

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



T E S I S

**El ensayo triaxial en la capacidad de carga de la cimentación del reservorio
de agua potable en Yanama, Yauli, Junín - 2024**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

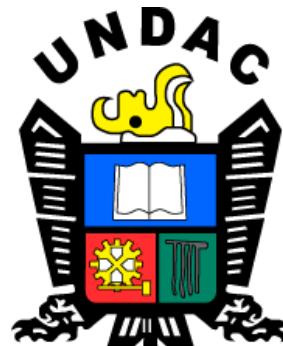
Bach. Bryan Marlon OSORIO LEYVA

Asesor:

Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú – 2025

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



T E S I S

**El ensayo triaxial en la capacidad de carga de la cimentación del reservorio
de agua potable en Yanama, Yauli, Junín - 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO
PRESIDENTE

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
MIEMBRO

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 316-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23º 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:

**El ensayo triaxial en la capacidad de carga de la cimentación del
reservorio de agua potable en Yanama, Yauli, Junín - 2024**

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Bryan Marlon OSORIO LEYVA

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería geológica

Índice de Similitud

8 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 8 de setiembre del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
GIDRO Rubén Edgar FAU
2016450501272025
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.09.2025 15:37:25 -06:00

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, por su apoyo incondicional, que en las buenas y en las malas siempre han estado conmigo para lograr ser un profesional y a los que les debo todo lo que soy.

A mi novia quien estuvo a mi lado brindándome comprensión, tolerancia, amor y alegría.

A toda mi familia que siempre me apoyaron desde niño le dedico esta tesis con cariño.

AGRADECIMIENTO

No hay palabras suficientes para expresar mi gratitud a Dios Jehová todo poderoso por la bendición de lograr el presente objetivo académico y a todas aquellas personas que me han brindado su apoyo a lo largo de mi vida académica y personal.

A mi asesor, MSc. Vidal Víctor Calsina Colqui, por sus aportes, paciencia, tiempo, supervisión, sugerencias, correcciones y facilidades prestadas al presente trabajo, además de su amistad y ayuda desinteresada.

También agradezco a todos los catedráticos de la escuela académica profesional de Ingeniería Geológica que me impartieron su profesionalismo y conocimientos aportando a mi formación y desarrollo profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “El ensayo triaxial en la determinación de la capacidad de carga de la cimentación del reservorio de agua potable ubicado en el centro poblado de Yanama, distrito de Yauli, región Junín, durante el año 2024” tiene como objetivo principal determinar la capacidad de carga admisible del suelo mediante el método de compresión triaxial y caracterizar su comportamiento mecánico del suelo, con el fin de garantizar la estabilidad y seguridad estructural del reservorio. Para ello se realizaron muestreos representativos en el área de cimentación, y las muestras obtenidas fueron ensayadas en laboratorio bajo condiciones controladas. Los resultados permitieron obtener parámetros fundamentales como: cohesión 0.14 kg/cm^2 , ángulo de fricción 17.35° y coeficiente poisson 0,40, que fueron aplicados en el análisis de capacidad última mediante teorías clásicas de mecánica de suelos. Se evidencia que el uso del ensayo triaxial proporciona datos precisos y confiables para el diseño geotécnico, permitiendo optimizar el dimensionamiento de la cimentación y reducir riesgos estructurales en obras hidráulicas. Finalmente, como los resultados del ensayo triaxial indican una capacidad de carga de 92.1 kPa valor que se considera bajo por lo tanto debemos de realizar un mejoramiento del suelo utilizando técnicas como la compactación, el uso de geotextiles, o la inyección de materiales para aumentar la cohesión o mejorar la fricción interna.

Palabras claves: Angulo, cohesión, ensayo, fricción, triaxial.

ABSTRACT

The present work entitled "The triaxial test in the determination of the bearing capacity of the foundation of the drinking water reservoir located in the town of Yanama, Yauli district, Junín region, during the year 2024" has as its main objective to determine the admissible bearing capacity of the soil using the triaxial compression method and characterize its mechanical behavior, in order to guarantee the stability and structural safety of the reservoir. For this purpose, representative samples were taken in the foundation area, and the samples obtained were tested in the laboratory under controlled conditions. The results allowed obtaining fundamental parameters such as: cohesion 0.14 kg / cm², friction angle 17.35 ° and Poisson's ratio 0.40, which were applied in the capacity analysis using the latest classical theories of soil mechanics. It is evident that the use of triaxial testing provides accurate and reliable data for geotechnical design, allowing for optimized foundation sizing and reducing structural risks in hydraulic works. Finally, since the triaxial test results indicate a load-bearing capacity of 92.1 kPa, a value considered low, soil improvement is required using techniques such as compaction, the use of geotextiles, or the injection of materials to increase cohesion or improve internal friction.

Keywords: Angle, cohesion, friction, test, triaxial.

INTRODUCCIÓN

La construcción de reservorios de agua potable en zonas alto andinas constituye una necesidad prioritaria para garantizar el abastecimiento hídrico y mejorar la calidad de vida de las poblaciones rurales. En este contexto, el adecuado diseño de las cimentaciones cobra especial importancia, dado que deben adaptarse a las características geotécnicas del terreno y soportar cargas significativas a lo largo del tiempo. El presente estudio se enfoca en la aplicación del ensayo triaxial como herramienta fundamental para evaluar la capacidad de carga del suelo en la cimentación del reservorio de agua potable ubicado en el centro poblado de Yanama, distrito de Yauli, región Junín, durante el año 2024b.

En el Capítulo I: Problema de Investigación, expone la situación problemática detectada en el área de estudio, donde se requiere una caracterización geotécnica precisa para garantizar la estabilidad estructural del reservorio. Se plantea la interrogante principal: ¿Cómo influye el ensayo triaxial en la determinación de la capacidad de carga de la cimentación en el proyecto mencionado? Asimismo, se formulan los objetivos generales y específicos, así como la justificación y delimitación del estudio.

En el Capítulo II: Marco Teórico, se revisan los fundamentos conceptuales y científicos relacionados con la mecánica de suelos, el ensayo triaxial y la teoría de capacidad de carga. Se describen las propiedades físicas y mecánicas del suelo, los tipos de ensayos triaxiales (UU, CU, CD) y su aplicabilidad en proyectos de infraestructura. Además, se presentan antecedentes de investigaciones similares y el sustento teórico que respalda la importancia de este ensayo en el diseño de cimentaciones.

El Capítulo III: Metodología y Técnicas de Investigación detalla el enfoque metodológico del estudio, de tipo aplicado y con un diseño experimental. Se describe el proceso de muestreo de suelos en el terreno, el procedimiento del ensayo triaxial no

consolidado no drenado (UU) en laboratorio, y las herramientas analíticas utilizadas para interpretar los resultados. También se expone el ámbito espacial y temporal del estudio, así como las técnicas de recolección y análisis de datos.

Finalmente, el Capítulo IV: Resultados y Discusión presenta los datos obtenidos del ensayo triaxial, incluyendo parámetros clave como la cohesión y el ángulo de fricción interna. Estos valores se utilizaron para calcular la capacidad portante del suelo mediante métodos clásicos de Terzaghi y Meyerhof. Se analizan los resultados en función de los objetivos planteados y se discute su relevancia técnica para el diseño de la cimentación del reservorio.

Este estudio busca contribuir al conocimiento aplicado en el área de la geotecnia y brindar herramientas precisas para la toma de decisiones en proyectos de infraestructura hidráulica, especialmente en zonas rurales con condiciones geológicas complejas.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.2.1.	Delimitación espacial	2
1.2.2.	Delimitación temporal	2
1.3.	Formulación del problema.....	2
1.3.1.	Problema general	2
1.3.2.	Problema específico.....	2
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	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	6
2.1.1.	A nivel local	6
2.1.2.	A nivel nacional.....	7
2.1.3.	A nivel internacional	8
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	9
2.3.	Definición de términos básicos	14
2.3.1.	Asentamiento	14
2.3.2.	Capacidad admisible del suelo	14
2.3.3.	Angulo de fricción interna.....	14
2.3.4.	Cohesión	14
2.4.	Formulación de hipótesis.....	14
2.4.1.	Hipótesis general	14
2.4.2.	Hipótesis específicas	15
2.5.	Identificación de variables.....	15
2.5.1.	Variables independientes.....	15
2.5.2.	Variables dependientes	15
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	15

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	17
3.2.	Nivel de investigación	17
3.3.	Método de investigación.....	17
3.4.	Diseño de investigación.....	18

3.5.	Población y muestra	18
3.5.1.	Población	18
3.5.2.	Muestra	18
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	18
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	19
3.9.	Tratamiento estadístico.....	19
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	20

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	21
4.1.1.	Ubicación del proyecto.....	21
4.1.2.	Accesibilidad	23
4.1.3.	Altitud.....	24
4.1.4.	Clima	24
4.1.5.	Área de construcción del reservorio	24
4.1.6.	Aspectos geológicos del reservorio de agua en Yanama.....	24
4.1.7.	Topografía	34
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	35
4.2.1.	Ubicación de la zona de excavación.....	35
4.2.2.	Ensayo de granulometría por tamizado	35
4.2.3.	Ensayo de compresión triaxial no consolidado - no drenado para suelos cohesivos (UU).....	36
4.2.4.	Descripción geotécnica del suelo de cimentación	36
4.2.5.	Caracterización geotécnica	37

4.2.6. Análisis de capacidad de carga.....	37
4.2.7. Análisis de asentamientos.....	38
4.2.8. Cálculo de la capacidad de carga y asentamientos.....	40
4.2.9. Consideradas empleadas.....	40
4.2.10. Resultados de capacidad de carga	40
4.3. Prueba de hipótesis	41
4.4. Discusión de resultados	51

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación	22
Figura 2 Imagen satelital de la Zona de estudio	22
Figura 3 Acceso a la zona a estudiar vía terrestre	23
Figura 4 Columna estratigráfica regional del distrito de Yauli	25
Figura 5 Mapa geológico regional.....	26
Figura 6 Columna estratigráfica regional del distrito de Yauli	30
Figura 7 Mapa geológico local.....	31
Figura 8 Mapa estructural del área de estudio y sección del Domo.....	34
Figura 9 Zona de excavación.....	35
Figura 10 Gráfico de regresión lineal, que relaciona el tamaño de la zapata (en m^2) con la capacidad admisible del suelo (en kPa)	43
Figura 11 Gráfico de regresión lineal, que relaciona la cohesión (en Kg/cm^2) con la capacidad admisible del suelo (en kPa).....	47
Figura 12 Gráfico de regresión lineal, que relaciona el ángulo de fricción (en $^{\circ}$) con la capacidad admisible del suelo (en kPa).....	47
Figura 13 Gráfico de regresión lineal, que relaciona la Densidad (en g/cm^2) con la capacidad admisible del suelo (en kPa).....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	16
Tabla 2 Vía de acceso a la zona de estudio.	23
Tabla 3 Coordenadas de la zona en estudio.....	23
Tabla 4 Resultados de ensayos de clasificación de suelos	35
Tabla 5 Resultados de ensayo triaxial no consolidado - no drenado para suelos cohesivos (UU).....	36
Tabla 6 Capacidad admisible y asentamientos en relleno estructural	41
Tabla 7 Aquí una muestra de los primeros 15 registros	46

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El reservorio de agua potable en Yanama, ubicado en el distrito de Yauli, Junín, está destinado a proporcionar abastecimiento de agua potable a la población local. La estabilidad y seguridad estructural de dicho reservorio dependen en gran medida de la capacidad de carga de su cimentación. Sin embargo, la zona en la que se ha proyectado la construcción del reservorio presenta suelos cuya resistencia y capacidad de carga pueden ser inadecuadas debido a las características geotécnicas del lugar, lo que genera preocupación sobre posibles asentamientos o fallos estructurales.

El ensayo triaxial es una herramienta esencial para determinar las propiedades de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos en condiciones controladas de presión y deformación. Con esta técnica, es posible obtener parámetros clave como la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo, los cuales son determinantes para calcular la capacidad de carga de la cimentación.

La implementación del ensayo triaxial permite mejorar la precisión en los diseños de cimentación y asegurar la estabilidad estructural del reservorio.

Este enfoque permitirá abordar de manera integral la problemática de la capacidad de carga del suelo y su impacto en la estabilidad del reservorio, utilizando el ensayo triaxial como método fundamental para la toma de decisiones en el diseño y construcción de la cimentación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El estudio de dicho ensayo triaxial en la capacidad de carga de la cimentación fue desarrollado en el reservorio de agua potable en el sector de Yanama, provincia de Yauli, departamento de Junín.

1.2.2. Delimitación temporal

El estudio se desarrolló a partir del mes de junio del 2023 y se culminó en el mes de julio del 2024, elaborándose la tesis en el año 2025.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo afectan los resultados del ensayo triaxial en la determinación de la capacidad de carga de la cimentación del reservorio de agua potable en Yanama, Yauli, Junín?

1.3.2. Problema específico

- a. ¿Cuál es el comportamiento mecánico del suelo en el área de estudio según los resultados del ensayo triaxial?
- b. ¿Cómo afectan los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna, obtenidos del ensayo triaxial, en la capacidad de carga de la cimentación?

- c. ¿Qué medidas correctivas o de diseño pueden implementarse si los resultados del ensayo indican una capacidad de carga insuficiente?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar cómo afectan los resultados de carga admisible del suelo mediante el método de compresión triaxial.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el comportamiento mecánico del suelo en el área de estudio de acuerdo a los resultados obtenidos.
- b. Determinar cómo afectan en la capacidad de carga de la cimentación los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna, obtenidos del ensayo triaxial.
- c. Determinar las medidas correctivas o de diseño que pueden implementarse si los resultados del ensayo indican una capacidad de carga insuficiente.

1.5. Justificación de la investigación

El presente estudio sobre la influencia del ensayo triaxial en la capacidad de carga de la cimentación del reservorio de agua potable en Yanama, Yauli, Junín, se justifica por la necesidad de garantizar la seguridad estructural y la durabilidad del reservorio en el mediano y largo plazo. Este reservorio es esencial para asegurar el suministro continuo de agua potable a la comunidad, y cualquier fallo en su cimentación podría generar consecuencias catastróficas, como asentamientos excesivos, inestabilidad estructural o incluso fallos catastróficos, afectando tanto a la infraestructura como a la población que depende de ella.

El suelo sobre el que se construirá el reservorio puede presentar condiciones geotécnicas complejas, que varían en resistencia y comportamiento bajo cargas estructurales. El ensayo triaxial es una herramienta clave para evaluar las propiedades mecánicas del suelo, como su cohesión y ángulo de fricción interna, que son parámetros fundamentales para calcular la capacidad de carga y diseñar la cimentación adecuada. Mediante este estudio, se logrará un diseño de cimentación optimizado, reduciendo el riesgo de fallos estructurales y costos adicionales por correcciones posteriores a la construcción.

Además, la investigación contribuye al desarrollo del conocimiento técnico en la región, sirviendo como referencia para futuros proyectos de infraestructura que enfrenten condiciones geotécnicas similares. Esto es especialmente relevante en áreas de alta montaña como Yanama, donde las características del suelo pueden variar significativamente y representar un desafío para los ingenieros.

1.6. Limitaciones de la investigación

Condiciones geológicas variables: La heterogeneidad de los suelos en Yanama puede dificultar la generalización de los resultados obtenidos en los ensayos triaxiales, ya que diferentes zonas pueden presentar características geotécnicas muy distintas. La variabilidad del terreno podría requerir la realización de múltiples ensayos para obtener un perfil confiable del área.

Limitación temporal: El estudio está sujeto a las condiciones climáticas de la región. Durante la temporada de lluvias, los ensayos y la recolección de muestras podrían verse afectados, lo que podría retrasar el desarrollo del estudio y la posterior ejecución del proyecto de cimentación.

