



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE
RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA
MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL
ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL
SOL, SAN JERONIMO, CUSCO**

Línea de investigación: Geotecnia

Presentado Por:

Bach. Dimas Rafael Gamarra Vivanco

Bach. Percy José Pumachapi Zarate

Presentado Por:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Mg. Eigner Román Villegas

CUSCO - PERÚ

2023



Metadatos

Datos del autor 1	
Nombres y apellidos	Dimas Rafael Gamarra Vivando
Numero de documento de identidad	71918253
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0008-5242-3861
Datos del autor 2	
Nombres y apellidos	Percy José Pumachapi Zarate
Numero de documento de identidad	70361666
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0007-6464-0268
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Eigner Román Villegas
Numero de documento de identidad	23928061
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0003-2401-707X
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Elvis Yuri Mamani Vargas
Numero de documento de identidad	41610570
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Heber Gutiérrez Vallejo
Numero de documento de identidad	23921471
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Julio Benjamín Deza Cavero
Numero de documento de identidad	23918608
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Herbert Jesús Zevallos Guzmán
Numero de documento de identidad	23893906
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Geotecnia



Digital Receipt

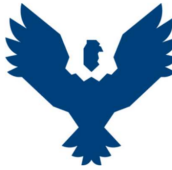
ERomán V

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANCO
Assignment title: TRIAXIAL MULTIETAPA
Submission title: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTEN...
File name: TESIS_Gamarra-Pumachapi_1.pdf
File size: 9.08M
Page count: 186
Word count: 58,668
Character count: 254,960
Submission date: 15-Mar-2024 07:55PM (UTC-0500)
Submission ID: 2202649124

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO

Línea de investigación: Geotecnia
Presentado Por:
Bach. Dimas Rafael Gamarra Vivanco
Bach. Percy José Pumachapi Zarate
Presentado Por:
Ingeniero Civil
Asesor:
Ing. Mg. Eigner Román Villegas

CUSCO - PERÚ
2023

ERomán V



ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN

Submission date: 15-Mar-2024 07:55PM (UTC-0500)

Submission ID: 2202649124 by DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANCO

File name: TESIS_Gamarra-Pumachapi_1.pdf (9.08M)

Word count: 58668

Character count: 254960



1

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE
RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA
MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL
ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL
SOL, SAN JERONIMO, CUSCO

Línea de investigación: Geotecnia

Presentado Por:

Bach. Dimas Rafael Gamarra Vivanco

Bach. Percy José Pumachapi Zarate

Presentado Por:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Mg. Eigner Román Villegas

CUSCO - PERÚ

2023



RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN

Episcopo V

ORIGINALITY REPORT

10%	10%	2%	5%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universidad Andina del Cusco Student Paper	2%
2	hdl.handle.net Internet Source	1%
3	repositorio.uandina.edu.pe Internet Source	1%
4	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Internet Source	1%
5	sites.google.com Internet Source	1%
6	es.slideshare.net Internet Source	<1%
7	vsip.info Internet Source	<1%
8	silo.tips Internet Source	<1%

idoc pub



Dedicatoria.

A mi abuela Angelica, que desde el cielo guía mis pasos.

A mi amado padre, Dimas, por inculcar en mí el valor de la educación y porque sin él nada de esto sería posible.

A mi amado madre, Elisa, por apoyarme incondicionalmente en todos mis proyectos y ser una guía en mi vida.

A mi hermana Patricia, quien es el mayor ejemplo a seguir para mí.

A mis hermanos pequeños, a quienes quiero con todo mi corazón.

Dimas Rafael Gamarra Vivanco



Dedicatoria.

A dios por darme salud a mi y a toda mi familia.

A mis padres, por motivarme durante mi formación profesional y su apoyo en cada momento de mi vida.

A mis hermanos, por el apoyo y motivación para la conclusión mi etapa universitaria.

A mi hijo Valentino que es mi mayor motivación e inspiración para continuar con mi vida personal y profesional.

Percy Jose Pumachapi Zarate



Agradecimientos.

A nuestros padres, por el apoyo incondicional y soporte en todos los campos de nuestras vidas para poder formarnos como personas y profesionales.

A nuestros hermanos, porque sé que podemos contar con ellos en cada momento de nuestros caminos.

A cada uno de los integrantes de nuestra familia, por estar con nosotros en el desarrollo de nuestras etapas estudiantiles y contribuir en nuestros desarrollos personales.

A nuestro asesor Ing. Eigner Román Villegas, por su apoyo, sabiduría y enseñanza en nuestra etapa universitaria y en el desarrollo de la presente investigación.

A los docentes, que nos brindaron sus conocimientos y fueron parte de nuestra formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco por poner a nuestro alcance todas las herramientas necesarias para un buen desarrollo estudiantil universitario.



Resumen.

La presente investigación “análisis comparativo de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de la técnica multietapa del ensayo de compresión triaxial y el ensayo normado en suelo cohesivo de la APV Villa el Sol, San Jerónimo, Cusco” proporciona una visión profunda y esencial de la mecánica de suelos, especialmente en lo que respecta a los ensayos triaxiales y su aplicación en suelos arcillosos. La mecánica de suelos es una rama crítica de la ingeniería civil y geotécnica que se enfoca en comprender el comportamiento de los suelos y su capacidad de soportar cargas. Los ensayos triaxiales son una parte fundamental de esta disciplina, ya que permiten medir las propiedades mecánicas de los suelos, como la resistencia al esfuerzo cortante y la cohesión.

Así mismo aborda conceptos clave de la mecánica de suelos. Introduce conceptos fundamentales como el círculo de Mohr y el criterio de falla Mohr-Coulomb, que son herramientas esenciales para comprender el comportamiento de los suelos bajo diferentes condiciones de esfuerzo. Además, se describen varios ensayos, incluyendo el ensayo de compresión simple y el ensayo de compresión triaxial, que se utilizan para determinar las propiedades mecánicas de los suelos.

La presente investigación también se enfoca en la evaluación de la resistencia de suelos arcillosos mediante ensayos de compresión triaxial multietapa. Estos ensayos son una herramienta valiosa para comprender el comportamiento de los suelos arcillosos en condiciones de esfuerzo específicas. La investigación tiene como objetivo analizar la diferencia de parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso obtenidos mediante un ensayo de compresión triaxial normado y el ensayo de compresión triaxial con la técnica multietapa en suelo arcilloso de la APV Villa el Sol del distrito de San Jerónimo en Cusco, tiene un enfoque cuantitativo y un nivel correlacional, las muestras utilizadas son muestras talladas de 70mm de diámetro y 140mm de altura obtenidas a partir de suelo inalterado extraído a -2.00 m respecto al suelo natural de la zona, obteniéndose ángulos de fricción mayores que oscilan entre el 32% y 35% respecto al ángulo de fricción obtenido a partir del ensayo normado y valores de cohesión mayores que oscilan entre el 5% y 10% respecto a la cohesión obtenido a partir del ensayo normado, concluyendo que la diferencia de valores obtenidos entre ambos métodos no es relevante puesto que en el caso de la cohesión el valor obtenido es menor comparado al de un ensayo normado, esto indicaría que el método provee valores más conservadores que pueden ser usados para el cálculo de diseño de cimentaciones.



Abstract.

The present investigation provides a deep and essential insight into soil mechanics, especially with regard to triaxial tests and their application in clay soils. Soil mechanics is a critical branch of civil and geotechnical engineering that focuses on understanding the behavior of soils and their ability to support loads. Triaxial tests are a fundamental part of this discipline, since they allow the mechanical properties of soils to be measured, such as resistance to shear stress and cohesion.

It also addresses key concepts of soil mechanics. Introduces fundamental concepts such as Mohr's circle and the Mohr-Coulomb failure criterion, which are essential tools for understanding the behavior of soils under different stress conditions. Additionally, several tests are described, including the simple compression test and the triaxial compression test, which are used to determine the mechanical properties of soils.

The present research also focuses on the evaluation of the resistance of clay soils through multistage triaxial compression tests. These tests are a valuable tool to understand the behavior of clay soils under specific stress conditions. Particular attention is paid to cohesion and the angle of internal friction, two critical properties of clay soils that influence their ability to carry loads. Testing procedures, necessary equipment, and interpretation of results are discussed.

In general, they are of great relevance for civil engineering and geotechnics. Understanding the mechanical properties of soils is essential for the design and construction of safe and durable structures, such as building foundations, dams, and roads. Triaxial tests, in particular, provide quantitative data that engineers use to make informed decisions on their projects.

In summary, this research provides an in-depth look at soil mechanics and triaxial testing, with a special focus on clay soils. They are valuable resources for students, professionals and researchers in the field of civil engineering and geotechnics, as they provide a solid foundation for understanding and evaluating the behavior of soils and, ultimately, ensuring the safety and stability of built structures. about them.



Introducción

En el entorno local el diseño eficiente de cimentaciones en infraestructuras requiere una comprensión precisa de la resistencia al corte del suelo, un parámetro fundamental que influye directamente en la estabilidad y seguridad de las estructuras. En este contexto, el ensayo de compresión triaxial emerge como una herramienta crucial para determinar estos parámetros, especialmente en suelos arcillosos.

El presente trabajo de investigación se enfoca en abordar el desafío que implica la limitada disponibilidad de máquinas de compresión triaxial en la ciudad de Cusco, así como los costos asociados a la ejecución de estos ensayos. La investigación propone la aplicación de una técnica innovadora denominada "multietapa" en el ensayo de compresión triaxial, con el objetivo de optimizar tiempos y recursos, sin comprometer la calidad de los resultados.

Se presta una atención particular a la cohesión y el ángulo de fricción interna, dos propiedades críticas de los suelos arcillosos que influyen en su capacidad de soportar cargas. Se discuten los procedimientos de ensayo, el equipo necesario y la interpretación de los resultados.

En general son de gran relevancia para la ingeniería civil y la geotecnia. Comprender las propiedades mecánicas de los suelos es esencial para el diseño y la construcción de estructuras seguras y duraderas, como cimientos de edificios, presas y carreteras. Los ensayos triaxiales, en particular, proporcionan datos cuantitativos que los ingenieros utilizan para tomar decisiones informadas en sus proyectos.

En resumen, esta investigación una visión en profundidad de la mecánica de suelos y los ensayos triaxiales, con un enfoque especial en suelos arcillosos. Son recursos valiosos para estudiantes, profesionales e investigadores en el campo de la ingeniería civil y la geotecnia, ya que proporcionan una base sólida para comprender y evaluar el comportamiento de los suelos y, en última instancia, garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras construidas sobre ellos.



Índice General

Metadatos	I
Dedicatoria	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Introducción	VII
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del problema	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	2
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general	2
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos.....	2
1.2. Justificación e importancia de la investigación	3
1.2.1 Justificación por relevancia	3
1.2.2 Justificación por viabilidad	3
1.2.3 Justificación técnica.....	3
1.2.4 Justificación social	3
1.3. Delimitación del estudio.....	4
1.3.1. Delimitación espacial.....	4
1.3.2. Delimitación temporal.....	6
1.4. Objetivos de la investigación.....	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	7
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de estudio	7
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	7
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Reseña histórica de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.....	9
2.2.2. Teoría general de esfuerzos.	10
2.2.2. Criterio de falla de los suelos no saturados.	15
2.2.3. Comportamiento no drenado de un suelo.....	16
2.2.4. Determinación de los parámetros de resistencia.	17
2.2.5. Equipo de compresión triaxial.....	23
2.2.6. Criterios de falla Mohr-Coulomb.....	26



2.2.7. Confiabilidad.....	27
2.2.7. Validez	27
2.2.8. Relación entre validez y confiabilidad	27
2.3 Hipótesis.....	28
2.3.1. Hipótesis general	28
2.3.2. Hipótesis específicas.....	28
2.4. Variables.....	29
2.4.1. Identificación de variables.....	29
2.4.2. Operacionalización de variables.....	30
3. CAPITULO III: MÉTODO.....	31
3.1. Metodología de la investigación	31
3.1.1 Enfoque de la investigación.....	31
3.1.2. Nivel de la investigación	31
3.2. Diseño de la investigación	31
3.2.1. Diseño metodológico	31
3.2.2. Diseño de ingeniería.....	32
3.3. Población y Muestra.....	32
3.3.1. Población	32
3.3.2 Muestra	33
3.3.2.1 Descripción y cuantificación de la muestra.....	33
3.3.2.2 Método de muestreo	33
3.3.2.3 Criterios de evaluación de muestra.....	33
3.3.2.4 Criterios de inclusión	34
3.4. Instrumentos	35
3.4.1. Instrumentos metodológicos	35
3.4.2. Instrumentos de ingeniería	40
3.5.1 Procedimiento realizado para recolección de datos.....	48
3.5.2 Toma de datos.....	76
3.5.3 Cálculos vinculados con la cuantificación de las variables.....	127
3.5.4 Cálculos vinculados con las pruebas de campo o laboratorio.....	135
4. CAPITULO IV: RESULTADOS	139
4.2 Resultados respecto al objetivo general	140
5. CAPITULO V: DISCUSIÓN	142
5.1 Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico.	142
5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.	142



5.3 Comentario de la demostración de la hipótesis.....	143
5.3.1 Comentario de la demostración de la hipótesis general.....	143
5.3.2. Comentario de la demostración de las hipótesis específicas.....	143
5.4 Aporte de la investigación.....	144
5.4.1. Futuras investigaciones.....	144
5.4.2. Aplicaciones practicas.....	144
5.4.3. Impacto a la comunidad.....	144
5.5.6. Beneficios empresariales.....	144
CONCLUSIONES.....	145
SUGERENCIAS.....	148
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	149
APÉNDICES.....	151
A. Matriz de consistencia.....	151
B. Matriz de instrumentos.....	152
C. Procedimientos de ejecución de ensayos de compresión triaxial.....	153
C.1. Ensayo de compresión triaxial normado (NTP 339.164).....	153
C.1.2. Preparación del espécimen.....	153
C.1.2.1 Descripción y dimensionamiento del espécimen.....	153
C.1.3. Procedimiento del ensayo de compresión triaxial normado.....	154
C.1.3.1. Montaje del espécimen:.....	154
C.1.3.2. Condiciones Iniciales:.....	154
C.1.3.3. Carga Axial:.....	155
C.1.3.4. Detención de ensayo.....	155
C.1.3.5. Descarga y desmontado del espécimen:.....	156
C.1.4. Análisis y Presentación de Resultados:.....	157
C.1.4.1. Determinación de parámetros de resistencia:.....	157
C.1.4.2. Elaboración de Curvas de Esfuerzo-Deformación:.....	157
C.1.4.3. Elaboración de los círculos de Mohr.....	157
C.2. Ensayo de compresión triaxial multietapa.....	157
C.2.1. Instrumentos de ingeniera usados para el ensayo de Ensayo de compresión triaxial.....	157
C.2.2. Preparación del espécimen.....	158
C.2.2.1. Descripción y dimensionamiento del espécimen.....	158
C.2.3. Procedimiento del ensayo de compresión triaxial multietapa.....	159
C.2.3.1. Montaje del espécimen:.....	159
C.2.3.2. Condiciones Iniciales:.....	159
C.2.3.3. Carga Axial:.....	160



C.2.3.4. Detención de ensayo.....	160
C.2.3.5. Descarga y desmontado del espécimen:.....	161
C.2.4. Análisis y Presentación de Resultados:	161
C.2.4.1. Determinación de parámetros de resistencia:.....	161
C.2.4.2. Elaboración de Curvas de Esfuerzo-Deformación:.....	161
C.2.4.3. Elaboración de los círculos de Mohr	162
D. LITOLOGIA Y MORFOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	162
D.1. Mapa litológico de la zona	162
D.2. Mapa morfológico de la zona	163
E. Artículos científicos de referencia.....	163
E.1. Artículo científico N° 01.....	163
E.2. Artículo científico N° 02.....	165
E.3. Artículo científico N° 03.....	166
F. Normas internacionales de referencia	167
F.1. Norma internacional N° 01.....	167
F.2. Norma internacional N° 02.....	168



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Resumen de la ubicación geográfica.</i>	6
Tabla 2. <i>Operacionalización de variables.</i>	30
Tabla 3. <i>Instrumento de recolección de datos para granulometría.</i>	35
Tabla 4. <i>Instrumento de recolección de datos para contenido de humedad.</i>	36
Tabla 5. <i>Instrumento de recolección de datos para límites de Atterberg.</i>	37
Tabla 6. <i>Instrumento de recolección de datos para gravedad específica.</i>	38
Tabla 7. <i>Instrumento de recolección de datos para ensayo de compresión triaxial.</i>	39
Tabla 8. <i>Resultados de análisis granulométrico.</i>	76
Tabla 9. <i>Resultados de contenido de humedad.</i>	77
Tabla 10. <i>Resultados de Límites de Atterberg.</i>	78
Tabla 11. <i>Resultados de gravedad específica.</i>	78
Tabla 12. <i>Resultados de Ensayo de compresión triaxial normado – Espécimen 01.</i>	80
Tabla 13. <i>Resultados de Ensayo de compresión triaxial normado – Espécimen 02.</i>	86
Tabla 14. <i>Resultados de Ensayo de compresión triaxial normado – Espécimen 03.</i>	91
Tabla 15. <i>Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 01.</i>	97
Tabla 16. <i>Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 02.</i>	103
Tabla 17. <i>Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 03.</i>	109
Tabla 18. <i>Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 04.</i>	115
Tabla 19. <i>Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 05.</i>	121
Tabla 20. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Espécimen 01.</i>	128
Tabla 21. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Espécimen 02.</i>	128
Tabla 22. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Espécimen 03.</i>	129
Tabla 23. <i>Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial normado.</i>	129
Tabla 24. <i>Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial normado.</i>	130
Tabla 25. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 01.</i>	130
Tabla 26. <i>Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 01.</i>	130
Tabla 27. <i>Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 01.</i>	131
Tabla 28. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 02.</i>	131
Tabla 29. <i>Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 02.</i>	131
Tabla 30. <i>Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 02.</i>	132
Tabla 31. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 03.</i>	132
Tabla 32. <i>Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 03.</i>	132
Tabla 33. <i>Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 03.</i>	133
Tabla 34. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 04.</i>	133
Tabla 35. <i>Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 04.</i>	133
Tabla 36. <i>Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 04.</i>	134
Tabla 37. <i>Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 05.</i>	134
Tabla 38. <i>Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 05.</i>	134
Tabla 39. <i>Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 05.</i>	135
Tabla 40. <i>Cálculos para determinación de curva granulométrica.</i>	135
Tabla 41. <i>Curva Granulométrica.</i>	135



Tabla 42. <i>Carta de plasticidad de Casagrande.</i>	136
Tabla 43. <i>Resultados análisis granulométrico y clasificación de suelos.</i>	136
Tabla 44. <i>Procedimiento de cálculo para obtención de contenido de humedad del suelo.</i>	136
Tabla 45. <i>Límites de consistencia.</i>	137
Tabla 46. <i>Resumen de resultados de ángulos de fricción.</i>	139
Tabla 47. <i>Resumen de resultados de cohesión.</i>	139
Tabla 48. <i>Resumen de resultados de ángulo de fricción.</i>	140
Tabla 49. <i>Resumen de resultados de ángulo de fricción.</i>	140
Tabla 50. <i>Cuadro comparativo de ángulos de fricción.</i>	140
Tabla 51. <i>Cuadro comparativo de cohesiones.</i>	141
Tabla 52. <i>Cuadro comparativo de ángulos de fricción.</i>	146
Tabla 53. <i>Cuadro comparativo de cohesiones.</i>	146



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. <i>Equipo de Ensayo de Compresión Triaxial de la Universidad Andina del Cusco.</i>	2
Figura 2. <i>Ubicación geográfica del departamento de Cusco.</i>	4
Figura 3. <i>Ubicación geográfica del distrito de San Jerónimo.</i>	5
Figura 4. <i>Vista Aérea de la APV Villa el Sol.</i>	5
Figura 5. <i>APV Villa El Sol</i>	6
Figura 6. <i>Esfuerzos en una masa de suelo R^3.</i>	10
Figura 7. <i>Esfuerzos en un plano.</i>	11
Figura 8. <i>Esfuerzos en un plano.</i>	12
Figura 9. <i>Componentes del círculo de Mohr.</i>	14
Figura 10. <i>Círculo de Mohr.</i>	15
Figura 11. <i>Círculos de Mohr de un suelo no saturado.</i>	16
Figura 12. <i>Aparato de veleta para determinar la resistencia al corte.</i>	17
Figura 13. <i>Distribución de esfuerzos en prueba de compresión simple.</i>	18
Figura 14. <i>Esquema de ensayo de corte directo.</i>	19
Figura 13. <i>Celda triaxial modificada para ensayo en suelos no saturados.</i>	24
Figura 13. <i>Diagrama esquemático de diseño de tablero de control de plomería para equipo triaxial.</i> 25	
Figura 15. <i>Envoltorio de falla de Mohr</i>	27
Figura 18. <i>Representación de la validez y confiabilidad.</i>	28
Figura 18. <i>Extracción de suelo u cuarteo de muestra.</i>	49
Figura 19. <i>Preparación de muestra y pesado.</i>	49
Figura 20. <i>Lavado de muestra para obtener 1000 gr.</i>	50
Figura 21. <i>Tamizado de muestra y obtención de pesos por tamiz.</i>	51
Figura 22. <i>Tamizado de muestra en la con la malla N° 40 y se humedece la muestra para la realización del ensayo.</i>	53
Figura 23. <i>Colocación de muestra, ranurado en cuchara de Casagrande y obtención de datos mediante golpes.</i>	54
Figura 24. <i>Obtención de muestra y colocado en taras.</i>	54
Figura 25. <i>Elaboración de barras cilíndricas para el límite plástico.</i>	55
Figura 26. <i>Barra cilíndrica con rajaduras y obtención de muestra para contenido de humedad.</i>	56
Figura 27. <i>Obtención de tres muestras representativas del suelo.</i>	57
Figura 28. <i>Pesado de taras y muestras de manera individual.</i>	58
Figura 29. <i>Etiquetado de muestra para introducción al horno industrial.</i>	58
Figura 30. <i>Colocado de muestra en horno industrial por 24 horas.</i>	59
Figura 31. <i>Pesado de muestra y tara posterior a su salida del horno industrial.</i>	60
Figura 32. <i>Obtención de muestra seca y tamizada de al menos 100 gr.</i>	61
Figura 33. <i>Pesado de picnómetro y pesado de picnómetro con agua.</i>	62
Figura 34. <i>Desairado de agua y obtención de su primera temperatura ambiente.</i>	63
Figura 35. <i>Usado de baño María y obtención de pesos de cada una de las temperaturas.</i>	64
Figura 36. <i>Muestras talladas y selladas al vacío y obtención de peso de muestra.</i>	65
Figura 37. <i>Panel de control para el desairado de agua filtrada y control de presiones.</i>	65
Figura 38. <i>Calibración de panel para llenado de celda A y celda B.</i>	66
Figura 39. <i>Preparación de muestra con membrana de protección y ligas superior e inferior.</i>	66
Figura 40. <i>Saturación de la celda con la muestra envuelta con la membrana y debidamente sellada.</i> 67	
Figura 41. <i>Introducción de datos en el software y ruptura de muestra por carga axial de la máquina de compresión triaxial.</i>	68
Figura 42. <i>Muestra desmontada y con falla frágil al corte.</i>	68



Figura 43. Muestras talladas y selladas al vacío y obtención de peso de muestra.	70
Figura 44. Desairado de agua filtrada y panel de control para llenada de celdas A y B.	71
Figura 45. Preparación de muestra con membrana triaxial y liga superior e inferior.	71
Figura 46. Saturación de celda con agua desairada y muestra cubierta con membrana.	72
Figura 47. Introducción de datos en la software y ruptura de muestra por carga axial de la máquina de compresión triaxial.	73
Figura 48. Muestra desmontada y con falla frágil al corte.	74
Figura 49. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Granulometría.	40
Figura 50. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Contenido de Humedad.	41
Figura 51. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Límite líquido y límite plástico.	42
Figura 52. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Gravedad específica de suelos.	44
Figura 52. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Ensayo de compresión triaxial.	45



1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Uno de los parámetros más importantes para el diseño de cimentaciones en distintos tipos de infraestructura es el de la resistencia al corte del suelo, la importancia de este parámetro del suelo puede definir el bienestar de la estructura a nivel de cimentación a partir del cálculo de la carga ultima del suelo, la determinación de estos parámetros de resistencia del suelo se realiza a través de tres ensayos normados, estos a su vez son los más utilizados en la actualidad, estos son el ensayo de compresión simple; ensayo de corte directo y el ensayo de compresión triaxial. cada uno de estos ensayos simula distintos requerimientos de confinamiento y drenaje en las muestras a ensayar, es por ello que cada ensayo es específico para un suelo con determinadas características granulométricas y de drenaje.

El ensayo de compresión triaxial es considerado el ensayo que mejor representa las condiciones del suelo in situ a través de la presión de confinamiento que aplica el equipo de compresión triaxial en todas las direcciones de la muestra, “La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo” (Valerio Salas, 2011, pág. 15). El mismo que posteriormente es utilizado en el diseño de cimentaciones de estructuras.

Debido al alto costo que implica la compra e implementación de una máquina de compresión triaxial el número de máquinas en la ciudad de Cusco es limitada, así también los costos de realizar un ensayo son altos comparados a los costos de ensayos de compresión simple o corte directo, la implementación de nuevos métodos de ensayo con la máquina de compresión triaxial puede reducir el tiempo y costo de estos ensayos, a su vez promoverá su inclusión en más estudios de mecánica de suelos en proyectos inmobiliarios en la ciudad de Cusco, de esta forma se podrá garantizar la construcción de estructuras más seguras, económicas y de calidad para la población.



Figura 1.

Equipo de Ensayo de Compresión Triaxial de la Universidad Andina del Cusco.



Nota: Equipo de compresión triaxial y sus componentes necesarios para la ejecución del ensayo y la recolección de datos.

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es la diferencia de los parámetros de resistencia estimados con la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico 1: ¿Cuál es la diferencia del ángulo de fricción interna del suelo estimados a partir de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?

Problema específico 2: ¿Cuál es la diferencia de la cohesión del suelo estimados a partir de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?

Problema específico 3: ¿Cuál es el nivel de validez y confiabilidad de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos partir de la técnica multietapa en el ensayo de



compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación por relevancia

El ensayo normado de compresión triaxial según NTP 339.164 exige la rotura de 03 muestras inalteradas, mientras que con la técnica multietapa se puede realizar con 01 muestra, demostrando que la investigación es conveniente para los estudios de mecánica de suelos, por el menor uso de recursos en su ejecución y porque propone la utilización de nuevas técnicas para la estimación de los parámetros de resistencia de un suelo.

1.2.2 Justificación por viabilidad

La investigación es viable económicamente puesto que se los ensayos de laboratorio serán ejecutados en el laboratorio de suelos de la Universidad Andina del Cusco, así mismo se cuenta con el permiso necesario para la extracción de muestras de la zona de estudio.

1.2.3 Justificación técnica

La presente investigación aplica un método alternativo denominado multietapa el cual cuenta con un número reducido o nulo de prácticas realizadas en nuestro entorno, a partir de la investigación se proponen aportes prácticos como los criterios a tomar en cuenta para el desarrollo del ensayo triaxial multietapa, así mismo se establecerá el nivel de confiabilidad de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial basado en el desarrollo teórico y práctico de la investigación desarrollada, a su vez se detalla el procedimiento adaptado al equipo de compresión triaxial de la Universidad Andina del Cusco.

1.2.4 Justificación social

En Cusco la limitada existencia de máquinas de ensayo triaxial y el tiempo de ejecución del ensayo motiva al uso del ensayo de corte directo en la mayoría de estudios de mecánica de suelos, el cual no brinda los parámetros de resistencia con la precisión de un ensayo de compresión triaxial, la investigación motivará la ejecución del ensayo triaxial cuando sea necesario y permitirá el diseño de obras civiles más seguras para la sociedad, para los laboratoristas esta investigación permitirá implementar la técnica multietapa en sus ensayos de compresión triaxial, la cual incidirá directamente en el uso de recursos para su ejecución lo que permitirá que mas usuarios puedan contar con este ensayo como parte de un estudio de mecánica de suelos para sus infraestructuras.



Debido a la inquietud planteada en los problemas formulados se decide desarrollar el enfoque teórico de la diferencia de resistencia estimada con dos diferentes técnicas del ensayo de compresión triaxial en su técnica convencional (NTP339.164 “Método de ensayo normado de compresión triaxial no consolidado - no drenado) y la técnica multietapa para suelos cohesivos, con la presente investigación al proponer un método alternativo se dan mayores luces y conceptos referentes al ensayo de compresión triaxial.

