	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	m	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E	=	1,500	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	Si (max)	=	2.54	cm	$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) r_f}{E_s}$
Ancho de la cimentación	B	=	0.60	m	
Factor de forma	I_f	=	0.30	m/m	
Asentamiento	S_i	=	0.000	m	$I_f = \frac{\sqrt{\frac{L}{B}}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.03	cm	
Presión por carga	qadm	=	1.18	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	qadm	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.01	cm	OK !
	S_i	=	0.03	cm	OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-3

Cota de Superficie (m) : 4,199.000

Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (Φ)	24.9	grados
Cohesión (c)	0.0	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (Φ) _c	24.9	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.03	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ) ₁	1.78	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ) ₂	1.78	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.20	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,199.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación **SP Arena mal graduada con grava**
Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 20.631 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 10.593 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 6.691 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.513 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.465 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.600 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = 1.000 K_a = 0.407 \quad i_q = 1.000 K_p = 2.458 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.578$$

$$I_x = I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIV A	DESPLANT E Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	1.2	1.00	1.00	4.93	1.64	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.4	1.00	1.00	5.00	1.67	
-1.50	1.50	1.6	1.00	1.00	5.07	1.69	
-1.80 -	1.80	1.2	1.00	1.00	5.48	1.83	
1.80 -	1.80	1.4	1.00	1.00	5.55	1.85	
1.80	1.80	1.6	1.00	1.00	5.62	1.87	
-2.00 -	2.00	1.2	1.00	1.00	6.03	2.01	
2.00 -	2.00	1.4	1.00	1.00	6.10	2.03	
2.00	2.00	1.6	1.00	1.00	6.18	2.06	

-2.20 -	2.20	1.2	1.00	1.00	6.58	2.19
2.20 -	2.20	1.4	1.00	1.00	6.66	2.22
2.20	2.20	1.6	1.00	1.00	6.73	2.24
-2.40 -	2.40	1.2	1.00	1.00	7.14	2.38
2.40 -	2.40	1.4	1.00	1.00	7.21	2.40
2.40	2.40	1.6	1.00	1.00	7.28	2.43

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	1.64	Kg/cm ²	$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) I_f}{E_s}$
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E	=	1,500	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S_i (max)	=	2.54	cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.20	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	$I_f = \sqrt{\frac{L}{B}}$
Asentamiento	S_i	=	0.002	m	
Asentamiento	S_i	=	0.16	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	1.64	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.11	cm	OK !
	S_i	=	0.16	cm	OK !

Calicata: C – 4

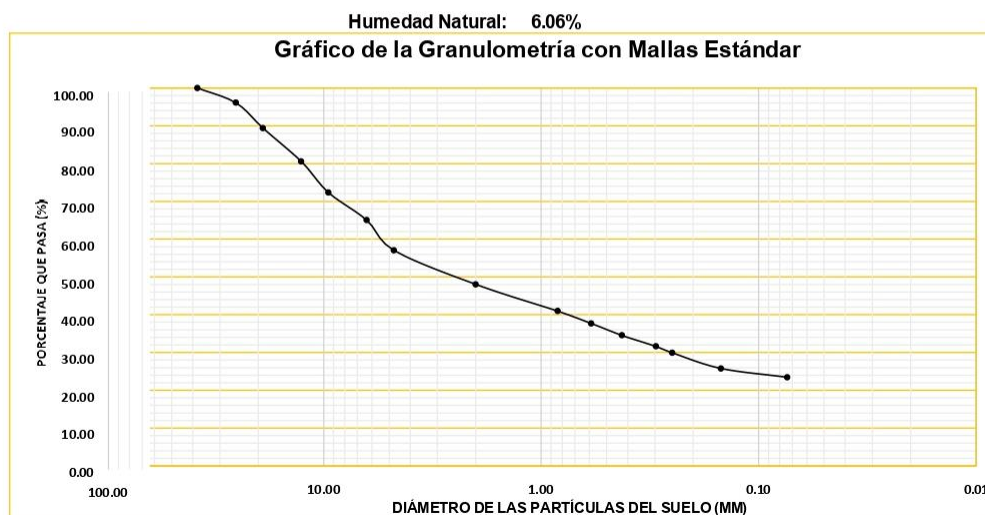
ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

TAMIZ	Diametro Nº (mm)	Peso (gr)	Retenido (%)	Retenido (%) acum.	Retenido (%)	Pasa
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	44.00	3.88	3.88	96.12	
3/4"	19.05	76.50	6.74	10.62	89.38	
1/2"	12.70	100.00	8.81	19.43	80.57	
3/8"	9.53	93.20	8.21	27.65	72.35	
1/4"	6.35	83.00	7.32	34.96	65.04	
No 4	4.76	90.50	7.98	42.94	57.06	
No 10	2.00	102.40	9.03	51.97	48.03	
No 20	0.84	80.20	7.07	59.03	40.97	
No 30	0.59	37.00	3.26	62.30	37.70	
No 40	0.43	35.60	3.14	65.43	34.57	
No 50	0.30	33.20	2.93	68.36	31.64	
No 60	0.25	19.40	1.71	70.07	29.93	
No 100	0.15	47.00	4.14	74.21	25.79	
No 200	0.07	26.40	2.33	76.54	23.46	
CAZOLETA	0.00	266.20	23.46	100.00	0.00	
TOTAL		1134.60				

Pasa tamiz Nº 4 :	57.060 %
Pasa tamiz Nº 200:	23.462 %
D60(diámetro efectivo):	5.35 mm
D30(diámetro efectivo):	0.25 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.03 mm
Coef. de uniformidad (Cu):	169.50
Grado de curvatura (Cc):	0.38

LÍMITES DE ATTERBERG	GRANULOMETRÍA
Límite líquido LL	12.01%
Límite plástico LP	8.27%
Ind. de Plasticidad IP	3.74%
Material granular equivalente a:	
Porcentaje Grava	42.94%
Porcentaje de Arena	33.60%
Porcentaje Limo-Arcilla	23.46%

Peso de la Muestra Húmeda	1579.20 gr
Peso de la Muestra Seca	1494.70 gr
Peso de la Muestra Seca Lavada	1228.50 gr
Peso de la Tara	100.00 gr



OBSERVACIONES:

LIMITE DE ATTERBERG - NTP 339.129

N° DE GOLPES	16	22	27	34	N° DE MUESTRA	01	02	03	04
S. Humedo + Tara	48.82	55.53	50.48	51.09	S. Humedo + Tara	28.10	27.64	24.68	26.71
S. seco + Tara	46.03	52.24	47.65	48.54	S. seco + Tara	26.50	26.15	23.42	25.16
Peso de la Tara	24.80	25.10	24.60	25.30	Peso de la Tara	7.41	7.51	7.49	7.44
Peso del Agua	2.79	3.29	2.83	2.55	Peso del Agua	1.60	1.49	1.27	1.56
Peso de Suelo Seco	21.23	27.14	23.05	23.24	Peso de Suelo Seco	19.09	18.64	15.93	17.72
HUMEDAD %	13.14	12.12	12.28	10.97	HUMEDAD %	8.38	7.97	7.94	8.78



LÍMITE
LÍQUIDO (LL)
:

12.
01
%

LÍMITE
PLÁSTICO
(LP) :

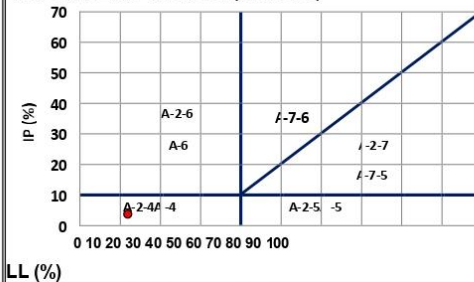
8.2
7%

ÍNDICE
PLÁSTICO
(IP) :

3.7
4%



CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO: Clasificación Fracción Limo-Arcillosa (AAHSTO)



Clasificación de suelos: S.U.C.S.

Suelos de grano grueso. Gravas con finos
GM Grava limosa con arena

Clasificación de suelos: AASHTO

Materiales granulares Excelente a buena
A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena

Ind.
Grupo:
0

ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D - 423)

ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D - 424)

Estado: Remoldeado

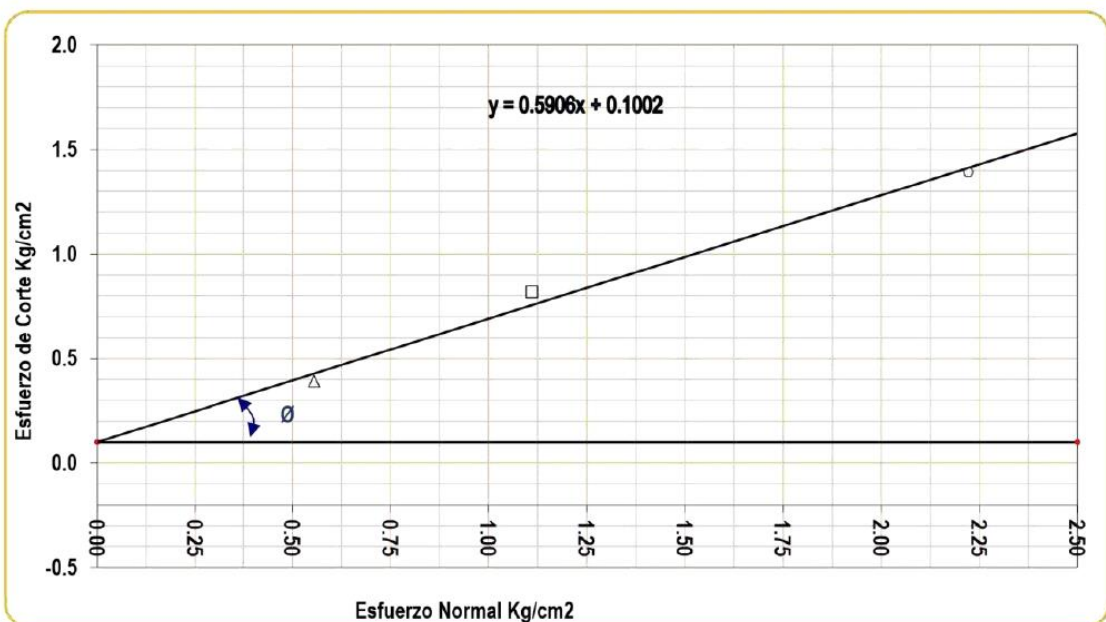
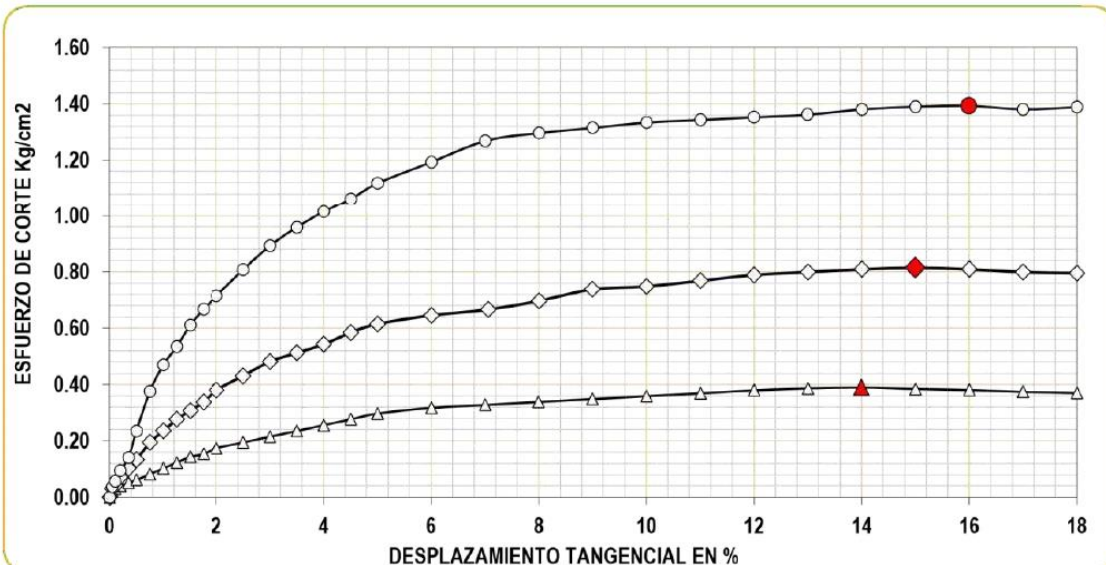
Clasificación: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T – 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm2	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	3.55	5.40	3.55	5.60	3.55	6.20
Densidad Seca		g/cm3	1.91	2.14	1.91	2.23	1.91	2.27
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.04	0.05	0.03	0.03	0.05	0.04	0.02
0.10	0.03	0.06	0.10	0.04	0.04	0.10	0.06	0.03
0.20	0.04	0.07	0.20	0.07	0.06	0.20	0.09	0.04
0.35	0.05	0.09	0.35	0.10	0.09	0.35	0.14	0.06
0.50	0.06	0.11	0.50	0.13	0.12	0.50	0.23	0.11
0.75	0.08	0.15	0.75	0.19	0.18	0.75	0.38	0.17
1.00	0.10	0.18	1.00	0.24	0.21	1.00	0.47	0.21
1.25	0.12	0.22	1.25	0.28	0.25	1.25	0.54	0.24
1.50	0.14	0.26	1.50	0.31	0.28	1.50	0.61	0.27
1.75	0.15	0.28	1.75	0.34	0.30	1.75	0.67	0.30
2.00	0.17	0.31	2.00	0.38	0.34	2.00	0.71	0.32
2.50	0.19	0.35	2.50	0.43	0.39	2.50	0.81	0.36
3.00	0.22	0.39	3.00	0.48	0.43	3.00	0.89	0.40
3.50	0.24	0.42	3.50	0.51	0.46	3.50	0.96	0.43
4.00	0.26	0.46	4.00	0.54	0.49	4.00	1.01	0.46
4.50	0.28	0.50	4.50	0.58	0.53	4.50	1.06	0.48
5.00	0.30	0.53	5.00	0.61	0.55	5.00	1.12	0.50
6.00	0.32	0.57	6.00	0.65	0.58	6.00	1.19	0.54
7.00	0.33	0.59	7.06	0.67	0.60	7.00	1.27	0.57
8.00	0.34	0.61	8.00	0.70	0.63	8.00	1.30	0.58
9.00	0.35	0.63	9.00	0.74	0.66	9.00	1.32	0.59
10.00	0.36	0.65	10.00	0.75	0.67	10.00	1.33	0.60
11.00	0.37	0.66	11.00	0.77	0.69	11.00	1.34	0.60
12.00	0.38	0.68	12.00	0.79	0.71	12.00	1.35	0.61
13.00	0.39	0.70	13.00	0.80	0.72	13.00	1.36	0.61
14.00	0.39	0.70	14.00	0.81	0.73	14.00	1.38	0.62
15.00	0.38	0.69	15.00	0.81	0.73	15.00	1.39	0.63
16.00	0.38	0.68	16.00	0.81	0.73	16.00	1.39	0.63
17.00	0.37	0.67	17.00	0.80	0.72	17.00	1.38	0.62
18.00	0.37	0.67	18.00	0.80	0.72	18.00	1.39	0.62