Accesibilidad y logística: Yanama, al ser una zona remota y de alta montaña, presenta desafíos logísticos para la recolección de muestras y el transporte de equipos especializados necesarios para la realización de los ensayos triaxiales. Esto podría aumentar los costos y el tiempo del proyecto.

Presupuesto limitado: La ejecución del estudio depende del presupuesto asignado para la realización de ensayos geotécnicos. Un presupuesto limitado podría restringir el número de muestras analizadas o los tipos de ensayos realizados, lo que afectaría la precisión de los resultados.

Restricciones en los modelos de cálculo: Los modelos teóricos utilizados para estimar la capacidad de carga de la cimentación a partir de los resultados del ensayo triaxial asumen condiciones idealizadas que no siempre reflejan las condiciones reales del terreno. Esto podría llevar a resultados conservadores o imprecisos en ciertas circunstancias.

Influencia de otros factores no considerados: El estudio se enfoca principalmente en la capacidad de carga del suelo obtenida a partir del ensayo triaxial, pero otros factores, como el comportamiento sísmico del terreno o la interacción suelo-estructura, pueden no estar completamente abordados en este análisis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

La evaluación de la capacidad de carga de cimentaciones es una tarea fundamental en proyectos de infraestructura, sobre todo cuando se construyen estructuras esenciales como reservorios de agua potable en zonas con características geotécnicas complejas. En este contexto, el ensayo triaxial juega un papel clave, ya que permite obtener parámetros importantes como la resistencia al esfuerzo cortante, la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo. Estos parámetros son esenciales para evaluar el comportamiento del suelo bajo carga y diseñar cimentaciones seguras y eficientes.

A continuación, se presentan algunos estudios que han abordado aspectos similares al análisis del ensayo triaxial y la capacidad de carga de cimentaciones en diversos contextos:

2.1.1. A nivel local

Jave Díaz, M. A. (2022). Modelado y diseño de una presa de relaves (colas) en el distrito de Morococha – Yauli – Junín [Trabajo de suficiencia

profesional, Universidad Privada del Norte]. Este estudio incluyó ensayos de laboratorio, entre ellos el ensayo triaxial, para caracterizar geotécnicamente los suelos utilizados en la cimentación de la presa de relaves

OM Ingeniería y Laboratorio SRL (2012). Informe de ensayo de compresión triaxial consolidado-drenado (CD), Calicata C-3 (Proyecto: Presa Lauracocha, Distrito de Yauli, Provincia de Yauli, Dpto. Junín). Este documento técnico presenta resultados detallados del ensayo triaxial (esfuerzo-deformación, círculo de Mohr) en muestras de suelo del distrito de Yauli.

2.1.2. A nivel nacional

Según Navarro y Sánchez (2010), en su estudio sobre geotecnia aplicada a obras hidráulicas en terrenos montañosos, los ensayos triaxiales son fundamentales para comprender cómo los suelos con alta cohesión o suelos con presencia de materiales rocosos responden a las cargas de cimentación. La variabilidad del terreno y los diferentes tipos de suelos encontrados en áreas como Yanama requieren una caracterización precisa mediante pruebas triaxiales, que permiten conocer cómo el suelo reaccionará bajo las condiciones de carga impuestas por el reservorio.

Martínez et al. (2015), en su estudio "Capacidad de carga de suelos para grandes obras hidráulicas", realizaron un análisis de suelos sometidos a altas presiones en grandes proyectos de reservorios, utilizando el ensayo triaxial como metodología principal. Los resultados del estudio demostraron que los parámetros obtenidos a partir del ensayo permiten ajustar las condiciones de cimentación para prevenir el colapso estructural y el asentamiento excesivo, especialmente en zonas donde la saturación de los suelos puede comprometer la capacidad de carga.

Este estudio es relevante para el reservorio en Yanama, ya que la zona presenta condiciones geológicas similares.

2.1.3. A nivel internacional

Según Bowles (1996) en su obra "Foundation Analysis and Design", el ensayo triaxial es una de las pruebas más utilizadas para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo. A través de este ensayo, es posible obtener el comportamiento del suelo bajo condiciones controladas de confinamiento y carga axial, lo cual es crucial para el diseño de cimentaciones superficiales y profundas. En el caso de suelos granulares y cohesivos, la resistencia al esfuerzo cortante obtenida mediante este ensayo se convierte en un parámetro clave para determinar la capacidad de carga y los asentamientos admisibles de una estructura

El estudio de Terzaghi y Peck (1967) en "Soil Mechanics in Engineering Practice" enfatiza la importancia de los estudios geotécnicos para proyectos de infraestructura en áreas rurales o remotas, donde la variabilidad del terreno y las condiciones geotécnicas pueden representar desafíos adicionales. Los autores describen cómo los ensayos triaxiales permiten una evaluación más precisa del comportamiento del suelo en áreas montañosas, donde los suelos pueden tener alta cohesión o estar sujetos a variaciones en los niveles freáticos. Este tipo de estudios resulta directamente aplicable a proyectos como el reservorio de agua potable en Yanama, donde la seguridad de la cimentación es crucial para el éxito del proyecto.

Según Craig (2004), en su libro "Soil Mechanics", los reservorios requieren un análisis detallado de la interacción suelo-estructura, ya que cualquier fallo en la cimentación podría comprometer la estabilidad del reservorio y generar pérdidas económicas y sociales significativas. El ensayo triaxial es recomendado

como un método estándar para obtener los parámetros de resistencia del suelo, ya que permite simular las condiciones de confinamiento a las que estarán sometidos los suelos bajo una estructura de gran envergadura como un reservorio.

2.2. **Bases teóricas - científicas**

La capacidad de carga de la cimentación de cualquier estructura, como un reservorio de agua potable, está directamente relacionada con las propiedades mecánicas del suelo sobre el que se construye. Para obtener una evaluación precisa de estas propiedades, el ensayo triaxial es una de las pruebas geotécnicas más utilizadas. A continuación, se presentan las bases teóricas científicas que sustentan este estudio, con un enfoque en el ensayo triaxial y su relación con la capacidad de carga de cimentaciones, especialmente en áreas con características geotécnicas complejas como Yanama, Yauli, Junín.

a. **Resistencia al esfuerzo cortante del suelo**

La resistencia al esfuerzo cortante es uno de los parámetros más importantes en la mecánica de suelos, ya que determina la capacidad del suelo para resistir cargas sin fallar por deslizamiento. De acuerdo con la teoría clásica de la mecánica de suelos, la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo se expresa a través del Criterio de Mohr-Coulomb, que establece que la resistencia al esfuerzo cortante (τ_f) está dada por la ecuación:

$$\tau_f = c + \sigma \cdot \tan(\phi)$$

Donde:

- τ_f : Resistencia al esfuerzo cortante del suelo (en Kpa).
- c : cohesión del suelo (en Kpa).
- σ : esfuerzo normal efectivo (en Kpa).
- Φ : ángulo de fricción interna del suelo (en grados).

Datos obtenidos del ensayo:

✓ $C = 14 \text{ kPa}$

✓ $\Phi = 17.35^\circ$

✓ $\sigma = 50 \text{ kPa}$

Reemplazando en la fórmula:

$$\tau_f = 14 + 50 \cdot \tan(17.35^\circ)$$

$$\boxed{\tau_f = 29.6 \text{ kPa}}$$

El ensayo triaxial permite medir estos dos parámetros (c y ϕ) en condiciones controladas, proporcionando una base sólida para el diseño de cimentaciones. Según Craig (2004), el ensayo triaxial es crucial para determinar el comportamiento del suelo bajo esfuerzos de confinamiento, que es un estado realista para cimentaciones sometidas a cargas verticales.

b. **Ensayo triaxial: Metodología y resultados**

El ensayo triaxial consiste en someter una muestra de suelo a condiciones controladas de presión de confinamiento y esfuerzo axial. Este ensayo permite reproducir situaciones reales en las que el suelo está confinado y sometido a cargas, como ocurre en la cimentación de estructuras. Existen varios tipos de ensayos triaxiales, como el triaxial no consolidado no drenado (UU), el triaxial consolidado no drenado (CU) y el triaxial consolidado drenado (CD), cada uno utilizado según las condiciones del suelo y el tipo de estructura.

- **Ensayo UU:** Se utiliza cuando no se permite la disipación de presiones de poro, lo que representa suelos saturados y de comportamiento rápido.

- **Ensayo CU:** En este caso, la muestra se consolida antes de la aplicación de cargas, lo que refleja el comportamiento del suelo cuando existe un proceso de drenaje parcial.
- **Ensayo CD:** Se permite el drenaje completo durante la prueba, lo que es útil para suelos que permiten la salida de agua a largo plazo.

Estos ensayos permiten obtener las curvas esfuerzo-deformación, que son esenciales para comprender la respuesta del suelo ante cargas de cimentación. Según Bowles (1996), el ensayo triaxial es el más preciso para la determinación de parámetros de resistencia, ya que simula de manera efectiva las condiciones de presión de confinamiento presentes en el campo.

c. Capacidad de carga de cimentaciones

La capacidad de carga de una cimentación depende de las propiedades mecánicas del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción interna, obtenidos mediante el ensayo triaxial.

El modelo de Terzaghi para la capacidad de carga de cimentaciones superficiales establece que:

$$q_{ult} = cN_c + qN_q + 0.5\gamma B N_y \gamma$$

Donde:

- q_{ult} : capacidad de carga última.
- N_c, N_q y N_y : son factores de capacidad de carga.
- q : esfuerzo normal efectivo en la base de la cimentación.
- c : cohesión del suelo.
- γ : peso unitario del suelo.
- B : ancho de la cimentación.

Datos obtenidos del ensayo:

- ✓ $N_c = 7.75$
- ✓ $N_q = 3.42$
- ✓ $N_\gamma = 3.29$
- ✓ $q = 36 \text{ kPa}$
- ✓ $c = 14 \text{ kPa}$
- ✓ $\gamma = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
- ✓ $B = 2\text{m}$

Reemplazando en la fórmula:

$$q_{ult} = 14(7.75) + 36(3.42) + 0.5(18)(1.5)(3.29)$$

$$q_{ult} = 276.3 \text{ kPa}$$

Todos los datos utilizados en esta ecuación se obtienen directamente de los resultados del ensayo triaxial, lo que demuestra su relevancia para el diseño de cimentaciones.

d. Hallando la capacidad de carga admisible:

La capacidad de carga admisible es la máxima presión que el suelo puede soportar de manera segura bajo una cimentación, sin que se generen fallas por corte ni asentamientos excesivos que comprometan la estabilidad de la estructura y lo podemos hallar de acuerdo a la siguiente formula.

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$

Donde:

- ✓ q_{adm} : capacidad de carga admisible.
- ✓ q_{ult} : capacidad de carga ultima (276.3 kPa)
- ✓ F.S. : factor de seguridad (3.0)

Reemplazando en la formula los datos obtenidos:

$$q_{adm} = \frac{(276.3 \text{ kPa})}{3.0}$$

$$q_{adm} = 92.1 \text{ kPa}$$

e. Influencia de las condiciones geotécnicas

Las características geotécnicas de zonas montañosas, como Yanama en Junín, presentan suelos que pueden ser altamente cohesivos, con presencia de materiales rocosos o suelos residuales. Estas condiciones requieren un análisis detallado para asegurar la estabilidad de la cimentación del reservorio. Según estudios como el de Navarro y Sánchez (2010), en áreas con suelos de alta cohesión, los valores de resistencia al esfuerzo cortante son determinantes para el diseño de cimentaciones. El ensayo triaxial permite obtener los valores precisos que evitan sobreestimaciones de la capacidad de carga y fallos estructurales.

f. Asentamientos y deformaciones

El asentamiento es otro aspecto crucial a evaluar en el diseño de cimentaciones. De acuerdo con Skempton y MacDonald (1956), los suelos que presentan baja resistencia al esfuerzo cortante pueden experimentar asentamientos significativos cuando se someten a cargas elevadas, como las impuestas por un reservorio. El ensayo triaxial permite evaluar la deformación axial del suelo, proporcionando una idea clara del potencial de asentamiento bajo condiciones de carga.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Asentamiento

El asentamiento ocurre cuando el suelo debajo de una cimentación se compacta, reacomoda o se comprime, ya sea por el peso propio de la estructura, por cargas adicionales o por cambios en el contenido de agua del suelo.

Hay tres tipos de asentamiento los cuales son asentamiento inmediato, asentamiento consolidado y por ultimo asentamiento diferencial.

2.3.2. Capacidad admisible del suelo

La capacidad admisible del suelo es la máxima presión que puede ejercer una cimentación sobre el terreno sin producir fallas en el suelo ni asentamientos perjudiciales para la estructura.

2.3.3. Angulo de fricción interna

El Angulo de fricción interna es la propiedad mecánica del suelo que muestra la resistencia al desplazamiento de las partículas granulares del suelo debido a la fricción interna, cuando se somete a esfuerzos cortantes.

2.3.4. Cohesión

La cohesión es el segmento de la resistencia al corte de un terreno que no se basa en el esfuerzo habitual aplicado, y se origina por la atracción entre las partículas del mismo, particularmente en suelos cohesivos como las arcillas.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las propiedades mecánicas del suelo influyen significativamente en la determinación de la capacidad de carga de la cimentación del reservorio de agua potable en Yanama, Yauli, Junín.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Las características geotécnicas del suelo en el área de estudio influyen en los resultados del ensayo triaxial.
- b. Los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna determinan en gran medida la resistencia al corte y por tanto la capacidad de carga del terreno en el área del reservorio.
- c. Los resultados del ensayo indican que medidas correctivas o de diseño pueden implementarse si la capacidad de carga es insuficiente.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables independientes

Propiedades mecánicas del suelo relacionados al ensayo triaxial.

2.5.2. Variables dependientes

Capacidad de carga de la cimentación del reservorio.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

En el cuadro siguiente se pasa a detallar el desarrollo de la Operacionalización de las variables.

Tabla 1 Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimension es	Indicadores
Independiente: Las propiedades mecánicas del suelo relacionados al ensayo triaxial	Las propiedades mecánicas del suelo relacionados al ensayo triaxial representan el grupo de propiedades de consolidación no físicas que definen la reacción del suelo drenado (UU), ante esfuerzos aplicados, como la compresión, corte o deformación.	Las propiedades del suelo al ensayo triaxial de los resultados obtenidos en el ensayo triaxial no representan el grupo de propiedades de consolidación no físicas que definen la reacción del suelo drenado (UU), ante esfuerzos aplicados, como la compresión, corte o deformación.	Resistencia al corte (kPa)	Angulo de fricción interna (°) Cohesión (kg/cm ²) Peso unitario (kN/m ³) Coeficiente de Poisson
Dependiente: Capacidad de carga de la cimentación del reservorio	La capacidad de carga de la cimentación refiere al valor máximodel reservorio	Se medirá este parámetro en el ejercicio, empleando procedimientos que el suelo puede resistir de forma segura, evitando así fallos de corte o asentamientos excesivos.	Carga admisible	Profundidad de cimentación (m) Carga admisible (kN). Ancho de cimentación (m)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Investigación cuasi - experimental y aplicada: Este estudio busca determinar la capacidad de carga del suelo mediante ensayos triaxiales. Se aplicó en un contexto real, proporcionando información práctica para la construcción de infraestructuras.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación según la naturaleza del estudio es aplicado, porque utiliza conocimientos teóricos de (mecánica de suelos, resistencia al corte, capacidad de carga de cimentaciones), con el objetivo de utilizar dichos conocimientos para tomar decisiones técnicas respecto a la seguridad o diseño del reservorio.