1.3. Delimitación del estudio

1.3.1. Delimitación espacial

El ámbito de investigación y toma de las muestras se hará del suelo arcilloso ubicado en la zona de la APV Villa el Sol, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco. Las muestras para la investigación serán extraídas de dicha zona teniendo que cumplir en su clasificación de suelos la categoría de arcillas, dichas muestras se tomarán de manera inalterada a través de los distintos métodos que la norma NTP 339.151 “Prácticas Normalizadas Para La Preservación Y Transporte De Muestras De Suelo” nos indica, posteriormente las muestras serán llevadas al laboratorio de Suelos de la Universidad Andina del Cusco para ser examinadas y ensayadas en la máquina de compresión triaxial.

El ámbito de investigación se ubica de la siguiente manera:

Figura 2.

Ubicación geográfica del departamento de Cusco.

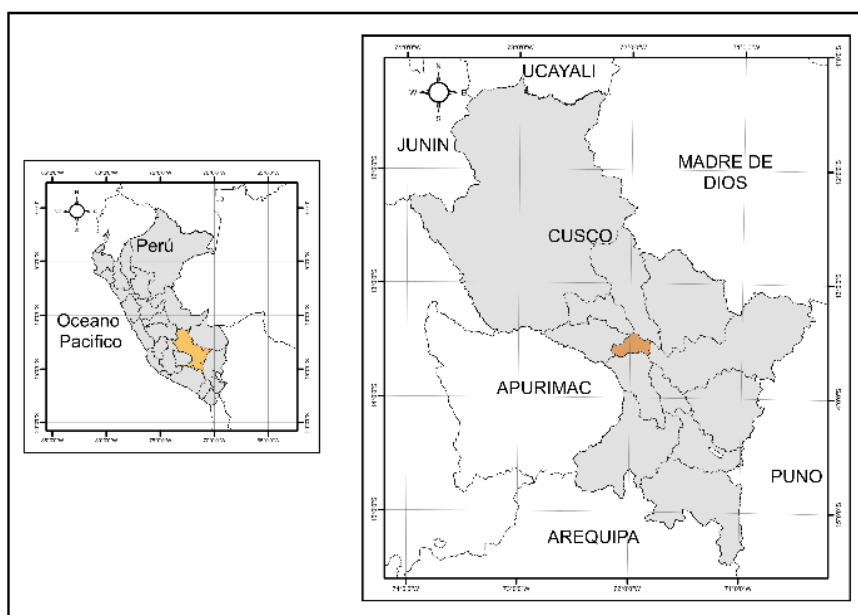




Figura 3.

Ubicación geográfica del distrito de San Jerónimo.



Figura 4.

Vista Aérea de la APV Villa el Sol.



Fuente: (GOOGLEMAPS).

Figura 5.

APV Villa El Sol



Tabla 1.

Resumen de la ubicación geográfica.

Zona de extracción de muestras en la APV Villa El Sol.

Ubicación Geográfica	
Departamento:	Cusco
Provincia:	Cusco
Distrito:	San Jerónimo
Urbanización:	APV Villa El Sol
Coordenadas	13°33'10.2"S 71°53'24.3"W

1.3.2. Delimitación temporal

La presente propuesta investigativa se propuso en el mes de diciembre del año 2022, y el desarrollo de la misma se lleva a cabo a partir del mes de febrero del año 2023 hasta agosto del año 2023, la presente propuesta se plantea de este modo debido a que en la zona donde se realizara el estudio, estos meses corresponden a la temporada de sequias lo que permite obtener especímenes adecuados para la investigación.



1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar la diferencia de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso obtenidos mediante un ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) y un ensayo de compresión de compresión triaxial multietapa para suelos arcillosos de la zona de la APV Villa el Sol.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico 1: Comparar el ángulo de fricción interna del suelo obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ángulo de fricción interna estimada mediante el ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.

Objetivo específico 2: Comparar la cohesión del suelo obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra la cohesión estimada en el ensayo triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.

Objetivo específico 3: Estimar el nivel de validez y confiabilidad de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos mediante el ensayo triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.

2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

En sus tesis de investigación “Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo de triaxial en un suelo arcilloso típico de la zona occidental de Bogotá” buscaron determinar la correlación de resultados de los parámetros de resistencia de un suelo en los ensayos de compresión triaxial CU y CD con el fin de estimar los mismos parámetros en el ensayo de corte directo en condiciones consolidadas y drenadas, dicha investigación con el fin de generar mayor confiabilidad de resultados en estudios de suelos. Así mismo los investigadores pretendieron correlacionar los ensayos de corte directo con el ensayo de compresión triaxial para eliminar la necesidad de ensayar la



muestra con ambos ensayos y poder brindar de mayor fiabilidad a los resultados de un ensayo de corte directo. (Cometa Trujillo & Mendez Bohorquez, 2016)

De acuerdo a sus resultados obtenidos, pudieron determinar que el grado de confiabilidad de la cohesión (C) obtenida a partir de un ensayo de corte directo CU en referencia a la cohesión (C) obtenida de un ensayo de compresión triaxial CU es del 84%. Del mismo modo se determinó el ángulo de fricción (ϕ) obtenido a partir de un ensayo de corte directo CU en referencia al ángulo de fricción (ϕ) obtenida de un ensayo de compresión triaxial CU es del 87%.

La investigación aporta resultados y mayor información referente al grado de confiabilidad de los ensayos normados para estimar los parámetros de resistencia de un suelo, así mismo pone en evidencia la necesidad de contar con ensayos equivalentes a un ensayo de compresión triaxial, en el artículo “Ensayos triaxiales para suelos” afirma que es uno de los métodos más confiables para la determinación de los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo. (Valerio Salas, 2011, pág. 3)

Según Umaña (2013) en su investigación ‘Implementación de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial’ buscaron implementar la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial motivado por la optimización de recursos de tales como el tiempo de utilización de máquinas, recursos humanos para la ejecución del ensayo y la extracción de las muestras, lo cual se puede traducir en la disminución del costo por ensayo de compresión triaxial. Del mismo modo en la investigación se procedió a implementar un procedimiento funcional de etapas múltiples de acuerdo al equipo.

Se logro establecer el criterio de falla adecuado para él un ensayo de compresión multietapa UU, determinándose que la muestra debe de alcanzar el esfuerzo desviador máximo en la etapa de ejecución. Las deformaciones de falla de un ensayo de compresión multietapa son ligeramente mayores a las obtenidas a las de un ensayo normado.

En esta investigación brinda gran aporte en el ámbito de la aplicación de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial dado que no se cuentan con investigaciones referentes en el ámbito hispanohablante.



2.2. Bases teóricas

2.2.1. Reseña histórica de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

Juárez Badillo & Rico Rodriguez (1973) mencionan “En el año 1776 la primera idea del físico e ingeniero C.A. Coulomb fue atribuir la fricción entre partículas del suelo a la resistencia al corte del mismo, Así mismo Coulomb admite que los suelos fallan principalmente por esfuerzo cortante a lo largo de planos de deslizamiento, y que este mecanismo de fricción en un plano rige la resistencia al esfuerzo de ciertos tipos de suelo” (pág. 374).

Definiendo la variable s en la ecuación (1), que indica que la falla se produce cuando el esfuerzo cortante actuante sobre el suelo, τ , alcanza un valor s .

$$s = \sigma \tan\phi \quad (1)$$

La constante de proporcionalidad entre los valores s y σ , es el valor $\tan\phi$, la cual Coulomb llamo como “ángulo de fricción interna” y define como una constante del material.

(Juárez Badillo & Rico Rodriguez, 1973, pág. 374) también indican que Coulomb pudo observar que la arena de playa podía ser deslizada entre los dedos, por ello se podía afirmar que ese suelo para $\sigma=0$ presentaba un valor $s=0$, también pudo observar en un material de arcilla no se podía deslizar entre los dedos, de modo que ese material exhibe resistencia al esfuerzo cortante aun en condiciones en que el esfuerzo normal exterior es nulo, a estos materiales Coulomb les asigno arbitrariamente otra fuente de resistencia al corte a la cual llamo “cohesión”, también afirmo que en las arcillas la resistencia parecía ser independiente a cualquier presión normal exterior, indicando que en ellos no existía Angulo de fricción. Definiendo la ley de resistencia de suelos con la siguiente expresión:

$$s = c \quad (2)$$

Según Coulomb, establece que los suelos presentan características mixtas, es decir que pueden presentar cohesión y fricción interna, por este motivo establece la ley de Coulomb, que se escribe:

$$s = c + \sigma \tan\phi \quad (3)$$

Terzaghi en 1920, establece que la presión normal total debería de sustituirse por la presión intergranular, de modo que la presión efectiva no es la total, sino la intergranular o efectiva, modificándose así la ecuación (3) para tomar la siguiente forma:

$$s = f(w) + (\sigma - u_n) \tan \phi \quad (4)$$

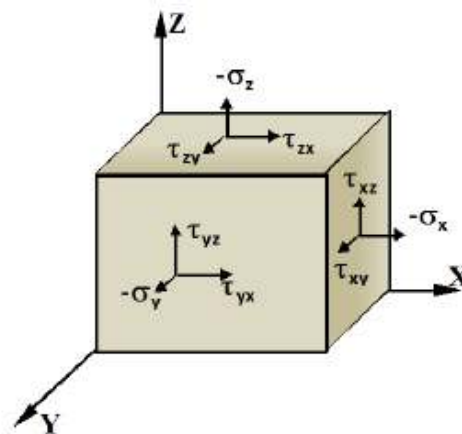
2.2.2. Teoría general de esfuerzos.

2.2.2.1 Esfuerzos normales y tangenciales.

Se representan “los esfuerzos reales sobre una masa en R^3 de suelo in situ” (Duque Escobar, 2016, pág. 197) en la Figura 6.

Figura 6.

Esfuerzos en una masa de suelo R^3 .



Nota. La figura representa la distribución de esfuerzos en las 03 direcciones de una masa de suelo. Tomado de *Duque Escobar, G. a. (2016). Geomecánica. Manizales, Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.*

Donde:

σ = Esfuerzo normal sobre la masa de suelo.

τ = Esfuerzo cortante en la superficie de la masa de suelo.

$\sigma > 0$ = Compresión; $\sigma < 0$ = Tracción

τ_{zx} = Cortante en la dirección X, sobre el plano Z (el plano Z es el plano X–Y).

σ_z = Esfuerzo normal y en la dirección Z.

El estado de esfuerzos en el campo tridimensional puede ser representado por el siguiente tensor de esfuerzos.



$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix} = \sigma ; \text{Tensor de esfuerzo en } R^3 \quad (5)$$

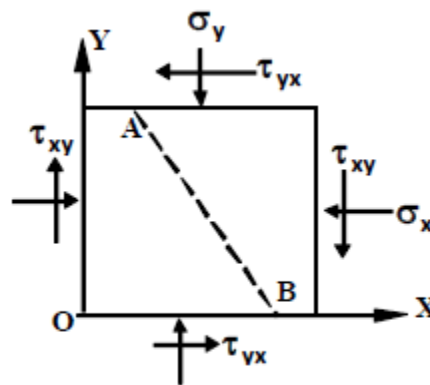
Analizando el cubo de la Figura 6 sobre el eje Z, se obtiene el diagrama representado en la figura 7, del cual toman momentos (esfuerzo, por área, por distancia) respecto al punto O se tiene la siguiente expresión:

$$[\tau_{xy} * a^2 * a/2] - [\tau_{yx} * a^2 * a/2] = 0$$

Entonces: $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ (6)

Figura 7.

Esfuerzos en un plano.



Nota. La figura representa la distribución de esfuerzos tangenciales en un plano de 02 direcciones de suelo. Tomado de *Duque Escobar, G. a. (2016). Geomecánica. Manizales, Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.*

De tal forma se puede representar el estado de esfuerzos en un campo bidimensional, representado en la figura 7, en el siguiente tensor de esfuerzos:

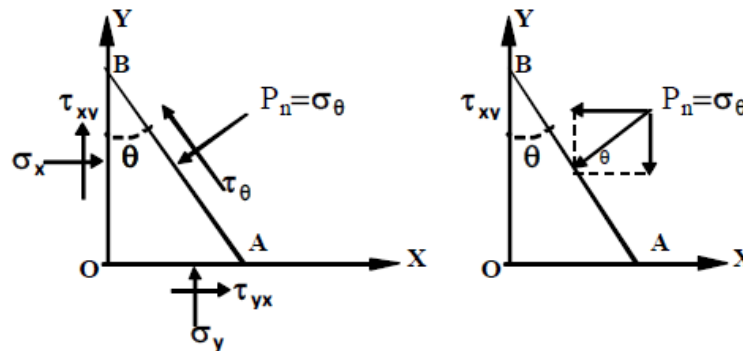
$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{bmatrix} = \sigma ; \text{Tensor de esfuerzo en } R^2 \quad (7)$$

2.2.2.2. Esfuerzos en un plano.

Se representan “los esfuerzos sobre el plano de falla” (Duque Escobar, 2016, pág. 197) en la figura 8.

Figura 8.

Esfuerzos en un plano.



Nota. La figura representa la distribución de esfuerzos tangenciales en el plano de falla del suelo. Tomado de *Duque Escobar, G. a. (2016). Geomecánica. Manizales, Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.*

Conociendo el tensor de esfuerzos en R^2 , se pueden deducir fórmulas para calcular σ_θ y τ_θ , siendo θ el ángulo del plano con el eje y' , o también llamado plano de falla, en este plano es donde se produce la cizalladura.

La matriz de cosenos directores en R^2 es la del coseno del ángulo $(\sigma_\theta, \tau_\theta)$ con (X, Y) :

$$T_\theta = \begin{bmatrix} \cos x'x & \cos x'y \\ \cos y'x & \cos y'y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos(90^\circ - \theta) \\ \cos(90^\circ + \theta) & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$T_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & \text{sen}\theta \\ -\text{sen}\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (8)$$

Considerando el equilibrio estático, la $\Sigma F = 0$;

$$AB Px = OB\sigma_x + OA\tau_{xy}; \quad ABPy = OA\sigma_x + OB\tau_{xy} \quad (9)$$

$$\text{Pero:} \quad OA = AB\text{sen}\theta; \quad OB = AB\cos\theta \quad (10)$$

Reemplazando (10) en (9) y se cancelando AB

$$Px = Tx\cos\theta + \tau_{xy}\text{sen}\theta \quad Py = \sigma_y\cos\theta + \tau_{xy}\text{sen}\theta \quad (11)$$

$$\text{Pero:} \quad \sigma_n = Px\cos\theta + Py\text{sen}\theta \quad \tau_n = Py\cos\theta + Px\text{sen}\theta \quad (12)$$

Reemplazando: (11) en (12), considerando (6) y aplicando la identidad de la fórmula (20):



$\sigma\theta = \sigma_x \cos^2\theta + 2\tau_{xy} \sin\theta \cos\theta + \sigma_y \sin^2\theta$; Que se transforma en la siguiente ecuación:

$$\sigma\theta = \frac{(\sigma_x + \sigma_y)}{2} + \frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \quad (13)$$

$$\tau\theta = \tau_{xy} (\cos^2\theta - \sin^2\theta) - (\sigma_x - \sigma_y) \sin\theta \cos\theta$$

$$\tau\theta = \tau_{xy} \cos 2\theta - \frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2} \sin 2\theta \quad (14)$$

$$\text{Además, } \text{Tg} 2\theta = \frac{-2\tau_{xy}}{(\sigma_x - \sigma_y)} \quad (15)$$

Por convención, los esfuerzos principales son $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$. En \mathbb{R}^2 $\sigma_1 \geq \sigma_2$.

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} * (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2]^{1/2} \quad (16)$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{2} * (\sigma_x + \sigma_y) - \frac{1}{2} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2]^{1/2} \quad (17)$$

Por conveniencia el análisis de los ejes X e Y serán en la dirección de σ_1, σ_2 , entonces de (5) y $\tau_{xy} = 0$:

$$\sigma\theta = \frac{1}{2} * (\sigma_1 + \sigma_2) + \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\theta \quad (18)$$

$$\tau\theta = -\frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\theta \quad (19)$$

Ecuaciones (13), (14), (16), (17), (18), (19) son denominadas ‘Ecuaciones Paramétricas’

	$\cos 2\theta = \cos^2\theta - \sin^2\theta$	$\sin 2\theta = 2\sin\theta \cos\theta$	
IDENTIDAD			(20)
	$\cos^2\theta = \frac{1}{2} (1 + \cos\theta)$	$\sin^2\theta = \frac{1}{2} (1 - \cos\theta)$	

2.2.2.2.1. Plano de esfuerzo máximo de cizalladura.

Se encuentra en la ecuación (15); en ella $\tau\theta$ es máximo cuando $2\theta = 1 \rightarrow \theta = 45^\circ$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad \text{y} \quad \theta = 45^\circ \quad (21)$$

2.2.2.2.2. Esfuerzo hidrostático.

Según Marisela Arellano en el volumen 3 de la revista Iberoamericana de Polímeros, el esfuerzo hidrostático es ‘Un sistema de esfuerzos en el que las tres componentes normales son iguales. También denominado esfuerzo hidrostático’.

Cuando $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ (en R^3) y no existe cortante en el material ($\tau_{xy} = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$). En este caso sólo existe cambio de volumen, elástico o permanente. (Umaña, 2013)

2.2.2.2.3. Esfuerzo desviador.

Según Duque Escobar (2016) ‘Sobre el esfuerzo hidrostático que puede ejercerse en el material, adicionalmente puede darse un esfuerzo adicional normal y en una dirección, llamado esfuerzo desviador σ' , que para es distinto para cada dirección, como se muestra.’ (pág. 200)

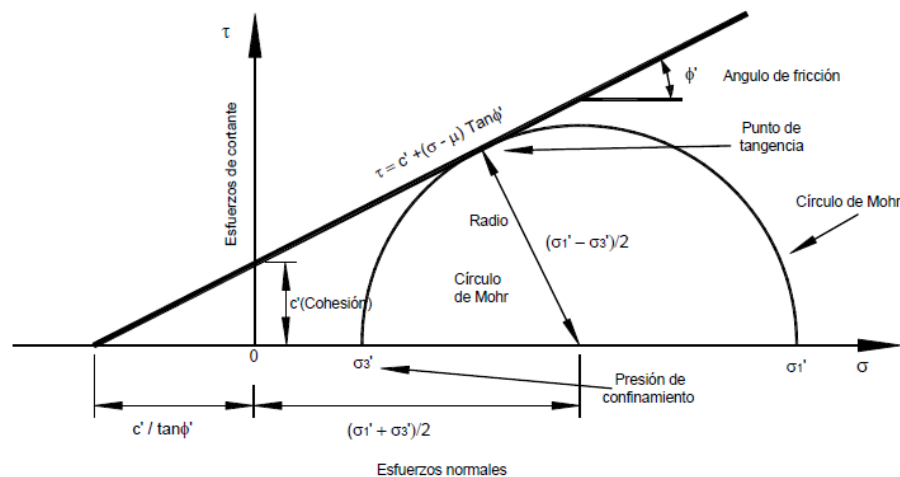
$$\begin{cases} \sigma'_1 = \frac{(2\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3)}{3} \\ \sigma'_2 = \frac{(2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3)}{3} \\ \sigma'_3 = \frac{(2\sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_2)}{3} \end{cases} \quad (22)$$

2.2.2.2.4. Círculo de Mohr.

‘El diagrama de Mohr es el método más común para representar los resultados de los ensayos de corte en los suelos. El círculo de Mohr representa un ensayo triaxial y la envolvente de los círculos de Mohr representa el estado de los esfuerzos en el momento de una falla al cortante’ (Suarez Díaz, 2009, pág. 75).

Figura 9.

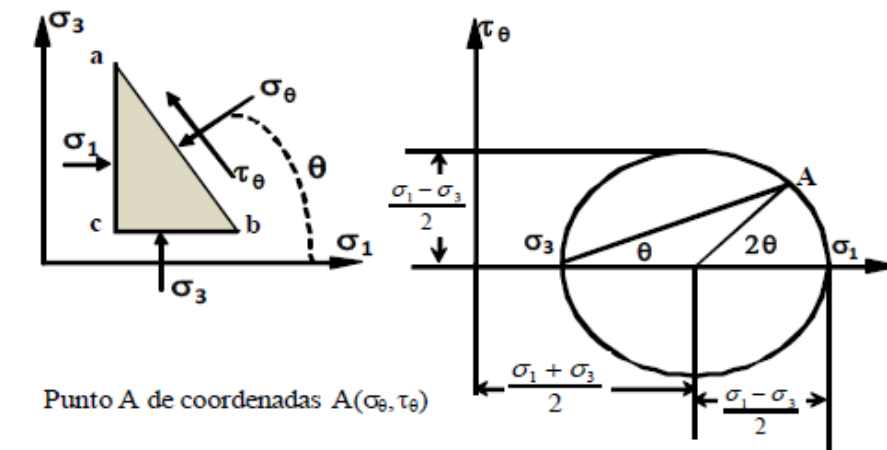
Componentes del círculo de Mohr.



Nota. La figura representa los componentes del círculo de Mohr de manera detallada. Tomado Suarez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico (Vol. Primero)*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Figura 10.

Círculo de Mohr.



Nota. La figura representa el círculo de Mohr respecto al plano de falla de un suelo en un plano R^2 . Tomado de Duque Escobar, G. a. (2016). *Geomecánica. Manizales, Manizales*, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Dada la magnitud y dirección y dirección de σ_1 y σ_3 se pueden calcular nos esfuerzos normales σ_θ y tangenciales τ_θ , en cualquier plano con dirección θ medida en sentido retrogrado a partir de σ_θ , así:

$$\sigma_\theta = \sigma_1 \cos^2 \theta + \sigma_3 \sin^2 \theta = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta \quad (23)$$

$$\tau_\theta = (\sigma_1 - \sigma_3) \sin \theta \cos \theta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta \quad (24)$$

2.2.2. Criterio de falla de los suelos no saturados.

“Cuando el grado de saturación es mayor del 85%, se puede utilizar la ecuación de Coulomb para suelos saturados. Sin embargo, para suelos con saturación menor del 85%, se deben aplicar los principios de la mecánica de suelos no saturados”. (Fredlund, Morgenstern, & Widger, 1978), así mismo para caso de suelos no saturados, la ecuación de Coulomb se expresa de la siguiente forma

$$\tau = c' + (\sigma_n - \sigma_a) \tan \varphi + (u_a - u_w) \tan \varphi^b \quad (25)$$

Donde:

σ_n = esfuerzo normal total

u_a = Presión en el aire de los poros

u_w = presión en el agua de los poros, la cual comúnmente es negativa.

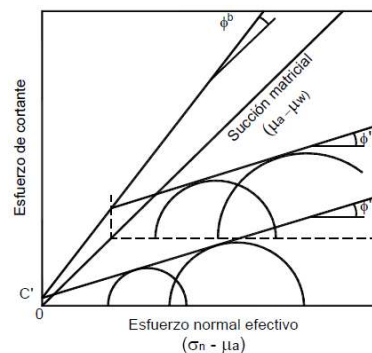
φ^b = ángulo de fricción igual a la pendiente de la curva de succión matricial ($u_a - u_w$) contra resistencia al cortante τ cuando ($\sigma_n - u_a$) se mantiene constante.

“El ángulo de fricción efectiva φ' permanece igual para todos los valores de succión. φ^b Es generalmente igual o menor que φ' y se puede obtener en ensayos triaxiales o de corte directo no saturados”. (Huat, Ali, & Abdullah, 2005)

El término ($u_a - u_w$) es la succión matricial y en la mayoría de las situaciones prácticas, la presión en el aire puede asumirse igual a cero (presión atmosférica).

Figura 11.

Círculos de Mohr de un suelo no saturado.



Nota. La figura representa el círculo de Mohr y las líneas de envolvente de falla de un suelo no saturado. Tomado de *Duque Escobar, G. a. (2016). Geomecánica. Manizales, Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.*

2.2.3. Comportamiento no drenado de un suelo

SÁEZ (2010) Define que el suelo tiene un comportamiento no drenado cuando la aplicación de la carga es rápida respecto a la distancia de drenaje y la permeabilidad del suelo. En este caso existe un aumento de presión de poro la cual no se disipa por completo durante el tiempo de aplicación de carga. En laboratorio esta condición se simula impidiendo el flujo de agua al exterior de la muestra durante la ejecución del ensayo. (pág. 95)

2.2.4. Determinación de los parámetros de resistencia.

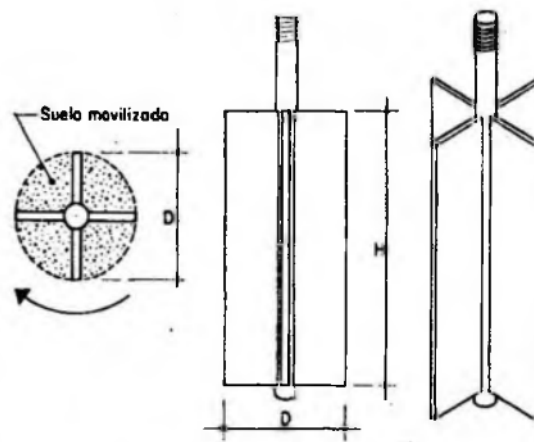
2.2.4.1. Ensayos de determinación de parámetros de resistencia.

a) Ensayo de veleta in situ

Juárez Badillo & Rico Rodriguez (1973) “Expresan que es una prueba para determinar la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, presenta una ventaja considerable debido a que se puede realizar en el suelo que no presente ninguna alteración, a pesar de ello al hincarse la veleta en el suelo estudiado esta ejerce una influencia negativa. El aparato consta de un vástago desmontable, que en la parte inferior se liga a una veleta de cuatro aspas ligadas a un eje que corresponden a una prolongación del vástago. Para efectuar la prueba se hinca el vástago en el estrato estudiado para posteriormente aplicar un momento en la parte superior del vástago hasta inducir a la falla del suelo, todo el proceso de aplicación del momento se realiza con un aparato de medición que permite saber al operador cuando el suelo falla”. (pág. 380)

Figura 12.

Aparato de veleta para determinar la resistencia al corte.



Nota. La figura representa la veleta del ensayo in situ para la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante. Tomado de (Juárez Badillo & Rico Rodriguez, 1973) *Fundamentos de la mecánica de suelos, Segunda edición.*

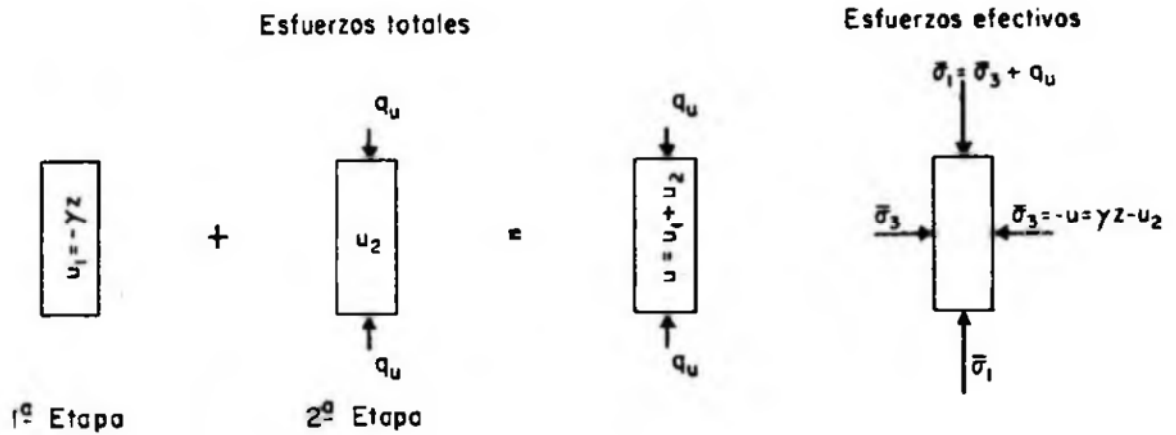
b) Ensayo de compresión simple

Al respecto Juárez Badillo & Rico Rodriguez (1973) indican que es una prueba en la que se aplica un esfuerzo axial a un espécimen, sin la aplicación de presión hidrostática, en esta prueba solo existe la etapa de carga, la que se encarga de conducir al suelo a la falla, se considera como primera etapa cuando los esfuerzos totales son

nulos y el agua del suelo comunica a la estructura sólida para que la muestra mantenga su volumen, posteriormente la segunda etapa es cuando se aplica la carga y la muestra se lleva a la falla a través del esfuerzo axial. (pág. 414)

Figura 13.

Distribución de esfuerzos en prueba de compresión simple.