Estado: Remoldeado
Clasificacion: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$\phi = 30.6^\circ$

$c = 0.10 \text{ Kg/cm}^2$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-4

Cota de Superficie (m) : 4,156.00
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.6	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.6	grados
Cohesión corregida (c)	0.10	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.91	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_s)	1.91	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
	0.70	
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación		m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,156.00	m
	1.50	
Profundidad de Desplante (Df)		m (0.0 si es indeterminado)
) Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.assume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM Grava limosa con arena	
Cimentación sugerida	Cimientos Corridos	

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 31.540 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 19.627 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 16.502 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.062 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.059 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.960 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.326 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.069 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.491$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_z = i_{\phi} = \left(1 - \frac{\beta^2}{\phi'^2} \right)^2 \quad i_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	0.7	1.00	1.00	7.75	2.58	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	0.9	1.00	1.00	8.05	2.68	
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	8.35	2.78	
-1.80 -	1.80	0.7	1.00	1.00	8.54	2.85	
1.80 -	1.80	0.9	1.00	1.00	8.84	2.95	
1.80	1.80	1.1	1.00	1.00	9.15	3.05	
-2.00 -	2.00	0.7	1.00	1.00	9.34	3.11	
2.00 -	2.00	0.9	1.00	1.00	9.64	3.21	
2.00	2.00	1.1	1.00	1.00	9.94	3.31	

-2.20 -	2.20	0.7	1.00	1.00	10.13	3.38
2.20 -	2.20	0.9	1.00	1.00	10.43	3.48
2.20	2.20	1.1	1.00	1.00	10.73	3.58
-2.40 -	2.40	0.7	1.00	1.00	10.92	3.64
2.40 -	2.40	0.9	1.00	1.00	11.23	3.74
2.40	2.40	1.1	1.00	1.00	11.53	3.84

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	2.58	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) I_f}{E_s}$
Módulo de Elasticidad	E_s	=	3,000	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S_i (max)	=	2.54	cm	
Ancho de la cimentación	B	=	0.70	m	
Factor de forma	I_f	=	0.30	m/m	
					$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{B}}$
Asentamiento	S_i	=	0.000	m	
Asentamiento	S_i	=	0.01	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	2.58	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	1.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.02	cm	OK !
	S_i	=	0.01	cm	OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-4 Cota de Superficie (m) : 4,156.00
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.6	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.6	grados
Cohesión corregida (c)	0.10	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.91	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.91	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.10	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,156.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación **GM Grava limosa con arena**
Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 31.540 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 19.627 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 16.502 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.622 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.591 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.600 & S_y &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.326 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.069 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.491$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$I_x = I_y = \left(1 - \frac{\phi'^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_z = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	11.09	3.70	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.3	1.00	1.00	11.28	3.76	
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	11.47	3.82	
-1.80 -	1.80	1.1	1.00	1.00	12.29	4.10	
1.80 -	1.80	1.3	1.00	1.00	12.48	4.16	
1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	12.66	4.22	
-2.00 -	2.00	1.1	1.00	1.00	13.48	4.49	
2.00 -	2.00	1.3	1.00	1.00	13.67	4.56	
2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	13.86	4.62	

-2.20 -	2.20	1.1	1.00	1.00	14.67	4.89
2.20 -	2.20	1.3	1.00	1.00	14.86	4.95
2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	15.05	5.02
-2.40 -	2.40	1.1	1.00	1.00	15.86	5.29
2.40 -	2.40	1.3	1.00	1.00	16.05	5.35
2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	16.24	5.41

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	3.70	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E_s	=	3,000	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S_i (max)	=	2.54	cm	$S_i = \frac{q_{adm} B(1-\mu^2)l_f}{E_s}$
Ancho de la cimentación	B	=	1.10	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	

Asentamiento	S_i	=	0.001	m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.07	cm	

Presión por carga	q_{adm}	=	3.70	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.11	cm	OK !
	S_i	=	0.07	cm	OK !

Calicata: C – 5

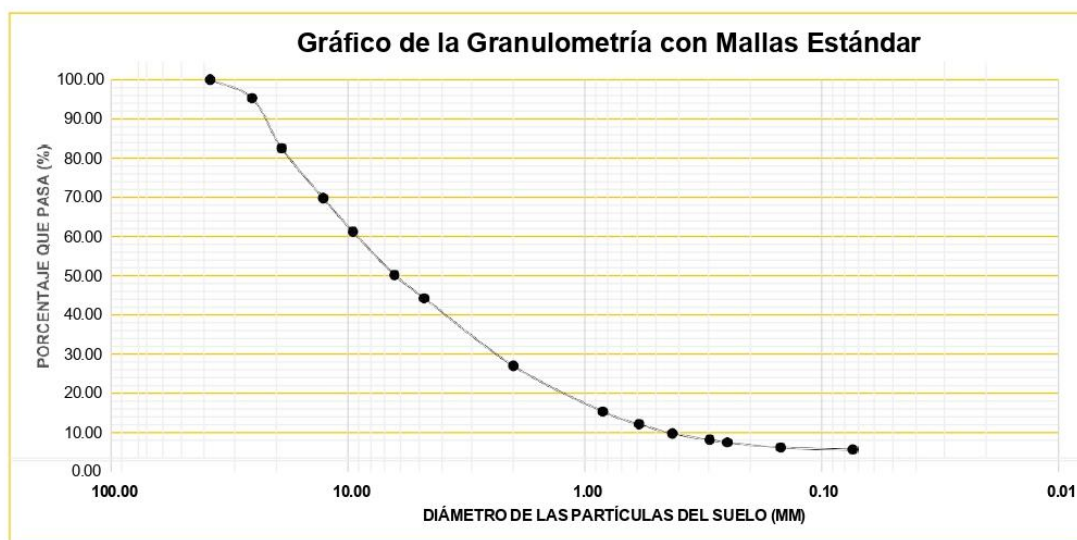
ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

TAMIZ Nº	Diametr (mm)	Peso Reten. (gr)	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	72.50	4.66	4.66	95.34
3/4"	19.05	198.20	12.75	17.41	82.59
1/2"	12.70	198.00	12.74	30.15	69.85
3/8"	9.53	132.30	8.51	38.66	61.34
1/4"	6.35	171.50	11.03	49.69	50.31
No 4	4.76	91.60	5.89	55.58	44.42
No 10	2.00	268.70	17.28	72.87	27.13
No 20	0.84	180.30	11.60	84.47	15.53
No 30	0.59	50.40	3.24	87.71	12.29
No 40	0.43	36.40	2.34	90.05	9.95
No 50	0.30	25.00	1.61	91.66	8.34
No 60	0.25	10.50	0.68	92.33	7.67
No 100	0.15	20.10	1.29	93.63	6.37
No 200	0.07	7.90	0.51	94.13	5.87
CAZOLET	0.00	91.20	5.87		
TOTAL		1554.60			

Pasa tamiz N° 4 :	44.417 %
Pasa tamiz N° 200:	5.866 %
D60(diámetro efectivo):	9.14 mm
D30(diámetro efectivo):	2.46 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.43 mm
Coef. de uniformidad (Cu):	21.28
Grado de curvatura (Cc):	1.54

LÍMITES DE		GRANULOMETRÍA	
Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	55.58%
Límite plástico	NP	Cantidad de Arena	38.55%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cantidad de Limo-Arcilla	5.87%
Material granular			94.13%
Peso de la Muestra Húmeda		1577.00 gr	
Peso de la Muestra Seca		1507.40 gr	
Peso de la Muestra Seca Lavada		1416.20 gr	
Peso de la Tara		137.60 gr	

Humedad Natural: 5.08%



OBSERVACIONES:

Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO		
Suelos de grano grueso. Nomenclatura con símbolo doble GW-GM Grava bien graduada con limo y arena	Materiales granulares	Excelente a buena	Ind. Grupo: 0
	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena		

Estado: Remoldeado

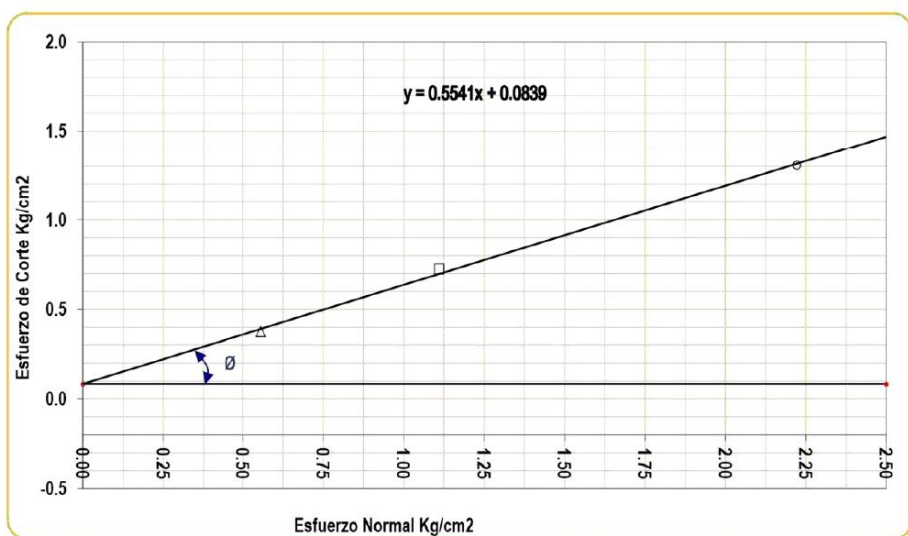
Clasificación: GW-GM Grava bien graduada con limo y arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T – 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm ²	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	4.55	6.54	4.55	6.87	4.55	7.00
Densidad Seca		g/cm ³	1.92	2.15	1.92	2.24	1.92	2.28
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo o de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo o de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo o de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.03	0.05	0.04	0.03	0.05	0.05	0.02
0.10	0.03	0.05	0.10	0.05	0.04	0.10	0.11	0.05
0.20	0.05	0.08	0.20	0.07	0.06	0.20	0.16	0.07
0.35	0.06	0.10	0.35	0.08	0.08	0.35	0.23	0.10
0.50	0.07	0.12	0.50	0.10	0.09	0.50	0.30	0.13
0.75	0.08	0.15	0.75	0.17	0.15	0.75	0.39	0.17
1.00	0.09	0.17	1.00	0.21	0.19	1.00	0.46	0.21
1.25	0.11	0.20	1.25	0.23	0.21	1.25	0.54	0.24
1.50	0.12	0.22	1.50	0.27	0.25	1.50	0.61	0.27
1.75	0.14	0.25	1.75	0.32	0.29	1.75	0.65	0.29
2.00	0.16	0.29	2.00	0.38	0.34	2.00	0.70	0.31
2.50	0.17	0.30	2.50	0.44	0.40	2.50	0.75	0.34
3.00	0.19	0.34	3.00	0.48	0.43	3.00	0.80	0.36
3.50	0.23	0.41	3.50	0.51	0.46	3.50	0.85	0.38
4.00	0.25	0.46	4.00	0.54	0.48	4.00	0.91	0.41
4.50	0.27	0.49	4.50	0.55	0.50	4.50	0.93	0.42
5.00	0.29	0.52	5.00	0.60	0.54	5.00	0.99	0.45
6.00	0.31	0.56	6.00	0.63	0.57	6.00	1.05	0.47
7.00	0.33	0.59	7.06	0.65	0.58	7.00	1.09	0.49
8.00	0.34	0.61	8.00	0.66	0.59	8.00	1.14	0.51
9.00	0.35	0.63	9.00	0.68	0.61	9.00	1.18	0.53
10.00	0.36	0.64	10.00	0.68	0.61	10.00	1.20	0.54
11.00	0.37	0.66	11.00	0.70	0.63	11.00	1.23	0.55
12.00	0.38	0.68	12.00	0.70	0.63	12.00	1.25	0.56
13.00	0.38	0.68	13.00	0.71	0.64	13.00	1.28	0.58
14.00	0.37	0.66	14.00	0.72	0.65	14.00	1.30	0.58
15.00	0.37	0.66	15.00	0.72	0.65	15.00	1.31	0.59
16.00	0.36	0.64	16.00	0.72	0.65	16.00	1.31	0.59
17.00	0.36	0.64	17.00	0.71	0.64	17.00	1.30	0.58
18.00	0.36	0.64	18.00	0.70	0.63	18.00	1.30	0.58