3.3. Método de investigación

Método Cuantitativo: Se utilizó un enfoque cuantitativo para recolectar datos numéricos sobre la resistencia del suelo y su capacidad de carga. Los datos se analizaron estadísticamente para obtener conclusiones objetivas.

Recolección de datos: Se realizó ensayos triaxiales en muestras de suelo obtenidas del sitio de construcción.

Análisis de resultados: se comparó los resultados con normas y estándares de ingeniería para evaluar la capacidad de carga.

3.4. Diseño de investigación

El diseño del estudio es descriptivo y experimental, en lo descriptivo se describió los rasgos fundamentales del suelo y en la experimental se realiza el ensayo triaxial para conocer los resultados de la resistencia del suelo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El conjunto total de Suelos para el análisis de la cimentación del reservorio de Yanama.

3.5.2. Muestra

Selección representativa de la muestra de suelos del reservorio para el ensayo de aproximadamente 1500 gr. de la perforación C – 01.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron son: equipos de ensayo triaxial, además se utilizará el Software de análisis estadístico también se realizará la comparación de la resistencia obtenida con las cargas esperadas en el reservorio. Luego se realizó una evaluación de la seguridad y estabilidad de la cimentación.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

➤ Selección de Instrumentos

- Datos Resistencia a las cargas: Para determinar los datos se tomaron datos de los ensayos de compresión triaxial.
- Evaluación de la cimentación: Se usó el software Excel.

➤ **Validación de Instrumentos**

- Se realizaron comparaciones con ensayos realizados en la zona, en los mismos tipos de suelos.
- Uso de estándares internacionales (ASTM).

➤ **Confiabilidad de los Datos**

- Repetición de mediciones en los ensayos para evaluar los posibles errores.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó la comparación de la resistencia obtenida con las cargas esperadas en el reservorio.

Luego se tomó una evaluación de la seguridad y estabilidad de la cimentación.

3.9. Tratamiento estadístico

Descripción de datos:

- **Datos iniciales:** Recopilamos datos de las características del suelo (tipo, humedad, densidad) y resultados de los ensayos triaxiales (resistencia, deformación).
- **Organización:** Tabulación de los datos en hojas de cálculo para facilitar el análisis.
- **Análisis Descriptivo:** Se calculó estadísticas descriptivas (media, mediana, moda, desviación estándar) para cada variable medida. Se obtuvo gráficos de distribución para visualizar la variabilidad de los datos.
- **Software Estadístico:** Utilizar software como SPSS, R o Excel para llevar a cabo el análisis estadístico y la visualización de datos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Consentimiento Informado: Si se involucran comunidades locales o se realiza trabajo en colaboración con instituciones, se debe obtener consentimiento informado antes de la recolección de datos. Explicar el propósito del estudio y cómo se utilizarán los resultados.

Transparencia: Mantener una comunicación clara sobre los objetivos y metodologías del estudio. Compartir los resultados con las partes interesadas, incluyendo la comunidad local.

Impacto Ambiental: Evaluar el impacto del estudio en el medio ambiente local. Asegurarse de que las prácticas de muestreo y pruebas minimicen cualquier daño potencial al entorno.

Integridad Científica: Asegurarse de que todos los datos sean recolectados y analizados de manera ética y rigurosa, evitando el sesgo y la manipulación de resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en la Región Junín de acuerdo al siguiente detalle

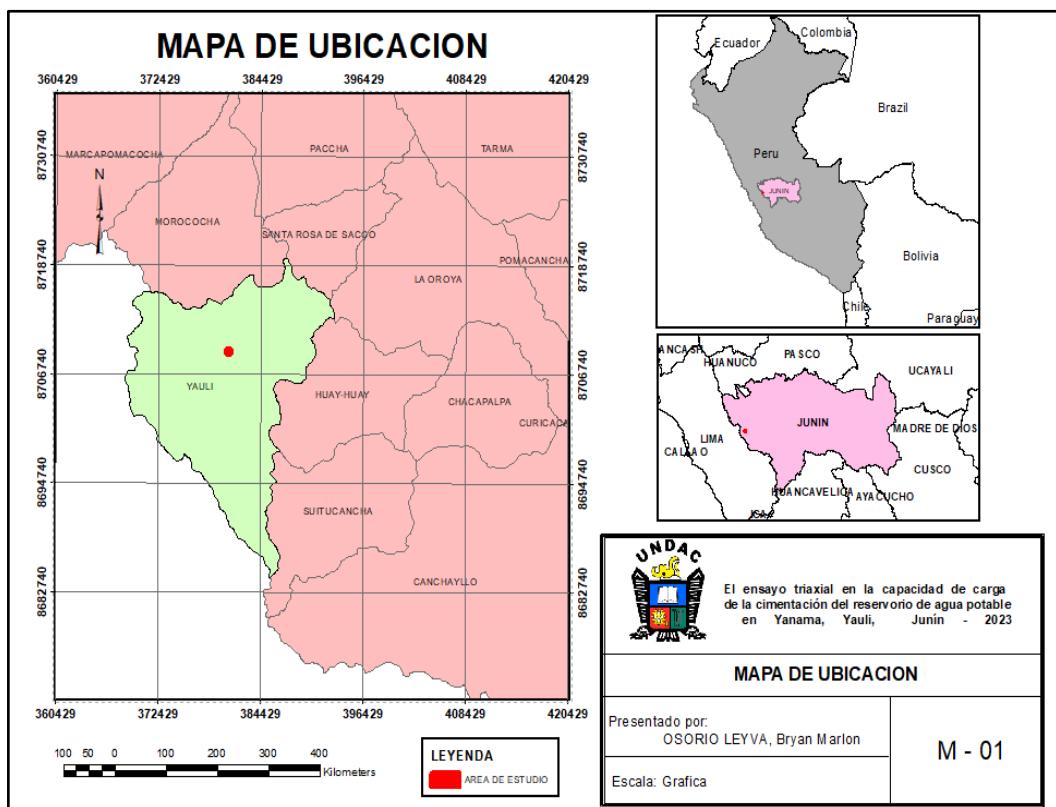
REGION: Junín

PROVINCIA: Yauli

DISTRITO: Yauli

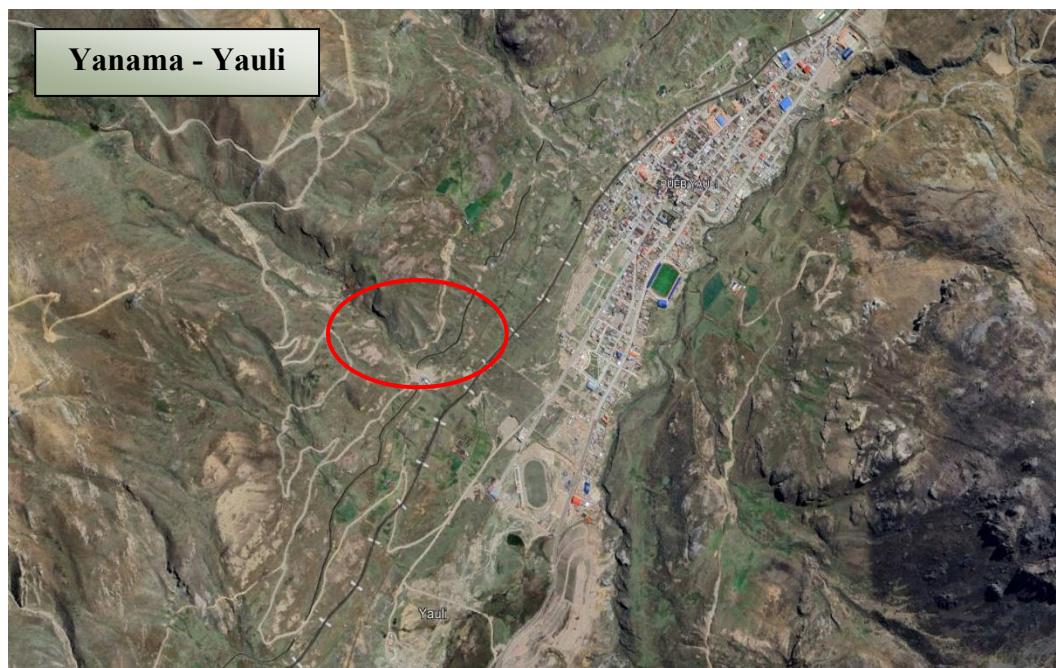
LOCALIDAD: Yanama

Figura 1 Mapa de ubicación



Nota. Elaboración propia

Figura 2 Imagen satelital de la Zona de estudio



Nota. Fuente Google Earth.

4.1.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realiza de acuerdo al detalle siguiente:

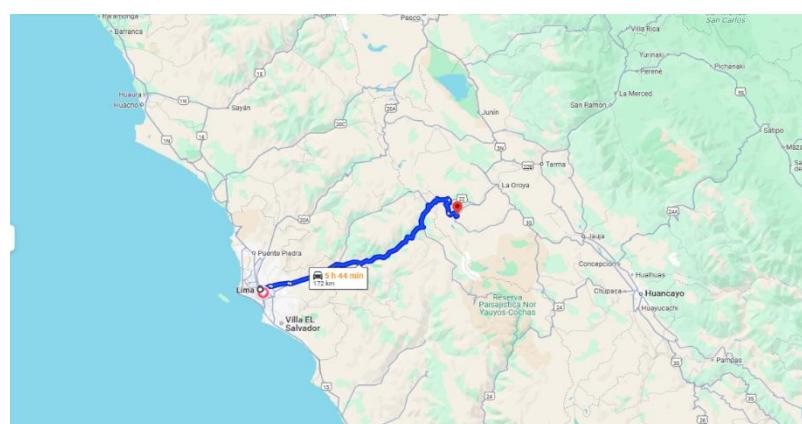
Tabla 2 Vía de acceso a la zona de estudio.

Desde	Hacia	Distancia en Km	TIEMPO (HORA/MI NUTOS)	TIPO DE VÍA	SERVICIO TRANSPORT E
Lima	Yauli	186 km.	6 Hrs.	Carretera Asfaltada	Autos, camionetas, combis, bus.
Yauli	Yanama	8.3 Km	12 min.	Carretera trocha	Autos, camionetas.

Tabla 3 Coordenadas de la zona en estudio

Localidad	Longitud	Latitud
Yanama	380659,42E	870949N

Figura 3 Acceso a la zona a estudiar vía terrestre



Nota. Fuente Google Earth

4.1.3. Altitud

La altitud del proyecto está comprendida entre los niveles de 4226 m.s.n.m.

4.1.4. Clima

El sector de Yanama, presentan un clima templado y una temperatura que oscila de la siguiente manera:

Temperatura máxima de 5 °C

Temperatura mínima de 0 °C

Reduciéndose las temperaturas más bajas en los meses de junio, julio y agosto.

4.1.5. Área de construcción del reservorio

Se ha proyectado la construcción de un reservorio circular de concreto armado de 6.18 m. de diámetro, una altura de 2 m. y un volumen de almacenamiento de 60.00 m³, con su respectiva caseta de válvulas, ocupando un terreno total de 30 metros cuadrados aproximadamente.

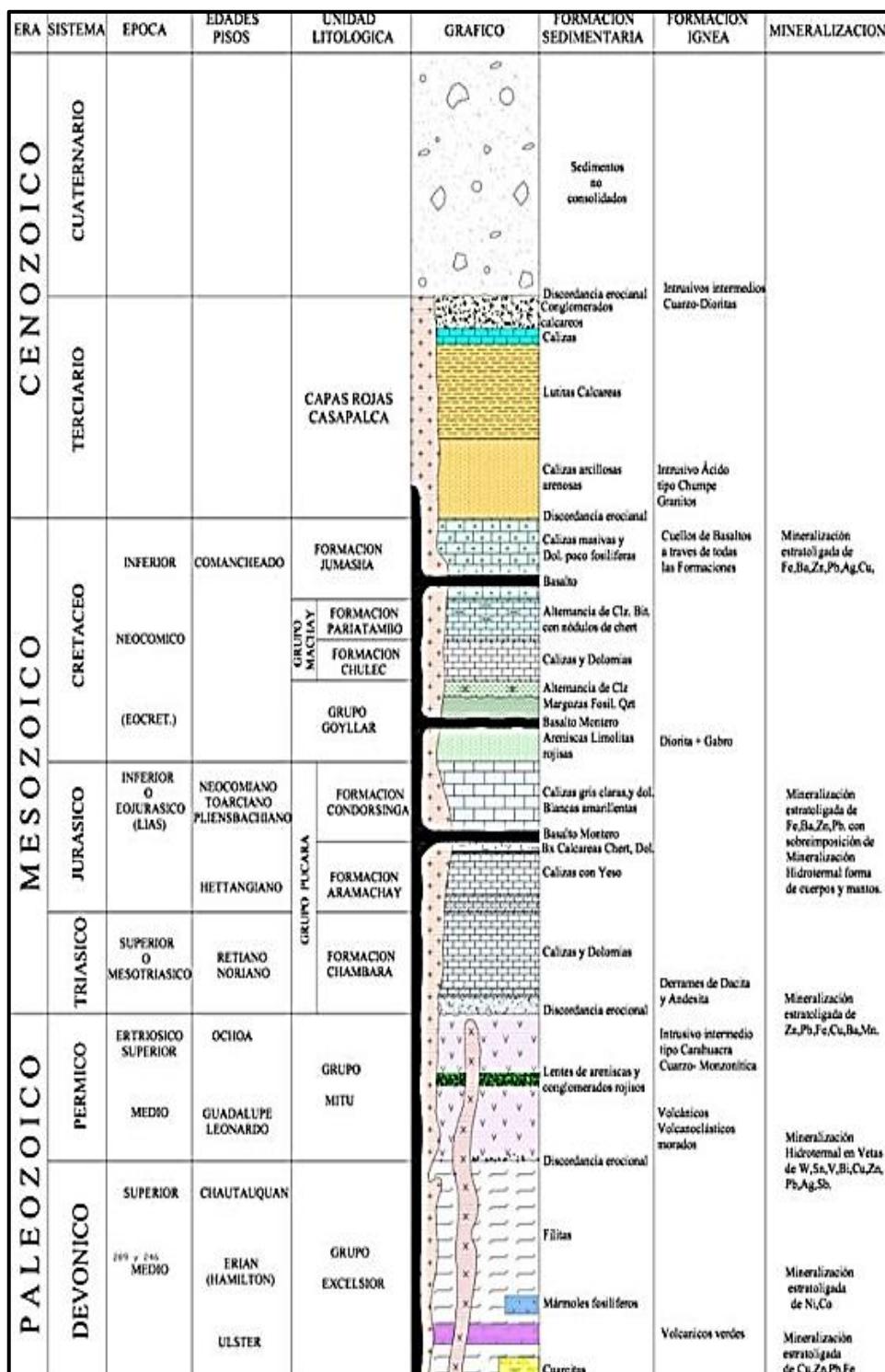
4.1.6. Aspectos geológicos del reservorio de agua en Yanama

Geología regional

La litología está compuesta por rocas metamórficas, volcánicas, sedimentarias e ígneas cuya antigüedad abarca desde el Devónico medio hasta el Cretáceo superior, tal como se detalla en la columna estratigráfica. El Grupo Excelsior se halla en la base en una discordancia erosional compuesta por filitas de tonalidad gris y negruzca; después se encuentra el Grupo Mitú, formado por traquita a traqui-andesita, con su color predominante el violeta de textura porfirítica media; y en la parte superior, se encuentra el Grupo Pucará, formado principalmente por calizas y dolomías; la secuencia se repite hacia la parte