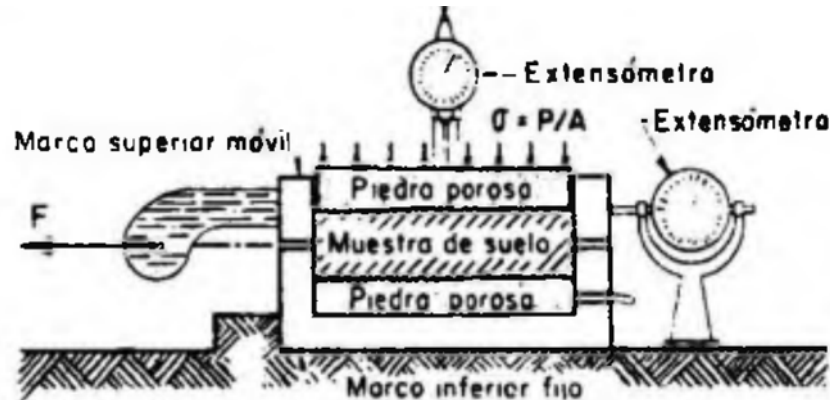
Nota. La figura representa distribución de esfuerzos totales y efectivos en la prueba de compresión simple. Tomado de (Juárez Badillo & Rico Rodriguez, 1973) *Fundamentos de la mecánica de suelos, Segunda edición.*

c) Ensayo de corte directo

Sobre el ensayo de corte directo Juárez Badillo & Rico Rodriguez (1973) indican que durante muchos años, prácticamente esta prueba fue la única usada para la determinación de la resistencia de los suelos. El aparato consta de un marco fijo y un marco móvil que contienen a la muestra, así mismo están dotadas de piedras porosas que dotan de drenaje libre a las muestras saturadas, la parte móvil cuenta con un aditamento al cual se le puede aplicar una fuerza rasante que provoca la falla del espécimen a lo largo de un plano, sobre la cara superior se aplican cargas que proporcionan presión normal en el plano de falla, los resultados de la prueba se calculan los valores de relación τ/σ que corresponden a las deformación sobre el plano de falla. (pág. 389)

Figura 14.

Esquema de ensayo de corte directo.



Nota. La figura representa el esquema del aparato para la determinación del esfuerzo cortante mediante la prueba de corte directo. Tomado de (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1973) *Fundamentos de la mecánica de suelos, Segunda edición.*

d) Ensayo de compresión triaxial

Se define que esta prueba “es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante”. (Valerio Salas, 2011, pág. 16)

En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. La parte superior e inferior de la muestra tiene discos porosos, los cuales se conectan al sistema de drenaje para saturar o drenar el espécimen. En estas pruebas se pueden variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre el espécimen de suelo, efectuando mediciones sobre sus características mecánicas en forma completa. Los especímenes usualmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, generalmente agua.

El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión deseada por la acción de un compresor comunicado con ella. La carga axial se transmite al espécimen por medio de un vástago que atraviesa la parte superior de la cámara.

La presión que se ejerce con el agua que llena la cámara es hidrostática y produce, por lo tanto, esfuerzos principales sobre el espécimen, iguales en todas las direcciones, tanto lateral como axialmente. En las bases del espécimen actuará además de la presión del agua, el efecto transmitido por el vástago de la cámara desde el exterior.



Es usual llamar σ_1 , σ_2 y σ_3 a los esfuerzos principales mayor, intermedio y mínimo, respectivamente. En una prueba de compresión, la presión axial siempre es el esfuerzo principal mayor, σ_1 ; los esfuerzos intermedios y menor son iguales ($\sigma_2 = \sigma_3$) y son iguales a la presión lateral.

De este ensayo existen los siguientes tipos de pruebas:

- Prueba lenta - Prueba con consolidación y con drenaje (CD)

La característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos.

Primeramente, se aplica al suelo una presión hidrostática, manteniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya consolidación completa bajo la presión actuante.

Cuando el equilibrio estático interno se haya restablecido, todas las fuerzas exteriores estarán actuando sobre la fase sólida del suelo, es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática. La muestra se lleva a la falla a continuación aplicando la carga axial en pequeños incrementos, cada uno de los cuales se mantiene el tiempo necesario para que la presión en el agua, en exceso de la hidrostática, se reduzca a cero.

Los ensayos consolidados drenados se utilizan esencialmente en suelos granulares (arenas), sin embargo, se puede aplicar en suelos finos, pero los ensayos requieren tiempos prolongados del orden de semanas.

- Prueba rápida - Prueba con consolidación y sin drenaje (CU)

En este tipo de prueba, el espécimen se consolida primeramente bajo la presión hidrostática; así el esfuerzo llega a ser efectivo, actuando sobre la fase sólida del suelo.

En seguida, la muestra se lleva a la falla por un rápido incremento de la carga axial, de manera que no se permita cambio de volumen. El hecho esencial de este tipo de prueba es el no permitir ninguna consolidación adicional durante el periodo de falla, de aplicación de la carga axial. Esto se logra fácilmente en una cámara de compresión triaxial cerrando la válvula de salida de las piedras porosas a la bureta.

En la segunda etapa de una prueba rápida consolidada podría pensarse que todo el esfuerzo desviador fuera tomado por el agua de los vacíos del suelo en forma de presión



neutral, ello no ocurre así y se sabe que parte de esa presión axial es tomada por la fase sólida del suelo, sin que, hasta la fecha, se hayan dilucidado por completo ni la distribución de esfuerzos, ni las razones que lo gobiernan.

El ensayo CU (consolidado-no drenado) se realiza generalmente con medición de la presión de poros o neutra con el fin de determinar los parámetros de “C” y “ ϕ ” en términos de esfuerzos totales y esfuerzos efectivos.

- Prueba lenta - Prueba sin consolidación y sin drenaje (UU)

En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar, se aplica al espécimen una presión hidrostática y de inmediato, se falla el suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien.

El ensayo UU es usualmente llevado a cabo sobre especímenes de arcilla, enmarcando la realización del ensayo dentro del concepto de resistencia para suelos cohesivos saturados, en donde se expresan los resultados en términos de esfuerzos totales. La envolvente de falla para los criterios de Mohr del esfuerzo total se convierte en una línea horizontal, con una condición de $\phi = 0^\circ$ (ángulo de fricción) y $\tau_f = C_u$, siendo C_u la resistencia al cortante no drenada, la cual es igual al radio de los círculos de Mohr.

Juárez Badillo & Rico Rodriguez (1973), afirma que “las pruebas de compresión triaxial son mucho más refinadas que las de corte directo. Son pruebas en las que se puede variar a voluntad las presiones actuantes en las tres direcciones actuantes sobre el espécimen de suelo (pág. 383). Los especímenes son usualmente cilíndricos protegidos con una membrana impermeabilizante y están sujetos a presiones laterales de un líquido que puede ser agua, el espécimen se coloca dentro de una cámara cilíndrica y hermética de lucita, con bases metálicas, en las bases se colocan piedras porosas cuyas comunicaciones con una bureta exterior puede establecerse a voluntad con segmentos de tubo plástico. El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión gracias a un compresor comunicado a la misma. La carga axial se transmite al espécimen por medio de un vástago que atraviesa la base superior de la cámara.

La presión que ejerce con el agua que llena la cámara es solo normal, por ser hidrostática y produce, por lo tanto, esfuerzos principales sobre el espécimen (σ_3). Se vio que la resistencia al esfuerzo cortante, sobre todo en los suelos cohesivos, es variable y depende



de diversos factores circunstanciales. Al tratar de producir en el laboratorio las condiciones a que el suelo estará sujeto en la obra de que se trate, será necesario tomar en cuenta cada uno de esos factores, tratando de reproducir las condiciones en cada caso. Por ello no es posible pensar en una prueba única que refleje todas las posibilidades de la naturaleza. En tal caso debería de montarse una prueba especial para cada caso que represente fielmente cada caso; sin embargo, esto no es práctico, dado el funcionamiento de un laboratorio común. Lo que se hizo fue representar las circunstancias más típicas e influyentes en algunas pruebas estandarizadas. Estas pruebas se refieren a comportamientos y circunstancias extremas; sus resultados han de adaptarse al caso real, generalmente intermedio, interpretándolos con un criterio sano y siempre teniendo presente las normas de la experiencia.

2.2.4.2. Método de compresión triaxial UU (Norma NTP 339.169)

- a) Consideraciones sobre los resultados de las pruebas triaxiales en suelos “cohesivos” no saturados.

Juárez Badillo & Rico Rodríguez (1973) Indica que “en suelos que tienen saturación total, las envolventes de falla suelen tener variaciones debido a la cantidad de gases en la muestra, es decir del grado de saturación. En estos casos aun la prueba rápida muestra incremento de resistencia al aumentar la presión de cámara a que se efectuó durante la prueba, pues cuando no se permite el drenaje, la muestra se consolida y los esfuerzos efectivos aumentan por compresión de la fase gaseosa”. (pág. 387).

El incremento de resistencia en prueba rápida tiene como límite el valor de σ_3 en que el aire se comprime tanto que entra en solución con el agua, desapareciendo la fase gaseosa, en lo que se refiere a efectos mecánicos. De ahí en adelante el suelo se comporta como una muestra completamente saturada.

2.2.4.3. Ensayo triaxial de etapas múltiples.

“Desde los años 60 Kenney y Watson (1961), Lumb (1964) y Parry (1964) empezaron a investigar la posibilidad de ejecutar el ensayo de compresión triaxial en una única muestra con 03 presiones laterales ascendentes diferentes” (CALDERÓN MONTIEL, 1999, pág. 7). Para proceder con la ejecución del mencionado ensayo, se introduce la muestra en la celda al cual se le aplica la primera presión de confinamiento y se le hace fallar incrementando la carga axial una vez llegado a un punto de falla inmediatamente se incrementa la presión lateral y se lleva al fallo nuevamente a la



muestra, una vez logrado ello, se incrementa la presión lateral por segunda vez y se lleva al fallo a la muestra por tercera vez. Se esta forma se puede obtener los 03 círculos de Mohr para la definición de la envolvente de falla.

La creación de este método se debe a que la ejecución del ensayo de compresión triaxial presenta ciertos inconvenientes, uno de ellos es que debido al tipo de depósito del que provenga el suelo este puede contar con uniformidad en sentido horizontal, sus propiedades pueden variar en sentido vertical. Este fenómeno se puede ver en suelos fluvial, lacustres y aluviales, que muestran una estratificación muy fina o laminada. Otro inconveniente es que en algunos casos al tomar muestras se tiene poca recuperación y el largo de la muestra no es suficiente para tener las 03 muestras axiales,

Debido al menor uso de recursos para la ejecución de este ensayo, tanto como tiempo y uso de recursos económicos al momento de extraer, preparar y ensayar las muestras.

2.2.5. Equipo de compresión triaxial.

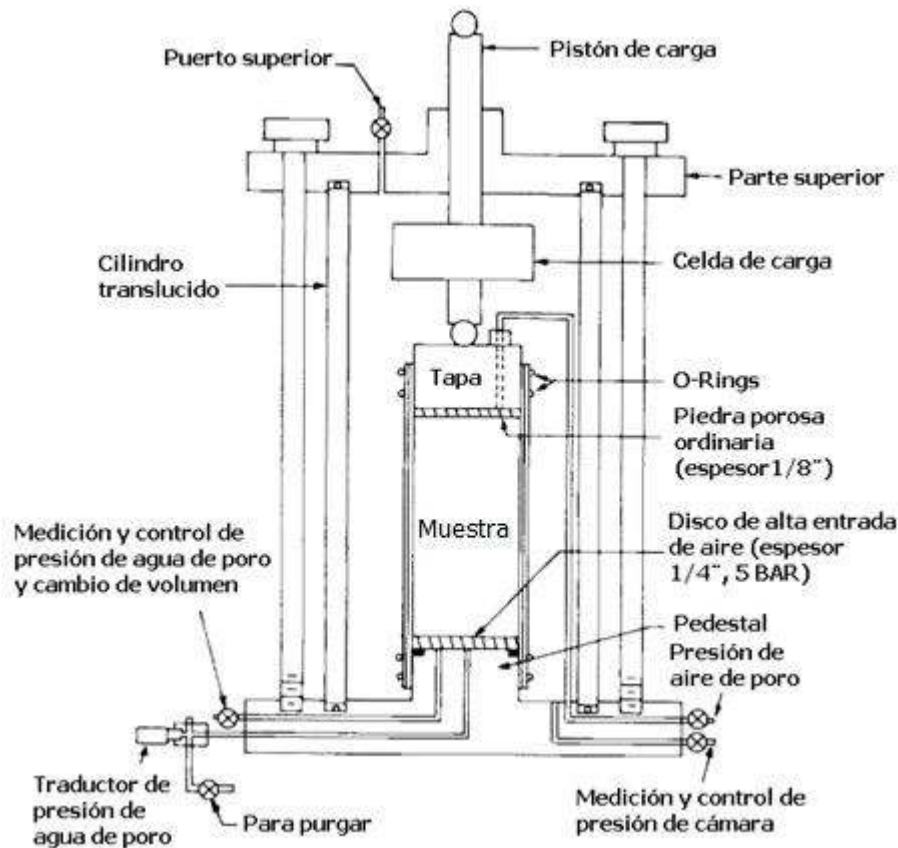
El procedimiento de ensayo requiere un equipo triaxial con unas pocas modificaciones, se esquematiza el panel de control de la plomería del equipo triaxial. Seguidamente se proporciona mayor información de cada uno de los sistemas.

a) Equipo de presión de agua de poro.

Son necesarios medios para medir o controlar las presiones de poros de aire y agua de poro cuando se ensayan suelos no saturados. Un disco cerámico poroso que permite el paso de agua, pero impide el flujo de aire libre se sella sobre el pedestal de base (Disco de alta entrada de aire, Figura 9) de cada celda triaxial. El disco tiene poros pequeños para permitir el paso lento de agua, pero resistir el flujo de aire. Tal disco colocado debajo del suelo sirve para separar las presiones de aire de poro y presión de agua de poro. En tanto que la diferencia entre la presión del aire de poros y de la presión de agua de poro no excede el valor de presión de entrada de aire del disco; si hay una columna continua de agua de la muestra al transductor de presión de agua de poro por debajo del disco poroso, la presión del agua intersticial puede entonces ser controladas (o medida) de forma independiente. El disco de cerámica usado en el estudio (Ho & Fredlund, 1982) bloquea la entrada de aire a presiones inferiores a 505 kPa y eran 0.635 cm de espesor.

Figura 15.

Celda triaxial modificada para ensayo en suelos no saturados.



Nota. La figura representa la cámara de compresión triaxial acondicionada para su uso en especímenes de suelo no saturado. Tomado de Umaña, A. F. (2013). *Implementación de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial.* San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

b) Control de la presión de aire de poro.

Es esencial adicionar una línea de control de presión de aire de poro en la cámara triaxial convencional para controlar la presión de aire de poro del espécimen. La línea de presión de aire se conecta a un puerto en el tapón de carga (Figura 2.14). Entre la tapa de carga y la muestra, se coloca una piedra porosa gruesa utilizada como elemento de drenaje para el aire, con un espesor de 0.32 cm.

c) Sistema de purgado o lavado.

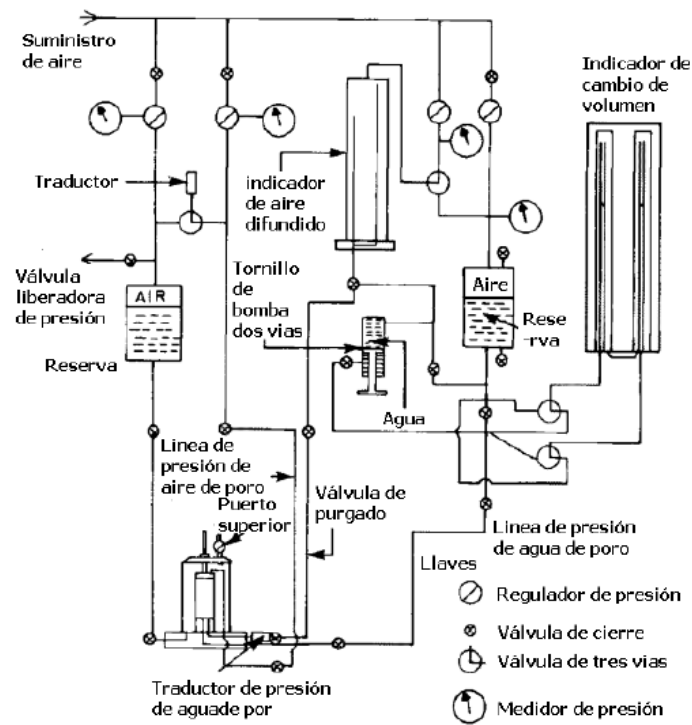
Aunque el disco de cerámica no permite el paso de aire libremente, el aire disuelto podría difundirse a través del agua en el disco y se recoge como burbujas de aire libre en la base del disco. Las burbujas de aire, en un sistema abierto (falla drenada), bloquearán el paso

de agua en la muestra cuando se dilata (o se hincha) o, en un sistema cerrado (falla no drenada), hará que las mediciones de la presión del agua intersticial y el cambio total de volumen de agua sean erróneas.

Para hacer frente al problema de difusión de aire, se necesita un sistema de purga. Una línea extra de drenaje de agua intersticial con una válvula de control se conecta a la base del aparato triaxial (Figura 2.14). Al cerrar la válvula en la línea de drenaje del agua intersticial que conduce al control de la presión del agua intersticial y la apertura de la válvula en la línea de drenaje adicional, la difusión de aire acumulado por debajo del disco podría ser eliminado.

Figura 16.

Diagrama esquemático de diseño de tablero de control de plomería para equipo triaxial.



Nota. La figura representa la cámara de compresión triaxial acondicionada para su uso en especímenes de suelo no saturado. Tomado de Umaña, A. F. (2013). *Implementación de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial.* San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.



2.2.6. Criterios de falla Mohr-Coulomb

Mohr (1900) presentó una teoría sobre la ruptura de los materiales. Dicha teoría afirma que “un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante, y no solo por la presencia de un esfuerzo máximo normal o bien de un esfuerzo máximo cortante” por lo cual, la relación entre un esfuerzo normal y un esfuerzo cortante sobre un plano de falla se expresa en la Ecuación 26.

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (26)$$

Dónde: τ_f = esfuerzo cortante sobre el plano de falla

σ = esfuerzo normal sobre el plano de falla

La envolvente de falla definida por la ecuación es una línea curva. Para la mayoría de los problemas de mecánica de suelos, es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal, lo cual se conoce como el Criterio de falla Mohr-Coulomb como se presenta en la Ecuación 27.

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi \quad (27)$$

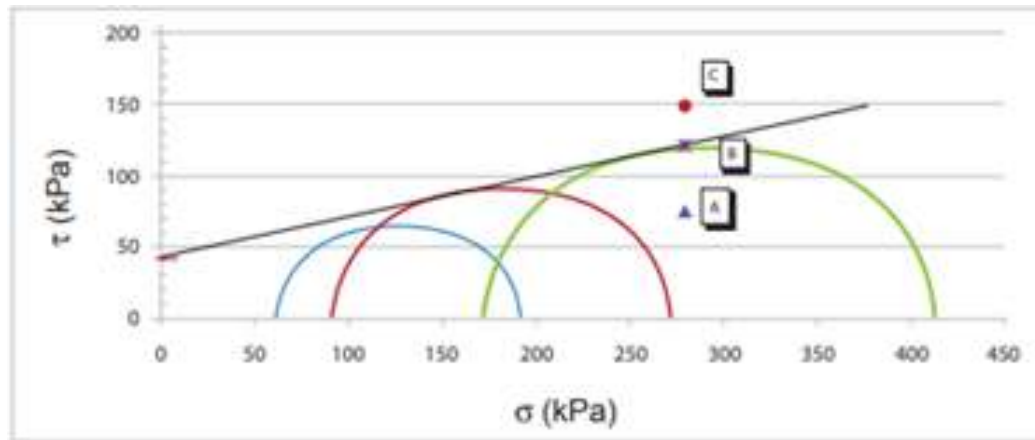
Dónde: c = cohesión

φ = ángulo de fricción interna

En la Figura 17 se observa, que, si el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre un plano en una masa de suelo son tales que son representados por el punto A, entonces no ocurrirá una falla cortante a lo largo de ese plano. Si el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre un plano son representados por el punto B (sobre la envolvente de falla), entonces ocurrirá una falla de cortante a lo largo de ese plano. Un estado de esfuerzo ubicado en el punto C no existe, porque queda por arriba de la envolvente de falla y la falla cortante ya habría ocurrido en el suelo. (Valerio Salas, 2011, pág. 15)

Figura 17.

Envolvente de falla de Mohr



Nota. La figura representa la cámara de compresión triaxial acondicionada para su uso en especímenes de suelo no saturado. Tomado de *Valerio Salas, O. (2011). Ensayos Triaxiales para Suelos. LanammeUCR, 11.*

2.2.7. Confiabilidad

Se definen como “confiabilidad al grado de un instrumento de medición en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (Sampieri, Callado. Lucio, 2010, pág. 200).

Así mismo indican que los procedimientos más utilizados para determinar la confiabilidad mediante un coeficiente son: 1) Medida de estabilidad (confiabilidad por test – retest), 2) método de formas alternativas o paralelas, 3) método de mitades partidas y 4) medidas de consistencia interna.

2.2.7. Validez

Se definen como “validez como el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir” (Sampieri, Callado. Lucio, 2010, pág. 201).

2.2.8. Relación entre validez y confiabilidad

“Un instrumento de medición puede ser confiable, pero no necesariamente válido (un aparato, por ejemplo, quizá sea consistente en los resultados que produce, pero puede no medir lo que pretende)” (Sampieri, Callado. Lucio, 2010, pág. 204).

Figura 18.

Representación de la validez y confiabilidad.



Nota. La figura representa la validez y confiabilidad. Tomado de (Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernandez Callado. Pilar Baptista Lucio, 2010). Metodología de la investigación, quinta edición.

2.3 Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo estimados a partir de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial no difieren contra el ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.

2.3.2. Hipótesis específicas

1. Dado que el ángulo de fricción interna obtenidos en el ensayo de compresión triaxial multietapa es similar al ángulo de fricción del ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) podemos afirmar que el ensayo es válido para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol.
2. Dado que cohesión obtenida en el ensayo de compresión triaxial multietapa es similar a la cohesión del ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) podemos afirmar que el ensayo es válido para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol.
3. Dado que la validez y confiabilidad del ensayo de compresión triaxial multietapa es aceptable, podemos afirmar que el ensayo puede reemplazar a un ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol.



2.4. Variables

2.4.1. Identificación de variables

1. Variables Independientes

Ensayo de compresión triaxial. - En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. En estas pruebas se pueden variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre el espécimen de suelo, efectuando mediciones sobre sus características mecánicas en forma completa. Los especímenes usualmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, generalmente agua.

2. Variables Dependientes

Angulo de fricción interna. - Es una propiedad de los suelos granulares en este caso arcillosos, en los cuales se relaciona con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular.

Cohesión. - La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras que en la física este término se utiliza para representar la tensión. En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos.



2.4.2. Operacionalización de variables.

Tabla 2.

Operacionalización de variables.

TIPO DE VARIABLE	DEFINICION	DIMENSIÓN	UNIDADES	INDICADOR	INSTRUMENTO	FUENTE
VARIABLES INDEPENDIENTES						
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL	En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. En estas pruebas se pueden variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre el espécimen de suelo, efectuando mediciones sobre sus características mecánicas en forma completa. Los especímenes usualmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, generalmente agua.	<ul style="list-style-type: none"> Método Multietapa Método convencional 	<ul style="list-style-type: none"> Kpa 	<ul style="list-style-type: none"> Un espécimen Tres especímenes 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo Triaxial Equipo Triaxial 	(Salas, 2011)
VARIABLES DEPENDIENTES						
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	Es una propiedad de los suelos granulares en este caso arcillosos, en los cuales se relaciona con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular.	<ul style="list-style-type: none"> Alto (11° - 30°) Bajo (<11°) 	<ul style="list-style-type: none"> Grados sexagesimales. 	<ul style="list-style-type: none"> Angulo de fricción interna 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayo de Compresión Triaxial 	<ul style="list-style-type: none"> Libros especializados
RESISTENCIA A LA COHESIÓN	La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras que en la física este término se utiliza para representar la tensión. En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos.	<ul style="list-style-type: none"> Alta plasticidad (10% - 30%) Mediana plasticidad (30% - 50%) Baja plasticidad (50% - 100%) 	<ul style="list-style-type: none"> Kpa 	<ul style="list-style-type: none"> Cohesión 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayo de Compresión Triaxial 	



3. CAPITULO III: MÉTODO

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se realizara un análisis matemático y estadístico para describir el nivel de valides y confiabilidad de la aplicación de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial.

El enforque cuantitativo Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. (Sampieri, Callado, Lucio, 2010, pág. 4)

3.1.2. Nivel de la investigación

La investigación se ubica en el nivel correlacional, porque se busca comprobar hipótesis planteadas sobre el ensayo de compresión triaxial de etapas múltiples en suelos drenados.

Según Sampieri, Callado y Lucio (2010) ‘La investigación correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables.’ (pág. 81)

3.2. Diseño de la investigación

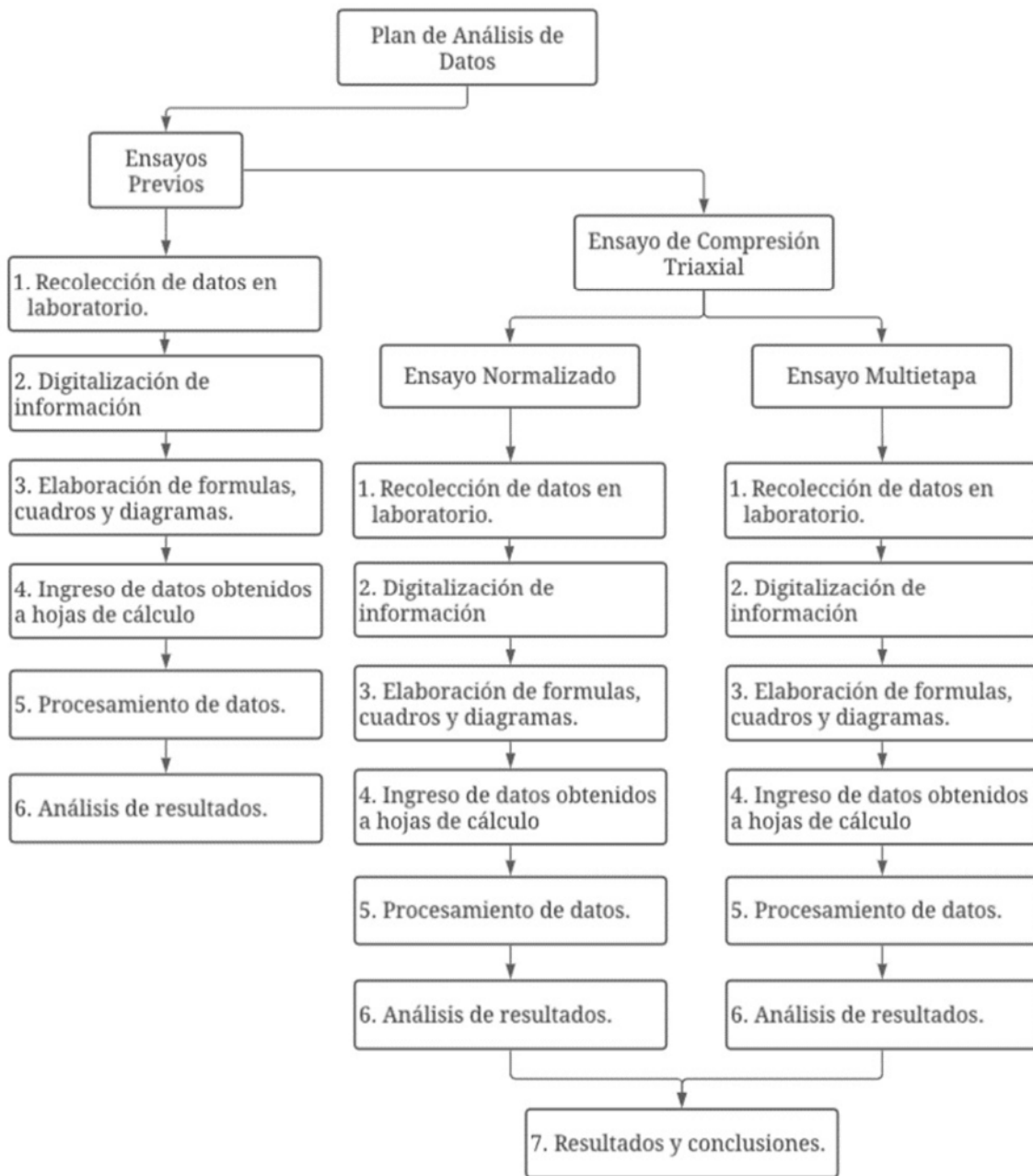
3.2.1. Diseño metodológico

El método de la investigación es hipotético - deductivo debido a que las hipótesis de la investigación son puntos de partida para su estudio, las cuales serán analizados los resultados de la investigación.