Estado: Remoldeado
Clasificacion: GW-GM Grava bien graduada con limo y arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$\phi = 29.0^\circ$

$c = 0.084 \text{ Kg/cm}^2$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-5

Cota de Superficie (m) : 4,210.00
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (Φ)	29.0	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (Φ) _C	29.0	grados
Cohesión corregida (c)	0.08	kg/cm²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.92	gr/cm³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.92	gr/cm³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	0.70	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,210.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado
) Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GW-GM Grava bien graduada con limo y arena	

Cimentación sugerida

Cimientos Corridos

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = 27.841$$
$$N_q = 16.427$$
$$N_y = 12.822$$
$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$
$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$
$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.059$$
$$S_q = 1.055$$
$$S_y = 0.960$$
$$S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$
$$S_y = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$
$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = 1.000K_a = 0.347$$
$$i_q = 1.000K_p = 2.881$$
$$i_g = 1.000K_o = 0.515$$

$$I_z = I_{ti} = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2$$
$$I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm²)	qadm (kg/cm²)	Detalle
-1.50	1.50	0.7	1.00	1.00	6.40	2.13	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	0.9	1.00	1.00	6.64	2.21	
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	6.87	2.29	
-1.80	1.80	0.7	1.00	1.00	7.07	2.36	
-1.80	1.80	0.9	1.00	1.00	7.30	2.43	
-1.80	1.80	1.1	1.00	1.00	7.54	2.51	
-2.00	2.00	0.7	1.00	1.00	7.73	2.58	
-2.00	2.00	0.9	1.00	1.00	7.97	2.66	
-2.00	2.00	1.1	1.00	1.00	8.20	2.73	

-2.20	2.20	0.7	1.00	1.00	8.40	2.80
-2.20	2.20	0.9	1.00	1.00	8.63	2.88
-2.20	2.20	1.1	1.00	1.00	8.87	2.96
-2.40	2.40	0.7	1.00	1.00	9.06	3.02
-2.40	2.40	0.9	1.00	1.00	9.30	3.10
-2.40	2.40	1.1	1.00	1.00	9.54	3.18

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible

$$q_{adm} = 2.13 \text{ Kg/cm}^2$$

Relación de Poisson

$$\mu = 0.35$$

Módulo de Elasticidad

$$E_s = 3,000 \text{ Kg/cm}^2$$

Asentamiento permisible

$$S_i (\text{max}) = 2.54 \text{ cm}$$

$$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) I_f}{E_s}$$

Ancho de la cimentación

$$B = 0.70 \text{ m}$$

Factor de forma

$$I_f = 0.30 \text{ m/m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.000 \text{ m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.02 \text{ cm}$$

$$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$$

Presión por carga

$$q_{adm} = 2.13 \text{ Kg/cm}^2$$

Presión de carga asumida por asentamiento

$$q_{adm} = 2.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_i = 0.01 \text{ cm}$$

OK !

$$S_i = 0.02 \text{ cm}$$

OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-5

Cota de Superficie (m) : 4,210.00
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	29.0	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	29.0	grados
Cohesión corregida (c)	0.08	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.92	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.92	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.10	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,210.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. assume 3.0)	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación **GW-GM Grava bien graduada con limo y arena**
Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 27.841 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 16.427 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 12.822 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.590 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.554 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.600 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.347 \quad i_q = 1.000 K_p = 2.881 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.515$$

$$I_x = I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		qd (kg/cm²)	qadm (kg/cm²)	Detalle
			W	W'			
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	9.03	3.01	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.3	1.00	1.00	9.17	3.06	
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	9.32	3.11	
-1.80	1.80	1.1	1.00	1.00	10.01	3.34	
-1.80	1.80	1.3	1.00	1.00	10.15	3.38	
-1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	10.30	3.43	
-2.00	2.00	1.1	1.00	1.00	10.99	3.66	
-2.00	2.00	1.3	1.00	1.00	11.13	3.71	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	11.28	3.76	
-2.20	2.20	1.1	1.00	1.00	11.97	3.99	
-2.20	2.20	1.3	1.00	1.00	12.11	4.04	
-2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	12.26	4.09	
-2.40	2.40	1.1	1.00	1.00	12.95	4.32	
-2.40	2.40	1.3	1.00	1.00	13.09	4.36	
-2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	13.24	4.41	

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible

$$q_{adm} = 3.01 \text{ Kg/cm}^2$$

Relación de Poisson

$$\mu = 0.35$$

Módulo de Elasticidad

$$E_s = 3,000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) I_f}{E_s}$$

Asentamiento permisible

$$S_i (\text{max}) = 2.54 \text{ cm}$$

Ancho de la cimentación

$$B = 1.10 \text{ m}$$

Factor de forma

$$I_f = 0.93 \text{ m/m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.001 \text{ m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.07 \text{ cm}$$

$$I_f = \sqrt{\frac{L}{B}}$$

Presión por carga

$$q_{adm} = 3.01 \text{ Kg/cm}^2$$

Presión de carga asumida por asentamiento

$$q_{adm} = 2.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_i = 0.09 \text{ cm} \quad \text{OK !}$$

$$S_i = 0.07 \text{ cm} \quad \text{OK !}$$

Calicata: C – 6

ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

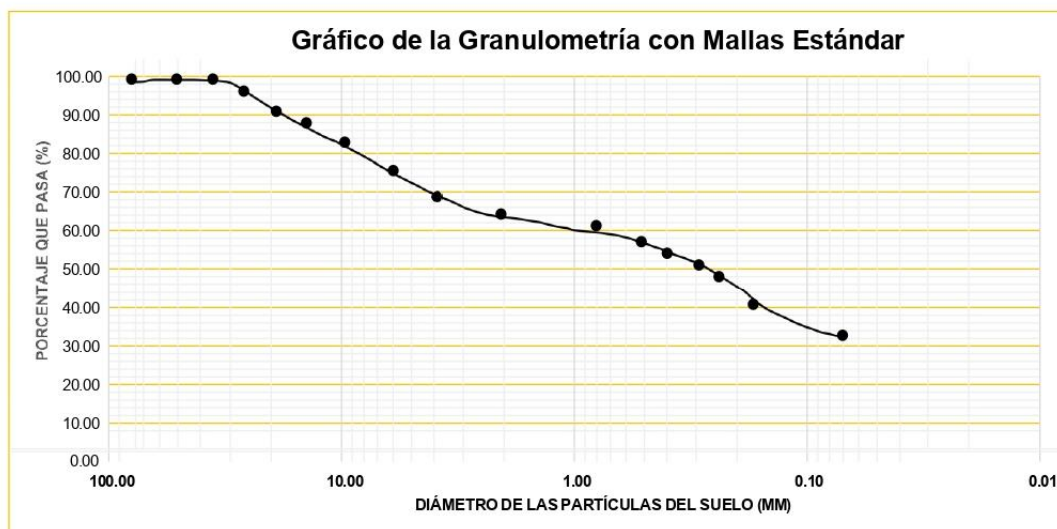
TAMIZ Nº	Diametro (mm)	Peso Rete (gr)	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
3"	76.2	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	50.6	3.24	3.24	96.76
3/4"	19.05	62.4	3.99	7.23	92.77
1/2"	12.7	52.1	3.33	10.56	89.44
3/8"	9.53	80.6	5.16	15.72	84.28
1/4"	6.35	102.6	6.57	22.29	77.71
No 4	4.76	129.6	8.29	30.58	69.42
No 10	2	52.6	3.37	33.95	66.05
No 20	0.84	62.3	3.99	37.93	62.07
No 30	0.59	49.8	3.19	41.12	58.88
No 40	0.43	53.6	3.43	44.55	55.45
No 50	0.3	58.1	3.72	48.27	51.73
No 60	0.25	70.9	4.54	52.80	47.20
No 100	0.15	103.6	6.63	59.43	40.57
No 200	0.07	122.2	7.82	67.25	32.75
CAZOLETA	0	511.8	32.75	100.00	0.00
TOTAL		1562.8			

Pasa tamiz N° 4 :		69.42 %
Pasa tamiz N° 200:		32.75 %
D60(diámetro efectivo):		0.65 mm
D30(diámetro efectivo):		0.05 mm
D10 (diámetro efectivo):		0.03 mm
Coef. de uniformidad (Cu):		21.67
Grado de curvatura (Cc):		0.12

LÍMITES DE		GRANULOMETRÍA	
Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	30.58%
Límite plástico	NP	Cantidad de Arena	36.67%
Ind. de IP	NP	Cantidad de Limo-Arcilla	32.75%
Material granular			67.25%

Peso de la Muestra Húmeda	1685.90 gr
Peso de la Muestra Seca	1402.38 gr
Peso de la Muestra Seca Lavada	890.58 gr
Peso de la Tara	168.60 gr

Humedad Natural: 16.82%



OBSERVACIONES:

Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO	
Suelos de grano fino. Arenas y limos	Materiales granulares	Excelente a buena
SM Arena limosa con grava	A-2-4 Gravas y arenas limosas	Ind. Grupo: 0