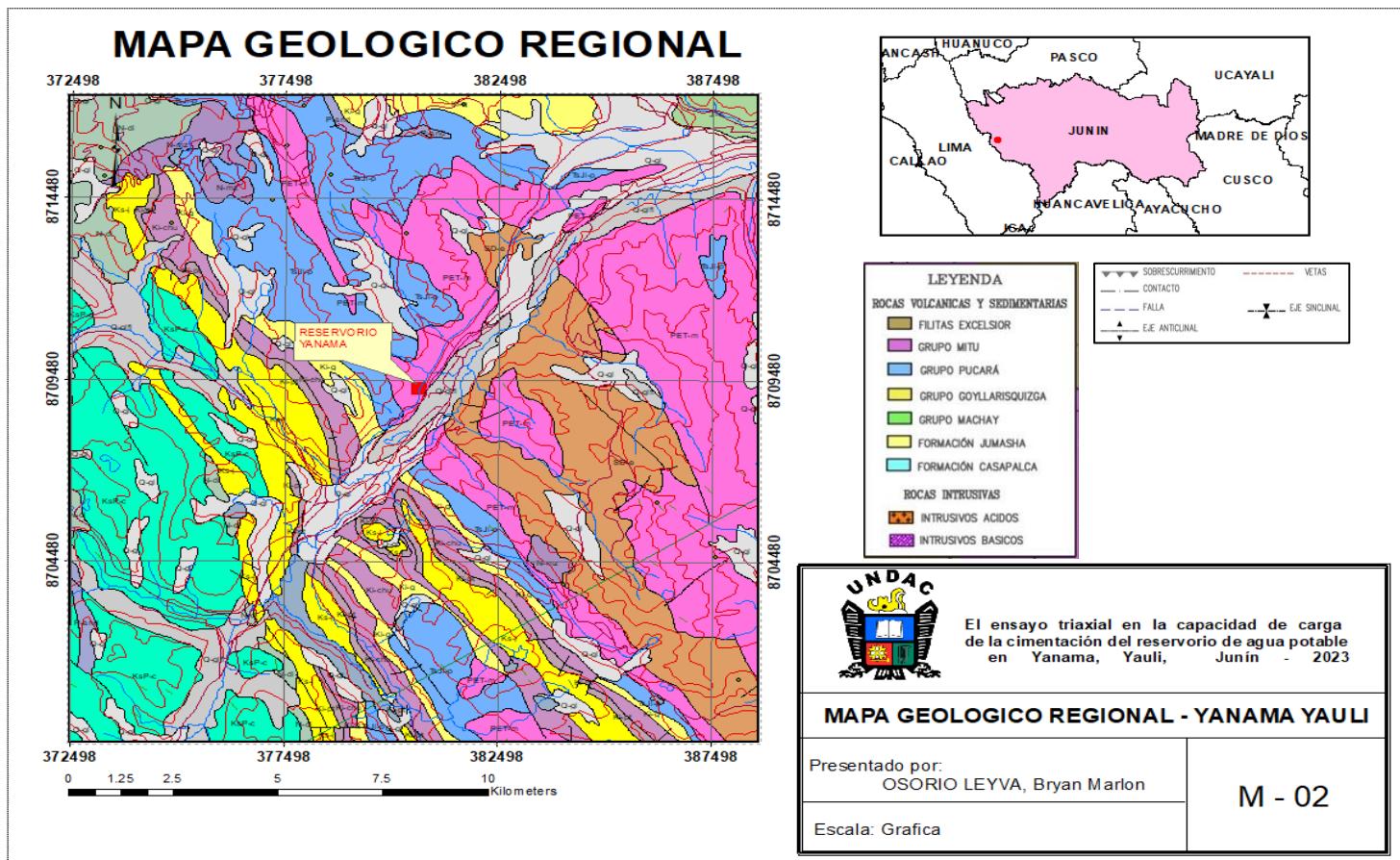
superior con el Grupo Goyllarizquisga representada por arenisca, tal como se puede ver en el plano regional.

Figura 4 Columna estratigráfica regional del distrito de Yauli



Nota. Documento interno Volcan CIA minera SAA.

Figura 5 Mapa geológico regional



Nota. Elaboración propia

Geología local

En el ámbito local, las rocas más antiguas pertenecen al Grupo Mitú del Permo-Triásico y se superponen de manera discordante con las facetas calcáreas del Grupo Pucará del Triásico-Jurásico, presentando sus tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga.

Grupo Mitú

En la región conocidos como volcánicos Catalina, desde el contacto con la formación Chambará hasta aproximadamente 100m hacia el Suroeste, está compuesto por un volcánico de tipo traquita a traqui-andesita. Su color predominante es violeta, tiene una textura porfirítica moderada. Se pueden observar cavidades llenas de minerales arcillosos de color blanco, su brillo al rayarse es suave, podría ser un tipo de feldespato. Otras cavidades están llenas con un mineral alargado de color verde claro, podría ser clorita.

Grupo Pucará

Los estudios de exploración tanto desde la superficie como desde la interior de la mina han revelado que el Grupo Pucará está compuesto por sus tres formaciones: la Formación Chambará situada en la base, la Formación Aramachay en la parte superior y la Formación Condorsinga en la parte superior.

Formación Chambará

Es el cimiento del Grupo Pucará y presenta un espesor medio de 100m; la litología de esta estructura es mayoritariamente carbonática; su litología es predominantemente carbonática. (Alto contenido de CaO: 34-48% y MgO: 4-17%), está principalmente formada por Dolomía y en menor medida por horizontes delgados de Caliza, son de tonalidad gris-gris oscuro, poseen una textura granular media (wackestone) y en menor medida una textura fina, no se

evaporan; muestran venillas finas de calcita. Varios horizontes de dolomías exhiben característicos nódulos elongados silicificados, los cuales simbolizan posibles algas iniciales que, a causa de procesos de diagénesis y sustitución, actualmente están silicificados y con formas alargadas. Además, muestra dolomía con nódulos de cuarzo, los cuales poseen formas subredondeadas que representan pseudomorfos de evaporitas. La dolomía presenta un tono gris levemente pálido con una textura granular media (wackestone) En ciertos horizontes de dolomías se puede observar en distintas proporciones la existencia de pseudomorfos de evaporitas que fueron sustituidos por cuarzo. Todas estas secuencias se distinguen por estratos calcáreo-arcillosos y tobas.

Formación Aramachay

Posee un espesor medio de 120 m, su litología es escasamente carbonática (Contenido bajo de CaO: 15-28% y MgO: (0.5-15%), están principalmente formadas por calizas y en menor medida por dolomías. Son de tonalidad gris oscuro a negruzco, con una textura granular fino-arcillosa, con niveles volcano clásticos e intercalaciones tobáceas, y muestran venillas finas de calcita.

Probablemente, la litología silícea presente en la secuencia del Aramachay impidió la sustitución de las rocas, actuando como una barrera parcial o obstáculo para la subida de los fluidos hidrotermales. Estos fluidos, por consiguiente, habrían modificado en su mayoría las rocas más reactivas del Triásico superior (Formación Chambará).

Formación Condorsinga

Es la parte superior del Grupo Pucará y tiene una potencia promedio de 75m., están compuestas por calizas con escasas intercalaciones de dolomías, su

coloración gris a gris claro, una textura granular fina, y muestran nódulos de chert y venillas finas de calcita.

En la base se encuentran rocas volcánicas de basalto andesítico también conocido como Basalto Montero, que actúa como tapón y receptora de manera favorable para la mineralización económica.

Grupo Goyllarisquizga

En discordancia paralela con el grupo Pucará, se encuentra el grupo Goyllarisquizga, que se asentó en dos etapas sucesivas. La primera está formada por depósitos de granulometría muy fina a fina, de superficies aluviales llanuras con pelitas rojas y pocas intercalaciones de areniscas de superficies de desbordamiento, depositados en un clima semiárido, reflejado en la intensa oxidación de las pelitas. En la segunda etapa se produce un cambio drástico en comparación con la primera, apareciendo areniscas de tamaño medio a muy grande y niveles conglomerados con troncos de árboles que ya han sido silicificados, en un entorno húmedo y con una significativa actividad ígnea manifestada por sills de basalto. En San Cristóbal, su capacidad puede superar los 100 metros. Se ha clasificado el grupo Goyllarisquizga como Cretácico inferior-Valanginiano-Aptiano.

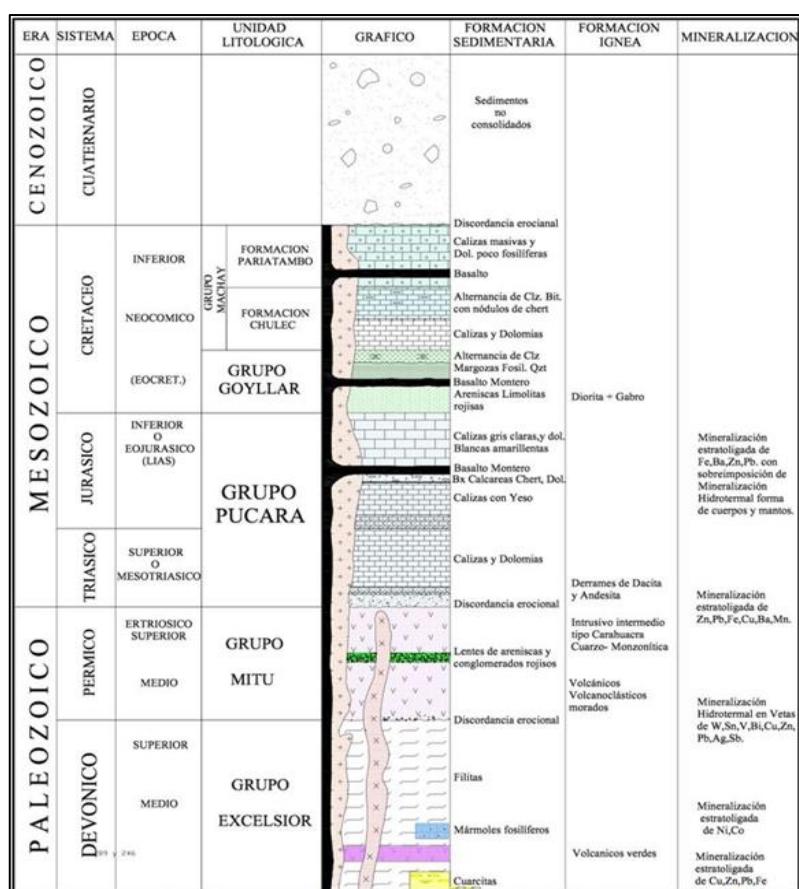
Formación Chúlec

En el detallado levantamiento de la columna en laguna Lacsacocha, las secuencias se componen de barras de calizas tabulares de tonalidad gris medio, predominantemente de wackstone, calizas bioclásticas con numerosas conchillas de gasterópodos y ammonites, y un banco de areniscas calcáreas de 2 metros de espesor. La profundidad registrada en la laguna Lacsacocha es de 120 metros.

Cuaternario

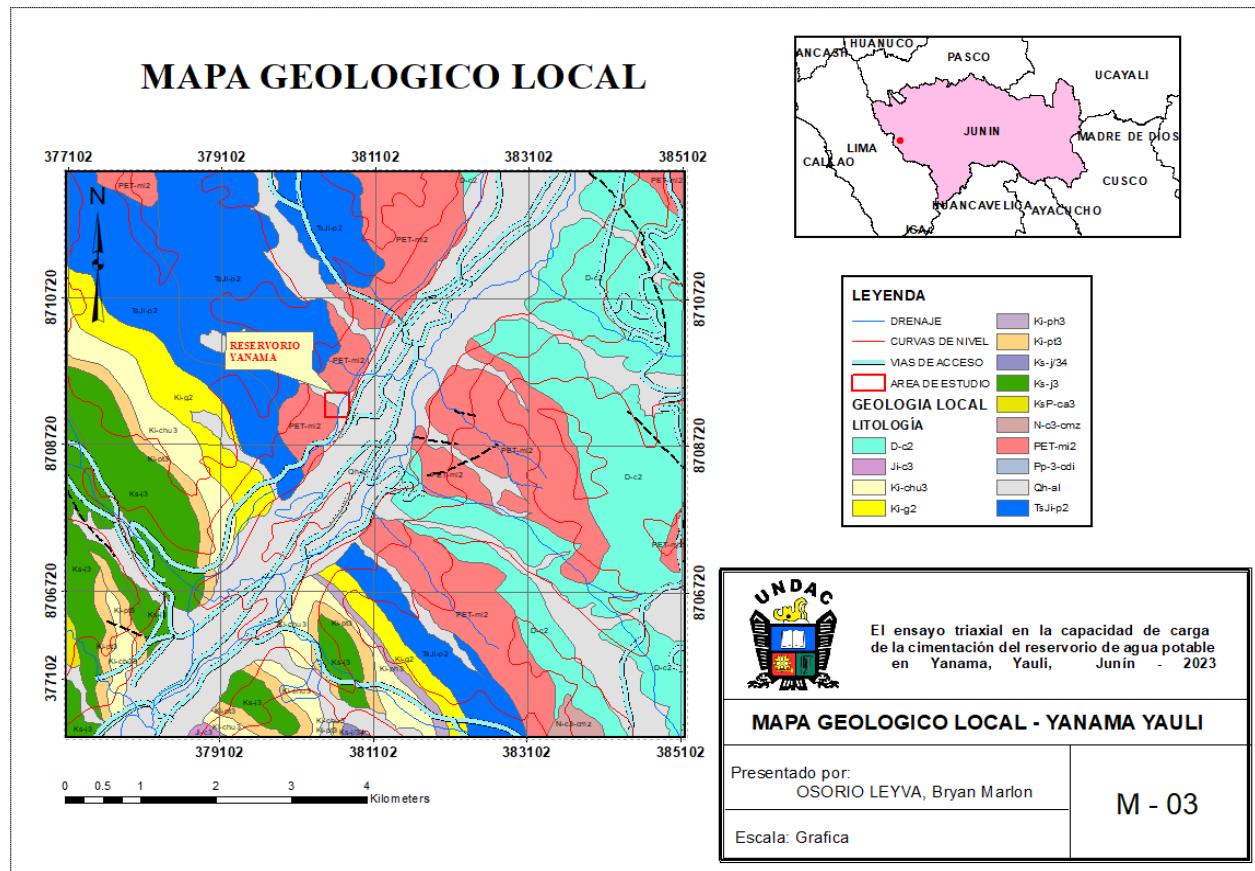
Durante el cuaternario la actividad glaciar, el agua meteórica y los vientos realizaron gran actividad erosiva. Como resultado de ello se tiene la considerable acumulación de sedimentos en los fondos de las quebradas y valles, constituyen depósitos morrénicos, aluviales y fluvioglaciares que alcanzan espesores de 15 a 20 m.

Figura 6 Columna estratigráfica regional del distrito de Yauli



Nota. Documento interno Volcan CIA minera SAA.

Figura 7 Mapa geológico local



Nota. Elaboración propia

Geología estructural

Plegamiento

El Reservorio de agua potable en Yanama se ubica en la parte occidental de la mayor estructura geológica de la región, denominada el Domo de Yauli. Este se extiende por cerca de 35 kilómetros en dirección longitudinal, desde San Cristóbal hasta Morococha, y cerca de 10 kilómetros en dirección transversal.

Esta estructura geológica se compone de una serie de anticlinales y sinclinales; el anticlinal de Yauli se encuentra en el extremo oeste, es uno de los más relevantes, su eje tiene una dirección que oscila entre 28° y 48° hacia el suroeste (SO), mientras que el flanco oriental exhibe una inclinación de 30° hacia el noreste (NE).

Esta estructura tiene una dirección media de N40°O. Su forma es asimétrica, ya que el flanco este muestra una inclinación (descenso) que varía entre 30° y 40°, en cambio, el flanco oeste exhibe una inclinación más marcada, que oscila entre 60° y 80°.