En este método, las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones. Se parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica, y si hay correspondencia con los hechos, se comprueba la veracidad o no de la hipótesis de partida. (Jimenez & Jacinto, 2017, pág. 12)



3.2.2. Diseño de ingeniería



3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población corresponde al suelo obtenido de un lote típico de la APV Villa el Sol, para simular el estudio de suelos con fines de construcción de viviendas, en este caso el lote corresponde a un área de 200 m², según la Norma E.050 “Suelos y Cimentaciones” del RNE en el artículo N° 15 inciso (b), establece que como mínimo deben de ser 03 los puntos de investigación, por lo tanto se estima que la población de estudio se cuantifica en 03 especímenes extraídos del suelo arcilloso obtenido a una profundidad de -2.00



metros considerados desde el nivel de suelo orgánico en un lote típico de la APV Villa el Sol, El ensayo de compresión triaxial normado, el ensayo de compresión triaxial es considerado el ensayo que mejor representa las condiciones del suelo in situ a través de la presión de confinamiento que aplica el equipo de compresión triaxial en todas las direcciones de la muestra, que según Valerio Salas (2011) “es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo” (pág. 16). El mismo que posteriormente es utilizado en el diseño de cimentaciones de estructuras.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción y cuantificación de la muestra

Entendido que el ensayo de compresión triaxial es normado y sus niveles de confiabilidad son reconocidos según autores e investigadores, en referencia a la determinación de muestra patrón se indica que la zona de estudio en su mayoría presenta estratigrafía uniforme por lo que se considera suficiente la cantidad de 03 especímenes para la ejecución de un ensayo de compresión triaxial normado.

Las muestras serán talladas de forma cilíndrica con un diámetro promedio de 7cm y una altura de 14cm a partir de muestra inalterada

3.3.2.2 Método de muestreo

Para la determinación del tamaño de muestra de la investigación se define bajo la metodología de muestra censal, por lo que se define que la muestra será igual a la población, en este caso la población se ha definido como 03 especímenes de estudio para el ensayo de compresión normado y 05 especímenes de estudio para el ensayo de compresión triaxial con la técnica multietapa.

López & Fachelli (2015) define que “la cantidad de la muestra censal es igual a la población, de tal forma que esta clasificación se utiliza cuando la población es relativamente pequeña, es decir, la relación exhaustiva de cada unidad de la población”.

3.3.2.3 Criterios de evaluación de muestra

Se validarán las muestras in situ mediante:

- Una verificación visual previa, donde se verificará que suelo pertenezca a un mismo estrato de tipo arcilloso.



- La extracción de muestra deberá ser realizada a una profundidad de -2.00 metros respecto al nivel de terreno natural.
- Se verificará visualmente que la muestra extraída no cuente con presencia de material orgánico u otro tipo de materia que no corresponda a un suelo arcilloso y afecte la homogeneidad de la muestra.

3.3.2.4 Criterios de inclusión

Se validarán las muestras teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- Se realizará los ensayos correspondientes para la verificación de sus propiedades físicas y determinar que la muestra de suelo corresponde a un suelo de tipo arcilloso.
- Los especímenes que serán cilindros tallados a partir de la muestra con una medida de 70 mm de diámetro y una altura de 140 mm no deberán de presentar fisuras ni rajaduras.
- Los especímenes deberán tener una composición física de suelo arcilloso homogéneo en el total de su composición.
- Los especímenes que no cumplan con las dimensiones anteriormente mencionadas serán descartados del proceso de investigación.



3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos

3.4.1.1. Granulometría del suelo (NTP 339.128)

Tabla 3.

Instrumento de recolección de datos para granulometría.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																																									
ENSAYO:																																																																																																													
TESIS DE GRADO:																																																																																																													
FECHA:																																																																																																													
CALICATA N°:																																																																																																													
PESO DE LA MUESTRA SECA:				gr.																																																																																																									
PESO DE LA MUESTRA LAVADA:				gr.																																																																																																									
PESO DE LA DIFERENCIA:				gr.																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMAÑO</th> <th rowspan="2">PESO RETENIDO (gr)</th> <th rowspan="2">PESO CORREGID O (gr)</th> <th rowspan="2">% RETENIDO PARCIAL</th> <th rowspan="2">% QUE PASA</th> </tr> <tr> <th>MALLA ASTM N°</th> <th>Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						TAMAÑO		PESO RETENIDO (gr)	PESO CORREGID O (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA	MALLA ASTM N°	Diametro (mm)																																																																																																
TAMAÑO		PESO RETENIDO (gr)	PESO CORREGID O (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA																																																																																																								
MALLA ASTM N°	Diametro (mm)																																																																																																												
D60 =			LL =																																																																																																										
D30 =			LP =																																																																																																										
D10 =			IP =																																																																																																										
Cu =																																																																																																													
Cc =																																																																																																													
CLASIFICACIÓN DEL SUELO																																																																																																													
SUCS:																																																																																																													



3.4.1.2. Contenido de humedad (NTP 339.127)

Tabla 4.

Instrumento de recolección de datos para contenido de humedad.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
ENSAYO:				
TESIS DE GRADO:				
FECHA:				
CALICATA N°:				
NUMERO DE	PESO HUMEDO (gr)	PESO DE LA TARA (gr)	PESO SECO (gr)	W (%)
1				
2				
3				
			PROMEDIO	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =				%



3.4.1.3. Límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)

Tabla 5.

Instrumento de recolección de datos para límites de Atterberg.



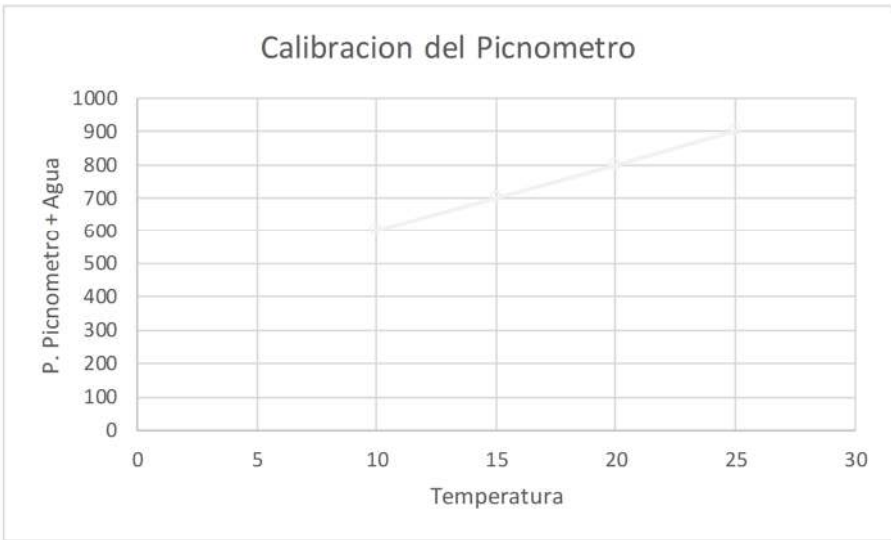
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																													
ENSAYO:																													
TESIS DE GRADO:																													
FECHA:																													
CALICATA N°:																													
<p><u>LIMITE LIQUIDO:</u></p> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">MUESTRA</th> <th style="width: 35%;">NÚMERO DE GOLPES</th> <th style="width: 40%;">CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">LL (%) =</td> <td style="width: 80px;"></td> </tr> </table> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"><u>LIMITE PLASTICO:</u></p> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">MUESTRA</th> <th style="width: 75%;">CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">PROMEDIO</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">LL (%) =</td> <td style="width: 80px;"></td> </tr> </table> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">IP (%) =</td> <td style="width: 80px;"></td> </tr> </table> </div>		MUESTRA	NÚMERO DE GOLPES	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1			2			3			LL (%) =		MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1		2		3		PROMEDIO		LL (%) =		IP (%) =	
MUESTRA	NÚMERO DE GOLPES	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)																											
1																													
2																													
3																													
LL (%) =																													
MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)																												
1																													
2																													
3																													
PROMEDIO																													
LL (%) =																													
IP (%) =																													



3.4.1.4. Gravedad específica de suelos (NTP 339.131)

Tabla 6.

Instrumento de recolección de datos para gravedad específica.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
ENSAYO:				
TESIS DE GRADO:				
FECHA:				
CALICATA N°:				
ENSAYO N°	1	2	3	4
Peso de Recipiente Volumetrico (Mp)				
Peso de R. Volumetrico + Agua (gr.)				
Temperatura				
Mpw,c= Masa del recipiente y agua a la temperatura de calibración				
Temperatura de calibracion				
p,w,c= Densidad del agua a temperatura de calibracion (g/mL) (Tabla 2)				
Coficiente de Temperatura (K) (Tabla 2)				
Wp = Volumen promedio calibrado del picnometro, mL				
<div style="text-align: center;"> <p>Calibracion del Picnometro</p>  </div>				



3.4.1.5. Ensayo de compresión triaxial (NTP 339.164)

Tabla 7.

Instrumento de recolección de datos para ensayo de compresión triaxial.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
ENSAYO:												
TESIS DE GRADO:												
FECHA:												
CALICATA N°:												
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA (KN)	DESPLAZAMIENTO (mm)	CARGA CORREGIDA A (N)	DESPLAZAMIENTO CORREGIDO (mm)	AREA CORREGIDA A (mm ²)	FATIGA (KSF)	FARIGA A COMPRESION CORREGIDA (KPA)	σ_1 (KPA)	σ_1 (KPA)	σ_1/σ_3	p (KPA)



3.4.2. Instrumentos de ingeniería

3.4.2.1. Granulometría del suelo (NTP 339.128).




Figura 19. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Granulometría.

Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos	
 <p>A mechanical sieve shaker with a motor and a frame, labeled 'LABORATORIO A.P. INGENIERIA CIVIL UAC TAMIZADORA'.</p>	 <p>A digital scale with a weighing pan and a control panel, placed on a blue table.</p>
Tamizador Mecánico	Balanza
 <p>A green brush, a stainless steel bowl, and a broom with a blue handle, used for cleaning.</p>	 <p>A set of circular sieves of different mesh sizes arranged on a metal tray.</p>
Escobilla, Bowl, Brocha	Juego de Tamices
 <p>A white industrial oven with a control panel and safety labels, including 'HORNO' and 'ALTA TEMPERATURA'.</p>	
Horno Industrial	



3.4.2.2. Contenido de humedad (NTP 339.127)




Figura 20. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Contenido de Humedad.

Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos	
	
Taras	Balanza
	
Escobilla, Bowl, Brocha	Espátula
	
Horno Industrial	



3.4.2.3. Límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)

Figura 21. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Límite líquido y límite plástico.

Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos	
	
Tamices N° 40	Cuchara de Casagrande
	
Ranurador	Espátula 2''
	
Vidrio Esmerilado	Bowl y Mortero



Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos



Balanza



Piseta



Bowl Metálico



Taras



Horno Industrial




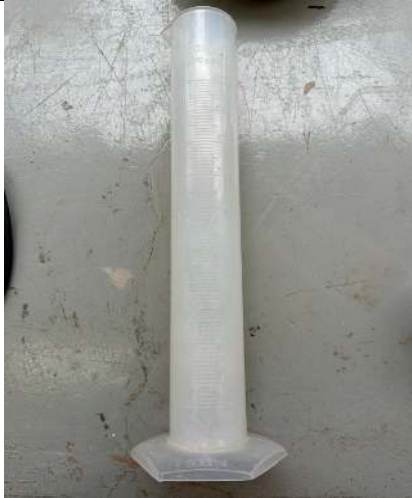



Espátula Metálica



3.4.2.4. Gravedad específica de suelos (NTP 339.131)






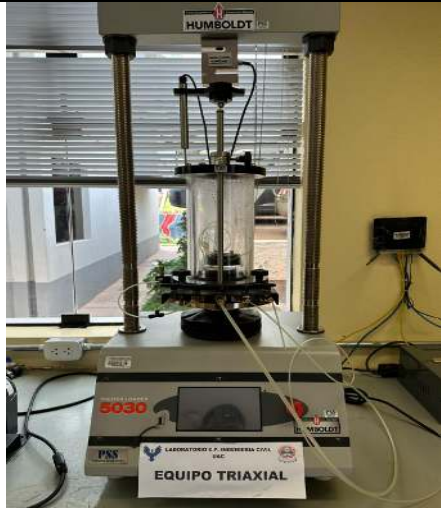
Figura 22. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Gravedad específica de suelos.

Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos	
	
Máquina de Baño María	Maquina de Bomba de Vacíos
	
Termómetro Industrial	Probeta
	
Piseta	



3.4.2.5. Ensayo de compresión triaxial (NTP 339.164)

Figura 23. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Ensayo de compresión triaxial.

Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos	
	
Computadora	Balanza
	
Máquina de Bomba de Vacíos	Panel de Distribución Triaxial
	
Celda de presión A y B	Equipo de Compresión Triaxial



Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos



Equipo de Carga de Presiones



Contenedor de Agua sin Vacios



Máquina Compresora de Aire



Celda Contadora de Muestra



Celda de Muestra y Barra de Despeamiento



Membrana de Compresión Triaxial



Equipos e Instrumentos de Ingeniería para la recolección de datos



Base de Celda y Tapa de Carga de Agua para Muestra



Tapas Aisladoras superior e Inferior de Muestra



Gomas Aisladoras superior e Inferior de Muestra



Tubo Calzador de Muestra de equipo Triaxial (Memb. Estrecher)



Bandeja Metálica



Espátula Metálica



3.5 Procedimiento de recolección y análisis de datos

3.5.1 Procedimiento realizado para recolección de datos

3.5.1.1. Granulometría

a) Instrumentos de ingeniería:

- Muestra de suelo.
- Conjunto de tamices con aberturas específicas, de acuerdo con la norma.
- Balanza analítica.
- Agitador mecánico.
- Recipientes para lavado, típicamente probetas de vidrio.
- Agua para lavado.
- Horno de secado.
- Hojas de cálculo para procesamiento de datos.

b) Procedimiento:

- **Preparación de la muestra:**
 - a. Se obtiene una muestra representativa del suelo.
 - b. Lava y seca la muestra en un horno hasta que esté completamente seca.
 - c. Pesa una cantidad conocida de muestra seca (generalmente 500 gramos) y registra el peso debido a que es suelo fino.



Figura 24.

Extracción de suelo u cuarteo de muestra.

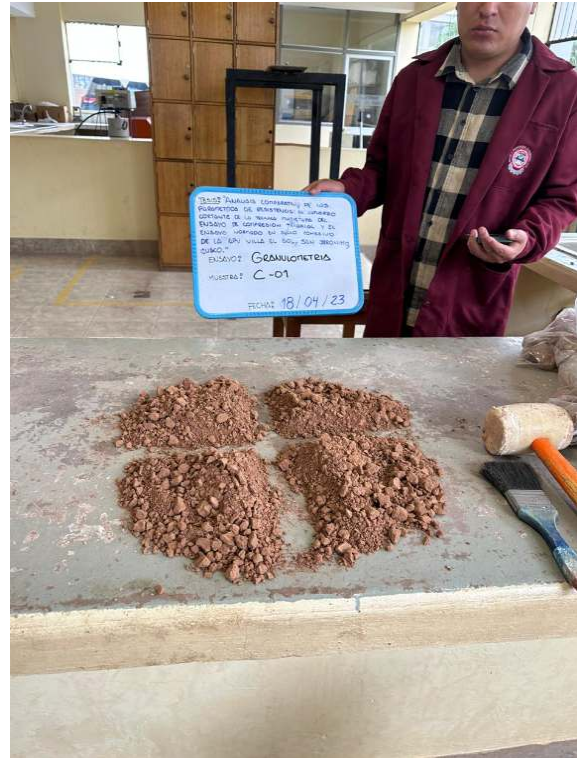


Figura 25.

Preparación de muestra y pesado.





Figura 26.

Lavado de muestra para obtener 1000 gr.



- **Tamizado:**
 - a. Coloca los tamices en orden de abertura de mayor a menor en el agitador mecánico.
 - b. Agrega la muestra al tamiz superior (mayor abertura).
 - c. Activa el agitador mecánico y tamiza durante el tiempo especificado en la norma (generalmente, 10 minutos).
 - d. Luego del tamizado, pesa el material retenido en cada tamiz y registra los pesos.





Figura 27.

Tamizado de muestra y obtención de pesos por tamiz.



- **Cálculos:**

- Calcula el porcentaje acumulado retenido en cada tamiz en relación al peso total de la muestra.
- Determina el porcentaje acumulado que pasa a través de cada tamiz restando el porcentaje acumulado retenido de 100%.
- Grafica una curva granulométrica utilizando los porcentajes acumulados que pasan por cada tamiz.

- **Interpretación:**

- Analiza la curva granulométrica para evaluar la distribución de tamaños de partículas en el suelo.
- Identifica valores característicos como el D₆₀ (diámetro correspondiente al 60% que pasa) y otros según las necesidades del proyecto.

- **Informe:**

- Prepara un informe que incluya los datos de la muestra, los resultados de los análisis y cualquier información relevante.



Es importante mencionar que se debe seguir las pautas detalladas en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 y realizar el ensayo en un laboratorio debidamente equipado y calibrado para obtener resultados precisos y confiables.

3.5.1.2. Límites de Atterberg

a) Instrumentos de ingeniería:

- Muestra de suelo.
- Equipo de cono y varilla.
- Plato de vidrio.
- Recipientes herméticos.
- Balanza analítica.
- Horno de secado.
- Cronómetro.
- Agua destilada.
- Vasos de porcelana.
- Espátula.

b) Procedimiento:

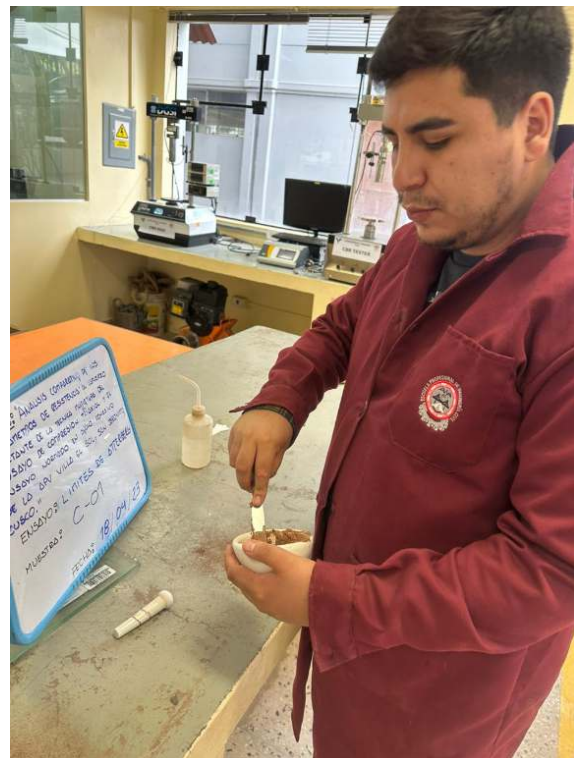
• Preparación de la muestra:

- a. Se obtiene una muestra representativa del suelo.
- b. Se lava y seca la muestra en un horno hasta que esté completamente seca.
- c. Se pesa una cantidad conocida de muestra seca (generalmente 40-60 gramos) y registra el peso.



Figura 28.

Tamizado de muestra en la con la malla N° 40 y se humedece la muestra para la realización del ensayo.



- **Determinación del límite líquido (LL):**
 - a. Se coloca una porción de la muestra seca en un vaso de porcelana y agrega agua destilada.
 - b. Se mezcla la muestra hasta obtener una pasta homogénea.
 - c. Se transfiere la pasta al cono de Casagrande.
 - d. Se golpea el cono en una placa de vidrio para que la pasta se desplace hacia adelante en el cono.
 - e. Se realiza cortes en la pasta con la varilla para determinar el punto en el que la pasta colapsa.
 - f. Registra el número de golpes necesarios para que la pasta colapse.
 - g. Calcula el contenido de humedad de la pasta en ese punto.



Figura 29.

Colocación de muestra, ranurado en cuchara de Casagrande y obtención de datos mediante golpes.



Figura 30.

Obtención de muestra y colocado en taras.





- **Determinación del límite plástico (LP):**
 - a. Se toma una porción de la muestra seca y mezcla con agua hasta formar una pasta.
 - b. Se forma una bola con la pasta.
 - c. Se intenta rodar la bola sobre una superficie hasta que se quiebre.
 - d. Registra el contenido de humedad en el momento de la rotura.

Figura 31.

Elaboración de barras cilíndricas para el límite plástico.

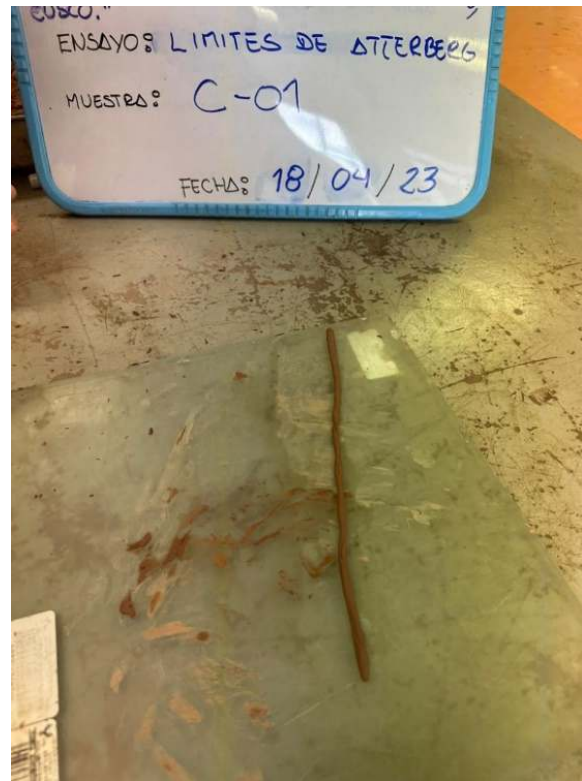


Figura 32.

Barra cilíndrica con rajaduras y obtención de muestra para contenido de humedad.



- **Cálculos:**
 - a. Se calcula el índice de plasticidad (IP) restando el límite líquido (LL) del límite plástico (LP).
 - b. Se registra los resultados en el informe final.
- **Informe:**
 - a. Se prepara un informe que incluya los datos de la muestra, los resultados de los análisis y cualquier información relevante.

Es importante mencionar que se debe seguir las pautas detalladas en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 y realizar el ensayo en un laboratorio debidamente equipado y calibrado para obtener resultados precisos y confiables.

3.5.1.3. Contenido de humedad

a) Instrumentos de ingeniería:

- Muestra de suelo.



- Balanza analítica.
- Horno de secado.
- Recipiente hermético.

b) Procedimiento:

- **Preparación de la muestra:**

- a. Se obtiene una muestra representativa del suelo en el punto de interés.
- b. Si la muestra está húmeda o contiene materia orgánica, extiéndela en una bandeja y mezcla bien para asegurar una distribución homogénea de la humedad.
- c. Se toma una porción de la muestra y pécala en la balanza analítica. Registra el peso como "Peso húmedo" (W1).

Figura 33.

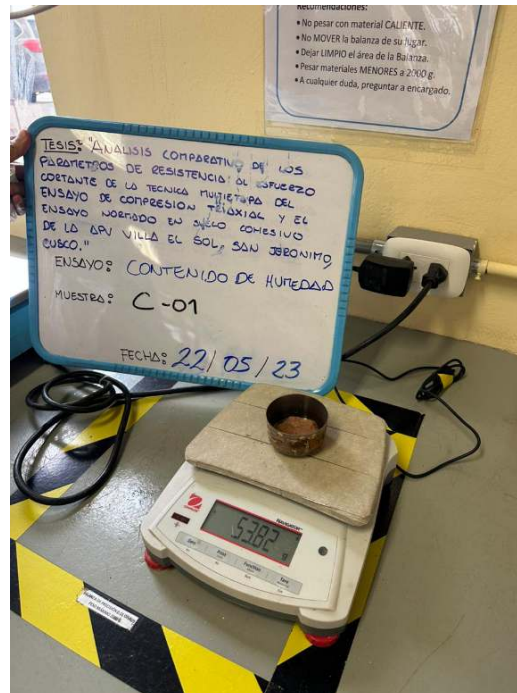
Obtención de tres muestras representativas del suelo.





Figura 34.

Pesado de taras y muestras de manera individual.



- **Secado de la muestra:**
 - a. Se coloca la muestra en un recipiente hermético o en papel aluminio (opcional) para evitar pérdida de humedad durante el proceso de secado.

Figura 35.

Etiquetado de muestro para introducción al horno industrial.





b. Se coloca la muestra en el horno de secado precalentado a una temperatura específica (generalmente, entre 105°C y 110°C) durante un tiempo definido por la norma (generalmente, al menos 24 horas o hasta que se alcance un peso constante).

c. Se retira la muestra del horno y permite que se enfríe a temperatura ambiente en un lugar libre de humedad.

Figura 36.

Colocado de muestra en horno industrial por 24 horas.



- **Pesaje después del secado:**

a. Se pesa la muestra seca en la balanza analítica. Registra el peso como "Peso seco" (W_2).

- **Cálculo del contenido de humedad:**

a. Se calcula el contenido de humedad utilizando la fórmula:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_{ss}} * 100 \quad (28)$$

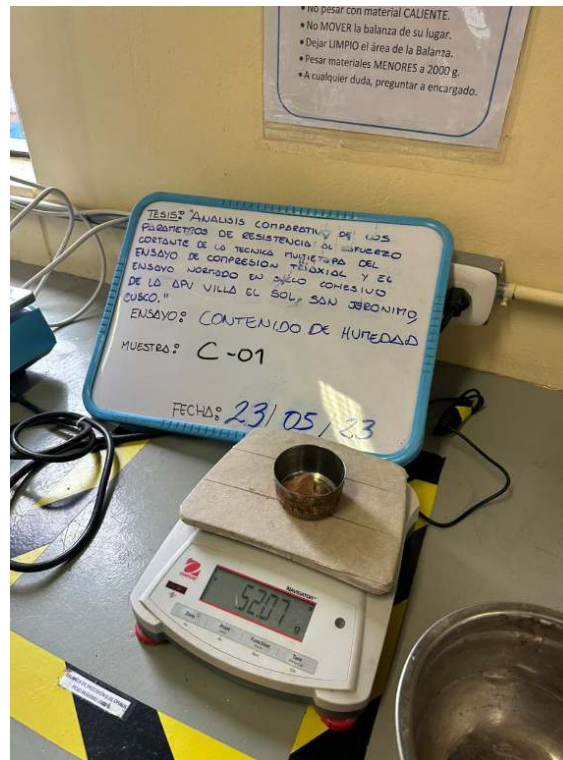
Donde:



- W_w : Es el peso del agua presente en la masa de suelo.
- W_{ss} : Es el peso del suelo seco.

Figura 37.

Pesado de muestra y tara posterior a su salida del horno industrial.



- **Informe:**
 - a. Se prepara un informe que incluya los datos de la muestra, los resultados del análisis y cualquier información relevante.

Es importante mencionar que se debe seguir las pautas detalladas en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 y realizar el ensayo en un laboratorio debidamente equipado y calibrado para obtener resultados precisos y confiables.

3.5.1.4. Gravedad específica

a) Instrumentos de ingeniería:

- Muestra de suelo.
- Balanza analítica.
- Picnómetro o frasco de gravedad específica.
- Agua destilada.
- Horno de secado.



- Termómetro.
- Bolsas de plástico herméticas.
- Cocina para realizar el baño María.

b) Procedimiento:

- **Preparación de la muestra:**

- a. Se obtiene una muestra representativa del suelo en el punto de interés.
- b. Si la muestra está húmeda, extiéndela en una bandeja y mezcla bien para asegurar una distribución homogénea de la humedad.
- c. Se toma una porción de la muestra y pécala en la balanza analítica. Registra el peso como "Peso húmedo" (W1).

Figura 38.

Obtención de muestra seca y tamizada de al menos 100 gr.



- **Secado de la muestra:**

- a. Se coloca la muestra en un recipiente hermético o en papel aluminio (opcional) para evitar pérdida de humedad durante el proceso de secado.



- b. Se coloca la muestra en el horno de secado precalentado a una temperatura específica (generalmente, entre 105°C y 110°C) durante un tiempo definido por la norma (generalmente, al menos 24 horas o hasta que se alcance un peso constante).
 - c. Se retira la muestra del horno y permite que se enfríe a temperatura ambiente en un lugar libre de humedad.
- **Pesaje después del secado:**
 - a. Se pesa la muestra seca en la balanza analítica. Registra el peso como "Peso seco" (W_2).
 - **Preparación del picnómetro:**
 - a. Se llena el picnómetro con agua destilada y registra su peso como "Peso del picnómetro lleno de agua" (W_3).
 - b. Asegúrate de que el picnómetro esté limpio y seco antes de realizar la medición.