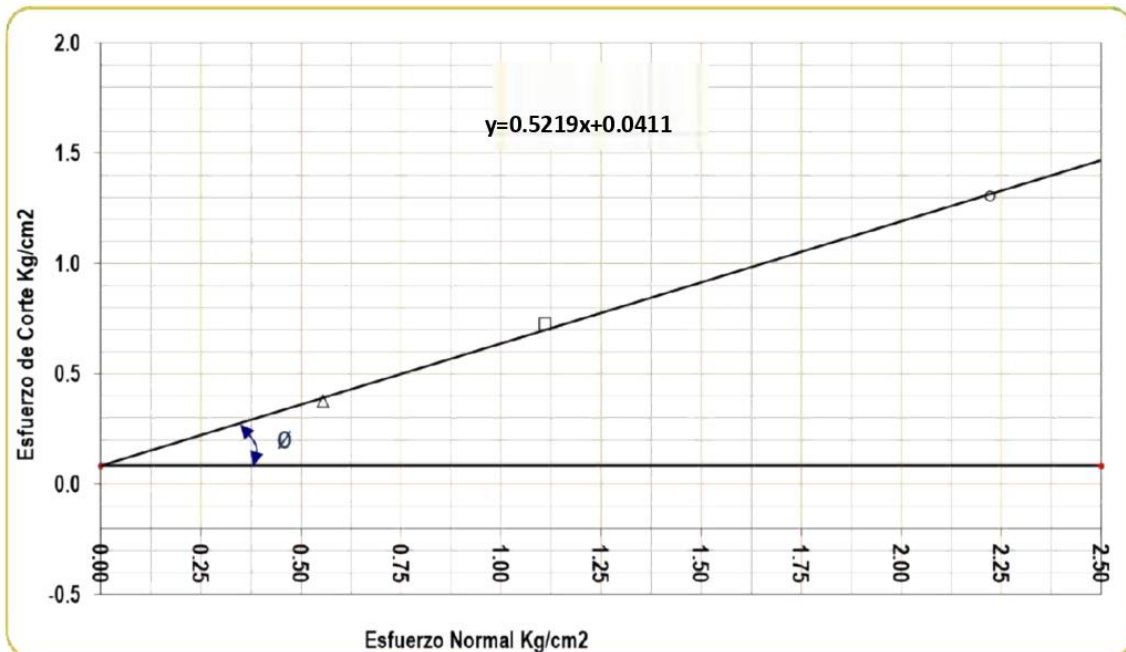
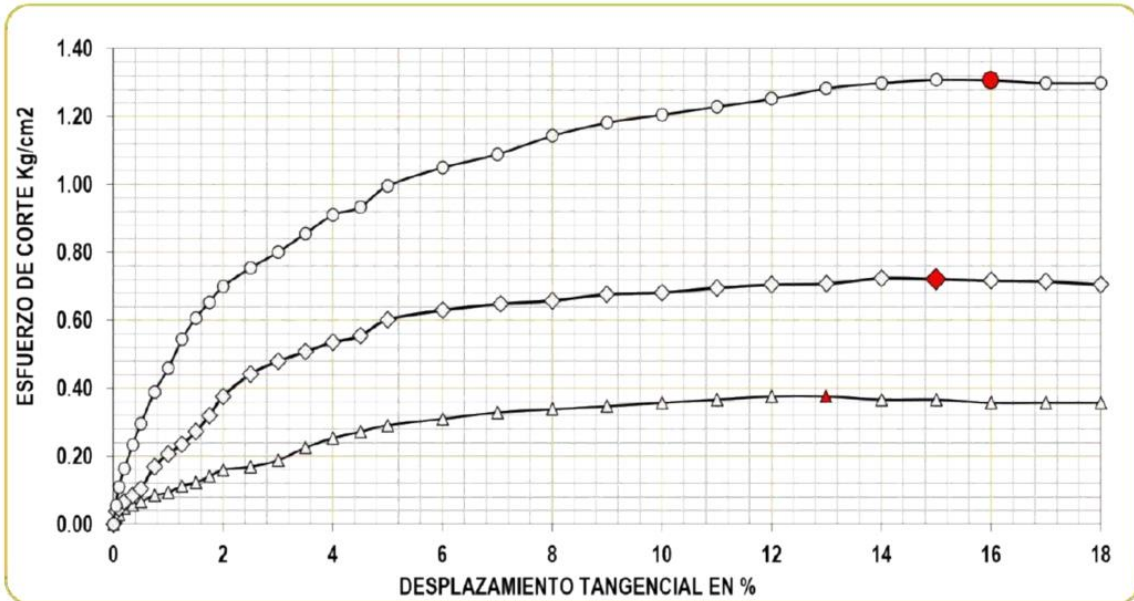
Estado: Remoldeado

Clasificación: SM Arena limosa con grava

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T – 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm ²	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	6.25	10.55	6.25	10.86	6.25	11.12
Densidad Seca		g/cm ³	1.86	2.02	1.86	2.21	1.86	2.26
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.02
0.10	0.03	0.06	0.10	0.06	0.06	0.10	0.06	0.04
0.20	0.04	0.08	0.20	0.08	0.09	0.20	0.10	0.06
0.35	0.06	0.12	0.35	0.13	0.12	0.35	0.14	0.06
0.50	0.07	0.12	0.50	0.15	0.14	0.50	0.19	0.09
0.75	0.08	0.14	0.75	0.16	0.17	0.75	0.26	0.15
1.00	0.10	0.16	1.00	0.22	0.20	1.00	0.32	0.18
1.25	0.11	0.16	1.25	0.22	0.22	1.25	0.39	0.20
1.50	0.12	0.18	1.50	0.23	0.25	1.50	0.46	0.23
1.75	0.13	0.20	1.75	0.25	0.27	1.75	0.50	0.23
2.00	0.14	0.22	2.00	0.30	0.28	2.00	0.56	0.23
2.50	0.15	0.25	2.50	0.30	0.31	2.50	0.61	0.25
3.00	0.17	0.30	3.00	0.34	0.34	3.00	0.65	0.26
3.50	0.17	0.30	3.50	0.36	0.36	3.50	0.71	0.29
4.00	0.17	0.31	4.00	0.49	0.38	4.00	0.75	0.31
4.50	0.18	0.33	4.50	0.40	0.40	4.50	0.79	0.31
5.00	0.19	0.33	5.00	0.42	0.41	5.00	0.81	0.35
6.00	0.19	0.35	6.00	0.44	0.44	6.00	0.84	0.38
7.00	0.20	0.38	7.06	0.44	0.46	7.00	0.90	0.40
8.00	0.20	0.40	8.00	0.48	0.48	8.00	0.93	0.41
9.00	0.21	0.40	9.00	0.48	0.49	9.00	0.95	0.41
10.00	0.22	0.41	10.00	0.50	0.50	10.00	0.99	0.41
11.00	0.22	0.42	11.00	0.50	0.51	11.00	0.99	0.41
12.00	0.22	0.42	12.00	0.51	0.51	12.00	0.99	0.41
13.00	0.22	0.44	13.00	0.52	0.52	13.00	0.99	0.41
14.00	0.23	0.43	14.00	0.52	0.53	14.00	0.99	0.42
15.00	0.23	0.43	15.00	0.52	0.53	15.00	1.00	0.42
16.00	0.23	0.43	16.00	0.52	0.53	16.00	1.00	0.42
17.00	0.23	0.43	17.00	0.52	0.53	17.00	1.01	0.42
18.00	0.23	0.43	18.00	0.52	0.53	18.00	1.01	0.42

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$$\phi = 25.8^\circ$$

$$c = 0.037 \text{ Kg/cm}^2$$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

Cota de Superficie (m) : 4,285.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

EXPLORACIÓN: C-6

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	25.8	grados
Cohesión (c)	0.0	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ)	25.8	grados
Cohesión corregida (c)	0.04	kg/cm ²
	0.05	
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.74	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.74	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	0.80	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,285.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	1.10	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	SM Arena limosa con grava	

Cimentación sugerida

Cimientos Corridos

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = 22.008 \quad N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_q = 11.661 \quad N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

$$N_y = 7.746$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.053 \quad S_q = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \quad S_y = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

$$S_q = 1.048 \quad S_y = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$

$$S_y = 0.960$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.393 \quad i_q = 1.000 K_p = 2.546 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.564$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_x = i_y = \left(1 - \frac{\phi'^2}{90^\circ} \right)^2 \quad i_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	0.8	0.84	0.50	3.20	1.07	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	1.0	0.84	0.50	3.27	1.09	
-1.50	1.50	1.2	0.84	0.50	3.33	1.11	
-1.80 -	1.80	0.8	0.81	0.50	3.45	1.15	
1.80 -	1.80	1.0	0.81	0.50	3.51	1.17	
1.80	1.80	1.2	0.81	0.50	3.57	1.19	
-2.00 -	2.00	0.8	0.78	0.50	3.66	1.22	
2.00 -	2.00	1.0	0.78	0.50	3.73	1.24	
2.00	2.00	1.2	0.78	0.50	3.79	1.26	

-2.20 -	2.20	0.8	0.75	0.50	3.85	1.28
2.20 -	2.20	1.0	0.75	0.50	3.92	1.31
2.20	2.20	1.2	0.75	0.50	3.98	1.33
-2.40 -	2.40	0.8	0.73	0.50	4.07	1.36
2.40 -	2.40	1.0	0.73	0.50	4.14	1.38
2.40	2.40	1.2	0.73	0.50	4.20	1.40

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	1.07	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E^s	=	1,200	Kg/cm ²	$S_i = \frac{q_{adm} B (1-\mu^2) I_f}{E_s}$
			2.54		
Asentamiento permisible	$S_i \text{ (max)}$	=		cm	
Ancho de la cimentación	B	=	0.80	m	
Factor de forma	I_f	=	0.30	m/m	
					$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B}$
Asentamiento	S_i	=	0.000	m	
Asentamiento	S_i	=	0.02	cm	

Presión por carga	q_{adm}	=	1.07	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	1.00	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.02	cm	OK !
	S_i	=	0.02	cm	OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-6 Cota de Superficie (m) : 4,285.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (φ)	25.8	grados
Cohesión (c)	0.0	kg/cm²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (φ _c)	25.8	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.04	kg/cm²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.74	gr/cm³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ) ₂	1.74	gr/cm³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.20	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,285.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	1.10	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.assume 3.0)	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación SM Arena limosa con grava
Cimentación sugerida Zapata Cuadrada

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$
$$N_q = 22.008$$
$$N_q = 11.661$$
$$N_y = 7.746$$
$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$
$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.530$$
$$S_q = 1.484$$
$$S_y = 0.600$$
$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$$
$$S_y = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = 1.000K_a = 0.393$$
$$i_q = 1.000K_p = 2.546$$
$$i_g = 1.000K_o = 0.564$$

$$I_x = I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2$$
$$I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.
Cimentación sugerida Zapata Cuadrada

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm²)	qadm (kg/cm²)	Detalle
-1.50	1.50	1.2	0.84	0.50	4.41	1.47	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.4	0.84	0.50	4.45	1.48	
-1.50	1.50	1.6	0.84	0.50	4.49	1.50	
-1.80 -	1.80	1.2	0.81	0.50	4.76	1.59	
1.80 -	1.80	1.4	0.81	0.50	4.80	1.60	
1.80	1.80	1.6	0.81	0.50	4.84	1.61	
-2.00 -	2.00	1.2	0.78	0.50	5.06	1.69	
2.00 -	2.00	1.4	0.78	0.50	5.10	1.70	
2.00	2.00	1.6	0.78	0.50	5.15	1.72	

-2.20 -	2.20	1.2	0.75	0.50	5.34	1.78
2.20 -	2.20	1.4	0.75	0.50	5.38	1.79
2.20	2.20	1.6	0.75	0.50	5.42	1.81
-2.40 -	2.40	1.2	0.73	0.50	5.64	1.88
2.40 -	2.40	1.4	0.73	0.50	5.68	1.89
2.40	2.40	1.6	0.73	0.50	5.72	1.91

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	1.47	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E_s	=	1,200	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S_i (max)	=	2.54	cm	$S_i = \frac{q_{adm} B (1-\mu^2) l_f}{E_s}$
Ancho de la cimentación	B	=	1.20	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	
Asentamiento	S_i	=	0.001	m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.08	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	1.47	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	1.00	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.12	cm	OK !
	S_i	=	0.08	cm	OK !

Calicata: C – 7

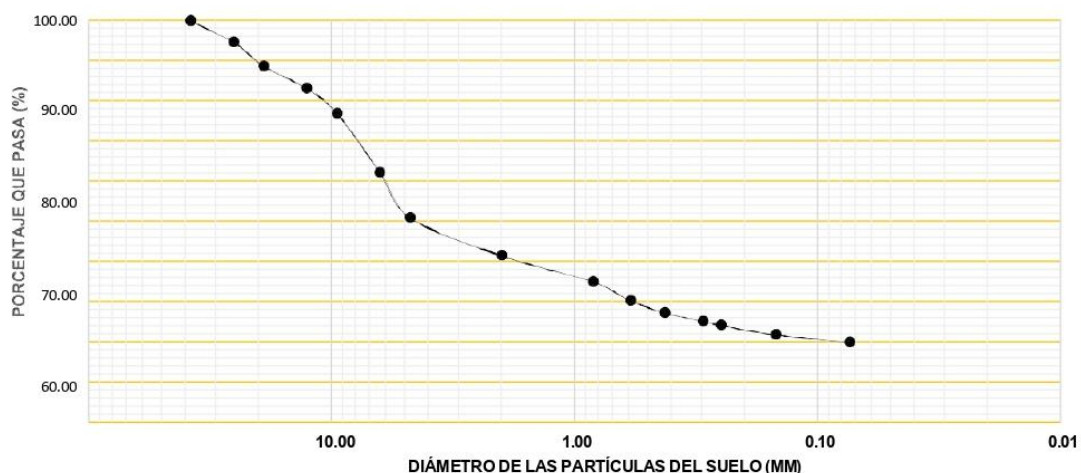
ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