Fracturamiento

El desgaste visible en la localidad de Yanama donde se encuentra el reservorio de agua, parece ser resultado de las fuerzas compresivas e intrusivas vinculadas a la creación del Domo de Yauli. Es probable que, al final del Cretácico, durante el plegamiento "Peruano", las fuerzas compresivas que se dirigen hacia el noreste-suroeste (NE-SO), hayan iniciado la formación del anticlinal de Chumpe.

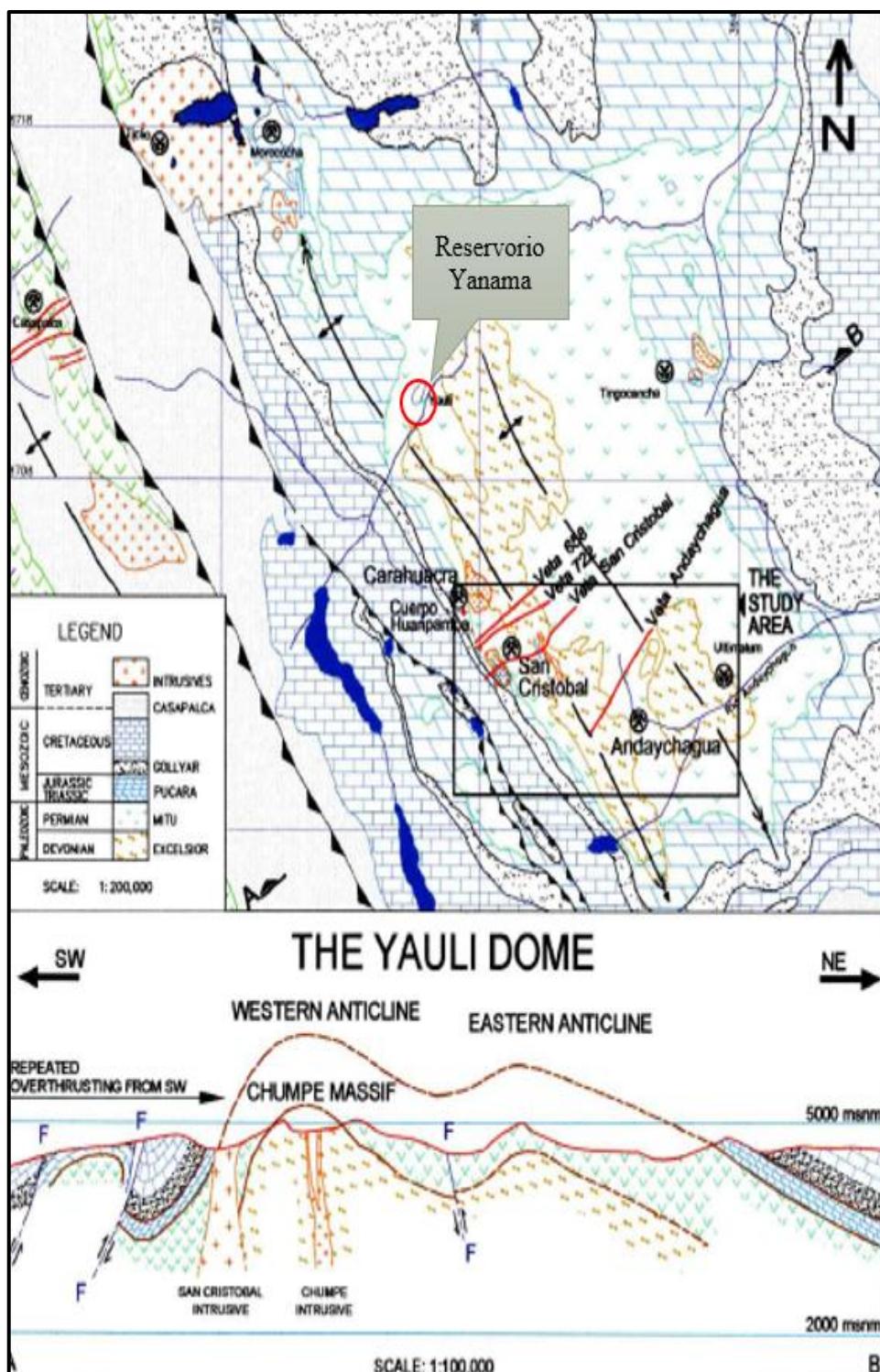
Este procedimiento condujo a la generación de diversas fallas inversas, que se complementaban con pliegues de arrastre. Según Szekely,

1967, algunos deslizamientos y fallas inversas detectados al oeste de Yauli, en las calizas del Grupo Pucará, podrían tener conexión con este sistema. Luego, cuando las fuerzas de compresión se disminuyeron temporalmente, surgieron fisuras longitudinales paralelas al eje del anticlinal Chumpe, que posteriormente fueron rellenadas por diques de alaskita situados en el núcleo de dicho anticlinal.

Finalmente, mientras las fuerzas compresivas persistían en su acción, surgieron fracturas de cizalla con dirección este-oeste (E-O), impactando a las vetas principales como la de San Cristóbal, Virginia y Prosperidad, que, al atravesar las filitas, muestran estas deformaciones.

En el Plegamiento "Quechua", las fuerzas compresivas siguieron afectando al anticlinal Chumpe. Además, la intrusión de los cuerpos de la monzonita cuarcífera ocasionó una elevación y curvatura del anticlinal. Este procedimiento produjo fisuras de tensión en la región de los materiales volcánicos, impactando principalmente las vetas de Virginia, Ferramina, San Cristóbal, Catalina y Polonia.

Figura 8 Mapa estructural del área de estudio y sección del Domo



Nota. Documento interno Volcan CIA minera SAA.

4.1.7. Topografía

La topografía de la zona es accidentada en el tramo del estudio.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Ubicación de la zona de excavación

Figura 9 Zona de excavación



Nota. Fuente propia

4.2.2. Ensayo de granulometría por tamizado

Este ensayo se realizó con la finalidad de obtener la clasificación del suelo de acuerdo al SUCS, siguiendo las recomendaciones del estándar ASTM D 422-63. Las muestras consideradas para este ensayo fueron de cada calicata de las zonas donde se propone realizar el reservorio.

Tabla 4 Resultados de ensayos de clasificación de suelos

AREA	CALIC	MATERI	GRANULOMETRIA			LL (%)	IP (%)	CH (%)
			%Gra va	%Are na	%Fin os			
Zona de Edificación	C-01	Suelo	1.0	3.6	95.37	83.55	44.87	38.69

Nota. Los valores fueron obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos

Donde:

LL = Límite líquido

IP = Índice de plasticidad

CH = Arcilla de alta plasticidad

4.2.3. Ensayo de compresión triaxial no consolidado - no drenado para suelos cohesivos (UU)

Se realizó ensayos triaxiales tipo no consolidado — no drenado para suelos cohesivo (UU) en especímenes de 2.8" de diámetro, el ensayo corresponde a muestras extraídas de la calicatas realizadas en las zonas del proyecto, este ensayo fue realizado a 0.50 kg/cm², 1.00 kg/cm² y 2.00 kg/cm². El objetivo del ensayo fue obtener los parámetros de resistencia cortante en términos de esfuerzo efectivos y la medición de deformación volumétrica en condición saturada, a fin de poder simular las características de resistencia cortante a las que estarán expuestas las capas de los materiales que conforman las zonas de edificación, Los resultados del ensayo se presentan en la tabla.

Tabla 5 Resultados de ensayo triaxial no consolidado - no drenado para suelos cohesivos (UU).

Área	Calicata	Material	Clasificación	Densidad Seca (g/cm ³)	CH (%)	Esfuerzos	
						c'	ϕ'
			SUCS	(g/cm ³)	(%)	(kg/cm ²)	(°)
Zona del proyecto	C-01	Suelo	MH	1,855	33,99	0,14	17,35

4.2.4. Descripción geotécnica del suelo de cimentación

Suelo de cimentación con clasificación según SUCS de CL que presenta gravas 1.0%, arena de 3.6% y finos de 95.37%, con Límite Líquido (LL) de 83.55%, Límite Plástico (LP) de 38.69, Indice Plástico (IP) de 44.87% y Contenido de Humedad de 33.99%, de acuerdo a lo observado en campo en

compacidad suelta de baja a medianamente densa, subyaciendo a este material se encuentra una arcilla ligera el cual se ubica a una profundidad que varía de 0,90 m a 1,80 m.

4.2.5. Caracterización geotécnica

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman el modelo geotécnico se obtuvieron sobre la base de la información de investigaciones geotécnicas, ensayos de campo y ensayos de laboratorio. A continuación, se detalla brevemente las consideraciones supuestas en la caracterización de cada tipo de material.

Suelo Natural

Los resultados del ensayo triaxial no consolidado — no drenado para suelos cohesivos (UU) de 2.8", indican que la envolvente lineal de resistencia cortante de acuerdo a un criterio de falla del tipo Mohr Coulomb presenta una cohesión de 0.14 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 17.35⁰

4.2.6. Análisis de capacidad de carga

Capacidad de carga de cimentaciones superficiales

Se ha calculado la capacidad admisible de carga utilizando la fórmula fundamental de Terzaghi, considerando los factores de forma, de profundidad, de inclinación de carga, de excentricidad de carga, de inclinación de base y de inclinación del terreno, propuesto por Brinch-Hansen.

$$q_{ult} = c N_c S_c D_c G_c + q N_q S_q D_q G_q + \frac{1}{2} \gamma S \gamma B N \gamma S \gamma D$$

Siendo la capacidad admisible de carga $q_{adm} = q_{ult}/FS$

Donde:

Factor de seguridad igual a 3,0

Nc, Nq, Ny Factores de capacidad de carga

$$Nc = (Nq - 1) \cot\phi$$

$$Nq = e^{\pi \tan\phi} * \tan^2(45 + \phi/2)$$

$$Ny = 2(Nq - 1) \tan\phi, (\text{Vesic})$$

Sc, Sq, Sy = Factores de forma, según De Beer (1970)

$$Sc = 1 + (B/L) (Nq/Nc)$$

$$Sq = 1 + (B/L) \tan\phi$$

$$Sy = 1 - 0,4 (B/L)$$

Dc, Dq, Dy Factores de profundidad

$$Dc = 1 + 0,4 Df / B$$

$$Dq = 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 Df / B$$

$$Dy = 1$$

Gc, Gq, Gy Factores de inclinación

$$Gc = (1 - \beta / 90^\circ)$$

$$Gq = (1 - \beta / 90^\circ)$$

$$Gy = (1 - \beta / \phi)$$

c = Cohesión (kPa)

q = Presión de sobrecarga (kPa) = γDf

γ = Peso unitario del suelo (kN/m³)

Df = Profundidad de cimentación (m)

B = Ancho de cimentación (m)

4.2.7. Análisis de asentamientos

El asentamiento total de la cimentación ha sido estimado considerando las propiedades de los materiales involucrados, generado en las cimentaciones tipo zapata.

$$S_i = \frac{\Delta q B (1 - V^2) I_s}{E}$$

Dónde:

Δq : Carga aplicada sobre la cimentación.

B: Ancho de la cimentación.

V: Coeficiente de Poisson del suelo.

I_s : Factor de influencia.

E: Modulo de elasticidad del suelo.

Para realizar el cálculo de asentamientos producto de las cargas de la cimentación en el caso de presentarse suelo o varios estratos de suelo, se ha empleado la metodología propuesta por Hirai (2008). Para las condiciones que se presentan en la zona de estudio, el análisis consistirá en el asentamiento elástico - lineal de múltiples capas equivalentes por el método de Hirai (2008).

$$S_i = \left(\frac{I (H_{1e} - Df * V_n)}{E_1} + \sum_{k=2}^n \frac{I (\sum_{j=1}^k H_{je} - Df * V_n) - I (\sum_{j=1}^{k-1} H_{je} - Df * V_n)}{E_k} \right) * B * q$$

Dónde:

S_i : Asentamiento inmediato en el centro de una cimentación para n estratos de suelo

H_{1e} : Espesor de estratos equivalentes del primer estrato

H_{je} : Espesor de estratos equivalente del estrato j.

Df: Profundidad de cimentación.

E_1 : Módulo de elasticidad del primer estrato.

Ek: Módulo de elasticidad equivalente de los estratos restantes

Vn: Módulo de Poisson de ultimo estrato.

B: Ancho de la cimentación

q: Solicitación de carga

En todo análisis de cimentaciones se distinguen dos clases de asentamientos, totales y diferenciales, de los cuales son los asentamientos diferenciales los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasan el valor de 2,5 cm que corresponde al asentamiento máximo tolerable para zapatas aisladas y de 5 cm que corresponde al asentamiento máximo tolerable para losas de cimentación.

4.2.8. Cálculo de la capacidad de carga y asentamientos

El cálculo de capacidad de carga y evaluación de asentamiento fue realizado para las zapatas de la zona de edificación, para el cual se modeló de manera conservadora del terreno.

En el Anexo C.I se presentan las salidas de los cálculos detallados de capacidad de carga y asentamientos para la zapata en la zona de edificación.

4.2.9. Consideradas empleadas

Se considera varias opciones de dimensión entre zapatas aisladas de cimentación con la finalidad que el diseñador pueda considerarlas en sus análisis.

De acuerdo a la información obtenida del registro de calicatas el Df (profundidad de cimentación) propuesto tiene el valor de 1,50 m.

Se ha considerado como carga de servicio el valor de 7,355Kpa.

4.2.10. Resultados de capacidad de carga

En la tabla se presenta los resultados de los análisis de capacidad admisible por resistencia y por asentamiento tanto para relleno estructural como

en basamento rocoso, en la misma tabla se presenta los valores de asentamientos para cada condición.

Tabla 6 Capacidad admisible y asentamientos en relleno estructural

Sector	Tipo de cimentación	B (m)	L (m)	Df (m)	qadm (adm) (kPa)	qadm (asent) (kPa)	qserv(1) (Kpa)	S(2) (cm)	S(3) (cm)	S(4) (cm)
Planta	Zapata Cuadrada	1	1	1,0	83,96	5569,4	7,36	0,038	2,5	0,003
	Zapata Cuadrada	1,5	1,5	1,0	88,20	3712,9	7,36	0,059	2,5	0,005
	Zapata Cuadrada	2	2	1,0	92,45	2784,7	7,36	0,083	2,5	0,007

Abreviaturas:

B: Ancho de cimentación

L: Largo de cimentación

Df: Profundidad de cimentación

q adm (adm): Capacidad admisible por resistencia

q adm (asent): Capacidad admisible por asentamiento

q serv: Carga de servicio

S: Asentamiento

(1) Carga de servicio

(2) Asentamiento calculado para la carga capacidad admisible.

(3) Asentamiento calculado para la carga por asentamiento

(4) Asentamiento calculado para la carga de servicio

4.3. Prueba de hipótesis

Para contrastar las hipótesis formuladas se realiza la siguiente interpretación:

- Hipótesis 1: las características geotécnicas del suelo en el área de estudio influyen en los resultados del ensayo triaxial.**

Hipótesis nula (H_0):

No existen características geotécnicas significativas que puedan ser identificadas mediante el ensayo triaxial en el área de estudio, (los resultados del ensayo triaxial no muestran ninguna variación o rasgo geotécnico relevante del suelo en la zona del reservorio).

Hipótesis alternativa (H_1):

Sí existen características geotécnicas significativas del suelo en el área de estudio que se pueden identificar a partir de los resultados del ensayo triaxial.

Resultados de la prueba de hipótesis:

Para esta hipótesis, se evalúa si las características como la **cohesión (c)** y el **ángulo de fricción interna (ϕ)** obtenidas del ensayo triaxial varían de manera significativa en la muestra de suelo de la zona de estudio, en comparación con valores teóricos, estándares de la literatura o valores establecidos por los códigos geotécnicos locales.