Figura 39.

Pesado de picnómetro y pesado de picnómetro con agua.





- **Determinación de la gravedad específica:**

a. Se introduce la muestra seca en el picnómetro lleno de agua, asegurándote de que no queden burbujas de aire atrapadas.

b. Se mide la temperatura del agua en el picnómetro utilizando un termómetro y regístrala como "Temperatura del agua" (T).

c. Se calcula la gravedad específica (G) utilizando la fórmula:

$$G = \frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2} \quad (29)$$

Donde:

- *G: Es la gravedad específica del suelo.*
- *W1: Es el peso húmedo del suelo.*
- *W2: Es el peso seco suelo.*
- *W3: Es el peso del picnómetro lleno de agua.*

Figura 40.

Desairado de agua y obtención de su primera temperatura ambiente.

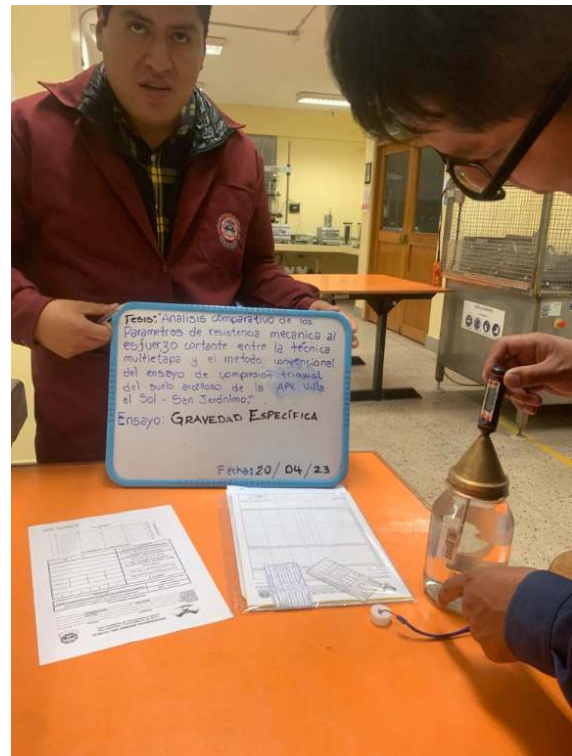
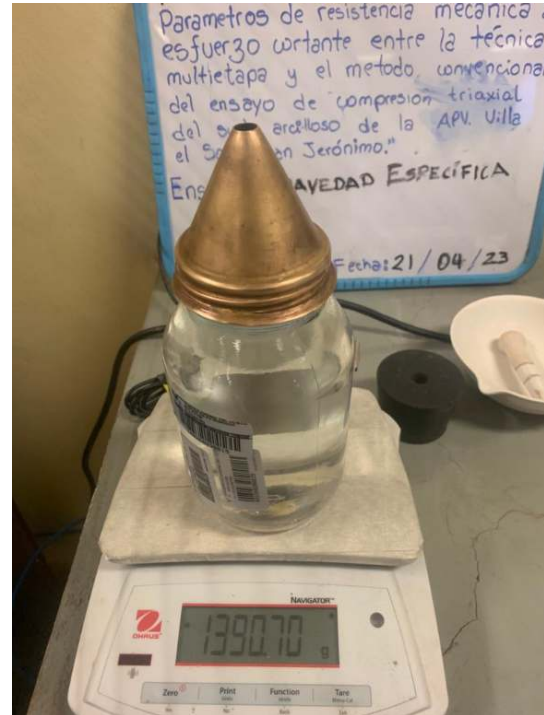
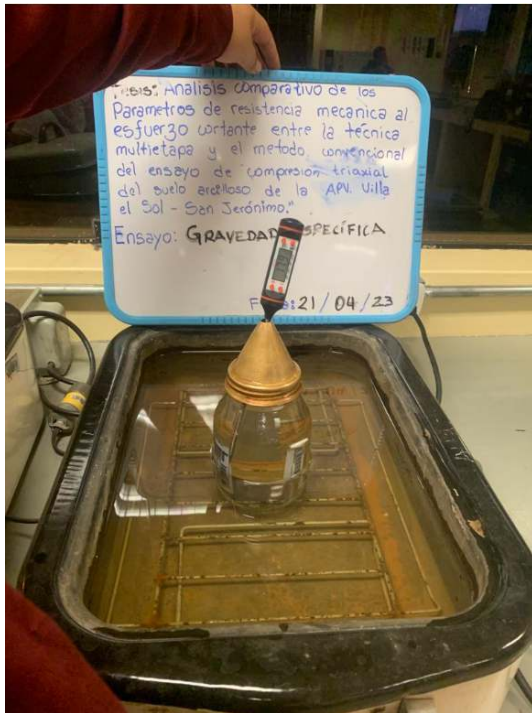




Figura 41.

Usado de baño María y obtención de pesos de cada una de las temperaturas.



3.5.1.5. Ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU) normado.

a) Instrumentos de ingeniería:

- Muestra de suelo no consolidado no drenado (UU).
- Máquina de ensayo triaxial.
- Celdas triaxiales y membranas impermeables.
- Agua y equipo de saturación.
- Cronómetro.
- Instrumentos de medición de deformación (extensómetros).
- Software de registro de datos.

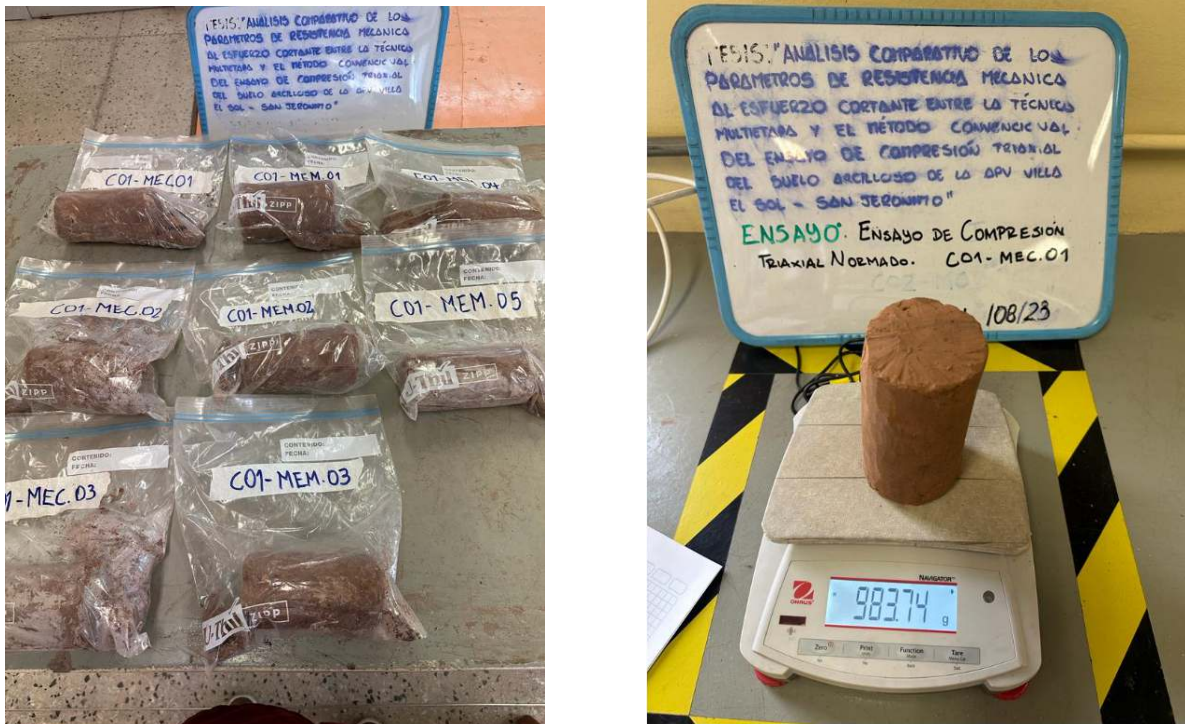
b) Procedimiento:

• Preparación de la muestra:

- a. Se obtiene una muestra representativa del suelo UU en el lugar de interés.
- b. Se prepara la muestra según las dimensiones y características especificadas en la norma. En el caso de la muestra es 7 cm. x 14 cm. Siendo lo más ideal, también puede ser de diferentes tamaños siempre y cuando cumpla con la relación 1 a 2.

Figura 42.

Muestras talladas y selladas al vacío y obtención de peso de muestra.



- **Preparación de la celda triaxial:**
 - a. Se coloca la muestra saturada en la celda triaxial y asegúrate de que esté correctamente posicionada y sellada con membranas impermeables.

Figura 43.

Panel de control para el desairado de agua filtrada y control de presiones.



b. Se conecta los manómetros de presión de poros a la muestra.

Figura 44.

Calibración de panel para llenado de celda A y celda B..

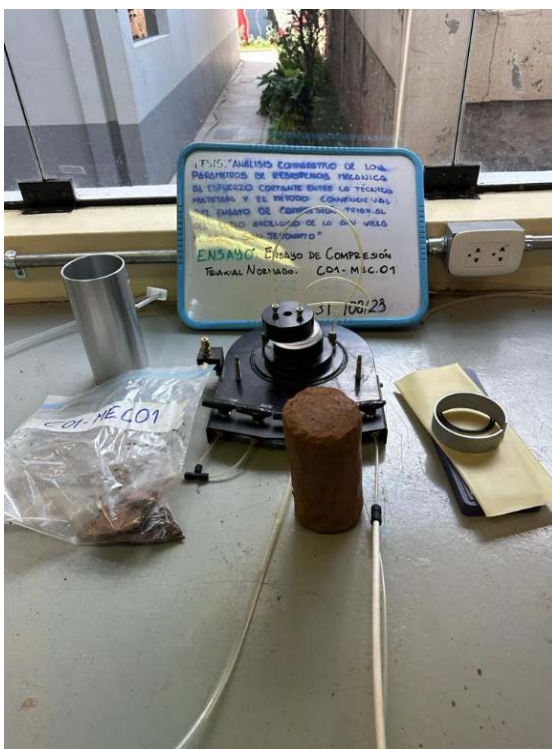


- **Saturación de la celda:**

a. Se llena el recipiente de acumulación de agua del equipo de compresión triaxial con agua filtrada previamente, desaira todo el contenido del recipiente.

Figura 45.

Preparación de muestra con membrana de protección y ligas superior e inferior.





- b. Se satura la celda con agua de manera que esté completamente saturada y no haya presión de poros inicial. La muestra tiene que estar recubierta por la membrana y asegurada con sus respectivas ligas para evitar posibles filtraciones.

Figura 46.

Saturación de la celda con la muestra envuelta con la membrana y debidamente sellada.



- **Aplicación de la presión axial:**

- a. Se inicia la prueba aplicando una carga axial a una velocidad constante según las especificaciones de la norma N.T.P.: 339.164 Compresión Triaxial No Consolidado No Drenado. La primera presión de confinamiento que se aplique deberá ser similar a las condiciones naturales de tu suelo, en el caso de esta investigación se empezó con una carga igual a 30 Kpa.
- b. Se registra la deformación axial y la presión de poros en intervalos regulares durante la prueba.

Figura 47.

Introducción de datos en el software y ruptura de muestra por carga axial de la máquina de compresión triaxial.

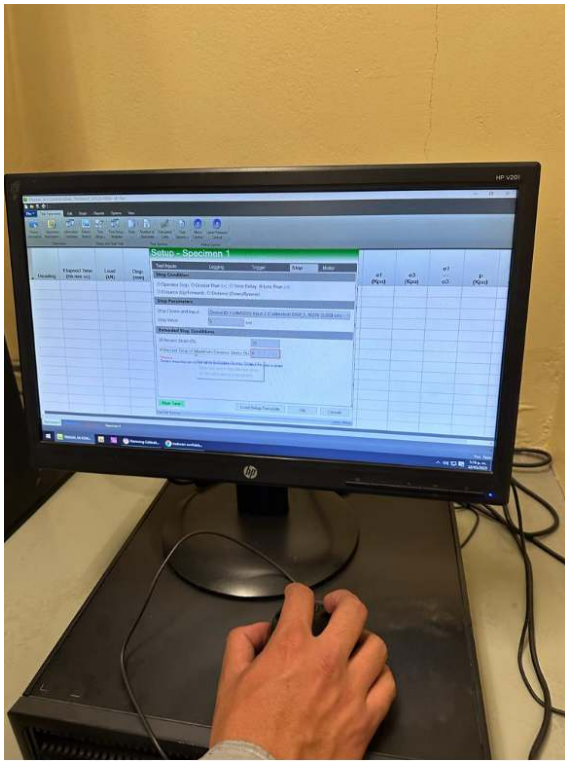


Figura 48.

Muestra desmontada y con falla frágil al corte.





- **Registro de datos:**
 - a. Se utiliza el software de registro de datos para registrar los datos de deformación y presión de poros en función del tiempo. En la presente investigación se realizó con el software proporcionado por la empresa Humboldt.
- **Cálculos y análisis:**
 - a. Se calcula la resistencia no drenada y otros parámetros geotécnicos a partir de los datos recopilados durante la prueba. Datos que son procesados en plantillas Excel de fuente propia.
- **Informe:**
 - a. Se prepara un informe que incluya los detalles de la muestra, los resultados del ensayo, los cálculos realizados y cualquier otra información relevante.

Es importante mencionar que el ensayo se debe realizar tres veces y con tres muestras de características similares en cuanto a peso, dimensiones y condiciones se encuentre. La norma no especifica la variación de la presión de confinamiento, pero a partir de criterios tomados por especialistas en la materia se toma la cantidad inicial que debe ser igual a las condiciones normales de tu muestra en el suelo, en caso de esta investigación se tomó como valor 30 Kpa luego del respectivo cálculo de presiones en condiciones in situ, para el segundo ensayo se debe duplicar dicha cantidad siendo el valor de este ensayo 60 Kpa, y finalmente se debe cuadruplicar la cantidad inicial de la muestra siendo es este caso del ensayo siendo el valor de 120 Kpa. Este criterio de toma de esta manera para graficar los tres círculos de Mohr de manera que sean proporcionales e incrementen su tamaño para luego realizar el corte tangencial y poder hallar la envolvente de falla.

3.5.1.6. Ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU) multietapa.

a) Instrumentos:

- Muestra de suelo no consolidado no drenado (UU).
- Máquina de ensayo triaxial.
- Celdas triaxiales y membranas impermeables.
- Agua y equipo de saturación.
- Cronómetro.



- Instrumentos de medición de deformación (extensómetros).
- Software de registro de datos.

b) Procedimiento:

- **Preparación de la muestra:**

- a. Obtén una muestra representativa del suelo UU en el lugar de interés.
- b. Prepara la muestra según las dimensiones y características especificadas en la norma. En el caso de la muestra es 7 cm. x 14 cm. Siendo lo más ideal, también puede ser de diferentes tamaños siempre y cuando cumpla con la relación 1 a 2.

Figura 49.

Muestras talladas y selladas al vacío y obtención de peso de muestra.

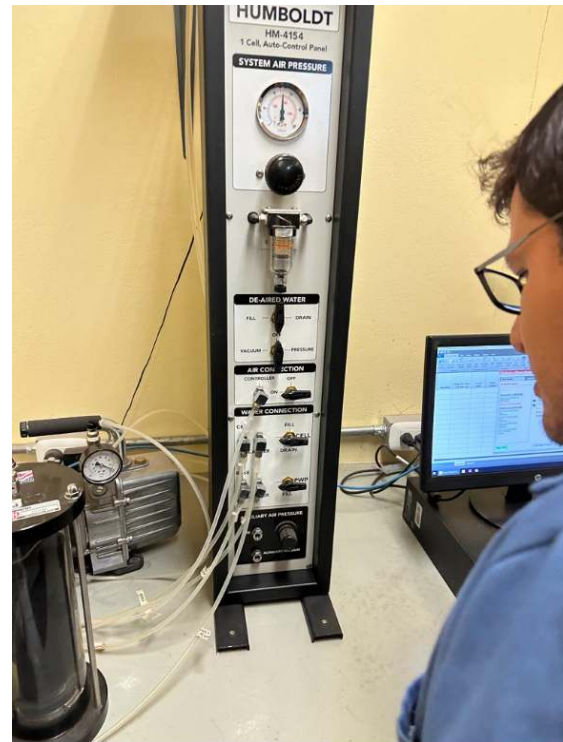


- **Preparación de la celda triaxial:**

- a. Coloca la muestra saturada en la celda triaxial y asegúrate de que esté correctamente posicionada y sellada con membranas impermeables.
- b. Conecta los manómetros de presión de poros a la muestra

Figura 50.

Desairado de agua filtrada y panel de control para llenada de celdas A y B.



- **Saturación de la celda:**

- a. Llena el recipiente de acumulación de agua del equipo de compresión triaxial con agua filtrada previamente, desáira todo el contenido del recipiente.

Figura 51.

Preparación de muestra con membrana triaxial y liga superior e inferior.





b. Satura la celda con agua de manera que esté completamente saturada y no haya presión de poros inicial. La muestra tiene que estar recubierta por la membrana y asegurada con sus respectivas ligas para evitar posibles filtraciones.

Figura 52.

Saturación de celda con agua desairada y muestra cubierta con membrana.



c) Aplicación de la presión axial:

a. Inicia la prueba aplicando una carga axial a una velocidad constante según las especificaciones de la norma. La primera presión de confinamiento que se aplique deberá ser similar a las condiciones naturales de tu suelo, en el caso de esta investigación se empezó con una carga igual a 30 Kpa.

b. Durante el ensayo de debe contralar las deformación y esfuerzos aplicados, cuando se note una caída en la carga axial considerable y viendo que cayo mas de tres datos tomados por la maquina se deberá duplicar la presión de confinamiento de la celda, en el caso de esta investigación se colocó 60 Kpa para asemejar al ensayo normado. A partir de esto se observará que la carga axial empezara a aumentar puesto que la cámara tendrá el doble de presión y hará que la muestra aumente su resistencia y no ocurra el fallo.



- c. Al continuar el ensayo de debe controlar de manera visual los valores de deformación que se registran en tiempo real en el software y esfuerzos aplicados, cuando se note una caída en la carga axial considerable en este segundo paso y verificando que cayo más de tres datos tomados por la maquina se deberá cuadruplicar la presión de confinamiento inicial de la celda, en el caso de esta investigación se colocó 120 Kpa como tercera carga de confinamiento para asemejar al ensayo normado. A partir de esto se observará que la carga axial empezara a aumentar puesto que la cámara tendrá el doble de presión y hará que la muestra aumente su resistencia y no ocurra el fallo.
- b. Registra la deformación axial y la presión de poros en intervalos regulares durante la prueba. Al finalizar la muestra de suelo fallara como cualquier otra, y los datos serán registrado en el software para su posterior procesamiento.

Figura 53.

Introducción de datos en la software y ruptura de muestra por carga axial de la máquina de compresión triaxial.

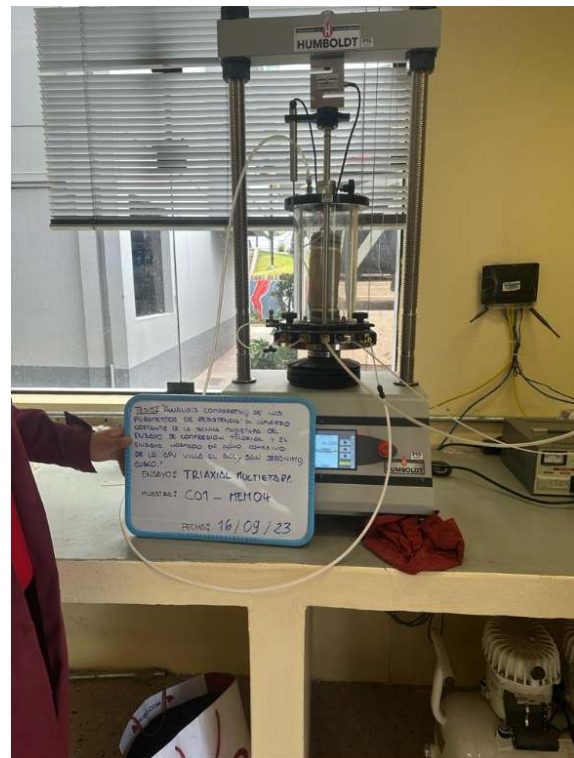
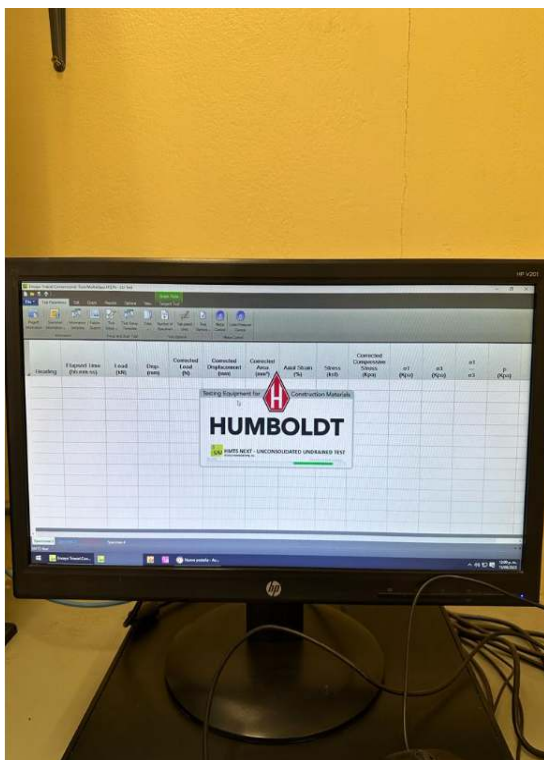
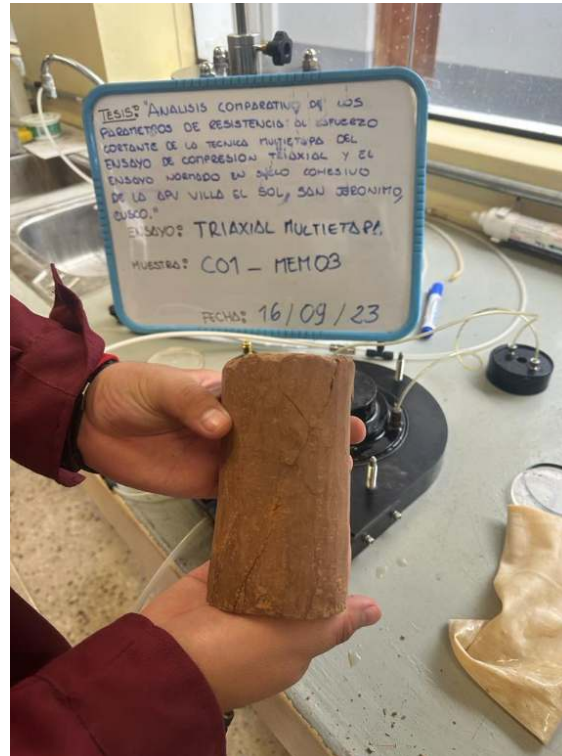




Figura 54.

Muestra desmontada y con falla frágil al corte.



d) Registro de datos:

a. Utiliza el software de registro de datos para registrar los datos de deformación y presión de poros en función del tiempo. En la presente investigación se realizó con el software proporcionado por la empresa Humboldt.

e) Cálculos y análisis:

a. Calcula la resistencia no drenada y otros parámetros geotécnicos a partir de los datos recopilados durante la prueba. Datos que son procesados en plantillas Excel de fuente propia.

f) Informe:

a. Prepara un informe que incluya los detalles de la muestra, los resultados del ensayo, los cálculos realizados y cualquier otra información relevante.

Es importante mencionar que el ensayo se debe realizar una sola vez y con una sola muestra. Este es un ensayo alternativo de menos duración respecto al normado y gran similar precisión. Puesto que la Norma Técnica Peruana NTP 339.164 de suelos “Método



de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado para suelos cohesivos” no especifica los valores correspondientes a la presión de confinamiento, se tomó los mismos valores y criterios referente al este punto a los ensayos normados realizados previamente. Con fines prácticos para el desarrollo de la investigación se tomó como valor 30 Kpa luego del respectivo cálculo de presiones en condiciones in situ, como segundo valor de presión de confinamiento de ensayo se debe duplicar dicha cantidad siendo el valor de este ensayo 60 Kpa, y finalmente se debe cuadruplicar la cantidad inicial de la muestra siendo es este caso del ensayo siendo el valor de 120 Kpa. Este criterio de toma de esta manera para graficar los tres círculos de Mohr de manera que sean proporcionales e incrementen su tamaño para luego realizar el corte tangencial y poder hallar la envolvente de falla.





3.5.2 Toma de datos

3.5.2.1. Granulometría del suelo (NTP 339.128)

Tabla 8.

Resultados de análisis granulométrico.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 	
ENSAYO:	CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) - NTP 339.134:1999
TESIS DE GRADO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
TESISTAS:	PERCY JOSE PUMACHAPI ZARATE DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANDO
FECHA:	19/04/2023
CALICATA N°:	C - 1



TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RET (Gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Peso de Muestra	
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Peso total seco	1011.7
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Peso después de lavar	191.74
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Perdida por lavado	
3/4"	19.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Datos Generales	
3/8"	9.50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	% de Gruesos	6.77%
N° 4	4.75	0.52	0.05%	0.05%	99.95%	% de Finos	93.23%
N° 8	2.36	0.02	0.00%	0.05%	99.95%	Total	100.00%
N° 16	1.18	0.07	0.01%	0.06%	99.94%		
N° 30	0.60	3.10	0.31%	0.37%	99.63%		
N° 50	0.30	6.32	0.62%	0.99%	99.01%		
N° 100	0.15	21.20	2.10%	3.09%	96.91%		
N° 200	0.08	37.31	3.69%	6.77%	93.23%		
FONDO		123.20	12.18%	18.95%	-		
LAVADO		819.96	81.05%	100.00%	-		
PESO TOTAL		1011.70	100.00%				



3.5.2.2. Contenido de humedad (NTP 339.127)

Tabla 9.

Resultados de contenido de humedad.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 	
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD Contenido de Humedad (NTP 339.127)
TESIS DE GRADO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
TESISTAS:	PERCY JOSE PUMACHAPI ZARATE DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANDO
FECHA:	22/05/2023
CALICATA N°:	C - 1

	DESCRIPCION	NOMEN.	UND	DATO
MUESTRA N° 01	Peso del recipiente más agregado húmedo	Mcaw	gr	35.52
	Peso del recipiente más el agregado seco	Mcas	gr	31.34
	Peso del recipiente	Mc	gr	15.66
	Peso del agua	Mw	gr	4.18
	Peso de la muestra seca	Ms	gr	15.68
	CONTENIDO DE HUMEDAD	<i>W</i>	%	26.66%
MUESTRA N° 02	DESCRIPCION	NOMEN.	UND	DATO
	Peso del recipiente más agregado húmedo	Mcaw	gr	39.31
	Peso del recipiente más el agregado seco	Mcas	gr	34.70
	Peso del recipiente	Mc	gr	16.54
	Peso del agua	Mw	gr	4.61
	Peso de la muestra seca	Ms	gr	18.16
CONTENIDO DE HUMEDAD	<i>W</i>	%	25.39%	
MUESTRA N° 03	DESCRIPCION	NOMEN.	UND	DATO
	Peso del recipiente más agregado húmedo	Mcaw	gr	37.38
	Peso del recipiente más el agregado seco	Mcas	gr	32.62
	Peso del recipiente	Mc	gr	15.79
	Peso del agua	Mw	gr	4.76
	Peso de la muestra seca	Ms	gr	16.83
CONTENIDO DE HUMEDAD	<i>W</i>	%	28.28%	



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	<i>W</i>	%	26.78%
---	-----------------	----------	---------------



3.5.2.3. Límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)

Tabla 10.

Resultados de Límites de Atterberg.



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 	
ENSAYO:	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129:1999
TESIS DE GRADO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
TESISTAS:	PERCY JOSE PUMACHAPI ZARATE DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANDO
FECHA:	18/04/2023
CALICATA N°:	C - 1

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Tara					
Nro. de Golpes	18	24	34	--	--
Peso Tara	21.29	21.07	21.1	21.5	21.8
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr.)	30.98	28.04	32.65	29.48	31
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	28.1	26.01	29.35	27.83	29.06
Peso del Agua	2.88	2.03	3.3	1.65	1.94
Peso Suelo Seco	6.81	4.94	8.25	6.33	7.26
Contenido de Humedad (%)	42.29%	41.09%	40.00%	26.07%	26.72%
	41.00%			26.39%	

3.5.2.4. Gravedad específica de suelos (NTP 339.131)

Tabla 11.