TAMIZ Nº	Diamet (mm)	Peso Reten. (g)	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	76.00	5.26	5.26	94.74
3/4"	19.05	86.20	5.97	11.24	88.76
1/2"	12.70	79.00	5.47	16.71	83.29
3/8"	9.53	90.40	6.26	22.97	77.03
1/4"	6.35	211.70	14.66	37.63	62.37
No 4	4.76	165.70	11.48	49.11	50.89
No 10	2.00	135.30	9.37	58.48	41.52
No 20	0.84	93.80	6.50	64.98	35.02
No 30	0.59	67.30	4.66	69.64	30.36
No 40	0.43	43.90	3.04	72.68	27.32
No 50	0.30	29.90	2.07	74.75	25.25
No 60	0.25	14.30	0.99	75.74	24.26
No 100	0.15	34.10	2.36	78.10	21.90
No 200	0.07	27.10	1.88	79.98	20.02
CAZOLETA	0.00	289.00	20.02	100.00	0.00
TOTAL		1443.70			

Pasa tamiz N° 4 :	50.890 %
Pasa tamiz N° 200:	20.018 %
D60(diámetro efectivo):	6.02 mm
D30(diámetro efectivo):	0.57 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.04 mm
Coef. de uniformidad (Cu):	162.90
Grado de curvatura (Cc):	1.46
LÍMITES DE GRANULOMETRÍA	
Límite líquido LL	NP
Límite plástico	NP
Ind. de Plasticidad IP	NP
Material granular	
79.98%	
Peso de la Muestra Húmeda	1715.00 gr
Peso de la Muestra Seca	1598.50 gr
Peso de la Muestra Seca Lavada	1309.50 gr
Peso de la Tara	142.20 gr

Humedad Natural: 8.00%

Gráfico de la Granulometría con Mallas Estándar



OBSERVACIONES:

Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO	
Suelos de grano grueso. Gravas con finos	Materiales granulares	Excelente a buena
GM Grava limosa con arena	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena	Ind. Grupo: 0

Estado: Remoldeado

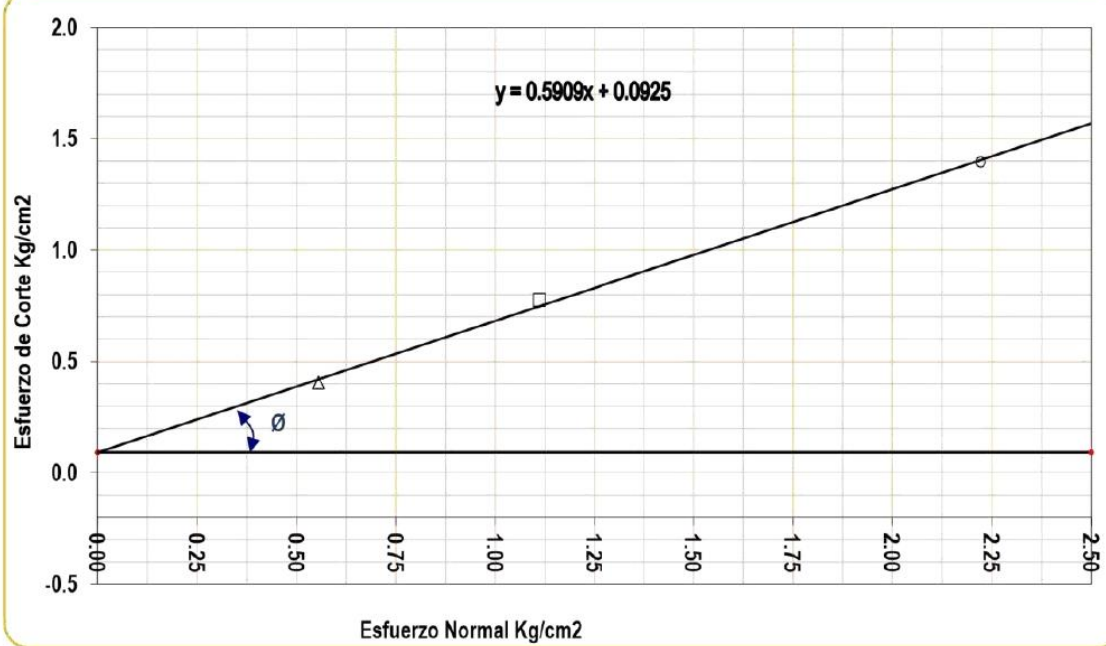
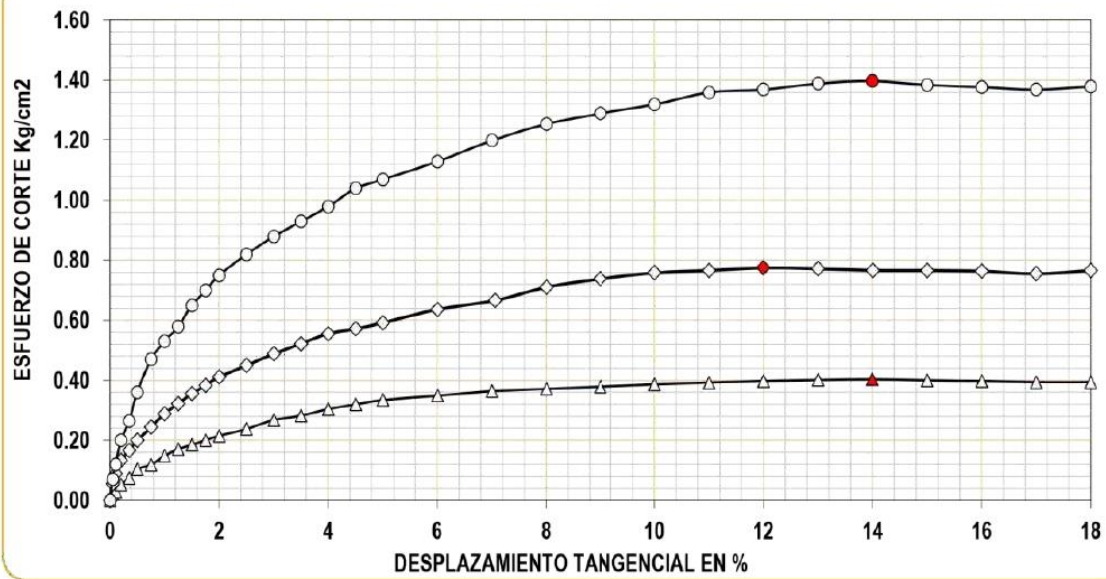
Clasificación: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T – 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm ²	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	2.59	4.43	2.59	5.64	2.59	5.90
Densidad Seca		g/cm ³	1.92	2.15	1.92	2.24	1.92	2.28
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.07	0.03
0.10	0.03	0.05	0.10	0.09	0.08	0.10	0.12	0.05
0.20	0.05	0.09	0.20	0.13	0.12	0.20	0.20	0.09
0.35	0.07	0.13	0.35	0.17	0.15	0.35	0.26	0.12
0.50	0.10	0.19	0.50	0.20	0.18	0.50	0.36	0.16
0.75	0.12	0.21	0.75	0.24	0.22	0.75	0.47	0.21
1.00	0.15	0.27	1.00	0.29	0.26	1.00	0.53	0.24
1.25	0.17	0.31	1.25	0.32	0.29	1.25	0.58	0.26
1.50	0.19	0.33	1.50	0.36	0.32	1.50	0.65	0.29
1.75	0.20	0.36	1.75	0.38	0.34	1.75	0.70	0.31
2.00	0.22	0.39	2.00	0.41	0.37	2.00	0.75	0.34
2.50	0.24	0.43	2.50	0.45	0.40	2.50	0.82	0.37
3.00	0.27	0.48	3.00	0.49	0.44	3.00	0.88	0.40
3.50	0.28	0.51	3.50	0.52	0.47	3.50	0.93	0.42
4.00	0.30	0.55	4.00	0.56	0.50	4.00	0.98	0.44
4.50	0.32	0.58	4.50	0.57	0.51	4.50	1.04	0.47
5.00	0.33	0.60	5.00	0.59	0.53	5.00	1.07	0.48
6.00	0.35	0.63	6.00	0.64	0.57	6.00	1.13	0.51
7.00	0.36	0.66	7.06	0.67	0.60	7.00	1.20	0.54
8.00	0.37	0.67	8.00	0.71	0.64	8.00	1.25	0.56
9.00	0.38	0.68	9.00	0.74	0.66	9.00	1.29	0.58
10.00	0.39	0.70	10.00	0.76	0.68	10.00	1.32	0.59
11.00	0.39	0.71	11.00	0.77	0.69	11.00	1.36	0.61
12.00	0.40	0.72	12.00	0.77	0.70	12.00	1.37	0.62
13.00	0.40	0.72	13.00	0.77	0.69	13.00	1.39	0.63
14.00	0.40	0.73	14.00	0.77	0.69	14.00	1.40	0.63
15.00	0.40	0.72	15.00	0.77	0.69	15.00	1.38	0.62
16.00	0.40	0.72	16.00	0.76	0.69	16.00	1.38	0.62
17.00	0.39	0.71	17.00	0.75	0.68	17.00	1.37	0.62
18.00	0.39	0.71	18.00	0.77	0.69	18.00	1.38	0.62

Estado: Remoldeado
clasificacion: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$$\phi = 30.6^\circ$$

$$c = 0.093 \text{ Kg/cm}^2$$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-7

Cota de Superficie (m): 4,184.000
Fecha: ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.6	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.6	grados
Cohesión corregida (c)	0.09	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.92	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_2)	1.92	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	0.70	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,184.00	m
	1.50	
Profundidad de Desplante (Df)		m (0.0 si es indeterminado)
) Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM Grava limosa con arena	

Cimentación sugerida

Cimientos Corridos

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 31.572 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 19.656 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 16.536 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.062 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.059 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.960 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.326 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.071 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.491$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = i_g = \left(1 - \frac{\beta^2}{\phi'^2} \right)^2 \quad i_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	0.7	1.00	1.00	7.77	2.59	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	0.9	1.00	1.00	8.08	2.69	
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	8.38	2.79	
-1.80 -	1.80	0.7	1.00	1.00	8.57	2.86	
1.80 -	1.80	0.9	1.00	1.00	8.88	2.96	
1.80	1.80	1.1	1.00	1.00	9.18	3.06	
-2.00 -	2.00	0.7	1.00	1.00	9.37	3.12	
2.00 -	2.00	0.9	1.00	1.00	9.68	3.23	
2.00	2.00	1.1	1.00	1.00	9.98	3.33	

-2.20 -	2.20	0.7	1.00	1.00	10.17	3.39
2.20 -	2.20	0.9	1.00	1.00	10.48	3.49
2.20	2.20	1.1	1.00	1.00	10.78	3.59
-2.40 -	2.40	0.7	1.00	1.00	10.97	3.66
2.40 -	2.40	0.9	1.00	1.00	11.27	3.76
2.40	2.40	1.1	1.00	1.00	11.58	3.86

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible

$$q_{adm} = 2.59 \text{ Kg/cm}^2$$

Relación de Poisson

$$\mu = 0.35$$

Módulo de Elasticidad

$$E_s = 3,000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_i = \frac{q_{adm} \cdot B(1-\mu^2)l_i}{E_s}$$

Asentamiento permisible

$$S_i(\max) = 2.54 \text{ cm}$$

Ancho de la cimentación

$$B = 0.70 \text{ m}$$

Factor de forma

$$I_f = 0.30 \text{ m/m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.000 \text{ m}$$

Asentamiento

$$S_i = 0.01 \text{ cm}$$

$$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$$

Presión por carga

$$q_{adm} = 2.59 \text{ Kg/cm}^2$$

Presión de carga asumida por asentamiento

$$q_{adm} = 1.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_i = 0.02 \text{ cm}$$

OK !

$$S_i = 0.01 \text{ cm}$$

OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-7

Cota de Superficie (m) : 4,184.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.6	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.6	grados
Cohesión corregida (c)	0.09	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.92	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.92	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada) m
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.10	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,184.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.assume 3.0)	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación **GM Grava limosa con arena**
Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_q = 31.572$$

$$N_q = 19.656$$

$$N_y = 16.536$$

$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.623$$

$$S_q = 1.591$$

$$S_y = 0.600$$

$$S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$

$$S_y = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = 1.000 K_a = 0.326 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.071 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.491$$

$$I_x = I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{9 \phi'^2} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	11.13	3.71	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.3	1.00	1.00	11.32	3.77	
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	11.51	3.84	
-1.80 -	1.80	1.1	1.00	1.00	12.33	4.11	
1.80 -	1.80	1.3	1.00	1.00	12.52	4.17	
1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	12.71	4.24	
-2.00 -	2.00	1.1	1.00	1.00	13.53	4.51	
2.00 -	2.00	1.3	1.00	1.00	13.72	4.57	
2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	13.91	4.64	

-2.20 -	2.20	1.1	1.00	1.00	14.73	4.91
2.20 -	2.20	1.3	1.00	1.00	14.92	4.97
2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	15.11	5.04
-2.40 -	2.40	1.1	1.00	1.00	15.93	5.31
2.40 -	2.40	1.3	1.00	1.00	16.12	5.37
2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	16.31	5.44

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	3.71	Kg/cm ²	$S_i = \frac{q_{adm} B (1 - \mu^2) l_f}{E_s}$
Relación de Poisson	m	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E^s	=	3,000	Kg/cm ²	
			2.54		
Asentamiento permisible	S_i (max)	=		cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.10	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	

Asentamiento	S_i	=	0.001	m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.07	cm	

Presión por carga	q_{adm}	=	3.71	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.11	cm	OK !
	S_i	=	0.07	cm	OK !