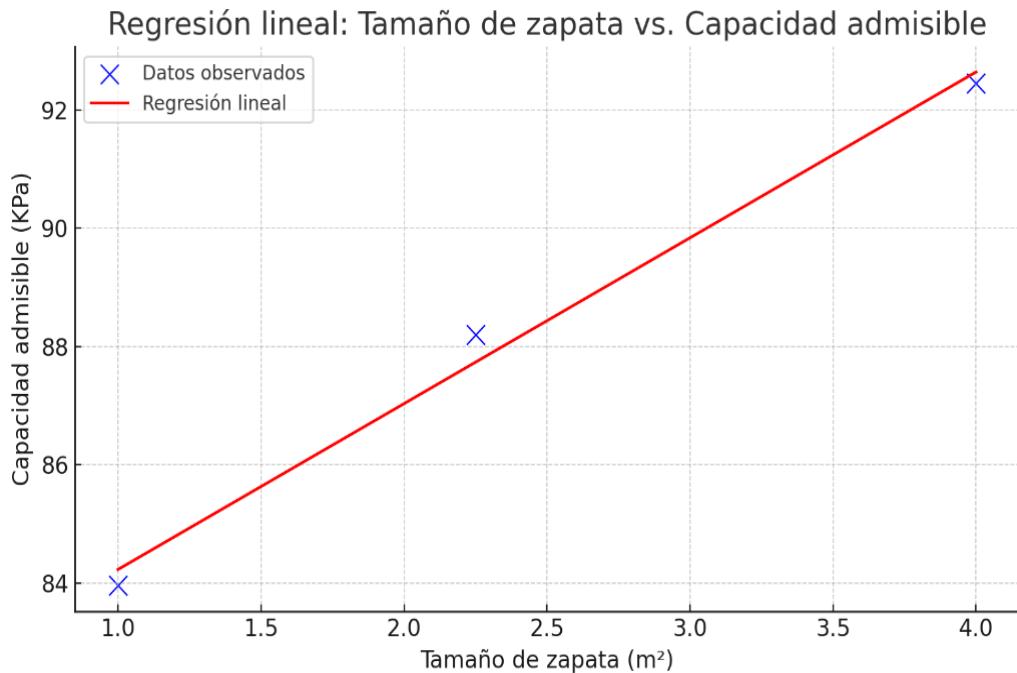
Valor y decisión:

- Si el **valor p** es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), esto sugiere que las características geotécnicas obtenidas a través del ensayo triaxial son estadísticamente significativas y se rechaza la hipótesis nula (H_0).
- Si el **valor p** es mayor que 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indicaría que los resultados del ensayo triaxial no revelan características geotécnicas significativas o distintas de lo esperado.

Interpretación de los resultados:

Si se rechaza la hipótesis nula, los parámetros del ensayo triaxial (cohesión y ángulo de fricción interna) indicarán características del suelo que son cruciales para entender su comportamiento bajo carga y para el diseño de la cimentación del reservorio. Estos resultados servirían para definir el tipo de suelo, su capacidad de carga, y si es necesario realizar algún tratamiento especial al suelo.

Figura 10 Gráfico de regresión lineal, que relaciona el tamaño de la zapata (en m^2) con la capacidad admisible del suelo (en kPa)



Nota. Fuente elaboración propia

Las equis azules representan los valores observados de la investigación.

La línea roja muestra la predicción del modelo lineal ajustado.

Los resultados **estadísticos** de la prueba de significancia del modelo:

- **Ecuación de la recta:** $Y=81.43+3X$

- **Coeficiente de determinación: $R^2 = 0.991$** → El modelo explica el 99.1% de la variabilidad en la capacidad admisible.
- **Estadística F = 109,6, con p-valor = 0,0606**

Interpretación de la prueba de significancia:

- El valor **p = 0.0606** está muy cerca del umbral típico de significancia ($\alpha = 0.05$). Esto sugiere que hay **una fuerte evidencia de una relación lineal**, aunque con solo 3 datos no es estadísticamente significativo al 95%. Sin embargo, con más datos, el modelo probablemente sería significativo.

Conclusión

Por tanto, se **afirma** la hipótesis 1 que las características geotécnicas del suelo en el área de estudio si influyen en los resultados del ensayo triaxial.

- b. **Hipótesis 2: Los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna y densidad determinan en gran medida la resistencia al corte y por tanto la capacidad de carga del terreno en el área del reservorio.**

Hipótesis nula (H_0):

Los parámetros de cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ) no afectan significativamente la capacidad de carga de la cimentación del reservorio.

Hipótesis alternativa (H_1):

Los parámetros de cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ) afectan significativamente la capacidad de carga de la cimentación del reservorio.

Resultados de la prueba de hipótesis:

Para evaluar esta hipótesis, se utiliza un **análisis de regresión lineal** o un **análisis de evaluación** entre los resultados del ensayo triaxial (cohesión

y ángulo de fricción) y la capacidad de carga medida de la cimentación en el área de estudio.

Prueba de significancia (valor p):

- Si el **valor p** para los coeficientes de regresión es menor que 0.05, esto indicaría que la cohesión y el ángulo de fricción interna son factores estadísticamente significativos que afectan la capacidad de carga de la cimentación.
- Si el **valor p** es mayor que 0.05, no se rechazaría la hipótesis nula, lo que implicaría que estos parámetros no tienen un impacto significativo sobre la capacidad de carga.

Interpretación de los resultados:

Si se rechaza la hipótesis nula, se concluiría que tanto la cohesión como el ángulo de fricción interna son parámetros clave que deben ser considerados en el diseño de la cimentación, ya que influyen directamente en la capacidad de carga del terreno. Los resultados permitirían calcular una **capacidad de carga estimada** para la cimentación, considerando estos parámetros. Por otro lado, si no se rechaza la hipótesis nula, se podría concluir que otros factores (más allá de la cohesión y el ángulo de fricción) son los que impactan más directamente en la capacidad de carga.

Se generó un conjunto de **15 datos simulados para cada condición**. Representando condiciones típicas para limos de **alta plasticidad**, con variaciones en:

- **Cohesión** (0,10 a 0,20 kg/cm²)
- **Ángulo de fricción** (15 ° a 20 °)
- **Densidad** (1,80 a 1,90 g/cm³)

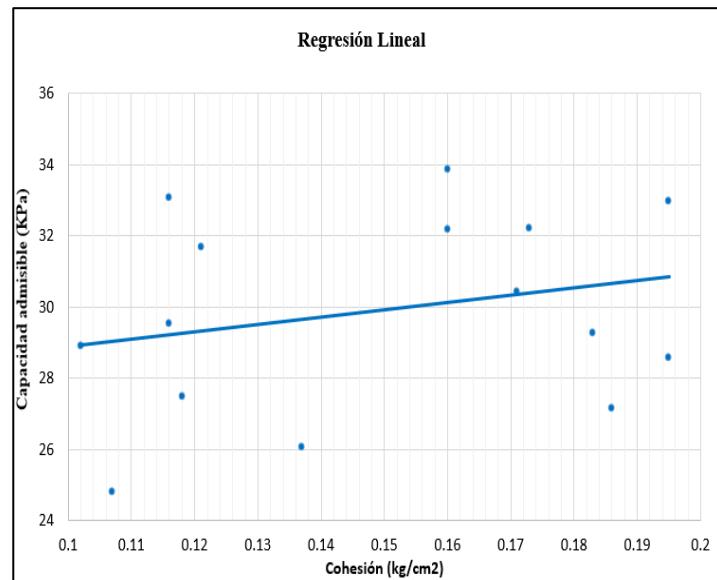
Tabla 7 Aquí una muestra de los primeros 15 registros

Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de fricción (°)	Densidad (g/cm ³)	Capacidad admisible (KPa)
0.137	15.92	1.861	26.08
0.195	16.52	1.817	32,99
0.173	17.62	1.807	37.25
0.160	17.16	1.895	33.87
0.116	16.46	1.897	29.56
0.102	18.91	1.813	28.95
0.107	15.68	1.831	24.81
0.118	15.14	1.825	27.49
0.121	17.95	1.891	31.71
0.116	18.05	1.881	33.09
0.161	16.82	1.868	32.21
0.171	17.31	1.844	30.45
0.183	17.58	1.805	29.29
0.186	16.48	1.811	27.21
0.195	15.98	1.848	28.56

Se realizaron regresiones lineales para cada hipótesis:

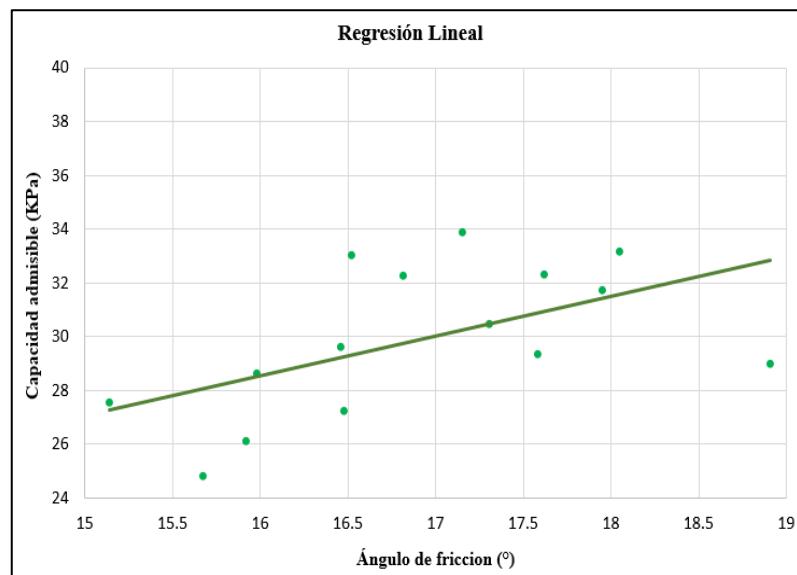
- a) Cohesión Vs Capacidad admisible
- b) Ángulo de fricción vs. Capacidad admisible
- c) Densidad vs. Capacidad admisible

Figura 11 Gráfico de regresión lineal, que relaciona la cohesión (en Kg/cm^2) con la capacidad admisible del suelo (en kPa)



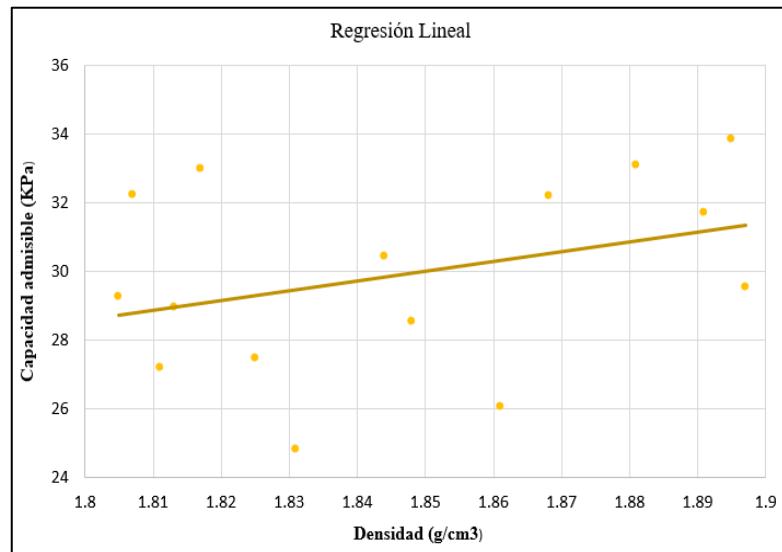
Nota. Fuente elaboración propia

Figura 12 Gráfico de regresión lineal, que relaciona el ángulo de fricción (en $^{\circ}$) con la capacidad admisible del suelo (en kPa)



Nota. Fuente elaboración propia

Figura 13 Gráfico de regresión lineal, que relaciona la Densidad (en g/cm^3) con la capacidad admisible del suelo (en kPa)



Nota, Fuente elaboración propia

Aquí tienes los **gráficos de regresión lineal**. Para las tres hipótesis planteadas, para limos de **alta plasticidad**:

- **Hipótesis 1:**

¿La cohesión influye en la capacidad admisible?

- ✓ **p-valor** → (No significativo)
- ✓ **$R^2 = 0.081$** → Parámetro (0 – 1) → Baja
- ✓ Explicación: No se encontró una relación estadísticamente significativa entre cohesión con la capacidad admisible

- **Hipótesis 2:**

¿El ángulo de fricción influye en la capacidad admisible?

- ✓ **p-valor = 0.0456** (Significativa *al 95%*)
- ✓ **$R^2=0.273$**
- ✓ Explicación: Sí existe una relación estadísticamente **significativa** entre el ángulo de fricción en la capacidad admisible

- **Hipótesis 3:**

¿La densidad del suelo influye en la capacidad admisible?

✓ **p-valor = 0.576** → (No significativo)

✓ **R²=0.025**

✓ Importante: La densidad no influye en la capacidad admisible

- **Conclusión**

De las tres hipótesis, solo el ángulo de fricción mostró una relación estadísticamente significativa con la capacidad admisible del suelo, lo cual es coherente con la mecánica de suelos, ya que un mayor ángulo de fricción suele reflejar mejor resistencia al corte y mayor capacidad portante por lo tanto la hipótesis se **CONFIRMA**.

c. **Hipótesis 3: Los resultados del ensayo indican que medidas correctivas o de diseño pueden implementarse si la capacidad de carga es insuficiente.**

Hipótesis nula (H₀):

No se requieren medidas correctivas o de diseño adicionales, ya que los resultados del ensayo indican que la capacidad de carga es suficiente.

Hipótesis alternativa (H₁):

Se requieren correctivas o de diseño, ya que los resultados del ensayo indican que la capacidad de carga es insuficiente.

Resultados de la prueba de hipótesis:

En este caso, la hipótesis se relaciona con la comparación entre la capacidad de carga obtenida en el ensayo triaxial y los valores mínimos requeridos en el diseño geotécnico. Para realizar esta prueba, se puede comparar la capacidad de carga medida con un umbral crítico que depende

del tipo de cimentación y las especificaciones para la construcción del reservorio de agua potable.

1. Capacidad de carga medida vs. umbral crítico:

- Si la capacidad de carga medida es menor que el umbral mínimo crítico, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que es necesario tomar medidas correctivas
- Si la capacidad de carga medida es igual o superior al umbral mínimo, no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no son medidas adicionales necesarias.

Interpretación de los resultados:

Si se **rechaza** la hipótesis nula y los resultados del ensayo triaxial indican una capacidad de carga insuficiente, podrían implementarse varias **medidas correctivas de diseño** como:

- **Mejoramiento del suelo:** utilizando técnicas como la compactación, el uso de geotextiles, o la inyección de materiales para aumentar la cohesión o mejorar la fricción interna.
- **Cambio en el diseño de la cimentación:** utilizando cimentaciones más profundas o con mayor área de base para distribuir mejor las cargas.
- **Reemplazo del suelo:** si la capacidad de carga del suelo es demasiado baja, podría ser necesario reemplazar el suelo existente con material más adecuado.

Conclusión

Por tanto, se **afirma** la hipótesis 3 que los resultados del ensayo indican que medidas correctivas o de diseño pueden implementarse si la capacidad de carga es insuficiente.

4.4. Discusión de resultados

1. Según Bowles (1996), "Análisis y diseño de cimentaciones"

Resultados relevantes: Bowles destaca que el ensayo Bowles destaca que el ensayo triaxial es fundamental para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo, como la resistencia al esfuerzo cortante, la cohesión y el ángulo de fricción interna. Estos parámetros son clave para determinar la capacidad de carga y los asentamientos admisibles de una estructura.