Resultados de gravedad específica.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 	
ENSAYO:	GRAVEDAD O PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SUELOS NTP 339.131:1999
TESIS DE GRADO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
TESISTAS:	PERCY JOSE PUMACHAPI ZARATE DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANDO
FECHA:	21/04/2023



CALICATA N°	C - 1				
ENSAYO N°	1	2	3	4	UND
Peso de Recipiente Volumétrico (Mp)	920.00				cm ³
Peso de R. Volumétrico + Agua	1390.7	1388.9	1386.85	1385.49	Gr
Temperaturas	15.7	18.7	21.7	24.7	°C
M _{pw,c} = Masa del Recipiente y Agua a la Temperatura de Calibración	1387.98				Gr
Temperatura de Calibración	20.2				°C
$\rho_{w,c}$ = Densidad del Agua a Temperatura de Calibración (Tabla 2)	0.99816				g/mL
Coficiente de Temperatura (K) - (Tabla 2)	0.99996				Adimensional
V _p = Volumen Promedio calibrado del Picnómetro	1390.538591				mL



3.5.2.6. Ensayo de compresión triaxial normado (NTP 339.164)

- **Espécimen 01 (MEC.01)**

Tabla 12.

Resultados de Ensayo de compresión triaxial normado – Espécimen 01.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	31/08/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	Espécimen 01

Valores Máximos							
6.998	15.133	673.858	703.858	30.000	23.462	366.929	336.929

Unidades														
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	DESP. AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q
0	00:00:00	0.000	0.001	3.017	0.000	4242.915	0.000	0.015	0.711	30.711	30.000	1.024	30.356	0.356
1	00:00:05	0.000	0.103	3.181	0.102	4245.996	0.073	0.016	0.749	30.749	30.000	1.025	30.375	0.375
2	00:00:11	0.000	0.203	2.813	0.201	4249.023	0.144	0.014	0.662	30.662	30.000	1.022	30.331	0.331
3	00:00:18	0.000	0.303	2.964	0.301	4252.058	0.215	0.015	0.697	30.697	30.000	1.023	30.348	0.348
4	00:00:23	0.000	0.403	3.084	0.401	4255.103	0.286	0.015	0.724	30.724	30.000	1.024	30.362	0.362



5	00:00:30	0.000	0.502	3.221	0.501	4258.141	0.358	0.016	0.756	30.756	30.000	1.025	30.378	0.378
6	00:00:35	0.000	0.602	3.203	0.600	4261.177	0.429	0.016	0.751	30.751	30.000	1.025	30.376	0.376
7	00:00:42	0.001	0.702	3.248	0.701	4264.243	0.500	0.016	0.761	30.761	30.000	1.025	30.381	0.381
8	00:00:48	0.000	0.802	3.008	0.801	4267.313	0.572	0.015	0.704	30.704	30.000	1.023	30.352	0.352
9	00:00:54	0.000	0.903	3.053	0.901	4270.392	0.643	0.015	0.714	30.714	30.000	1.024	30.357	0.357
10	00:01:01	0.000	1.003	3.088	1.001	4273.459	0.715	0.015	0.722	30.722	30.000	1.024	30.361	0.361
11	00:01:07	0.000	1.103	2.955	1.101	4276.543	0.786	0.015	0.690	30.690	30.000	1.023	30.345	0.345
12	00:01:13	0.000	1.202	2.995	1.200	4279.585	0.857	0.015	0.699	30.699	30.000	1.023	30.350	0.350
13	00:01:20	0.000	1.302	3.195	1.300	4282.674	0.928	0.016	0.745	30.745	30.000	1.025	30.373	0.373
14	00:01:26	0.000	1.403	2.964	1.401	4285.791	1.000	0.015	0.691	30.691	30.000	1.023	30.345	0.345
15	00:01:32	0.000	1.502	3.070	1.500	4288.859	1.071	0.015	0.715	30.715	30.000	1.024	30.358	0.358
16	00:01:38	0.000	1.602	3.106	1.601	4291.963	1.143	0.015	0.723	30.723	30.000	1.024	30.361	0.361
17	00:01:44	0.000	1.702	3.048	1.700	4295.051	1.214	0.015	0.709	30.709	30.000	1.024	30.354	0.354
18	00:01:50	0.000	1.802	3.026	1.801	4298.171	1.286	0.015	0.703	30.703	30.000	1.023	30.352	0.352
19	00:01:56	0.000	1.902	3.168	1.900	4301.266	1.357	0.016	0.735	30.735	30.000	1.025	30.368	0.368
20	00:02:03	0.001	2.003	3.270	2.001	4304.412	1.429	0.016	0.759	30.759	30.000	1.025	30.379	0.379
21	00:02:09	0.001	2.103	3.261	2.101	4307.529	1.500	0.016	0.756	30.756	30.000	1.025	30.378	0.378
22	00:02:15	0.000	2.202	2.897	2.201	4310.645	1.571	0.014	0.671	30.671	30.000	1.022	30.335	0.335
23	00:02:21	0.002	2.302	4.912	2.300	4313.754	1.642	0.024	1.137	31.137	30.000	1.038	30.569	0.569
24	00:02:27	0.005	2.403	7.263	2.401	4316.923	1.714	0.036	1.683	31.683	30.000	1.056	30.841	0.841
25	00:02:33	0.026	2.502	28.810	2.500	4320.027	1.785	0.142	6.669	36.669	30.000	1.222	33.334	3.334
26	00:02:40	0.028	2.603	30.465	2.601	4323.208	1.857	0.150	7.047	37.047	30.000	1.235	33.523	3.523
27	00:02:46	0.028	2.702	31.077	2.700	4326.322	1.928	0.153	7.183	37.183	30.000	1.239	33.592	3.592
28	00:02:52	0.081	2.802	83.764	2.800	4329.473	1.999	0.412	19.347	49.347	30.000	1.645	39.674	9.674
29	00:02:58	0.161	2.903	163.752	2.901	4332.657	2.071	0.806	37.794	67.794	30.000	2.260	48.897	18.897
30	00:03:05	0.246	3.002	249.060	3.001	4335.805	2.142	1.226	57.442	87.442	30.000	2.915	58.721	28.721
31	00:03:11	0.340	3.103	343.136	3.101	4338.984	2.214	1.689	79.081	109.081	30.000	3.636	69.541	39.541
32	00:03:17	0.440	3.202	442.807	3.200	4342.132	2.285	2.180	101.978	131.978	30.000	4.399	80.989	50.989



33	00:03:24	0.551	3.303	554.126	3.301	4345.337	2.357	2.728	127.521	157.521	30.000	5.251	93.760	63.760
34	00:03:30	0.666	3.403	668.461	3.401	4348.505	2.428	3.290	153.721	183.721	30.000	6.124	106.860	76.860
35	00:03:36	0.789	3.502	791.760	3.500	4351.663	2.499	3.897	181.943	211.943	30.000	7.065	120.971	90.971
36	00:03:42	0.911	3.602	913.568	3.601	4354.872	2.571	4.497	209.779	239.779	30.000	7.993	134.889	104.890
37	00:03:49	1.037	3.702	1039.334	3.700	4358.044	2.642	5.116	238.484	268.484	30.000	8.949	149.242	119.242
38	00:03:55	1.162	3.802	1164.443	3.801	4361.254	2.713	5.732	266.995	296.995	30.000	9.900	163.498	133.498
39	00:04:02	1.287	3.902	1289.437	3.901	4364.455	2.785	6.347	295.438	325.438	30.000	10.848	177.719	147.719
40	00:04:08	1.403	4.003	1406.040	4.001	4367.685	2.857	6.921	321.916	351.916	30.000	11.731	190.958	160.958
41	00:04:15	1.524	4.102	1526.442	4.101	4370.882	2.928	7.514	349.227	379.227	30.000	12.641	204.613	174.613
42	00:04:21	1.636	4.202	1639.016	4.201	4374.104	2.999	8.068	374.706	404.706	30.000	13.490	217.353	187.353
43	00:04:27	1.735	4.303	1737.506	4.301	4377.330	3.071	8.553	396.930	426.930	30.000	14.231	228.465	198.465
44	00:04:34	1.821	4.402	1823.396	4.401	4380.553	3.142	8.975	416.245	446.245	30.000	14.875	238.122	208.122
45	00:04:40	1.891	4.503	1894.102	4.502	4383.804	3.214	9.323	432.064	462.064	30.000	15.402	246.032	216.032
46	00:04:46	1.925	4.602	1927.806	4.600	4386.992	3.284	9.489	439.433	469.433	30.000	15.648	249.717	219.717
47	00:04:52	1.936	4.702	1939.192	4.701	4390.252	3.356	9.545	441.700	471.700	30.000	15.723	250.850	220.850
48	00:04:58	2.001	4.803	2003.690	4.801	4393.517	3.428	9.863	456.052	486.052	30.000	16.202	258.026	228.026
49	00:05:05	2.065	4.902	2067.385	4.900	4396.729	3.498	10.176	470.206	500.206	30.000	16.674	265.103	235.103
50	00:05:11	2.139	5.002	2141.369	5.000	4399.991	3.570	10.541	486.672	516.672	30.000	17.222	273.336	243.336
51	00:05:17	2.193	5.102	2195.369	5.101	4403.270	3.642	10.806	498.573	528.573	30.000	17.619	279.286	249.286
52	00:05:24	2.264	5.203	2267.193	5.202	4406.558	3.714	11.160	514.500	544.500	30.000	18.150	287.250	257.250
53	00:05:30	2.337	5.303	2339.895	5.301	4409.825	3.785	11.518	530.605	560.605	30.000	18.687	295.303	265.303
54	00:05:36	2.396	5.403	2398.683	5.401	4413.093	3.856	11.807	543.533	573.533	30.000	19.118	301.767	271.767
55	00:05:43	2.451	5.503	2453.614	5.501	4416.366	3.927	12.078	555.568	585.568	30.000	19.519	307.784	277.784
56	00:05:49	2.506	5.603	2508.271	5.601	4419.662	3.999	12.347	567.521	597.521	30.000	19.917	313.760	283.760
57	00:05:55	2.555	5.702	2558.024	5.701	4422.930	4.070	12.592	578.350	608.350	30.000	20.278	319.175	289.175
58	00:06:01	2.607	5.802	2610.174	5.800	4426.214	4.141	12.848	589.703	619.703	30.000	20.657	324.852	294.852
59	00:06:08	2.645	5.902	2647.463	5.900	4429.506	4.212	13.032	597.683	627.683	30.000	20.923	328.842	298.842
60	00:06:13	2.663	6.002	2665.877	6.000	4432.813	4.284	13.122	601.391	631.391	30.000	21.046	330.696	300.696



61	00:06:20	2.690	6.102	2692.265	6.101	4436.131	4.356	13.252	606.890	636.890	30.000	21.230	333.445	303.445
62	00:06:26	2.730	6.202	2732.616	6.201	4439.442	4.427	13.451	615.526	645.526	30.000	21.518	337.763	307.763
63	00:06:32	2.765	6.302	2767.789	6.301	4442.776	4.499	13.624	622.981	652.981	30.000	21.766	341.491	311.491
64	00:06:38	2.787	6.403	2789.695	6.401	4446.105	4.570	13.732	627.442	657.442	30.000	21.915	343.721	313.721
65	00:06:45	2.821	6.502	2824.185	6.500	4449.403	4.641	13.902	634.728	664.728	30.000	22.158	347.364	317.364
66	00:06:51	2.839	6.603	2841.516	6.601	4452.774	4.713	13.987	638.140	668.140	30.000	22.271	349.070	319.070
67	00:06:57	2.805	6.702	2807.643	6.701	4456.087	4.784	13.820	630.064	660.064	30.000	22.002	345.032	315.032
68	00:07:02	2.734	6.803	2736.583	6.801	4459.452	4.856	13.471	613.654	643.654	30.000	21.455	336.827	306.827
69	00:07:09	2.759	6.902	2762.220	6.900	4462.776	4.927	13.597	618.942	648.942	30.000	21.631	339.471	309.471
70	00:07:15	2.788	7.002	2791.133	7.001	4466.138	4.998	13.739	624.949	654.949	30.000	21.832	342.475	312.475
71	00:07:21	2.824	7.102	2826.608	7.100	4469.481	5.069	13.914	632.419	662.419	30.000	22.081	346.209	316.209
72	00:07:27	2.855	7.203	2858.094	7.202	4472.888	5.141	14.069	638.976	668.976	30.000	22.299	349.488	319.488
73	00:07:33	2.870	7.302	2872.594	7.301	4476.230	5.212	14.140	641.739	671.739	30.000	22.391	350.869	320.869
74	00:07:39	2.869	7.403	2871.848	7.402	4479.631	5.284	14.136	641.085	671.085	30.000	22.370	350.543	320.543
75	00:07:45	2.881	7.502	2883.283	7.500	4482.973	5.355	14.193	643.158	673.158	30.000	22.439	351.579	321.579
76	00:07:51	2.885	7.602	2888.009	7.600	4486.345	5.426	14.216	643.728	673.728	30.000	22.458	351.864	321.864
77	00:07:57	2.853	7.702	2855.249	7.701	4489.767	5.498	14.055	635.941	665.941	30.000	22.198	347.970	317.970
78	00:08:03	2.876	7.803	2878.260	7.801	4493.171	5.570	14.168	640.580	670.580	30.000	22.353	350.290	320.290
79	00:08:09	2.876	7.903	2878.642	7.901	4496.569	5.641	14.170	640.181	670.181	30.000	22.339	350.091	320.091
80	00:08:15	2.885	8.001	2887.339	8.000	4499.932	5.712	14.213	641.635	671.635	30.000	22.388	350.818	320.818
81	00:08:22	2.903	8.103	2905.797	8.102	4503.394	5.784	14.303	645.241	675.241	30.000	22.508	352.620	322.620
82	00:08:28	2.927	8.203	2929.269	8.201	4506.802	5.855	14.419	649.961	679.961	30.000	22.665	354.980	324.980
83	00:08:34	2.942	8.302	2944.413	8.301	4510.202	5.926	14.494	652.829	682.829	30.000	22.761	356.414	326.414
84	00:08:40	2.959	8.403	2961.478	8.401	4513.643	5.998	14.578	656.112	686.112	30.000	22.870	358.056	328.056
85	00:08:46	2.980	8.502	2983.189	8.501	4517.051	6.069	14.684	660.423	690.423	30.000	23.014	360.212	330.212
86	00:08:52	2.997	8.603	2999.708	8.601	4520.507	6.141	14.766	663.572	693.572	30.000	23.119	361.786	331.786
87	00:08:58	3.017	8.702	3019.303	8.701	4523.934	6.212	14.862	667.401	697.401	30.000	23.247	363.701	333.701
88	00:09:04	3.022	8.803	3024.250	8.802	4527.411	6.284	14.887	667.981	697.981	30.000	23.266	363.991	333.991



89	00:09:11	3.029	8.903	3032.139	8.901	4530.857	6.355	14.925	669.214	699.214	30.000	23.307	364.607	334.607
90	00:09:17	3.027	9.002	3029.260	9.001	4534.296	6.426	14.911	668.072	698.072	30.000	23.269	364.036	334.036
91	00:09:23	3.039	9.102	3041.382	9.101	4537.757	6.498	14.971	670.234	700.234	30.000	23.341	365.117	335.117
92	00:09:29	3.045	9.203	3047.292	9.201	4541.232	6.569	15.000	671.022	701.022	30.000	23.367	365.511	335.511
93	00:09:35	3.038	9.302	3040.632	9.301	4544.696	6.640	14.967	669.045	699.045	30.000	23.302	364.523	334.523
94	00:09:41	3.045	9.403	3047.874	9.401	4548.191	6.712	15.003	670.123	700.123	30.000	23.337	365.062	335.062
95	00:09:47	3.051	9.503	3053.278	9.502	4551.681	6.784	15.029	670.797	700.797	30.000	23.360	365.398	335.398
96	00:09:53	3.057	9.603	3059.552	9.601	4555.155	6.855	15.060	671.663	701.663	30.000	23.389	365.831	335.831
97	00:09:59	3.066	9.702	3069.207	9.701	4558.643	6.926	15.108	673.267	703.267	30.000	23.442	366.633	336.633
98	00:10:05	3.072	9.803	3074.274	9.801	4562.159	6.998	15.133	673.858	703.858	30.000	23.462	366.929	336.929
99	00:10:11	3.042	9.902	3044.293	9.900	4565.630	7.068	14.985	666.779	696.779	30.000	23.226	363.390	333.390
100	00:10:17	3.003	10.002	3005.943	10.001	4569.155	7.140	14.796	657.872	687.872	30.000	22.929	358.936	328.936
101	00:10:23	2.993	10.102	2995.955	10.100	4572.646	7.211	14.747	655.185	685.185	30.000	22.840	357.593	327.593
102	00:10:30	2.989	10.202	2991.580	10.201	4576.196	7.283	14.726	653.721	683.721	30.000	22.791	356.861	326.861
103	00:10:36	2.985	10.302	2988.110	10.301	4579.720	7.354	14.709	652.460	682.460	30.000	22.749	356.230	326.230
104	00:10:42	2.983	10.402	2985.896	10.400	4583.237	7.425	14.698	651.477	681.477	30.000	22.716	355.738	325.738
105	00:10:48	2.981	10.502	2983.873	10.500	4586.769	7.497	14.688	650.534	680.534	30.000	22.684	355.267	325.267
106	00:10:54	2.976	10.602	2978.672	10.601	4590.327	7.568	14.662	648.897	678.897	30.000	22.630	354.448	324.448
107	00:11:00	2.968	10.702	2970.534	10.700	4593.863	7.639	14.622	646.626	676.626	30.000	22.554	353.313	323.313
108	00:11:06	2.956	10.803	2958.341	10.802	4597.465	7.712	14.562	643.467	673.467	30.000	22.449	351.734	321.734
109	00:11:13	2.951	10.902	2953.807	10.900	4600.965	7.782	14.540	641.992	671.992	30.000	22.400	350.996	320.996
110	00:11:19	2.939	11.002	2941.365	11.001	4604.548	7.854	14.479	638.790	668.790	30.000	22.293	349.395	319.395
111	00:11:25	2.898	11.103	2900.308	11.101	4608.137	7.926	14.276	629.383	659.383	30.000	21.979	344.692	314.692
112	00:11:31	2.816	11.202	2819.055	11.201	4611.699	7.997	13.876	611.279	641.279	30.000	21.376	335.639	305.639
113	00:11:37	2.792	11.303	2794.678	11.301	4615.308	8.069	13.756	605.519	635.519	30.000	21.184	332.759	302.759
114	00:11:43	2.778	11.403	2780.843	11.401	4618.893	8.140	13.688	602.053	632.053	30.000	21.068	331.027	301.027
115	00:11:49	2.764	11.503	2766.396	11.501	4622.479	8.211	13.617	598.461	628.461	30.000	20.949	329.230	299.230
116	00:11:55	2.732	11.603	2734.653	11.601	4626.070	8.283	13.461	591.135	621.135	30.000	20.704	325.567	295.567



117	00:12:01	2.722	11.702	2725.037	11.700	4629.644	8.353	13.414	588.601	618.601	30.000	20.620	324.301	294.301
118	00:12:07	2.721	11.803	2723.507	11.801	4633.295	8.426	13.406	587.807	617.807	30.000	20.594	323.904	293.904
119	00:12:14	2.708	11.903	2711.025	11.901	4636.901	8.497	13.345	584.658	614.658	30.000	20.489	322.329	292.329
120	00:12:20	2.694	12.002	2696.697	12.000	4640.486	8.567	13.274	581.119	611.119	30.000	20.371	320.560	290.560
121	00:12:26	2.689	12.103	2691.573	12.101	4644.160	8.640	13.249	579.556	609.556	30.000	20.319	319.778	289.778
122	00:12:32	2.686	12.203	2689.199	12.202	4647.802	8.711	13.237	578.591	608.591	30.000	20.286	319.296	289.296
123	00:12:38	2.687	12.302	2689.713	12.301	4651.411	8.782	13.240	578.253	608.253	30.000	20.275	319.126	289.126
124	00:12:44	2.685	12.402	2687.406	12.400	4655.028	8.853	13.228	577.308	607.308	30.000	20.244	318.654	288.654
125	00:12:50	2.676	12.503	2678.341	12.502	4658.726	8.925	13.184	574.904	604.904	30.000	20.163	317.452	287.452
126	00:12:56	2.675	12.603	2678.004	12.602	4662.382	8.997	13.182	574.381	604.381	30.000	20.146	317.190	287.190
127	00:13:02	2.674	12.702	2676.229	12.700	4666.002	9.067	13.173	573.555	603.555	30.000	20.118	316.777	286.777
128	00:13:08	2.671	12.802	2674.037	12.800	4669.665	9.139	13.163	572.635	602.635	30.000	20.088	316.318	286.318
129	00:13:14	2.678	12.902	2680.453	12.901	4673.354	9.210	13.194	573.556	603.556	30.000	20.119	316.778	286.778
130	00:13:18	2.681	12.964	2683.457	12.962	4675.618	9.254	13.209	573.921	603.921	30.000	20.131	316.960	286.960



- **Espécimen 02 (MEC.02)**

Tabla 13.

Resultados de Ensayo de compresión triaxial normado – Espécimen 02.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	01/09/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	Espécimen 02

															Valores Máximos														
															6.283	16.701	700.754	775.679	60.000	13.490	410.377	350.377							
Unidades																													
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa															
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q															
0	00:00:00	0.272	13.136	3.017	0.000	3855.415	0.000	0.016	0.747	75.672	60.000	1.261	60.373	0.373															
1	00:01:41	0.488	13.238	219.518	0.101	3858.210	0.072	1.189	0.757	75.682	60.000	1.948	60.378	0.378															
2	00:01:48	0.616	13.337	346.996	0.201	3860.954	0.143	1.880	0.743	75.668	60.000	2.498	60.371	0.371															
3	00:01:56	0.744	13.438	475.784	0.301	3863.730	0.215	2.577	0.767	75.692	60.000	3.052	60.383	0.383															
4	00:02:02	0.864	13.537	595.400	0.401	3866.486	0.286	3.225	0.767	75.692	60.000	3.566	60.384	0.384															



5	00:02:08	0.973	13.637	704.389	0.500	3869.238	0.357	3.816	0.808	75.733	60.000	4.034	60.404	0.404
6	00:02:15	1.072	13.737	803.133	0.600	3872.012	0.429	4.351	0.785	75.710	60.000	4.457	60.392	0.392
7	00:02:21	1.150	13.838	881.563	0.701	3874.818	0.501	4.776	0.809	75.734	60.000	4.792	60.405	0.405
8	00:02:29	1.215	13.936	946.709	0.800	3877.565	0.571	5.128	0.780	75.705	60.000	5.069	60.390	0.390
9	00:02:39	1.321	14.037	1052.153	0.900	3880.357	0.643	5.700	0.966	75.891	60.000	5.519	60.483	0.483
10	00:02:47	1.392	14.137	1123.058	1.001	3883.158	0.714	6.084	1.113	76.038	60.000	5.820	60.557	0.557
11	00:03:00	1.460	14.237	1191.141	1.100	3885.946	0.786	6.453	1.176	76.101	60.000	6.109	60.588	0.588
12	00:03:36	1.489	14.338	1220.803	1.202	3888.774	0.858	6.613	1.261	76.186	60.000	6.232	60.631	0.631
13	00:03:42	1.462	14.437	1193.289	1.301	3891.560	0.929	6.464	1.437	76.362	60.000	6.111	60.719	0.719
14	00:03:49	1.450	14.537	1180.985	1.400	3894.352	1.000	6.398	3.273	78.198	60.000	6.054	61.637	1.637
15	00:03:55	1.462	14.637	1193.023	1.501	3897.175	1.072	6.463	4.750	79.675	60.000	6.102	62.375	2.375
16	00:04:13	1.437	14.737	1168.170	1.601	3899.987	1.143	6.328	4.979	79.904	60.000	5.992	62.490	2.490
17	00:04:21	1.510	14.837	1241.693	1.701	3902.805	1.214	6.726	4.784	79.709	60.000	6.303	62.392	2.392
18	00:04:27	1.514	14.937	1245.669	1.801	3905.632	1.286	6.748	10.572	85.497	60.000	6.316	65.286	5.286
19	00:04:33	1.531	15.038	1262.508	1.901	3908.472	1.357	6.839	32.546	107.471	60.000	6.384	76.273	16.273
20	00:04:40	1.552	15.137	1283.416	2.001	3911.299	1.429	6.952	53.783	128.708	60.000	6.469	86.892	26.892
21	00:04:47	1.588	15.238	1319.254	2.101	3914.137	1.500	7.147	75.347	150.272	60.000	6.617	97.674	37.674
22	00:04:56	1.630	15.337	1361.278	2.201	3916.964	1.571	7.374	95.216	170.141	60.000	6.792	107.608	47.608
23	00:05:03	1.660	15.438	1391.193	2.302	3919.825	1.643	7.536	115.485	190.410	60.000	6.915	117.743	57.743
24	00:05:09	1.685	15.537	1416.454	2.401	3922.662	1.714	7.673	135.010	209.935	60.000	7.018	127.505	67.505
25	00:06:14	1.789	15.637	1520.110	2.501	3925.503	1.785	8.235	156.787	231.712	60.000	7.454	138.394	78.394
26	00:06:20	1.983	15.737	1714.274	2.601	3928.359	1.857	9.286	175.549	250.474	60.000	8.273	147.775	87.775
27	00:06:27	2.090	15.836	1821.905	2.700	3931.198	1.928	9.869	194.661	269.586	60.000	8.724	157.330	97.330
28	00:06:33	2.169	15.937	1900.060	2.801	3934.088	2.000	10.293	218.454	293.379	60.000	9.049	169.227	109.227
29	00:06:40	2.212	16.037	1943.442	2.900	3936.937	2.071	10.528	244.907	319.832	60.000	9.227	182.453	122.453
30	00:06:46	2.252	16.137	1983.341	3.001	3939.819	2.142	10.744	269.928	344.853	60.000	9.390	194.964	134.964
31	00:06:52	2.301	16.237	2032.952	3.101	3942.704	2.214	11.013	293.991	368.916	60.000	9.594	206.996	146.996
32	00:06:59	2.341	16.337	2072.172	3.201	3945.573	2.285	11.225	318.170	393.095	60.000	9.753	219.085	159.085



33	00:07:05	2.374	16.438	2105.388	3.302	3948.490	2.357	11.405	343.741	418.666	60.000	9.887	231.871	171.871
34	00:07:11	2.401	16.537	2132.783	3.401	3951.347	2.428	11.554	368.452	443.377	60.000	9.996	244.226	184.226
35	00:07:17	2.381	16.636	2112.723	3.500	3954.230	2.499	11.445	393.784	468.709	60.000	9.905	256.892	196.892
36	00:07:23	2.390	16.737	2121.455	3.601	3957.154	2.571	11.492	417.040	491.965	60.000	9.935	268.520	208.520
37	00:07:30	2.405	16.837	2136.599	3.701	3960.061	2.643	11.574	440.401	515.326	60.000	9.992	280.201	220.201
38	00:07:36	2.416	16.937	2147.235	3.801	3962.949	2.713	11.632	462.200	537.125	60.000	10.030	291.100	231.100
39	00:07:42	2.436	17.038	2167.149	3.901	3965.883	2.785	11.740	483.709	558.634	60.000	10.107	301.854	241.854
40	00:07:48	2.456	17.137	2187.675	4.000	3968.764	2.856	11.851	504.062	578.987	60.000	10.187	312.031	252.031
41	00:07:54	2.483	17.237	2214.613	4.101	3971.698	2.928	11.997	523.740	598.665	60.000	10.293	321.870	261.870
42	00:08:00	2.508	17.337	2239.336	4.201	3974.614	2.999	12.131	541.251	616.176	60.000	10.390	330.625	270.625
43	00:08:06	2.514	17.438	2245.597	4.302	3977.568	3.071	12.165	556.273	631.198	60.000	10.409	338.137	278.137
44	00:08:13	2.521	17.537	2252.501	4.400	3980.470	3.142	12.202	569.026	643.951	60.000	10.431	344.513	284.513
45	00:08:19	2.544	17.637	2275.148	4.501	3983.413	3.213	12.325	579.996	654.921	60.000	10.519	349.998	289.998
46	00:08:26	2.574	17.736	2305.636	4.600	3986.337	3.284	12.490	585.951	660.876	60.000	10.640	352.975	292.975
47	00:08:32	2.587	17.837	2318.681	4.700	3989.288	3.356	12.561	590.010	664.935	60.000	10.687	355.005	295.005
48	00:08:38	2.592	17.938	2323.766	4.801	3992.268	3.428	12.588	599.633	674.558	60.000	10.701	359.816	299.816
49	00:08:44	2.609	18.038	2340.308	4.902	3995.227	3.499	12.678	608.782	683.707	60.000	10.763	364.391	304.391
50	00:08:50	2.630	18.138	2361.238	5.002	3998.186	3.571	12.791	618.860	693.785	60.000	10.843	369.430	309.430
51	00:08:57	2.652	18.238	2383.583	5.101	4001.143	3.642	12.912	626.006	700.931	60.000	10.929	373.003	313.003
52	00:09:02	2.673	18.337	2404.420	5.201	4004.098	3.713	13.025	634.778	709.703	60.000	11.008	377.389	317.389
53	00:09:09	2.697	18.437	2428.558	5.301	4007.061	3.784	13.156	642.890	717.815	60.000	11.101	381.445	321.445
54	00:09:14	2.720	18.536	2451.622	5.400	4010.021	3.855	13.281	648.631	723.556	60.000	11.189	384.316	324.316
55	00:09:20	2.743	18.637	2473.998	5.500	4013.003	3.927	13.402	652.858	727.783	60.000	11.275	386.429	326.429
56	00:09:27	2.763	18.737	2494.520	5.601	4016.002	3.999	13.513	657.772	732.697	60.000	11.352	388.886	328.886
57	00:09:33	2.783	18.838	2514.123	5.701	4019.010	4.071	13.619	660.245	735.170	60.000	11.426	390.122	330.122
58	00:09:39	2.784	18.937	2515.246	5.801	4021.990	4.142	13.625	659.182	734.107	60.000	11.423	389.591	329.591
59	00:09:46	2.805	19.037	2536.806	5.900	4024.971	4.213	13.742	662.590	737.515	60.000	11.504	391.295	331.295
60	00:09:52	2.832	19.137	2563.362	6.001	4027.990	4.284	13.886	664.555	739.480	60.000	11.606	392.277	332.277