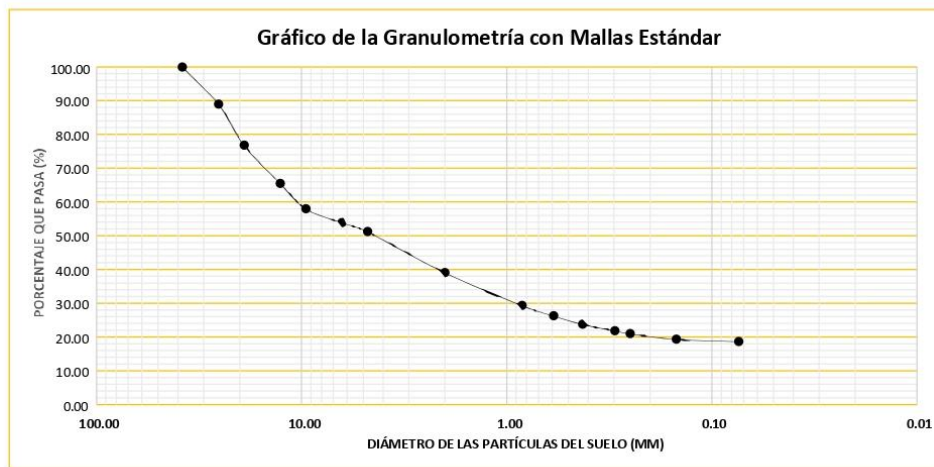
Calicata: C – 8

ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

TAMIZ N°	Diametr (mm)	Peso Reten. (gr)	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	112.70	10.96	10.96	89.04
3/4"	19.05	125.30	12.19	23.15	76.85
1/2"	12.70	116.20	11.30	34.45	65.55
3/8"	9.53	77.10	7.50	41.95	58.05
1/4"	6.35	42.10	4.09	46.04	53.96
No 4	4.76	27.60	2.68	48.73	51.27
No 10	2.00	124.80	12.14	60.86	39.14
No 20	0.84	99.90	9.72	70.58	29.42
No 30	0.59	31.70	3.08	73.66	26.34
No 40	0.43	25.50	2.48	76.14	23.86
No 50	0.30	19.80	1.93	78.07	21.93
No 60	0.25	9.00	0.88	78.94	21.06
No 100	0.15	16.90	1.64	80.59	19.41
No 200	0.07	6.80	0.66	81.25	18.75
CAZOLETA	0.00	192.80	18.75	100.00	0.00
TOTAL		1028.20			

Pasa tamiz N° 4 :	51.274 %
Pasa tamiz N° 200:	18.751 %
D60(diámetro efectivo):	10.35 mm
D30(diámetro efectivo):	0.91 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.04 mm
Coef. de uniformidad (Cu):	262.25
Grado de curvatura (Cc):	2.02
LÍMITES DE ATTERBERG	
GRANULOMETRÍA	
Límite líquido LL	NP
Límite plástico LP	NP
Ind. de Plasticidad IP	NP
Material granular equivalente a:	81.25%
Peso de la Muestra Húmeda	1449.50 gr
Peso de la Muestra Seca	1336.70 gr
Peso de la Muestra Seca Lavada	1143.90 gr
Peso de la Tara	202.00 gr

Humedad Natural: 9.94%



OBSERVACIONES:

Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO	
Suelos de grano grueso. Gravas con finos GM Grava limosa con arena	Materiales granulares Excelente a buena A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena	Ind. Grupo: 0

Estado: Remoldeado

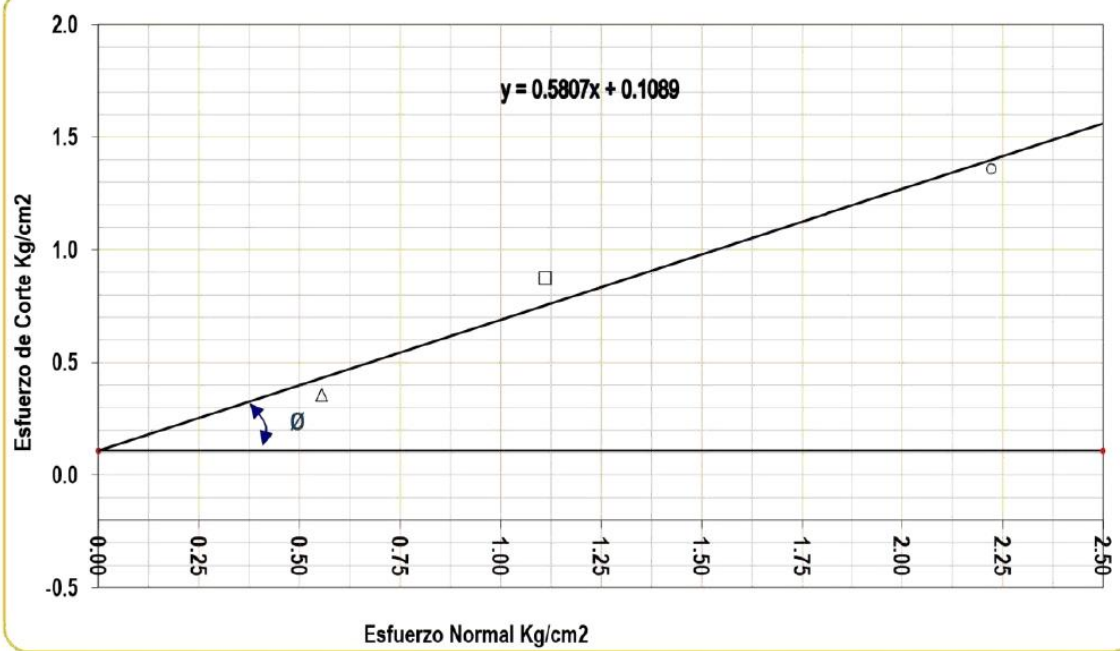
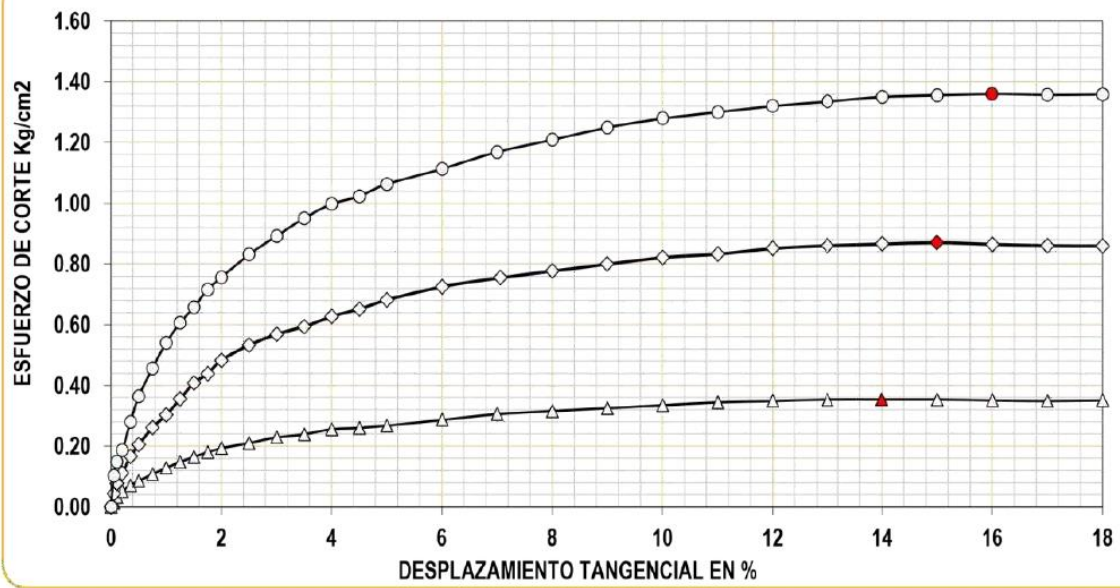
Clasificación: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T – 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm ²	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	4.00	5.40	4.00	6.70	4.00	6.54
Densidad Seca		g/cm ³	1.91	2.14	1.91	2.23	1.91	2.27
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.10	0.05
0.10	0.03	0.06	0.10	0.08	0.07	0.10	0.15	0.07
0.20	0.05	0.09	0.20	0.11	0.10	0.20	0.19	0.08
0.35	0.07	0.13	0.35	0.17	0.15	0.35	0.28	0.13
0.50	0.09	0.15	0.50	0.21	0.18	0.50	0.36	0.16
0.75	0.11	0.19	0.75	0.26	0.23	0.75	0.46	0.21
1.00	0.13	0.23	1.00	0.30	0.27	1.00	0.54	0.24
1.25	0.15	0.27	1.25	0.36	0.32	1.25	0.61	0.27
1.50	0.16	0.30	1.50	0.41	0.37	1.50	0.66	0.30
1.75	0.18	0.32	1.75	0.44	0.39	1.75	0.72	0.32
2.00	0.19	0.35	2.00	0.48	0.43	2.00	0.76	0.34
2.50	0.21	0.38	2.50	0.53	0.48	2.50	0.83	0.37
3.00	0.23	0.41	3.00	0.57	0.51	3.00	0.89	0.40
3.50	0.24	0.43	3.50	0.59	0.53	3.50	0.95	0.43
4.00	0.26	0.46	4.00	0.63	0.56	4.00	1.00	0.45
4.50	0.26	0.47	4.50	0.65	0.59	4.50	1.02	0.46
5.00	0.27	0.48	5.00	0.68	0.61	5.00	1.06	0.48
6.00	0.29	0.52	6.00	0.73	0.65	6.00	1.11	0.50
7.00	0.31	0.55	7.06	0.75	0.68	7.00	1.17	0.53
8.00	0.32	0.57	8.00	0.78	0.70	8.00	1.21	0.54
9.00	0.33	0.59	9.00	0.80	0.72	9.00	1.25	0.56
10.00	0.33	0.60	10.00	0.82	0.74	10.00	1.28	0.58
11.00	0.34	0.62	11.00	0.83	0.75	11.00	1.30	0.58
12.00	0.35	0.63	12.00	0.85	0.77	12.00	1.32	0.59
13.00	0.35	0.64	13.00	0.86	0.77	13.00	1.34	0.60
14.00	0.35	0.64	14.00	0.87	0.78	14.00	1.35	0.61
15.00	0.35	0.64	15.00	0.87	0.78	15.00	1.36	0.61
16.00	0.35	0.63	16.00	0.86	0.78	16.00	1.36	0.61
17.00	0.35	0.63	17.00	0.86	0.77	17.00	1.36	0.61
18.00	0.35	0.63	18.00	0.86	0.77	18.00	1.36	0.61

Estado: Remoldeado
Clasificacion: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$$\phi = 30.1^\circ$$

$$c = 0.109 \text{ Kg/cm}^2$$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-8

Cota de Superficie (m): 4,185.000

Fecha: ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.1	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.1	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.11	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.91	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.91	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	0.70	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,185.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
) Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM Grava limosa con arena	
Cimentación sugerida	Cimientos Corridos	

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned}
 N_c &= 30.487 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\
 N_q &= 18.704 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\
 N_y &= 15.421 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi'
 \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned}
 S_c &= 1.061 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\
 S_q &= 1.058 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\
 S_y &= 0.960 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'
 \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = 1.000K_a = 0.331 \quad i_q = 1.000K_p = 3.017 \quad i_g = 1.000K_o = 0.498$$

$$i_z = i_q = \left(1 - \frac{\beta^2}{9\phi'^2} \right)^2 \quad i_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	0.7	1.00	1.00	7.40	2.47	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	0.9	1.00	1.00	7.68	2.56	
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	7.96	2.65	
-1.80 -	1.80	0.7	1.00	1.00	8.15	2.72	
1.80 -	1.80	0.9	1.00	1.00	8.44	2.81	
1.80	1.80	1.1	1.00	1.00	8.72	2.91	
-2.00 -	2.00	0.7	1.00	1.00	8.91	2.97	
2.00 -	2.00	0.9	1.00	1.00	9.19	3.06	
2.00	2.00	1.1	1.00	1.00	9.48	3.16	