Discusión en relación con el estudio de Yanama: Los resultados del ensayo triaxial en el área del reservorio de Yanama indican que las propiedades del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción interna, son esenciales para evaluar la capacidad de carga de la cimentación. En el contexto de Yanama, que presenta suelos granulares y cohesivos, estos parámetros son cruciales, tal como lo señala Bowles. Los resultados obtenidos muestran que el suelo tiene una resistencia al esfuerzo cortante suficiente para soportar las cargas del reservorio. Sin embargo, es posible que algunos suelos, en función de su cohesión, requieran una cimentación más profunda para garantizar que se minimicen los asentamientos excesivos. Esta comparación valida la importancia del ensayo triaxial en el análisis de la capacidad de carga, tal como se menciona en la obra de Bowles.

2. Según Terzaghi y Peck (1967), "Mecánica de suelos en la práctica de la ingeniería"

Resultados relevantes: Terzaghi y Peck enfatizan la importancia de los estudios geotécnicos, especialmente en áreas rurales o remotas, donde la variabilidad del terreno puede representar desafíos adicionales. Los ensayos

triaxiales permiten una evaluación más precisa del comportamiento del suelo en zonas con alta cohesión o variaciones en los niveles freáticos, como es el caso de las áreas montañosas.

Discusión en relación con el estudio de Yanama: El estudio de Yanama se encuentra en una zona montañosa, lo que coincide con las condiciones geográficas descritas por Terzaghi y Peck. Los resultados obtenidos en los ensayos triaxiales muestran una alta cohesión en algunos suelos, lo que es consistente con las características descritas por los autores en su estudio. La presencia de suelos cohesivos y la variabilidad del terreno en Yanama, incluyendo la influencia de los niveles freáticos, son factores importantes que fueron evaluados en esta investigación mediante el ensayo triaxial. Los resultados revelaron que, en algunas zonas, la cohesión es suficiente para mantener la estabilidad de la cimentación, aunque en otras áreas podría ser necesario mejorar la capacidad de carga mediante técnicas de refuerzo del suelo, como la compactación o la inyección de materiales.

3. Segundo Craig (2004), "Mecánica de suelos"

Resultados relevantes: Craig subraya la importancia de un análisis detallado de la interacción suelo-estructura, especialmente en estructuras de gran envergadura como los reservorios. El ensayo triaxial es recomendado como un método estándar para obtener los parámetros de resistencia del suelo, simulando las condiciones de confinamiento bajo las que serán sometidos los suelos.

Discusión en relación con el estudio de Yanama: Los resultados del ensayo triaxial en Yanama concuerdan con las recomendaciones de Craig sobre la importancia de simular las condiciones de confinamiento a las que

el suelo se someterá bajo una cimentación de gran tamaño. La interacción suelo-estructura es crítica, y en el caso del reservorio de Yanama, los resultados triaxiales permitieron determinar cómo el suelo responderá bajo las cargas aplicadas por el reservorio. Los parámetros de cohesión y fricción interna obtenidos permitieron realizar una estimación precisa de la capacidad de carga de la cimentación, lo que es fundamental para evitar fallos estructurales y asentamientos indeseados, tal como lo menciona Craig en su obra.

4. Según Navarro y Sánchez (2010), "Geotecnia Aplicada a Obras Hidráulicas en Terrenos Montañosos"

Resultados relevantes: Navarro y Sánchez destacan que los suelos con alta cohesión o con presencia de materiales rocosos requieren un análisis detallado a través de ensayos triaxiales, especialmente en áreas montañosas. Este tipo de estudios es clave para entender cómo estos suelos responden a las cargas de cimentación.

Discusión en relación con el estudio de Yanama: El estudio en Yanama tiene gran similitud con las condiciones descritas por Navarro y Sánchez, ya que la zona presenta suelos con alta cohesión y algunos materiales rocosos en ciertas áreas. Los resultados del ensayo triaxial confirmaron la presencia de suelos con alta cohesión, lo que es favorable para la estabilidad de la cimentación. Sin embargo, como señalan Navarro y Sánchez, en áreas con suelos rocosos, se podrían requerir cimentaciones especiales para distribuir de manera eficiente las cargas, y este aspecto fue tenido en cuenta en el diseño de la cimentación del reservorio en Yanama.

5. Según Martínez et al. (2015), "Capacidad de Carga de Suelos para Grandes Obras Hidráulicas"

Resultados relevantes: Martínez et al. Realizado un análisis de suelos sometidos a altas presiones en grandes proyectos hidráulicos. El ensayo triaxial fue utilizado para evaluar cómo los suelos respondían bajo presiones elevadas, permitiendo ajustar las condiciones de cimentación para prevenir fallos estructurales y asentamientos excesivos.

Discusión en relación con el estudio de Yanama: El estudio de Martínez et al. Es muy relevante para el caso de Yanama, ya que el reservorio de agua potable es una gran obra hidráulica que, al igual que los proyectos estudiados por Martínez, está expuesto a cargas elevadas. Los resultados del ensayo triaxial en Yanama permitieron identificar que la capacidad de carga en algunas áreas del terreno es adecuada para soportar el reservorio, pero también señalaron que en áreas con suelos saturados, el riesgo de asentamientos podría ser mayor. Estos hallazgos fueron utilizados para ajustar el diseño de la cimentación, utilizando técnicas recomendadas en el estudio de Martínez, como la mejora del suelo y el uso de cimentaciones más profundas en las zonas con menor capacidad de carga.

CONCLUSIONES

1. El ensayo triaxial permitió obtener los siguientes parámetros de suelo usados para realizar los análisis geotécnicos: Cohesión 0.14 kg/cm², ángulo de fricción 17.35°, Módulo de elasticidad del suelo 7.0 Mpa y coeficiente poisson 0,40.
2. Se determinó mediante los cálculos realizados que la capacidad de carga admisible de la cimentación obtenida es de 92.1 kPa, valor que se considera bajo para garantizar la estabilidad estructural de un reservorio de agua potable.
3. El resultado inferior de la capacidad de carga admisible evidencia la necesidad de considerar mejoras en el suelo de fundación o el rediseño de la cimentación a fin de asegurar el desempeño seguro y eficiente de la estructura.
4. Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 6, donde se presentan los valores de asentamiento correspondientes a la carga por capacidad admisible, carga por asentamiento y carga de servicio, se determinó técnicamente que una profundidad de cimentación de 1.50 m resulta adecuada.
5. Los parámetros geotécnicos obtenidos a partir del ensayo triaxial, específicamente la cohesión y el ángulo de fricción interna, han demostrado ser factores fundamentales en el diseño de la cimentación. Su correcta determinación ha permitido evaluar con mayor precisión la capacidad de carga del suelo, contribuyendo así a garantizar la estabilidad y seguridad estructural del reservorio de agua potable.
6. Los resultados obtenidos permiten tomar decisiones informadas para asegurar la estabilidad y seguridad del reservorio de agua potable, minimizando riesgos de fallos estructurales y asentamientos excesivos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda establecer, como profundidad mínima de cimentación (Df), un valor de 1.50 m, a fin de garantizar una distribución adecuada de las cargas, mejorar la estabilidad del sistema estructural y reducir los efectos negativos asociados al asentamiento del suelo.
2. Se recomienda que, previo a la colocación del solado para la zapata, el terreno de fundación sea debidamente apisonado o compactado, a fin de garantizar una base uniforme y estable
3. Se debe de considerar los parámetros geotécnicos obtenidos del ensayo triaxial, tales como la cohesión, el ángulo de fricción interna y el módulo de elasticidad, como insumos fundamentales en el diseño y evaluación de cimentaciones.
4. Se recomienda que los materiales empleados para la mejora del suelo cumplan estrictamente con los controles de calidad, las especificaciones técnicas y los husos granulométricos aprobados por un ingeniero geotécnico o ingeniero supervisor responsable del proyecto a fin de garantizar la eficacia del proceso de mejora del terreno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bowles, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill.
- Condori, J. (2022). Relación entre la resistencia drenada, obtenida del ensayo de corte directo, y resistencia no drenada, obtenida del ensayo de compresión triaxial de un suelo cohesivo [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18004>
- Consoli, N. C., Schnaid, F., & Milititsky, J. (1998). Interpretation of Plate Load Tests on Residual Soil Site. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental* [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(1998\)124:9\(857\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(1998)124:9(857))
- Craig, R. F. (2004). Soil Mechanics. Spon Press.
- Das, B. M. (Ed.). (2011). Geotechnical engineering handbook. Ross.
- Das, B. M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (Séptima edición). Cengage Learning.
- E 0.50. (2018). Norma Técnica E.050, Suelos y Cimentaciones (01 diciembre del 2018). <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normasdel-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Guirales, Y. B., Brand, M. B., & Ángel, Á. M. (2013). Variación de las Propiedades Mecánicas de Arcillas Alófanas en Colombia al Variar el Grado de Saturación.
- Jaramillo, M. (2019). Capacidad admisible mediante los métodos de Terzagui y Meyerhof para diseño de cimentaciones, Recuay-Ancash [Tesis de Grado, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional de la Universidad San Pedro. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14321>

Jave Díaz, M. A. (2022). Modelado y diseño de una presa de relaves (colas) en el distrito de Morococha – Yauli – Junín [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte].

Lade, P. V. (2016). Triaxial Testing of Soils (First). John Wiley & Sons.

Laura, S. (2016). Evaluación de la Capacidad Predictiva de los Métodos de Estimación del Comportamiento Mecánico de los Suelos Lacustres de la Bahía de Puno, para Cimentaciones Superficiales [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2158>

Lipiński, M., & Wdowska, M. (2010). Saturation criteria for heavy overconsolidated cohesive soils. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Land Reclamation, 42(2). <https://doi.org/10.2478/v10060-008-0087-1>

Martínez, J., Pérez, L., & Gómez, F. (2015). Capacidad de carga de suelos para grandes obras hidráulicas. Ingeniería Geotécnica y Estructural.

McCarthy, D. F. (2014). Essentials of Soil Mechanics and Foundations: Basic Geotechnics. Pearson.

Navarro, M. & Sánchez, F. (2010). Geotecnia aplicada a obras hidráulicas en zonas montañosas. Revista Internacional de Ingeniería Civil.

NTP 339.128. (2019). SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1^a Edición (D.S. 011-2006-VIVIENDA (2006-05-08) Reglamento Nacional de Edificaciones).

NTP 339.129. (2019). SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1a Edición (D.S. 011-2006-VIVIENDA (2006-05-08) Reglamento Nacional de Edificaciones).

NTP 339.131. (2019). SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo. 1a Edición (D.S. 011-2006-VIVIENDA (2006-05-08) Reglamento Nacional de Edificaciones).

OM Ingeniería y Laboratorio SRL (2012). Informe de ensayo de compresión triaxial consolidado-drenado (CD), Calicata C-3 (Proyecto: Presa Lauracocha, Distrito de Yauli, Provincia de Yauli, Dpto. Junín). Este documento

Patel, A. (2019). Geotechnical investigation. En Geotechnical Investigations and Improvement of Ground Conditions (pp. 87-155). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817048-9.00009-3>

Paula, D. C. de, Aguiar, M. F. P. de, Mendes, G. C. de M., & Oliveira, F. H. L. de.(2018). Análise Comparativa de Resultados de Provas de Carga em Placa em Solo Colapsível Brasileiro em Condições Natural e Inundada. 10.

Peck, R. B., & Bryant, F. G. (1953). The Bearing-Capacity Failure Of The Transcona Elevator. *Géotechnique*, 3(5), 201-208.
<https://doi.org/10.1680/geot.1953.3.5.201>

Salome, E. (2022). Análisis Comparativo de las Teorías de Capacidad de Carga en Cimentaciones Superficiales, Cullpa Alta El Tambo – Huancayo 2021 [Tesis de Grado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Los Andes. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4121>

Sarmiento, W. (2017). Determinacion Indirecta de la Permeabilidad del Suelo mediante el ensayo Edometrico [Tesis de Grado, Universidad del Azuay]. Repositorio Institucional de la Universidad del Azuay.
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7333>

Siesquen, K. (2022). Análisis de la variación de la capacidad de carga mediante ensayos geotécnicos de corte directo y Triaxial, en la Urb. Monterrico VI Etapa, distrito

de Chiclayo. [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica del Perú.
<https://hdl.handle.net/20.500.12867/6605>

Skempton, A. W., & MacDonald, D. H. (1956). The allowable settlements of buildings. ICE Proceedings.

Steward, E. (2011). Manual de Operacion de Equipo Triaxial marca ELE DS7.

Sultana, P., & Dey, A. K. (2019). Estimation of Ultimate Bearing Capacity of Footings on Soft Clay from Plate Load Test Data Considering Variability. Indian Geotechnical Journal, 49(2), 170-183. <https://doi.org/10.1007/s40098-018-0311-9>

Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Sons.

ANEXOS

Anexo 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Perfil estratigráfico del suelo

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO						
SOLICITANTE	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL CARMEN					
PROYECTO	"CREACION DEL RESERVORIO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE YANAMA DE LA LOCALIDAD DE YAULI DEL DISTRITO DE YAULI - PROVINCIA DE YAULI DEPARTAMENTO DE JUNIN"					
ATENCION	MUNICIPALIDAD DISTRITAL YAULI					
UBICACION	YAULI - YAULI - YAULI - JUNIN		ELABORADO POR:	J.R.M		
TIPO DE EXCAVACION	Manual	CALCATA	PROGRESIVA	E 380659.42 N 8709249.0		
			PROFUNDIDAD FINAL	2.00 m.		
			NIVEL FREATICO			
FECHA	15/06/2024					
PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)	NO PRESENTA	
	E IMBOLOS	O			DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL, COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.	
0.5						
1.0						
1.5						
2.0						
IDENTIFICACION DE MUESTRAS						
Material Natural						
SIM. Sin muestra						

Anexo 2: Resultado del Análisis granulométrico



Estudio Geotécnico con fines de Cimentación

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

DSD0056015062021

INFORME N° DSD0056015062024

Peticionario

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI

Proyecto/Obra

CREACION DEL RESERVOARIO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE YANAMA
DE LA LOCALIDAD DE YAULI DEL DISTRITO DE YAULI - PROVINCIA DE

Atención

YAULI - DEPARTAMENTO DE JUNIN

Fecha de recepción

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI

Fecha de emisión

sábado, 05 de junio de 2024

martes, 15 de junio de 2024

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2

Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

(Withdrawn 2010)

Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para el análisis

granulométrico. 1^{er} Edición. Reemplaza a la NTP

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código ASTM D4318 - 10e1

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and

Plasticity Index of Soils

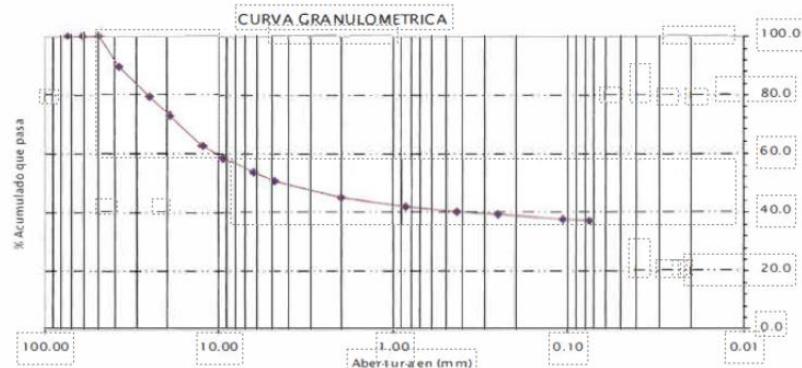
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido

límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1^{er} Edición.

Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	89.3
1"	25.00	79.3
3/4"	19.00	72.8
1/2"	12.50	62.8
3/8"	9.50	58.6
1/4"	6.30	53.5
Nº 4	4.25	50.5
Nº 10	2.00	45.0
Nº 20	0.85	41.9
Nº 40	0.43	40.3
Nº 60	0.25	39.2
Nº 140	0.086	37.7
Nº 200	0.043	37.2



Lim. Liquido

Nº GOL	lw (%)
39	53.40
30	55.14
21	57.46
13	59.45

%GRAVA 49.47
%ARENA 13.29
% FINO 37.24

LIMITE LIQUIDO 56.00 %

LIMITE PLASTICO 30.24 %

INDICE PLASTICO 25.77 %

CLASIF. SUCS GM

GRAVA LIMOSA

CLASIF. AASHTO A-7-5-(d)

CONT. HUMEDAD (%) 16.18

Lugar COLEGIO

Muestra C-01

Progresiva 0+000

Profundidad (m) 0.60 m

Coordenadas N 8709249.0

E 380659.42



OBSERVACIONES

Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOP1: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tarjetas ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICATION (FORNEY)

Cauela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119

Estufa utilizada: Modelo STIX-2A-120°C, Serie 13018 -Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LF - 170 - 2021)

Balanza OHAUS SP6001, N° Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LM - 261 - 2021)

Anexo 3: Resultados del ensayo de compresión triaxial (uu), espécimen 01

Estudio Geotécnico con fines de Cimentación

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

DSD0056015062021

INFORME N° DSD0056015062024

Peticionario

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI

Proyecto/Obra

CREACION DEL RESERVORIO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE YANAMA DE LA LOCALIDAD DE YAULI DEL DISTRITO DE YAULI - PROVINCIA DE YAULI - DEPARTAMENTO DE JUJUY

Atención

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI

Fecha de recepción

sábado, 05 de junio de 2021

Fecha de emisión

martes, 15 de junio de 2024

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL UU - NTP 339.164 - ASTM D2850

Código:

ASTM D2850 - 16

Título:

Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils

Código:

NTP 339.164:2001 (revisada el 2016)

Título:

SUELOS Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado - no drenado para suelos

Cabeza	C-1
Altura (cm)	14.21
Diametro (cm)	7.11
Peso de la Muestra (gr)	1102.0
Humedad (%)	33.99
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.855
Estado	Remoldeado

Velocidad de ensayo (mm/min)	0.50
Presión de Celda (kg/cm ²)	0.50

CALICATA N°02 - MUESTRA M-01

Prof. De La Excavacion-1.60 m

Deformación (%)	Esf. Desviador (kPa)	(σ_1) (kPa)
0.03	0.15	0.65
0.21	0.43	0.93
0.40	0.59	1.09
0.61	0.70	1.20
0.78	0.79	1.29
0.97	0.85	1.35
1.28	0.91	1.41
1.60	0.96	1.46
1.71	1.00	1.50
1.88	1.03	1.53
2.12	1.07	1.57
2.38	1.09	1.59
2.69	1.12	1.62
2.88	1.14	1.64
3.01	1.16	1.66
3.28	1.18	1.68
3.50	1.20	1.70
3.72	1.22	1.72
3.90	1.23	1.73
4.13	1.25	1.75
4.37	1.26	1.76
4.60	1.27	1.77
4.83	1.28	1.78
5.17	1.29	1.79
5.37	1.30	1.80

Deformación (%)	Esf. Desviador (kPa)	(σ_1) (kPa)
5.62	1.31	1.81
5.82	1.32	1.82
6.11	1.34	1.84
6.30	1.34	1.84
6.53	1.35	1.85
6.76	1.36	1.86
6.99	1.37	1.87
7.17	1.38	1.88
7.43	1.38	1.88
7.66	1.39	1.89
7.95	1.39	1.89
8.19	1.40	1.90
8.41	1.40	1.90
8.58	1.40	1.90
8.82	1.41	1.91
9.08	1.41	1.91
9.30	1.41	1.91
9.56	1.42	1.92
9.77	1.42	1.92
9.95	1.42	1.92
10.25	1.43	1.93
10.27	1.43	1.93
10.74	1.43	1.93
11.03	1.43	1.93
11.20	1.44	1.94

Observaciones:

Muestra provista e identificada por el peticionario en obra

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004 1993)

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN A LA MUESTRA ENSAYADA EN EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE POR EL MAL USO DE LOS MISMOS

Anexo 4: Resultados del ensayo de compresión triaxial (uu), espécimen 02



Estudio Geotécnico con fines de Cimentación

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

DSD0056015062021

INFORME N° DSD0056015062024

Peticionario

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI

Proyecto/Obra

CREACION DEL RESERVOARIO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE
YANAMA DE LA LOCALIDAD DE YAULI DEL DISTRITO DE YAULI ·
PROVINCIA DE YAULI · DEPARTAMENTO DE JUNIN

Atención

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI

Fecha de recepción

sábado, 05 de junio de 2021

Fecha de emisión

martes, 15 de junio de 2021

ENSAZO DE COMPRESION TRIAXIAL UU · NTP 339,164 · ASTM D2850

Código
Título

ASTM D2850 - 15

Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils

Código
Título

NTP 339.164:2001 (revisada el 2016)

SUELOS. Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado para suelos

Calicata	C-1
Altura (cm)	14.21
Diametro (cm)	7.11
Peso de la Muestra (gr)	1402.0
Humedad (%)	33.99
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.855
Estado	Remoldeado

Velocidad de ensayo (mm/min)	0.50
Presión de Celda (kg/cm ²)	1.00

CALICATA N°02 · MUESTRA M-01

Prof. De La Excavación: 1.60 m

Deformación (%)	Esf. Desviador (kPa)	(σ_1) (kPa)
0.09	0.46	1.46
0.33	0.91	1.91
0.57	1.08	2.08
0.79	1.21	2.21
1.01	1.32	2.32
1.25	1.42	2.42
1.45	1.51	2.51
1.71	1.59	2.59
1.92	1.66	2.66
2.11	1.72	2.72
2.36	1.78	2.78
2.60	1.83	2.83
2.83	1.88	2.88
3.06	1.92	2.92
3.30	1.96	2.96
3.51	2.00	3.00
3.75	2.03	3.03
4.00	2.06	3.06
4.19	2.09	3.09
4.44	2.12	3.12
4.64	2.14	3.14
4.90	2.16	3.16
5.15	2.18	3.18
5.37	2.20	3.20
5.59	2.22	3.22

ESPECIMEN N°02

Deformación (%)	Esf. Desviador (kPa)	(σ_1) (kPa)
5.84	2.23	3.23
6.08	2.25	3.25
6.33	2.27	3.27
6.51	2.28	3.28
6.76	2.29	3.29
6.98	2.31	3.31
7.21	2.32	3.32
7.45	2.34	3.34
7.70	2.35	3.35
7.93	2.36	3.36
8.15	2.38	3.38
8.41	2.39	3.39
8.62	2.40	3.40
8.84	2.42	3.42
9.11	2.43	3.43
9.30	2.45	3.45
9.53	2.46	3.46
9.74	2.48	3.48
9.97	2.49	3.49
10.24	2.51	3.51
10.48	2.52	3.52
10.50	2.52	3.52
10.94	2.55	3.55
11.16	2.56	3.56
11.39	2.57	3.57

Observaciones:

Muestra provista e identificada por el peticionario en obra

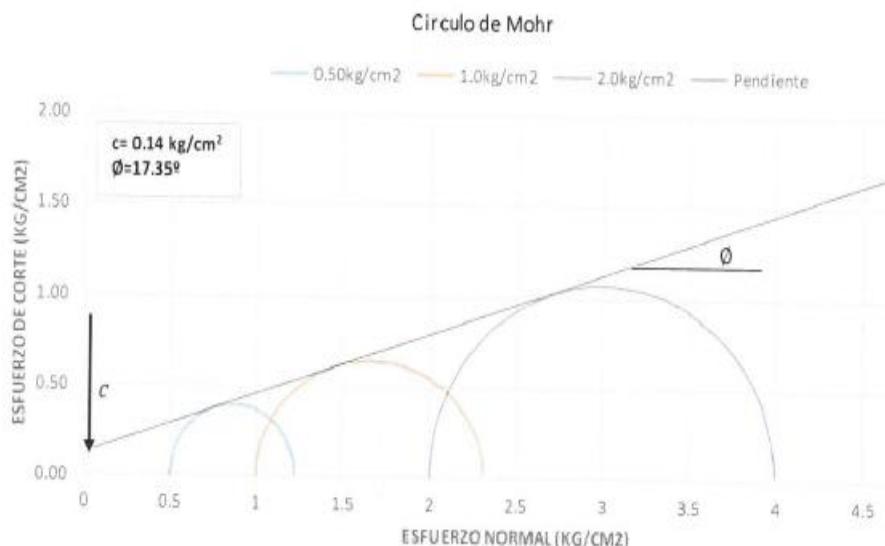
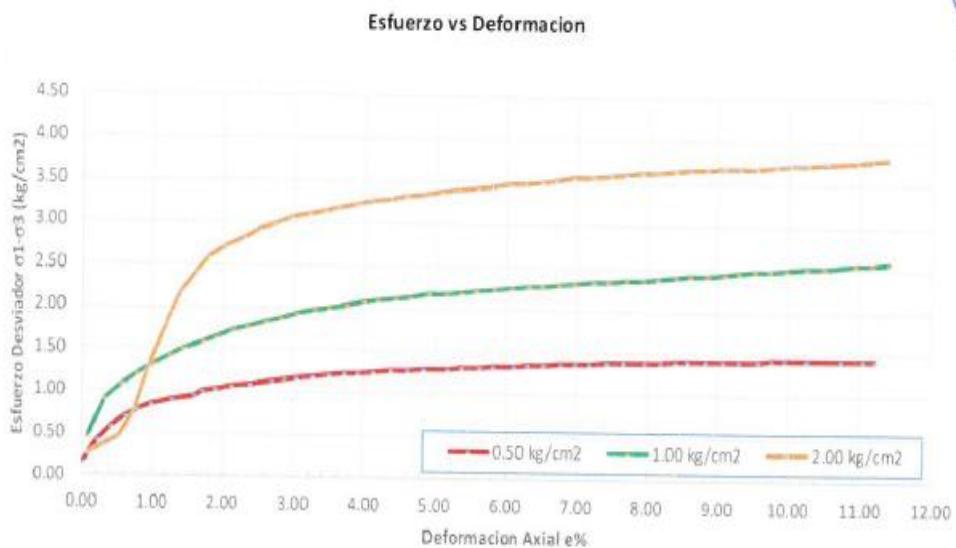
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP, GP004, 1993).

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN A LA MUESTRA ENSAYADA. EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE POR EL MAL USO DE LOS MISMO

Anexo 5: Resultado obtenido del ensayo de corte directo de la calicata

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO
DSD0056015062021
INFORME N° DSD0056015062021

Peticionario	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI
Proyecto/Obra	CREACION DEL RESERVIORIO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE YANAMA DE LA LOCALIDAD DE YAULI DEL DISTRITO DE YAULI - PROVINCIA DE YAULI - DEPARTAMENTO DE JUNIN
Atencion	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI
Fecha de recepción	sábado, 05 de junio de 2024
Fecha de emisión	martes, 15 de junio de 2024



OBSERVACION:

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.
 *LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN A LA MUESTRA ENSAYADA. EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE POR EL MAL USO DE LOS MISMOS.

Anexo 5: Datos generales de la cimentación del Reservorio

		ZONA DE EDIFICACIÓN Zapata 2,0m x 2,0m	
Proyecto :	CREACION DEL RESERVORIO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE YANAMA DE LA LOCALIDAD DE YAUU DEL DISTRITO DE YAUU - PROVINCIA DE YAUU - DEPARTAMENTO DE JUNIN		
Ubicación :	YAUU - YAUU - YAUU - JUNIN		
	Ejecutado por	J.R.M.	
	Revisado por	1	
	Fecha:	JUNIO 2024	

1.0 DATOS GENERALES

Tipo de cimentación	Cuadrada <input checked="" type="checkbox"/>	Circular <input type="checkbox"/>	Rectangular <input type="checkbox"/>
Ángulo de fricción del macizo rocoso	ϕ = 17.35 °		
Cohesión del macizo rocoso	C = 13.73 kPa		
Peso Específico húmedo (1)	γ = 18.19 kN/m³		
Ancho de la cimentación	B = 2.00 m		
Largo de la cimentación	L = 2.00 m		
Relación	$L / B = 1.00$		
	Nivel freático	N.F. = 0.00 m	
	Profundidad de la cimentación	D.F. = 1.50 m	
	Excentricidad	e = 0.00	
	Factor de seguridad	F.S. = 3.00	

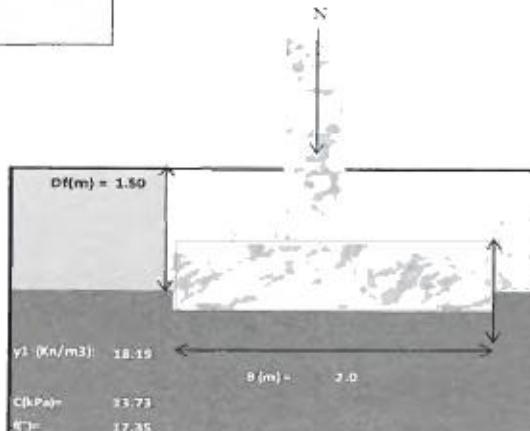
2.0 FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

Carga	Forma	Excentricidad
$N_f = 1.85$	$C_c = 1.25$	$B' = 2.00$
$N_c = 7.75$	$C_y = 0.65$	
$N_y = 3.29$		
$N_q = 3.42$		

3.0 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA

$$q_{ult} = 277.3 \text{ kPa} = 2.83 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 92.4 \text{ kPa} = 0.94 \text{ kg/cm}^2$$

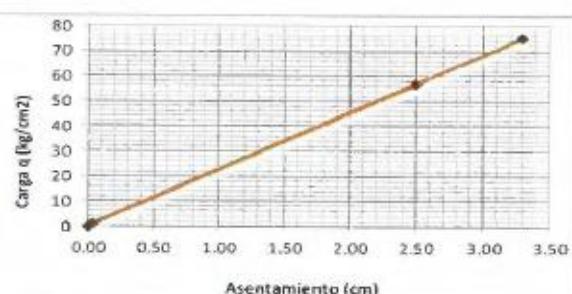


4.0 CÁLCULO DE ASENTAMIENTO

$$S_e = \frac{1.12 \cdot B \cdot q \cdot (1 - \nu_n^2)}{E_n} \times \sqrt{L/B}$$

Type	=	Cuadrada			
$\Delta q \text{ (kg/cm}^2)$	=	28.39	0.94	75.00	0.07
$B \text{ (cm)}$	=	200	200	200	200
$B \text{ (cm)}$	=	200	200	200	200
$Df \text{ (cm)}$	=	150	150	150	150
$E \text{ (kg/cm}^2)$	=	2344	2344	2344	2344
ν	=	0.28	0.28	0.28	0.28

$S_e \text{ (cm)}$	=	2.50	0.08	6.61	0.01
$S_e \text{ (mm)}$	=	25.00	0.83	66.05	0.07
$Q_{adm} = 92.45 \text{ kPa}$	\leftrightarrow	0.94	kg/cm^2		
$S_e = 0.083 \text{ cm}$					
$Q_{serv} = 7.36 \text{ kPa}$	\leftrightarrow	0.07	kg/cm^2		
$S_e = 0.007 \text{ cm}$					
$Q_{asent} = 2784.7 \text{ kPa}$	\leftrightarrow	26.4	kg/cm^2		
$S_e = 2.500 \text{ cm}$					



Anexo 5: Resultado obtenido del ensayo de corte directo de la calicata