-2.20 -	2.20	0.7	1.00	1.00	9.67	3.22
2.20 -	2.20	0.9	1.00	1.00	9.95	3.32
2.20	2.20	1.1	1.00	1.00	10.23	3.41
-2.40 -	2.40	0.7	1.00	1.00	10.42	3.47
2.40 -	2.40	0.9	1.00	1.00	10.71	3.57
2.40	2.40	1.1	1.00	1.00	10.99	3.66

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	2.47	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E^s	=	3,000	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S_i (max)	=	2.54	cm	$S_i = \frac{q_{adm} B(1-\mu^2) f_j}{E_s}$
Ancho de la cimentación	B	=	0.70	m	
Factor de forma	I_f	=	0.30	m/m	
Asentamiento	S_i	=	0.000	m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{B}}$
Asentamiento	S_i	=	0.01	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	2.47	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	1.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.02	cm	OK !
	S_i	=	0.01	cm	OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Zapata Superficial Cuadrada

EXPLORACIÓN: C-8

Cota de Superficie (m) 4,185.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.1	grados
Cohesión (c)	0.1	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.1	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.11	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.91	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ) ₂	1.91	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación Incremento de base (Δb)	1.20	m
	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,185.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	

Clasificación SUCS del suelo de cimentación **GM Grava limosa con arena**
Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

$N_c = 30.487$
 $N_q = 18.704$
 $N_y = 15.421$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$

$$S_y = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

$S_c = 1.614$
 $S_q = 1.581$
 $S_y = 0.600$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 K_a = 0.331 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.017 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.498$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$I_z = I_y = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	1.2	1.00	1.00	10.64	3.55	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.4	1.00	1.00	10.82	3.61	
-1.50	1.50	1.6	1.00	1.00	11.00	3.67	
-1.80 -	1.80	1.2	1.00	1.00	11.77	3.92	
1.80 -	1.80	1.4	1.00	1.00	11.95	3.98	
1.80	1.80	1.6	1.00	1.00	12.13	4.04	
-2.00 -	2.00	1.2	1.00	1.00	12.90	4.30	
2.00 -	2.00	1.4	1.00	1.00	13.08	4.36	
2.00	2.00	1.6	1.00	1.00	13.26	4.42	

-2.20 -	2.20	1.2	1.00	1.00	14.03	4.68
2.20 -	2.20	1.4	1.00	1.00	14.21	4.74
2.20	2.20	1.6	1.00	1.00	14.39	4.80
-2.40 -	2.40	1.2	1.00	1.00	15.16	5.05
2.40 -	2.40	1.4	1.00	1.00	15.34	5.11
2.40	2.40	1.6	1.00	1.00	15.52	5.17

G.- ASENTAMIENTO (Si)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	3.55	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E	=	3,000	Kg/cm ²	$S_i = \frac{q_{adm} B (1-\mu^2) I_f}{E_s}$
			2.54		
Asentamiento permisible	$S_i \text{ (max)}$	=		cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.20	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.001	m	
Asentamiento	S_i	=	0.08	cm	

Presión por carga	q_{adm}	=	3.55	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.12	cm	OK !
	S_i	=	0.08	cm	OK !

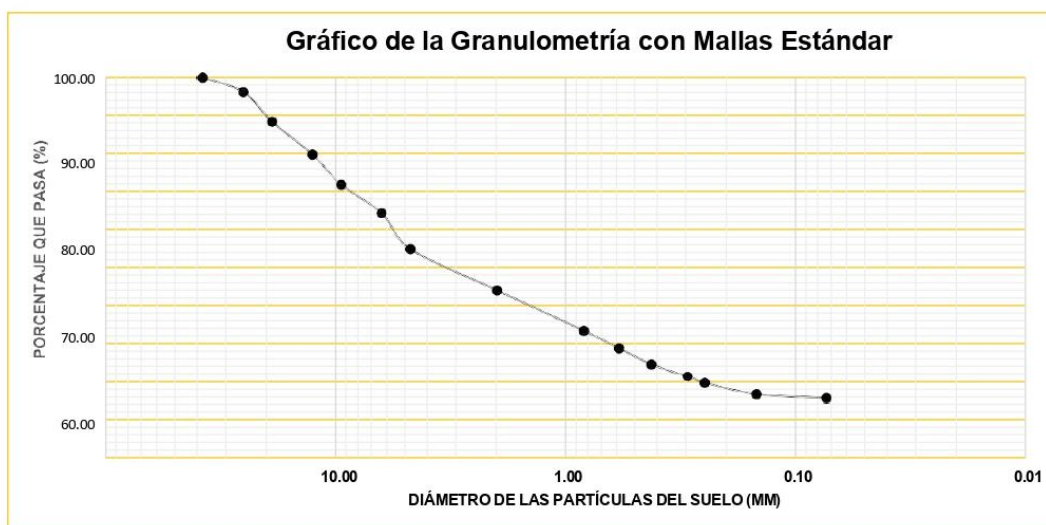
Calicata: C – 9

ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128

TAMIZ Nº	Diametr (mm)	Peso Reten. (gr)	Reteni (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	65.50	3.71	3.71	96.29
3/4"	19.05	137.80	7.80	11.51	88.49
1/2"	12.70	152.80	8.65	20.16	79.84
3/8"	9.53	140.00	7.92	28.08	71.92
1/4"	6.35	131.50	7.44	35.52	64.48
No 4	4.76	166.90	9.45	44.97	55.03
No 10	2.00	191.30	10.83	55.80	44.20
No 20	0.84	187.40	10.61	66.40	33.60
No 30	0.59	80.60	4.56	70.96	29.04
No 40	0.43	75.70	4.28	75.25	24.75
No 50	0.30	57.30	3.24	78.49	21.51
No 60	0.25	32.40	1.83	80.33	19.67
No 100	0.15	51.90	2.94	83.26	16.74
No 200	0.07	17.90	1.01	84.28	15.72
CAZOLET	0.00	277.80	15.72	100.00	0.00
TOTAL		1766.80			

Pasa tamiz Nº 4 :	55.032 %
Pasa tamiz Nº 200:	15.723 %
D60(diámetro efectivo):	5.60 mm
D30(diámetro efectivo):	0.64 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.05 mm
Coef. de uniformidad (Cu):	118.91
Grado de curvatura (Cc):	1.57
LÍMITES DE	GRANULOMETRÍA
Límite líquido LL	NP
Límite plástico	NP
Ind. de Plasticidad IP	NP
Material granular	
Peso de la Muestra Húmeda	1735.10 gr
Peso de la Muestra Seca	1697.00 gr
Peso de la Muestra Seca Lavada	1419.20 gr
Peso de la Tara	143.10 gr

Humedad Natural: 2.45%



OBSERVACIONES:

Clasificación de suelos: S.U.C.S.	Clasificación de suelos: AASHTO	
Suelos de grano grueso. Gravas con finos	Materiales granulares	Excelente a buena
GM Grava limosa con arena	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena	Ind. Grupo: 0

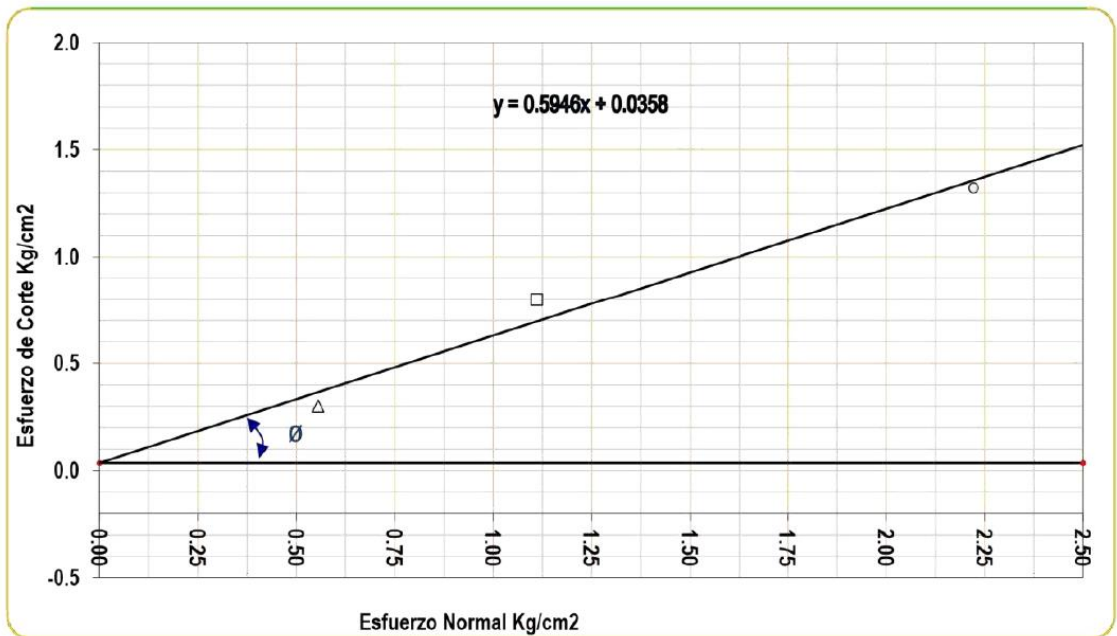
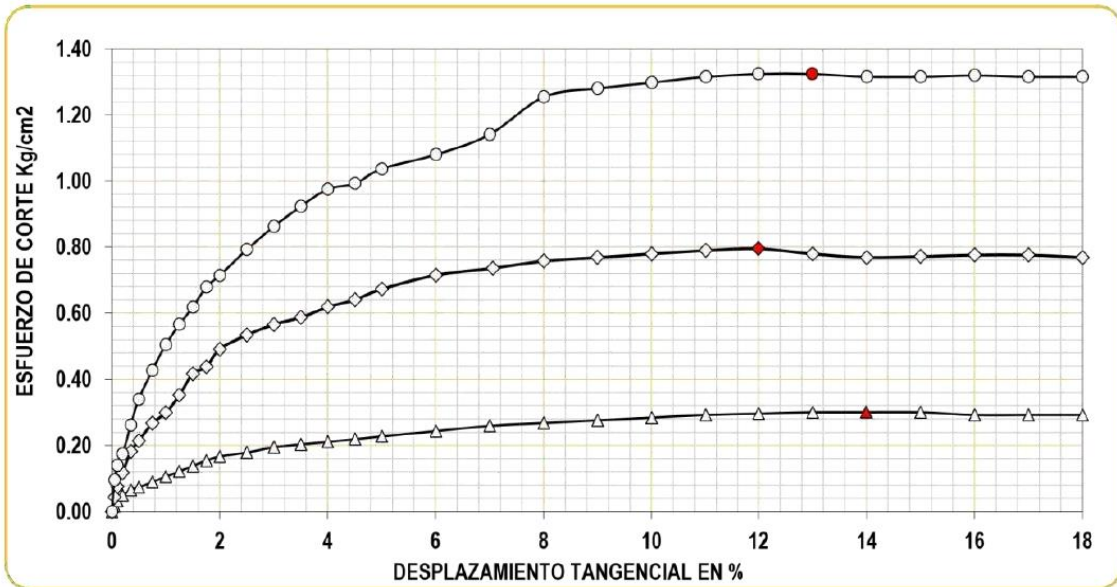
Estado: Remoldeado
clasificación: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		Kg/cm ²	0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura		mm	19.08	17.07	19.06	16.35	19.057	16.05
Lado		mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad		%	4.36	6.20	4.36	6.31	4.36	6.43
Densidad Seca		g/cm ³	1.91	2.14	1.91	2.23	1.91	2.27
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado o Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.10	0.04
0.10	0.03	0.06	0.10	0.07	0.07	0.10	0.14	0.06
0.20	0.05	0.09	0.20	0.12	0.11	0.20	0.17	0.08
0.35	0.06	0.12	0.35	0.18	0.16	0.35	0.26	0.12
0.50	0.07	0.13	0.50	0.21	0.19	0.50	0.34	0.15
0.75	0.09	0.16	0.75	0.27	0.24	0.75	0.43	0.19
1.00	0.11	0.19	1.00	0.30	0.27	1.00	0.51	0.23
1.25	0.12	0.22	1.25	0.35	0.32	1.25	0.57	0.25
1.50	0.14	0.25	1.50	0.42	0.37	1.50	0.62	0.28
1.75	0.15	0.28	1.75	0.44	0.39	1.75	0.68	0.31
2.00	0.17	0.30	2.00	0.49	0.44	2.00	0.71	0.32
2.50	0.18	0.32	2.50	0.53	0.48	2.50	0.79	0.36
3.00	0.19	0.35	3.00	0.57	0.51	3.00	0.86	0.39
3.50	0.20	0.37	3.50	0.59	0.53	3.50	0.92	0.42
4.00	0.21	0.38	4.00	0.62	0.56	4.00	0.98	0.44
4.50	0.22	0.39	4.50	0.64	0.58	4.50	0.99	0.45
5.00	0.23	0.41	5.00	0.67	0.61	5.00	1.04	0.47
6.00	0.24	0.44	6.00	0.72	0.64	6.00	1.08	0.49
7.00	0.26	0.47	7.06	0.74	0.66	7.00	1.14	0.51
8.00	0.27	0.48	8.00	0.76	0.68	8.00	1.25	0.56
9.00	0.28	0.50	9.00	0.77	0.69	9.00	1.28	0.58
10.00	0.28	0.51	10.00	0.78	0.70	10.00	1.30	0.58
11.00	0.29	0.53	11.00	0.79	0.71	11.00	1.32	0.59
12.00	0.30	0.53	12.00	0.80	0.72	12.00	1.32	0.60
13.00	0.30	0.54	13.00	0.78	0.70	13.00	1.32	0.60
14.00	0.30	0.54	14.00	0.77	0.69	14.00	1.32	0.59
15.00	0.30	0.54	15.00	0.77	0.69	15.00	1.32	0.59
16.00	0.29	0.53	16.00	0.78	0.70	16.00	1.32	0.59
17.00	0.29	0.53	17.00	0.78	0.70	17.00	1.32	0.59
18.00	0.29	0.53	18.00	0.77	0.69	18.00	1.32	0.59

Estado: Remoldeado
clasificacion: GM Grava limosa con arena

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$\phi = 30.7^\circ$

$c = 0.036 \text{ Kg/cm}^2$

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-9

Cota de Superficie (m) : 4,176.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.7	grados
Cohesión (c)	0.0	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.7	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.04	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.91	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ)	1.91	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.10	(1.0 si es circular o cuadrada)
	0.70	
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación		) m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,176.00	m
	1.50	
Profundidad de Desplante (Df)		m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM Grava limosa con arena	
Cimentación sugerida	Cimientos Corridos	

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 31.976 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 20.013 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 16.957 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.063 & S_c &= 1 + \frac{D N_q}{L N_c} \\ S_q &= 1.059 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.960 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$i_c = 1.000 K_a = 0.324 \quad i_q = 1.000 K_p = 3.091 \quad i_g = 1.000 K_o = 0.489$$

$$I_z = I_{\theta} = \left(1 - \frac{\beta^2 \gamma^2}{900 c^2} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según zankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Cimientos Corridos

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	0.7	1.00	1.00	7.70	2.57	Cimientos Corridos
-1.50	1.50	0.9	1.00	1.00	8.01	2.67	
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	8.32	2.77	
-1.80 -	1.80	0.7	1.00	1.00	8.51	2.84	
1.80 -	1.80	0.9	1.00	1.00	8.82	2.94	
1.80	1.80	1.1	1.00	1.00	9.13	3.04	
-2.00 -	2.00	0.7	1.00	1.00	9.32	3.11	
2.00 -	2.00	0.9	1.00	1.00	9.63	3.21	
2.00	2.00	1.1	1.00	1.00	9.94	3.31	

-2.20 -	2.20	0.7	1.00	1.00	10.13	3.38
2.20 -	2.20	0.9	1.00	1.00	10.44	3.48
2.20	2.20	1.1	1.00	1.00	10.75	3.58
-2.40 -	2.40	0.7	1.00	1.00	10.94	3.65
2.40 -	2.40	0.9	1.00	1.00	11.25	3.75
2.40	2.40	1.1	1.00	1.00	11.56	3.85

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	2.57	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E^s	=	3,000	Kg/cm ²	$S_i = \frac{q_{adm} B (1-\mu^2) l_f}{E_s}$
			2.54		
Asentamiento permisible	S_i (max)	=		cm	
Ancho de la cimentación	B	=	0.70	m	
Factor de forma	I_f	=	0.30	m/m	
Asentamiento	S_i	=	0.000	m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.01	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	2.57	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	1.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.02	cm	OK !
	S_i	=	0.01	cm	OK !

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Corrida

EXPLORACIÓN: C-9

Cota de Superficie (m) : 4,176.000
Fecha : ABRIL DEL 2024

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	30.7	grados
Cohesión (c)	0.0	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	30.7	grados
Cohesión corregida (c)	0.04	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ)	1.91	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_s)	1.91	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.10	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	4,176.00	m
Profundidad de Desplante (Df)		m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.assume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM Grava limosa con arena	

Cimentación sugerida

Zapata Cuadrada

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$\begin{aligned} N_c &= 31.976 & N_c &= (N_q - 1) \cot \phi' \\ N_q &= 20.013 & N_q &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} \\ N_y &= 16.957 & N_y &= 2(N_q + 1) \tan \phi' \end{aligned}$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$\begin{aligned} S_c &= 1.626 & S_c &= 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \\ S_q &= 1.595 & S_y &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ S_y &= 0.600 & S_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \phi' \end{aligned}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000K_a = 0.324 \quad i_q = 1.000K_p = 3.091 \quad i_g = 1.000K_o = 0.489$$

$$I_x = I_{\phi} = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2 \quad I_y = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida Zapata Cuadrada

COTA RELATIV A	DESPLANTE Df (m)	ANCH O B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	qd (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)	Detalle
-1.50	1.50	1.1	1.00	1.00	11.02	3.67	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.3	1.00	1.00	11.21	3.74	
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	11.41	3.80	
-1.80 -	1.80	1.1	1.00	1.00	12.24	4.08	
1.80 -	1.80	1.3	1.00	1.00	12.43	4.14	
1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	12.63	4.21	
-2.00 -	2.00	1.1	1.00	1.00	13.46	4.49	
2.00 -	2.00	1.3	1.00	1.00	13.65	4.55	
2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	13.85	4.62	

-2.20 -	2.20	1.1	1.00	1.00	14.68	4.89
2.20 -	2.20	1.3	1.00	1.00	14.87	4.96
2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	15.07	5.02
-2.40 -	2.40	1.1	1.00	1.00	15.90	5.30
2.40 -	2.40	1.3	1.00	1.00	16.09	5.36
2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	16.29	5.43

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	3.67	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E	=	3,000	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S_i (max)	=	2.54	cm	$S_i = \frac{q_{adm} B (1-\mu^2) l_f}{E_s}$
Ancho de la cimentación	B	=	1.10	m	
Factor de forma	I_f	=	0.93	m/m	
Asentamiento	S_i	=	0.001	m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{B_z}$
Asentamiento	S_i	=	0.07	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	3.67	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.11	cm	OK !
	S_i	=	0.07	cm	OK !

FOTOGRAFÍA

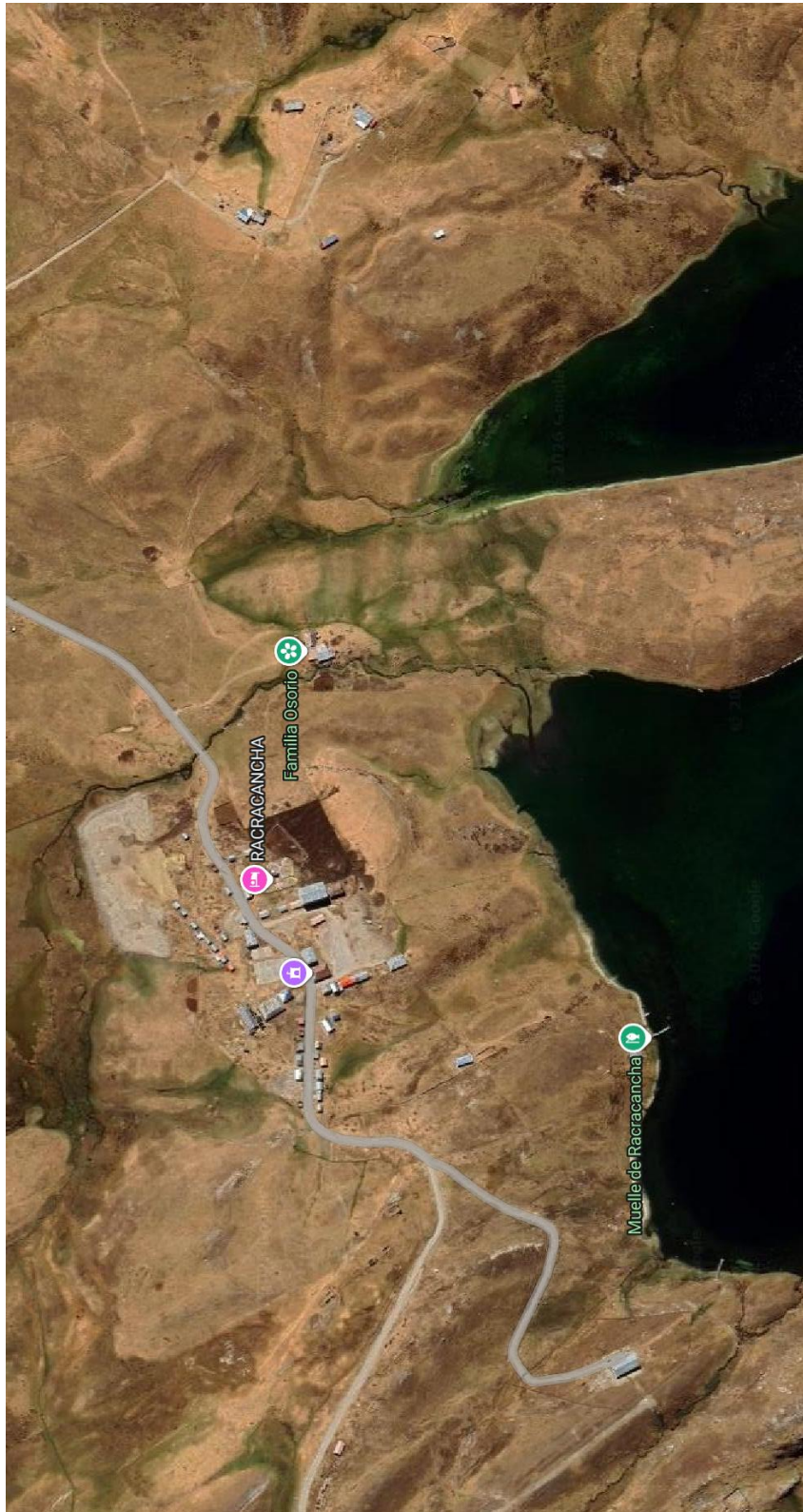


Foto 1. Vista satelital de la ubicación de la zona del proyecto



Foto 2. Calicata N°01, excavación a 0.50 m de profundidad a partir ahí se encuentra roca suelta y clastos anguloso de diámetro 10"



Foto 3. Vista de la exploración del suelo a base de calicatas C-01



Foto 4. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-02



Foto 5. Calicata N° 02, excavación a 1.20 m de profundidad a partir de ahí se encuentra material roca suelta y cantos rodados de tamaño menor a 12"



Foto 6. Muestra de la parte interna de la exploración C-02



Foto 7. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-03



Foto 8. Calicata N° 03, excavación a 2m de profundidad, a partir de ahí hay suelo grava limosa con cantos rodados de diámetro de 10"



Foto 9. Muestra de la parte interna de la exploración C-03



Foto 10. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-04.



Foto 11. Calicata N° 04, excavación a 3m de profundidad



Foto 12. Muestra de la parte interna de la exploración, C-04



Foto 13. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-05



Foto 14. calicata N° 05, excavación a 1.30 m de profundidad



Foto 15. Muestra de la parte interna de la exploración C-05



Foto 16. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-06



Foto 17. Calicata N° 06, excavación a 1.10 m de profundidad a partir de ahí se encuentra agua en la fecha de investigación



Foto 18. Muestra de la parte interna de la exploración, C-06



Foto 19. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-07



Foto 20. Calicata N° 07, excavación a 1.10 m de profundidad a partir de ahí se tiene material cantos rodado con grava limosa de alta compacidad



*Foto 21. Muestra de la parte interna de la exploración,
C-07*



*Foto 22. Vista panorámica de la exploración a base de
calicata C-08*



Foto 23. Calicata N° 08, excavación a 1.20 m de profundidad, a partir de ahí se tiene material cantos rodado con grava limosa de alta compacidad



Foto 24. Muestra de la parte interna de la exploración, C-08



Foto 25. Vista panorámica de la exploración a base de calicata C-09



Foto 26. Calicata N° 09, excavación a 1.20 m de profundidad, a partir de ahí se tiene material cantos rodado con grava limosa de alta compacidad



Foto 27. Muestra de la parte interna de la exploración, C-09