61	00:09:59	2.856	19.237	2587.926	6.101	4030.991	4.356	14.019	667.529	742.454	60.000	11.700	393.765	333.765
62	00:10:05	2.873	19.337	2604.760	6.200	4033.990	4.427	14.110	671.938	746.863	60.000	11.762	395.969	335.969
63	00:10:12	2.895	19.437	2626.094	6.301	4037.023	4.499	14.226	675.524	750.449	60.000	11.842	397.762	337.762
64	00:10:18	2.914	19.537	2645.422	6.401	4040.029	4.570	14.331	677.382	752.307	60.000	11.913	398.691	338.691
65	00:10:24	2.931	19.636	2662.944	6.500	4043.041	4.641	14.425	681.060	755.985	60.000	11.977	400.530	340.530
66	00:10:30	2.945	19.737	2676.114	6.601	4046.106	4.713	14.497	682.986	757.911	60.000	12.023	401.493	341.493
67	00:10:36	2.954	19.837	2685.183	6.700	4049.115	4.784	14.546	679.705	754.630	60.000	12.052	399.852	339.852
68	00:10:43	2.967	19.937	2698.699	6.801	4052.168	4.855	14.619	671.882	746.807	60.000	12.100	395.941	335.941
69	00:10:49	2.981	20.037	2712.631	6.900	4055.195	4.927	14.695	674.614	749.539	60.000	12.149	397.307	337.307
70	00:10:55	2.993	20.137	2724.523	7.001	4058.250	4.998	14.759	677.797	752.722	60.000	12.189	398.898	338.898
71	00:11:02	3.001	20.237	2732.124	7.101	4061.316	5.070	14.800	682.023	756.948	60.000	12.212	401.011	341.011
72	00:11:08	3.003	20.338	2734.826	7.201	4064.385	5.141	14.815	685.750	760.675	60.000	12.215	402.875	342.875
73	00:11:14	2.996	20.438	2727.398	7.302	4067.453	5.213	14.775	687.852	762.777	60.000	12.176	403.926	343.926
74	00:11:20	2.996	20.538	2727.482	7.401	4070.506	5.284	14.775	688.058	762.983	60.000	12.168	404.029	344.029
75	00:11:26	3.012	20.638	2743.030	7.502	4073.587	5.356	14.859	689.673	764.598	60.000	12.223	404.837	344.837
76	00:11:32	3.110	20.737	2841.561	7.600	4076.625	5.426	15.393	690.656	765.581	60.000	12.617	405.328	345.328
77	00:11:38	3.168	20.837	2899.159	7.701	4079.711	5.498	15.705	686.800	761.725	60.000	12.844	403.400	343.400
78	00:11:45	3.177	20.937	2908.521	7.801	4082.805	5.569	15.756	689.195	764.120	60.000	12.873	404.597	344.597
79	00:11:52	3.183	21.036	2914.147	7.900	4085.868	5.640	15.786	688.755	763.680	60.000	12.887	404.378	344.378
80	00:11:58	3.186	21.136	2917.897	8.000	4088.967	5.712	15.807	689.749	764.674	60.000	12.893	404.875	344.875
81	00:12:04	3.195	21.237	2926.785	8.101	4092.075	5.783	15.855	691.783	766.708	60.000	12.920	405.892	345.892
82	00:12:10	3.209	21.337	2940.233	8.200	4095.173	5.855	15.928	693.646	768.571	60.000	12.966	406.823	346.823
83	00:12:16	3.224	21.438	2955.262	8.301	4098.312	5.927	16.009	694.582	769.507	60.000	13.018	407.291	347.291
84	00:12:27	3.251	21.537	2982.865	8.401	4101.404	5.998	16.159	695.204	770.129	60.000	13.121	407.602	347.602
85	00:12:34	3.304	21.636	3035.210	8.500	4104.504	6.069	16.442	697.203	772.128	60.000	13.325	408.601	348.601
86	00:12:40	3.324	21.738	3055.199	8.602	4107.672	6.141	16.550	698.709	773.634	60.000	13.396	409.354	349.354
87	00:12:46	3.338	21.837	3069.913	8.701	4110.778	6.212	16.630	700.459	775.384	60.000	13.446	410.230	350.230
88	00:12:52	3.351	21.937	3082.923	8.801	4113.908	6.283	16.701	700.754	775.679	60.000	13.490	410.377	350.377



89	00:12:59	3.085	22.037	2816.087	8.901	4117.053	6.355	15.255	700.721	775.646	60.000	12.400	410.360	350.360
90	00:13:05	2.886	22.137	2617.508	9.001	4120.193	6.426	14.179	699.585	774.510	60.000	11.588	409.793	349.793
91	00:13:11	2.425	22.237	2156.211	9.101	4123.340	6.498	11.680	699.988	774.913	60.000	9.715	409.994	349.994
92	00:13:17	2.378	22.337	2109.728	9.201	4126.494	6.569	11.429	699.321	774.246	60.000	9.521	409.661	349.661
93	00:13:23	2.349	22.438	2080.368	9.301	4129.654	6.641	11.270	698.072	772.997	60.000	9.396	409.036	349.036
94	00:13:29	2.314	22.538	2045.549	9.401	4132.814	6.712	11.081	698.345	773.270	60.000	9.249	409.172	349.172
95	00:13:35	2.250	22.637	1981.149	9.501	4135.966	6.783	10.732	698.251	773.176	60.000	8.983	409.125	349.125
96	00:13:41	2.188	22.736	1919.682	9.600	4139.107	6.854	10.399	698.059	772.984	60.000	8.730	409.030	349.030
97	00:13:48	2.178	22.838	1909.787	9.702	4142.329	6.926	10.346	698.241	773.166	60.000	8.684	409.120	349.120
98	00:13:54	2.171	22.937	1902.000	9.801	4145.497	6.998	10.303	693.348	768.273	60.000	8.647	406.674	346.674
99	00:14:00	2.164	23.037	1895.375	9.901	4148.682	7.069	10.267	688.868	763.793	60.000	8.614	404.434	344.434
100	00:14:10	2.155	23.136	1886.190	10.000	4151.842	7.140	10.218	683.624	758.549	60.000	8.572	401.812	341.812
101	00:14:16	2.142	23.237	1873.886	10.101	4155.069	7.212	10.151	681.692	756.617	60.000	8.516	400.846	340.846
102	00:14:23	2.110	23.337	1841.229	10.201	4158.256	7.283	9.974	680.489	502.785	60.000	8.380	400.245	340.245



- **Espécimen 03 (MEC.03)**

Tabla 14.

Resultados de Ensayo de compresión triaxial normado – Espécimen 03.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	02/09/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	Espécimen 03

														Valores Máximos							
														3.756	16.388	755.175	875.175	120.000	7.293	497.587	377.587
Unidades																					
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa							
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q							
0	00:00:00	0.000	0.005	3.017	0.000	3855.783	0.000	0.016	0.782	120.782	120.000	1.007	120.391	0.391							
1	00:00:06	0.000	0.105	2.950	0.101	3858.539	0.071	0.016	0.765	120.765	120.000	1.006	120.382	0.382							
2	00:00:12	0.000	0.205	3.181	0.201	3861.273	0.142	0.017	0.824	120.824	120.000	1.007	120.412	0.412							
3	00:00:18	0.000	0.306	3.234	0.301	3864.026	0.213	0.018	0.837	120.837	120.000	1.007	120.418	0.418							
4	00:00:24	0.000	0.405	3.132	0.400	3866.756	0.284	0.017	0.810	120.810	120.000	1.007	120.405	0.405							



5	00:00:30	0.000	0.505	3.328	0.501	3869.515	0.355	0.018	0.860	120.860	120.000	1.007	120.430	0.430
6	00:00:36	0.000	0.605	3.168	0.600	3872.258	0.425	0.017	0.818	120.818	120.000	1.007	120.409	0.409
7	00:00:42	0.000	0.705	3.323	0.700	3875.013	0.496	0.018	0.857	120.857	120.000	1.007	120.429	0.429
8	00:00:48	0.000	0.806	3.319	0.801	3877.797	0.568	0.018	0.855	120.855	120.000	1.007	120.428	0.428
9	00:00:54	0.002	0.905	4.730	0.901	3880.552	0.638	0.026	1.218	121.218	120.000	1.010	120.609	0.609
10	00:01:00	0.003	1.005	5.843	1.000	3883.318	0.709	0.032	1.504	121.504	120.000	1.013	120.752	0.752
11	00:01:07	0.003	1.106	6.460	1.102	3886.121	0.781	0.035	1.662	121.662	120.000	1.014	120.831	0.831
12	00:01:13	0.004	1.205	7.090	1.201	3888.872	0.851	0.038	1.823	121.823	120.000	1.015	120.912	0.912
13	00:01:19	0.005	1.305	8.288	1.300	3891.652	0.922	0.045	2.130	122.130	120.000	1.018	121.065	1.065
14	00:01:26	0.020	1.406	22.807	1.402	3894.472	0.993	0.124	5.856	125.856	120.000	1.049	122.928	2.928
15	00:01:32	0.031	1.505	34.241	1.501	3897.236	1.064	0.185	8.786	128.786	120.000	1.073	124.393	4.393
16	00:01:38	0.033	1.605	36.020	1.601	3900.029	1.134	0.195	9.236	129.236	120.000	1.077	124.618	4.618
17	00:01:44	0.031	1.705	34.574	1.700	3902.811	1.205	0.187	8.859	128.859	120.000	1.074	124.429	4.429
18	00:01:50	0.077	1.805	79.837	1.800	3905.613	1.276	0.432	20.441	140.441	120.000	1.170	130.221	10.221
19	00:01:57	0.248	1.906	251.536	1.901	3908.438	1.347	1.362	64.357	184.357	120.000	1.536	152.178	32.178
20	00:02:03	0.415	2.006	417.755	2.001	3911.257	1.418	2.263	106.807	226.807	120.000	1.890	173.404	53.404
21	00:02:10	0.584	2.106	586.876	2.101	3914.069	1.489	3.179	149.939	269.939	120.000	2.249	194.969	74.969
22	00:02:16	0.740	2.205	743.271	2.200	3916.857	1.559	4.026	189.761	309.761	120.000	2.581	214.880	94.880
23	00:02:23	0.898	2.306	900.887	2.301	3919.713	1.631	4.880	229.833	349.833	120.000	2.915	234.917	114.917
24	00:02:29	1.049	2.405	1052.565	2.400	3922.509	1.701	5.701	268.338	388.338	120.000	3.236	254.169	134.169
25	00:02:36	1.202	2.505	1204.719	2.500	3925.337	1.772	6.525	306.906	426.906	120.000	3.558	273.453	153.453
26	00:02:42	1.348	2.606	1351.517	2.601	3928.208	1.844	7.321	344.051	464.051	120.000	3.867	292.026	172.026
27	00:02:49	1.499	2.706	1502.210	2.701	3931.031	1.914	8.137	382.138	502.138	120.000	4.184	311.069	191.069
28	00:02:55	1.639	2.805	1642.641	2.801	3933.863	1.985	8.898	417.561	537.561	120.000	4.480	328.780	208.780
29	00:03:02	1.776	2.906	1779.490	2.901	3936.725	2.056	9.639	452.019	572.019	120.000	4.767	346.010	226.010
30	00:03:08	1.897	3.005	1900.513	3.000	3939.552	2.126	10.294	482.415	602.415	120.000	5.020	361.207	241.207
31	00:03:14	2.003	3.105	2006.312	3.100	3942.411	2.197	10.867	508.901	628.901	120.000	5.241	374.450	254.450
32	00:03:20	2.105	3.205	2108.215	3.200	3945.265	2.268	11.419	534.361	654.361	120.000	5.453	387.181	267.181



33	00:03:27	2.208	3.305	2210.823	3.301	3948.136	2.339	11.975	559.962	679.962	120.000	5.666	399.981	279.981
34	00:03:33	2.301	3.405	2304.180	3.401	3951.010	2.410	12.481	583.183	703.183	120.000	5.860	411.591	291.591
35	00:03:39	2.391	3.505	2394.583	3.500	3953.871	2.481	12.971	605.625	725.625	120.000	6.047	422.812	302.812
36	00:03:45	2.467	3.605	2470.218	3.600	3956.742	2.552	13.380	624.301	744.301	120.000	6.203	432.150	312.150
37	00:03:52	2.540	3.706	2543.368	3.701	3959.641	2.623	13.776	642.318	762.318	120.000	6.353	441.159	321.159
38	00:03:58	2.602	3.806	2605.013	3.801	3962.539	2.694	14.110	657.405	777.405	120.000	6.478	448.702	328.702
39	00:04:04	2.662	3.906	2664.701	3.901	3965.421	2.765	14.434	671.979	791.979	120.000	6.600	455.990	335.990
40	00:04:10	2.720	4.005	2723.103	4.001	3968.298	2.835	14.750	686.209	806.209	120.000	6.718	463.104	343.104
41	00:04:16	2.770	4.106	2772.940	4.101	3971.217	2.907	15.020	698.254	818.254	120.000	6.819	469.127	349.127
42	00:04:22	2.810	4.205	2812.870	4.201	3974.096	2.977	15.236	707.795	827.795	120.000	6.898	473.898	353.898
43	00:04:29	2.843	4.305	2846.029	4.300	3976.996	3.048	15.416	715.617	835.617	120.000	6.963	477.808	357.808
44	00:04:34	2.870	4.405	2872.745	4.400	3979.894	3.118	15.561	721.808	841.808	120.000	7.015	480.904	360.904
45	00:04:41	2.896	4.505	2899.234	4.501	3982.827	3.190	15.704	727.928	847.928	120.000	7.066	483.964	363.964
46	00:04:47	2.916	4.606	2919.463	4.601	3985.754	3.261	15.814	732.469	852.469	120.000	7.104	486.234	366.234
47	00:04:53	2.942	4.705	2944.924	4.700	3988.653	3.331	15.951	738.319	858.319	120.000	7.153	489.160	369.160
48	00:04:59	2.963	4.806	2966.635	4.801	3991.602	3.403	16.069	743.213	863.213	120.000	7.193	491.606	371.606
49	00:05:05	2.982	4.905	2985.359	4.901	3994.521	3.473	16.171	747.357	867.357	120.000	7.228	493.679	373.679
50	00:05:11	2.999	5.006	3002.309	5.001	3997.463	3.544	16.262	751.047	871.047	120.000	7.259	495.524	375.524
51	00:05:17	3.011	5.106	3014.103	5.102	4000.425	3.616	16.326	753.439	873.439	120.000	7.279	496.720	376.720
52	00:05:23	3.020	5.205	3022.764	5.200	4003.331	3.686	16.373	755.056	875.056	120.000	7.292	497.528	377.528
53	00:05:29	3.022	5.305	3025.466	5.300	4006.278	3.756	16.388	755.175	875.175	120.000	7.293	497.587	377.587
54	00:05:35	3.019	5.405	3021.907	5.401	4009.240	3.828	16.368	753.730	873.730	120.000	7.281	496.865	376.865
55	00:05:41	3.007	5.506	3009.781	5.502	4012.223	3.899	16.303	750.147	870.147	120.000	7.251	495.073	375.073
56	00:05:47	3.000	5.606	3003.476	5.602	4015.187	3.970	16.269	748.023	868.023	120.000	7.234	494.011	374.011
57	00:05:53	2.979	5.705	2982.031	5.701	4018.121	4.040	16.152	742.140	862.140	120.000	7.184	491.070	371.070
58	00:05:59	2.927	5.805	2930.032	5.801	4021.089	4.111	15.871	728.660	848.660	120.000	7.072	484.330	364.330
59	00:06:05	2.924	5.906	2927.534	5.901	4024.090	4.182	15.857	727.496	847.496	120.000	7.062	483.748	363.748
60	00:06:11	2.927	6.005	2930.569	6.000	4027.036	4.253	15.874	727.718	847.718	120.000	7.064	483.859	363.859



61	00:06:17	2.931	6.105	2934.554	6.100	4030.012	4.323	15.895	728.169	848.169	120.000	7.068	484.084	364.084
62	00:06:23	2.934	6.205	2937.460	6.200	4032.998	4.394	15.911	728.350	848.350	120.000	7.070	484.175	364.175
63	00:06:29	2.935	6.306	2938.521	6.301	4036.026	4.466	15.917	728.067	848.067	120.000	7.067	484.033	364.033
64	00:06:35	2.935	6.405	2937.669	6.400	4038.988	4.536	15.912	727.322	847.322	120.000	7.061	483.661	363.661
65	00:06:41	2.937	6.505	2940.136	6.500	4041.991	4.607	15.926	727.392	847.392	120.000	7.062	483.696	363.696
66	00:06:47	2.941	6.605	2944.103	6.600	4044.997	4.678	15.947	727.832	847.832	120.000	7.065	483.916	363.916
67	00:06:53	2.949	6.706	2952.440	6.701	4048.037	4.749	15.992	729.345	849.345	120.000	7.078	484.673	364.673
68	00:06:59	2.955	6.805	2957.729	6.801	4051.038	4.820	16.021	730.110	850.110	120.000	7.084	485.055	365.055
69	00:07:06	2.957	6.906	2960.649	6.901	4054.064	4.891	16.037	730.286	850.286	120.000	7.086	485.143	365.143
70	00:07:12	2.961	7.005	2964.300	7.001	4057.073	4.961	16.056	730.644	850.644	120.000	7.089	485.322	365.322
71	00:07:18	2.967	7.106	2970.521	7.101	4060.125	5.033	16.090	731.627	851.627	120.000	7.097	485.813	365.813
72	00:07:24	2.973	7.205	2976.356	7.200	4063.126	5.103	16.122	732.523	852.523	120.000	7.104	486.261	366.261
73	00:07:30	2.981	7.306	2984.467	7.301	4066.191	5.175	16.166	733.965	853.965	120.000	7.116	486.983	366.983
74	00:07:36	2.988	7.405	2991.012	7.400	4069.202	5.245	16.201	735.030	855.030	120.000	7.125	487.515	367.515
75	00:07:42	2.995	7.505	2997.969	7.500	4072.249	5.316	16.239	736.189	856.189	120.000	7.135	488.094	368.094
76	00:07:48	3.003	7.606	3005.930	7.602	4075.334	5.387	16.282	737.585	857.585	120.000	7.147	488.792	368.792
77	00:07:54	3.005	7.706	3008.476	7.701	4078.378	5.458	16.296	737.659	857.659	120.000	7.147	488.829	368.829
78	00:08:00	3.008	7.805	3011.338	7.801	4081.423	5.528	16.311	737.810	857.810	120.000	7.148	488.905	368.905
79	00:08:06	3.008	7.906	3011.658	7.901	4084.513	5.600	16.313	737.330	857.330	120.000	7.144	488.665	368.665
80	00:08:12	3.013	8.005	3016.068	8.000	4087.537	5.670	16.337	737.863	857.863	120.000	7.149	488.932	368.932
81	00:08:18	3.017	8.105	3020.230	8.100	4090.612	5.741	16.359	738.326	858.326	120.000	7.153	489.163	369.163
82	00:08:24	3.015	8.206	3018.455	8.201	4093.719	5.812	16.350	737.332	857.332	120.000	7.144	488.666	368.666
83	00:08:30	3.013	8.305	3016.627	8.300	4096.781	5.883	16.340	736.335	856.335	120.000	7.136	488.167	368.167
84	00:08:36	3.007	8.406	3010.562	8.401	4099.889	5.954	16.307	734.297	854.297	120.000	7.119	487.149	367.149
85	00:08:42	3.008	8.505	3011.529	8.501	4102.965	6.024	16.312	733.982	853.982	120.000	7.117	486.991	366.991
86	00:08:48	3.010	8.606	3013.251	8.601	4106.081	6.096	16.322	733.845	853.845	120.000	7.115	486.922	366.922
87	00:08:54	3.011	8.706	3014.187	8.701	4109.193	6.167	16.327	733.517	853.517	120.000	7.113	486.758	366.758
88	00:09:00	3.013	8.805	3016.481	8.800	4112.264	6.237	16.339	733.527	853.527	120.000	7.113	486.763	366.763



89	00:09:06	3.010	8.906	3013.446	8.902	4115.417	6.309	16.323	732.227	852.227	120.000	7.102	486.114	366.114
90	00:09:12	3.008	9.005	3011.046	9.000	4118.485	6.379	16.310	731.099	851.099	120.000	7.092	485.550	365.550
91	00:09:18	3.005	9.105	3007.749	9.101	4121.623	6.450	16.292	729.743	849.743	120.000	7.081	484.871	364.871
92	00:09:24	2.998	9.205	3001.266	9.200	4124.736	6.520	16.257	727.620	847.620	120.000	7.064	483.810	363.810
93	00:09:30	2.998	9.305	3001.386	9.300	4127.854	6.591	16.257	727.100	847.100	120.000	7.059	483.550	363.550
94	00:09:36	2.998	9.405	3001.479	9.401	4131.014	6.663	16.258	726.566	846.566	120.000	7.055	483.283	363.283
95	00:09:43	2.997	9.506	3000.210	9.501	4134.170	6.734	16.251	725.704	845.704	120.000	7.048	482.852	362.852
96	00:09:48	2.994	9.605	2997.308	9.601	4137.287	6.804	16.235	724.456	844.456	120.000	7.037	482.228	362.228
97	00:09:55	2.991	9.705	2994.442	9.700	4140.427	6.875	16.220	723.215	843.215	120.000	7.027	481.607	361.607
98	00:10:01	2.951	9.806	2953.749	9.801	4143.616	6.946	15.999	712.837	832.837	120.000	6.940	476.419	356.419
99	00:10:07	2.945	9.906	2948.194	9.901	4146.759	7.017	15.969	710.958	830.958	120.000	6.925	475.479	355.479
100	00:10:13	2.941	10.005	2943.872	10.000	4149.908	7.087	15.946	709.377	829.377	120.000	6.911	474.688	354.688
101	00:10:19	2.938	10.106	2941.236	10.101	4153.094	7.159	15.932	708.198	828.198	120.000	6.902	474.099	354.099
102	00:10:25	2.936	10.205	2939.559	10.200	4156.243	7.229	15.922	707.258	827.258	120.000	6.894	473.629	353.629
103	00:10:31	2.935	10.305	2937.793	10.300	4159.417	7.300	15.913	706.293	826.293	120.000	6.886	473.147	353.147
104	00:10:37	2.932	10.405	2934.896	10.400	4162.601	7.371	15.897	705.057	825.057	120.000	6.875	472.529	352.529
105	00:10:43	2.929	10.506	2932.397	10.502	4165.830	7.443	15.884	703.911	823.911	120.000	6.866	471.955	351.955
106	00:10:49	2.929	10.606	2932.100	10.601	4169.021	7.513	15.882	703.301	823.301	120.000	6.861	471.650	351.650
107	00:10:55	2.930	10.706	2933.547	10.701	4172.208	7.584	15.890	703.110	823.110	120.000	6.859	471.555	351.555
108	00:11:02	2.932	10.806	2935.144	10.801	4175.419	7.655	15.899	702.952	822.952	120.000	6.858	471.476	351.476
109	00:11:08	2.933	10.906	2936.293	10.901	4178.624	7.726	15.905	702.688	822.688	120.000	6.856	471.344	351.344
110	00:11:14	2.933	11.005	2935.712	11.001	4181.815	7.796	15.902	702.013	822.013	120.000	6.850	471.006	351.006
111	00:11:20	2.933	11.106	2936.103	11.102	4185.059	7.868	15.904	701.562	821.562	120.000	6.846	470.781	350.781
112	00:11:26	2.934	11.206	2937.615	11.201	4188.276	7.939	15.912	701.384	821.384	120.000	6.845	470.692	350.692
113	00:11:32	2.935	11.305	2938.463	11.300	4191.463	8.009	15.916	701.053	821.053	120.000	6.842	470.527	350.527
114	00:11:38	2.939	11.406	2942.656	11.401	4194.725	8.080	15.939	701.508	821.508	120.000	6.846	470.754	350.754
115	00:11:44	2.942	11.506	2945.563	11.501	4197.962	8.151	15.955	701.659	821.659	120.000	6.847	470.830	350.830
116	00:11:50	2.944	11.606	2947.652	11.601	4201.195	8.222	15.966	701.617	821.617	120.000	6.847	470.808	350.808



117	00:11:56	2.941	11.706	2944.058	11.701	4204.460	8.293	15.947	700.217	820.217	120.000	6.835	470.108	350.108
118	00:12:02	2.932	11.805	2935.122	11.801	4207.692	8.363	15.898	697.555	817.555	120.000	6.813	468.778	348.778
119	00:12:08	2.936	11.906	2939.604	11.901	4210.954	8.434	15.923	698.079	818.079	120.000	6.817	469.040	349.040
120	00:12:15	2.942	12.005	2945.256	12.001	4214.209	8.505	15.953	698.881	818.881	120.000	6.824	469.441	349.441
121	00:12:21	2.938	12.106	2941.498	12.102	4217.504	8.577	15.933	697.444	817.444	120.000	6.812	468.722	348.722
122	00:12:27	2.943	12.205	2945.953	12.201	4220.743	8.647	15.957	697.964	817.964	120.000	6.816	468.982	348.982
123	00:12:33	2.947	12.305	2949.769	12.300	4224.013	8.718	15.978	698.328	818.328	120.000	6.819	469.164	349.164
124	00:12:39	2.950	12.406	2953.034	12.401	4227.324	8.789	15.995	698.553	818.553	120.000	6.821	469.276	349.276
125	00:12:45	2.954	12.505	2957.001	12.500	4230.584	8.859	16.017	698.952	818.952	120.000	6.825	469.476	349.476
126	00:12:51	2.951	12.605	2954.259	12.600	4233.864	8.930	16.002	697.763	817.763	120.000	6.815	468.882	348.882
127	00:12:57	2.948	12.706	2951.446	12.702	4237.211	9.002	15.987	696.548	816.548	120.000	6.805	468.274	348.274
128	00:13:03	2.947	12.805	2950.474	12.800	4240.463	9.072	15.982	695.785	815.785	120.000	6.798	467.892	347.892
129	00:13:09	2.946	12.905	2948.833	12.901	4243.787	9.143	15.973	694.853	814.853	120.000	6.790	467.427	347.427
130	00:13:15	2.940	13.005	2943.637	13.001	4247.107	9.214	15.945	693.086	813.086	120.000	6.776	466.543	346.543
131	00:13:21	2.939	13.106	2942.146	13.101	4250.438	9.285	15.936	692.193	812.193	120.000	6.768	466.096	346.096
132	00:13:27	2.937	13.205	2939.737	13.201	4253.745	9.356	15.923	691.088	811.088	120.000	6.759	465.544	345.544
133	00:13:33	2.931	13.305	2934.505	13.301	4257.069	9.426	15.895	689.319	809.319	120.000	6.744	464.660	344.660
134	00:13:39	2.927	13.405	2929.979	13.400	4260.389	9.497	15.871	687.720	807.720	120.000	6.731	463.860	343.860
135	00:13:45	2.925	13.505	2928.293	13.500	4263.731	9.568	15.861	686.786	806.786	120.000	6.723	463.393	343.393
136	00:13:52	2.922	13.605	2924.965	13.600	4267.080	9.639	15.843	685.467	805.467	120.000	6.712	462.733	342.733
137	00:13:58	2.905	13.706	2908.517	13.702	4270.471	9.711	15.754	681.071	801.071	120.000	6.676	460.535	340.535
138	00:14:03	2.889	13.805	2892.273	13.801	4273.797	9.781	15.666	676.740	796.740	120.000	6.639	458.370	338.370
139	00:14:10	2.887	13.905	2890.480	13.900	4277.137	9.851	15.657	675.792	795.792	120.000	6.632	457.896	337.896
140	00:14:16	2.882	14.006	2885.204	14.001	4280.543	9.923	15.628	674.022	794.022	120.000	6.617	457.011	337.011
141	00:14:21	2.881	14.106	2883.749	14.101	4283.908	9.994	15.620	673.153	793.153	120.000	6.610	456.576	336.576
142	00:14:27	2.860	14.205	2863.462	14.200	4287.245	10.064	15.510	667.897	787.897	120.000	6.566	453.949	333.949
143	00:14:34	2.848	14.306	2850.706	14.301	4290.663	10.135	15.441	664.392	784.392	120.000	6.537	452.196	332.196
144	00:14:40	2.845	14.406	2848.438	14.401	4294.041	10.206	15.429	663.341	783.341	120.000	6.528	451.671	331.671



145	00:14:46	2.844	14.505	2846.828	14.501	4297.429	10.277	15.420	662.444	782.444	120.000	6.520	451.222	331.222
146	00:14:52	2.842	14.605	2845.035	14.601	4300.817	10.348	15.410	661.505	781.505	120.000	6.513	450.752	330.752
147	00:14:58	2.837	14.706	2840.278	14.701	4304.241	10.419	15.385	659.874	779.874	120.000	6.499	449.937	329.937
148	00:15:02	2.837	14.764	2840.651	14.759	4306.220	10.460	15.387	659.657	779.657	120.000	6.497	449.828	329.828

3.5.2.5. Ensayo de compresión triaxial con la técnica multietapa (NTP 339.164)

- **Espécimen 01 (MEM.01)**

Tabla 15.

Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 01.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL MULTIETAPA
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	08/09/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	C01 – MEM01

<u>ETAPA 01</u>							Valores Máximos							
							4.287	14.904	683.014	713.014	30.000	23.767	371.507	341.507
Unidades														
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa
LECTURA		CARGA	DESP.					ESFUERZO		σ_1	σ_3	σ_1	p	q



	TIEMPO TRANSCURRI DO			CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL		ESFUERZO A LA COMP. CORR.			---		
												σ ₃		
0	00:00:00	0.000	0.002	3.017	0.000	3959.190	0.000	0.016	0.762	30.762	30.000	1.025	30.381	0.381
1	00:00:06	0.001	0.103	4.131	0.101	3962.046	0.072	0.022	1.043	31.043	30.000	1.035	30.521	0.521
2	00:00:12	0.002	0.203	4.521	0.201	3964.889	0.144	0.024	1.140	31.140	30.000	1.038	30.570	0.570
3	00:00:18	0.002	0.302	4.774	0.300	3967.701	0.215	0.025	1.203	31.203	30.000	1.040	30.602	0.602
4	00:00:25	0.003	0.403	5.755	0.401	3970.575	0.287	0.030	1.449	31.449	30.000	1.048	30.725	0.725
5	00:00:31	0.015	0.502	17.793	0.501	3973.400	0.358	0.094	4.478	34.478	30.000	1.149	32.239	2.239
6	00:00:37	0.018	0.602	20.863	0.600	3976.240	0.429	0.110	5.247	35.247	30.000	1.175	32.623	2.623
7	00:00:43	0.019	0.703	21.697	0.701	3979.126	0.501	0.114	5.453	35.453	30.000	1.182	32.726	2.726
8	00:00:49	0.020	0.802	22.904	0.800	3981.948	0.572	0.121	5.752	35.752	30.000	1.192	32.876	2.876
9	00:00:55	0.031	0.902	33.407	0.900	3984.816	0.643	0.176	8.383	38.383	30.000	1.279	34.192	4.192
10	00:01:02	0.132	1.003	135.124	1.001	3987.709	0.715	0.713	33.885	63.885	30.000	2.129	46.942	16.942
11	00:01:09	0.255	1.103	257.482	1.101	3990.572	0.786	1.358	64.522	94.522	30.000	3.151	62.261	32.261
12	00:01:16	0.384	1.203	387.303	1.201	3993.453	0.858	2.043	96.984	126.984	30.000	4.233	78.492	48.492
13	00:01:22	0.503	1.302	505.508	1.300	3996.301	0.929	2.667	126.493	156.493	30.000	5.216	93.246	63.246
14	00:01:29	0.613	1.402	616.081	1.401	3999.200	1.000	3.250	154.050	184.050	30.000	6.135	107.025	77.025
15	00:01:35	0.728	1.503	730.541	1.502	4002.114	1.073	3.854	182.537	212.537	30.000	7.085	121.269	91.269
16	00:01:41	0.836	1.603	838.843	1.601	4004.982	1.143	4.425	209.448	239.448	30.000	7.982	134.724	104.724
17	00:01:48	0.948	1.703	951.106	1.701	4007.890	1.215	5.017	237.307	267.307	30.000	8.910	148.653	118.653
18	00:01:54	1.044	1.802	1046.593	1.800	4010.763	1.286	5.521	260.944	290.944	30.000	9.698	160.472	130.472
19	00:02:01	1.147	1.903	1149.969	1.901	4013.693	1.358	6.066	286.509	316.509	30.000	10.550	173.255	143.255
20	00:02:07	1.252	2.002	1255.147	2.000	4016.574	1.429	6.621	312.489	342.489	30.000	11.416	186.245	156.245
21	00:02:13	1.359	2.102	1362.033	2.101	4019.497	1.500	7.185	338.854	368.854	30.000	12.295	199.427	169.427
22	00:02:20	1.465	2.202	1467.907	2.200	4022.410	1.572	7.743	364.929	394.929	30.000	13.164	212.465	182.465
23	00:02:26	1.560	2.303	1563.190	2.301	4025.343	1.643	8.246	388.334	418.334	30.000	13.944	224.167	194.167
24	00:02:32	1.659	2.403	1661.823	2.401	4028.285	1.715	8.766	412.535	442.535	30.000	14.751	236.268	206.268
25	00:02:39	1.754	2.503	1756.892	2.501	4031.202	1.786	9.268	435.820	465.820	30.000	15.527	247.910	217.910



26	00:02:45	1.843	2.603	1846.127	2.601	4034.135	1.858	9.739	457.623	487.623	30.000	16.254	258.811	228.811
27	00:02:52	1.920	2.702	1922.588	2.700	4037.051	1.929	10.142	476.232	506.232	30.000	16.874	268.116	238.116
28	00:02:58	1.987	2.802	1989.548	2.800	4040.000	2.000	10.495	492.459	522.458	30.000	17.415	276.229	246.229
29	00:03:04	2.075	2.903	2077.590	2.901	4042.961	2.072	10.960	513.874	543.874	30.000	18.129	286.937	256.937
30	00:03:10	2.108	3.003	2111.241	3.002	4045.934	2.144	11.137	521.814	551.814	30.000	18.394	290.907	260.907
31	00:03:17	2.144	3.103	2147.106	3.101	4048.871	2.215	11.326	530.293	560.293	30.000	18.676	295.147	265.147
32	00:03:23	2.214	3.203	2217.302	3.202	4051.849	2.287	11.697	547.228	577.228	30.000	19.241	303.614	273.614
33	00:03:29	2.285	3.303	2288.021	3.301	4054.790	2.358	12.070	564.271	594.271	30.000	19.809	312.136	282.136
34	00:03:35	2.350	3.403	2352.998	3.402	4057.785	2.430	12.412	579.868	609.868	30.000	20.329	319.934	289.934
35	00:03:41	2.416	3.503	2419.249	3.501	4060.741	2.501	12.762	595.760	625.760	30.000	20.859	327.880	297.880
36	00:03:48	2.471	3.602	2473.869	3.600	4063.693	2.572	13.050	608.769	638.769	30.000	21.292	334.384	304.384
37	00:03:54	2.524	3.702	2527.261	3.700	4066.674	2.643	13.332	621.452	651.452	30.000	21.715	340.726	310.726
38	00:04:00	2.570	3.803	2572.791	3.801	4069.680	2.715	13.572	632.180	662.180	30.000	22.073	346.090	316.090
39	00:04:06	2.563	3.903	2566.117	3.901	4072.668	2.786	13.537	630.077	660.077	30.000	22.003	345.039	315.039
40	00:04:12	2.605	4.002	2608.221	4.000	4075.638	2.857	13.759	639.949	669.949	30.000	22.332	349.974	319.974
41	00:04:19	2.653	4.103	2656.036	4.101	4078.679	2.930	14.011	651.195	681.195	30.000	22.706	355.597	325.597
42	00:04:25	2.694	4.202	2696.502	4.200	4081.642	3.000	14.224	660.636	690.636	30.000	23.021	360.318	330.318
43	00:04:31	2.725	4.303	2727.531	4.301	4084.676	3.072	14.388	667.742	697.742	30.000	23.258	363.871	333.871
44	00:04:37	2.741	4.403	2743.926	4.401	4087.696	3.144	14.475	671.259	701.259	30.000	23.375	365.630	335.630
45	00:04:43	2.742	4.503	2745.115	4.501	4090.703	3.215	14.481	671.057	701.057	30.000	23.369	365.528	335.528
46	00:04:49	2.750	4.602	2753.355	4.601	4093.717	3.286	14.524	672.575	702.575	30.000	23.419	366.288	336.288
47	00:04:55	2.737	4.703	2739.689	4.702	4096.768	3.358	14.452	668.738	698.738	30.000	23.291	364.369	334.369
48	00:05:01	2.738	4.802	2741.193	4.800	4099.766	3.429	14.460	668.616	698.616	30.000	23.287	364.308	334.308
49	00:05:08	2.741	4.903	2743.935	4.901	4102.830	3.501	14.475	668.785	698.785	30.000	23.293	364.393	334.393
50	00:05:14	2.754	5.002	2756.803	5.001	4105.846	3.572	14.543	671.428	701.428	30.000	23.381	365.714	335.714
51	00:05:20	2.768	5.102	2770.806	5.100	4108.882	3.643	14.616	674.340	704.340	30.000	23.478	367.170	337.170
52	00:05:26	2.747	5.202	2749.854	5.200	4111.919	3.714	14.506	668.747	698.747	30.000	23.292	364.373	334.373
53	00:05:32	2.755	5.303	2757.761	5.301	4114.998	3.786	14.548	670.168	700.168	30.000	23.339	365.084	335.084



54	00:05:38	2.728	5.402	2730.411	5.400	4118.041	3.857	14.403	663.031	693.031	30.000	23.101	361.515	331.515	
55	00:05:44	2.743	5.503	2745.475	5.501	4121.121	3.929	14.483	666.190	696.190	30.000	23.206	363.095	333.095	
56	00:05:50	2.750	5.603	2752.969	5.601	4124.202	4.001	14.522	667.510	697.510	30.000	23.250	363.755	333.755	
57	00:05:56	2.761	5.703	2763.716	5.701	4127.270	4.072	14.579	669.618	699.618	30.000	23.321	364.809	334.809	
58	00:06:02	2.779	5.802	2782.347	5.800	4130.303	4.143	14.677	673.637	703.637	30.000	23.455	366.818	336.818	
59	00:06:09	2.803	5.902	2805.868	5.901	4133.401	4.215	14.801	678.822	708.822	30.000	23.627	369.411	339.411	
60	00:06:15	2.822	6.003	2825.325	6.002	4136.520	4.287	14.904	683.014	713.014	30.000	23.767	371.507	341.507	
61	00:06:21	2.793	6.102	2796.040	6.100	4139.571	4.357	14.749	675.436	705.436	30.000	23.515	367.718	337.718	
<u>ETAPA 02</u>								Valores Máximos							
								4.930	16.274	740.798	770.798	60.000	25.693	430.399	370.399
Unidades															
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa	
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ1	σ3	σ1 ---	p	q	
62	00:06:27	2.783	6.203	2785.511	6.201	4142.678	4.429	14.694	672.388	702.388	60.000	23.413	396.194	336.194	
63	00:06:33	2.794	6.303	2796.497	6.301	4145.778	4.501	14.752	674.535	704.535	60.000	23.485	397.268	337.268	
64	00:06:40	2.939	6.402	2942.230	6.401	4148.868	4.572	15.521	709.159	739.159	60.000	24.639	414.579	354.579	
65	00:06:46	3.004	6.502	3006.870	6.500	4151.969	4.643	15.862	724.197	754.197	60.000	25.140	422.099	362.099	
66	00:06:52	3.047	6.603	3050.212	6.601	4155.104	4.715	16.090	734.082	764.082	60.000	25.469	427.041	367.041	
67	00:06:58	3.066	6.703	3069.003	6.701	4158.228	4.787	16.189	738.050	768.050	60.000	25.602	429.025	369.025	
68	00:07:04	3.075	6.803	3077.913	6.801	4161.334	4.858	16.236	739.640	769.640	60.000	25.655	429.820	369.820	
69	00:07:11	3.082	6.903	3085.066	6.901	4164.480	4.930	16.274	740.798	770.798	60.000	25.693	430.399	370.399	
70	00:07:17	3.074	7.002	3076.684	7.000	4167.574	5.000	16.230	738.237	768.237	60.000	25.608	429.119	369.119	
71	00:07:23	3.058	7.102	3060.422	7.100	4170.708	5.072	16.144	733.783	763.783	60.000	25.459	426.892	366.892	
72	00:07:29	2.986	7.203	2989.357	7.201	4173.886	5.144	15.769	716.199	746.199	60.000	24.873	418.099	358.099	
<u>ETAPA 03</u>								Valores Máximos							
								8.073	18.415	829.441	859.441	120.000	28.648	534.721	414.721



Unidades														
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRI DO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1 --- σ_3	p	q
73	00:07:35	2.980	7.303	2982.564	7.302	4177.043	5.215	15.733	714.031	744.031	120.000	24.801	477.016	357.016
74	00:07:40	3.059	7.403	3061.656	7.402	4180.188	5.287	16.151	732.415	762.415	120.000	25.414	486.207	366.207
75	00:07:46	3.198	7.503	3200.857	7.501	4183.318	5.358	16.885	765.142	795.142	120.000	26.505	502.571	382.571
76	00:07:52	3.280	7.603	3282.522	7.601	4186.497	5.430	17.316	784.067	814.067	120.000	27.136	512.034	392.034
77	00:07:58	3.335	7.703	3337.378	7.701	4189.650	5.501	17.605	796.570	826.570	120.000	27.552	518.285	398.285
78	00:08:05	3.378	7.803	3380.884	7.801	4192.824	5.572	17.835	806.344	836.344	120.000	27.878	523.172	403.172
79	00:08:11	3.407	7.903	3409.921	7.901	4196.003	5.644	17.988	812.653	842.653	120.000	28.088	526.326	406.326
80	00:08:17	3.431	8.003	3433.637	8.001	4199.167	5.715	18.113	817.688	847.688	120.000	28.256	528.844	408.844
81	00:08:23	3.455	8.103	3458.161	8.101	4202.356	5.786	18.242	822.903	852.903	120.000	28.430	531.452	411.452
82	00:08:29	3.477	8.203	3479.548	8.201	4205.544	5.858	18.355	827.365	857.365	120.000	28.579	533.682	413.682
83	00:08:35	3.488	8.303	3490.943	8.301	4208.753	5.930	18.415	829.441	859.441	120.000	28.648	534.721	414.721
84	00:08:41	3.500	8.403	3502.595	8.401	4211.933	6.001	18.477	831.582	861.582	120.000	28.719	535.791	415.791
85	00:08:47	3.514	8.502	3516.607	8.500	4215.111	6.072	18.551	834.279	864.279	120.000	28.809	537.139	417.139
86	00:08:54	3.523	8.603	3526.293	8.601	4218.350	6.144	18.602	835.935	865.935	120.000	28.864	537.967	417.967
87	00:09:00	3.530	8.702	3533.126	8.700	4221.536	6.214	18.638	836.922	866.922	120.000	28.897	538.461	418.461
88	00:09:06	3.536	8.802	3538.864	8.800	4224.747	6.286	18.668	837.644	867.644	120.000	28.921	538.822	418.822
89	00:09:12	3.542	8.902	3545.218	8.900	4227.981	6.357	18.702	838.506	868.506	120.000	28.950	539.253	419.253
90	00:09:18	3.549	9.002	3551.727	9.001	4231.217	6.429	18.736	839.403	869.403	120.000	28.980	539.702	419.702
91	00:09:24	3.552	9.103	3554.544	9.101	4234.475	6.501	18.751	839.423	869.423	120.000	28.981	539.711	419.711
92	00:09:30	3.559	9.202	3561.440	9.200	4237.666	6.571	18.787	840.418	870.418	120.000	29.014	540.209	420.209
93	00:09:36	3.560	9.303	3563.228	9.301	4240.941	6.644	18.797	840.190	870.190	120.000	29.006	540.095	420.095
94	00:09:42	3.564	9.403	3566.769	9.402	4244.206	6.715	18.815	840.379	870.379	120.000	29.013	540.189	420.189
95	00:09:48	3.562	9.503	3564.604	9.501	4247.434	6.786	18.804	839.230	869.230	120.000	28.974	539.615	419.615



96	00:09:54	3.558	9.603	3560.823	9.601	4250.711	6.858	18.784	837.694	867.694	120.000	28.923	538.847	418.847
97	00:10:00	3.556	9.703	3559.186	9.701	4253.963	6.929	18.775	836.668	866.668	120.000	28.889	538.334	418.334
98	00:10:06	3.558	9.803	3560.472	9.801	4257.241	7.001	18.782	836.326	866.326	120.000	28.878	538.163	418.163
99	00:10:12	3.562	9.903	3565.282	9.901	4260.490	7.072	18.807	836.818	866.818	120.000	28.894	538.409	418.409
100	00:10:19	3.568	10.003	3570.740	10.001	4263.781	7.144	18.836	837.452	867.452	120.000	28.915	538.726	418.726
101	00:10:24	3.572	10.103	3574.897	10.101	4267.064	7.215	18.858	837.782	867.782	120.000	28.926	538.891	418.891
102	00:10:31	3.578	10.203	3580.701	10.201	4270.359	7.287	18.889	838.494	868.494	120.000	28.950	539.247	419.247
103	00:10:37	3.582	10.302	3585.138	10.300	4273.611	7.357	18.912	838.895	868.895	120.000	28.963	539.447	419.447
104	00:10:43	3.584	10.403	3586.429	10.402	4276.953	7.430	18.919	838.541	868.541	120.000	28.951	539.270	419.270
105	00:10:49	3.585	10.502	3587.646	10.500	4280.212	7.500	18.925	838.187	868.187	120.000	28.940	539.093	419.093
106	00:10:55	3.587	10.602	3590.219	10.600	4283.518	7.572	18.939	838.141	868.141	120.000	28.938	539.070	419.070
107	00:11:01	3.590	10.703	3592.526	10.701	4286.855	7.643	18.951	838.026	868.026	120.000	28.934	539.013	419.013
108	00:11:08	3.594	10.803	3596.520	10.801	4290.169	7.715	18.972	838.310	868.310	120.000	28.944	539.155	419.155
109	00:11:14	3.595	10.902	3598.206	10.900	4293.468	7.786	18.981	838.058	868.058	120.000	28.935	539.029	419.029
110	00:11:20	3.597	11.003	3599.581	11.001	4296.835	7.858	18.988	837.722	867.722	120.000	28.924	538.861	418.861
111	00:11:26	3.597	11.103	3600.229	11.101	4300.177	7.930	18.992	837.221	867.221	120.000	28.907	538.611	418.611
112	00:11:32	3.601	11.202	3603.956	11.200	4303.471	8.000	19.011	837.446	867.446	120.000	28.915	538.723	418.723
113	00:11:39	3.602	11.303	3605.061	11.302	4306.865	8.073	19.017	837.043	867.043	120.000	28.901	538.522	418.522
114	00:11:45	3.602	11.403	3604.999	11.402	4310.214	8.144	19.017	836.378	866.378	120.000	28.879	538.189	418.189
115	00:11:51	3.601	11.502	3604.014	11.500	4313.528	8.215	19.012	835.507	865.507	30.000	28.850	447.754	417.754
116	00:11:57	3.599	11.602	3601.533	11.601	4316.896	8.286	18.999	834.281	864.281	30.000	28.809	447.140	417.140
117	00:12:03	3.581	11.703	3583.878	11.701	4320.270	8.358	18.905	829.543	859.543	30.000	28.651	444.771	414.771
118	00:12:09	3.559	11.803	3561.808	11.801	4323.659	8.430	18.789	823.788	853.788	30.000	28.460	441.894	411.894
119	00:12:16	3.552	11.903	3555.259	11.902	4327.040	8.501	18.754	821.631	851.631	30.000	28.388	440.815	410.815
120	00:12:22	3.550	12.003	3552.943	12.001	4330.396	8.572	18.742	820.459	850.459	30.000	28.349	440.230	410.230
121	00:12:26	3.548	12.083	3551.088	12.081	4333.100	8.629	18.732	819.519	849.519	30.000	28.317	439.760	409.760



- **Espécimen 02 (MEM.02)**

Tabla 16.

Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 02.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL MULTIETAPA
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	15/09/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	C01 – MEM02

<u>ETAPA 01</u>							Valores Máximos							
							3.759	14.508	694.646	724.646	30.000	24.155	377.323	347.323
Unidades														
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUER ZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q
0	00:00:00	0.000	0.002	1.975	0.000	3959.190	0.000	0.010	0.499	30.499	30.000	1.017	30.249	0.249
1	00:00:06	0.001	0.103	3.138	0.101	3962.046	0.072	0.017	0.792	30.792	30.000	1.026	30.396	0.396
2	00:00:12	0.002	0.203	3.529	0.201	3964.889	0.143	0.019	0.890	30.890	30.000	1.030	30.445	0.445
3	00:00:18	0.002	0.302	3.782	0.300	3967.701	0.213	0.020	0.953	30.953	30.000	1.032	30.477	0.477
4	00:00:25	0.003	0.403	4.762	0.401	3970.575	0.285	0.025	1.199	31.199	30.000	1.040	30.600	0.600



5	00:00:31	0.015	0.502	16.800	0.501	3973.400	0.355	0.088	4.228	34.228	30.000	1.141	32.114	2.114
6	00:00:37	0.018	0.602	19.871	0.600	3976.240	0.426	0.104	4.997	34.997	30.000	1.167	32.499	2.499
7	00:00:43	0.019	0.703	20.705	0.701	3979.126	0.497	0.109	5.203	35.203	30.000	1.173	32.602	2.602
8	00:00:49	0.020	0.802	21.912	0.800	3981.948	0.567	0.115	5.503	35.503	30.000	1.183	32.751	2.751
9	00:00:55	0.031	0.902	32.414	0.900	3984.816	0.639	0.170	8.134	38.134	30.000	1.271	34.067	4.067
10	00:01:02	0.134	1.003	135.971	1.001	3987.709	0.710	0.712	34.098	64.098	30.000	2.137	47.049	17.049
11	00:01:09	0.258	1.103	260.031	1.101	3990.572	0.781	1.361	65.161	95.161	30.000	3.172	62.581	32.581
12	00:01:16	0.390	1.203	391.658	1.201	3993.453	0.852	2.048	98.075	128.075	30.000	4.269	79.038	49.038
13	00:01:22	0.510	1.302	511.507	1.300	3996.301	0.922	2.673	127.995	157.995	30.000	5.267	93.998	63.998
14	00:01:29	0.622	1.402	623.619	1.401	3999.200	0.993	3.257	155.936	185.936	30.000	6.198	107.968	77.968
15	00:01:35	0.738	1.503	739.671	1.502	4002.114	1.065	3.860	184.820	214.820	30.000	7.161	122.410	92.410
16	00:01:41	0.848	1.603	849.554	1.601	4004.982	1.135	4.430	212.124	242.124	30.000	8.071	136.062	106.062
17	00:01:48	0.962	1.703	963.389	1.701	4007.890	1.206	5.020	240.373	270.373	30.000	9.012	150.187	120.187
18	00:01:54	1.058	1.802	1060.213	1.800	4010.763	1.277	5.521	264.342	294.342	30.000	9.811	162.171	132.171
19	00:02:01	1.163	1.903	1165.036	1.901	4013.693	1.348	6.062	290.265	320.265	30.000	10.676	175.133	145.133
20	00:02:07	1.270	2.002	1271.686	2.000	4016.574	1.419	6.613	316.610	346.610	30.000	11.554	188.305	158.305
21	00:02:13	1.378	2.102	1380.069	2.101	4019.497	1.490	7.171	343.344	373.344	30.000	12.445	201.672	171.672
22	00:02:20	1.486	2.202	1487.425	2.200	4022.410	1.561	7.723	369.785	399.785	30.000	13.326	214.892	184.892
23	00:02:26	1.582	2.303	1584.042	2.301	4025.343	1.632	8.219	393.517	423.517	30.000	14.117	226.759	196.759
24	00:02:32	1.682	2.403	1684.056	2.401	4028.285	1.703	8.731	418.058	448.058	30.000	14.935	239.029	209.029
25	00:02:39	1.779	2.503	1780.456	2.501	4031.202	1.774	9.224	441.669	471.669	30.000	15.722	250.834	220.834
26	00:02:45	1.869	2.603	1870.941	2.601	4034.135	1.845	9.686	463.777	493.777	30.000	16.459	261.889	231.889
27	00:02:52	1.947	2.702	1948.472	2.700	4037.051	1.915	10.080	482.647	512.647	30.000	17.088	271.324	241.324
28	00:02:58	2.015	2.802	2016.370	2.800	4040.000	1.986	10.424	499.101	529.101	30.000	17.637	279.551	249.551
29	00:03:04	2.104	2.903	2105.644	2.901	4042.961	2.057	10.877	520.817	550.817	30.000	18.361	290.409	260.409
30	00:03:10	2.140	3.003	2141.766	3.002	4045.934	2.129	11.056	529.363	559.363	30.000	18.645	294.681	264.681
31	00:03:17	2.186	3.103	2188.133	3.101	4048.871	2.199	11.287	540.431	570.431	30.000	19.014	300.215	270.215
32	00:03:23	2.245	3.203	2247.311	3.202	4051.849	2.271	11.584	554.638	584.638	30.000	19.488	307.319	277.319



33	00:03:29	2.317	3.303	2319.020	3.301	4054.790	2.341	11.945	571.921	601.921	30.000	20.064	315.961	285.961
34	00:03:35	2.383	3.403	2384.907	3.402	4057.785	2.413	12.275	587.736	617.736	30.000	20.591	323.868	293.868
35	00:03:41	2.450	3.503	2452.085	3.501	4060.741	2.483	12.612	603.852	633.852	30.000	21.128	331.926	301.926
36	00:03:48	2.506	3.602	2507.471	3.600	4063.693	2.553	12.887	617.043	647.043	30.000	21.568	338.521	308.521
37	00:03:54	2.560	3.702	2561.611	3.700	4066.674	2.624	13.156	629.903	659.903	30.000	21.997	344.952	314.952
38	00:04:00	2.606	3.803	2607.777	3.801	4069.680	2.696	13.383	640.782	670.782	30.000	22.359	350.391	320.391
39	00:04:06	2.630	3.903	2631.779	3.901	4072.668	2.767	13.496	646.205	676.205	30.000	22.540	353.103	323.103
40	00:04:12	2.642	4.002	2643.704	4.000	4075.638	2.837	13.548	648.660	678.660	30.000	22.622	354.330	324.330
41	00:04:19	2.690	4.103	2692.188	4.101	4078.679	2.909	13.786	660.064	690.064	30.000	23.002	360.032	330.032
42	00:04:25	2.731	4.202	2733.221	4.200	4081.642	2.979	13.986	669.638	699.638	30.000	23.321	364.819	334.819
43	00:04:31	2.763	4.303	2764.684	4.301	4084.676	3.050	14.136	676.843	706.843	30.000	23.561	368.421	338.421
44	00:04:37	2.779	4.403	2781.309	4.401	4087.696	3.121	14.211	680.410	710.410	30.000	23.680	370.205	340.205
45	00:04:43	2.781	4.503	2782.515	4.501	4090.703	3.192	14.206	680.205	710.205	30.000	23.673	370.102	340.102
46	00:04:49	2.792	4.602	2793.637	4.601	4093.717	3.263	14.253	682.421	712.421	30.000	23.747	371.210	341.210
47	00:04:55	2.797	4.703	2799.221	4.702	4096.768	3.334	14.271	683.275	713.275	30.000	23.776	371.638	341.638
48	00:05:01	2.811	4.802	2813.207	4.800	4099.766	3.405	14.331	686.187	716.187	30.000	23.873	373.094	343.094
49	00:05:08	2.825	4.903	2827.264	4.901	4102.830	3.476	14.392	689.101	719.101	30.000	23.970	374.551	344.551
50	00:05:14	2.831	5.002	2832.915	5.001	4105.846	3.547	14.410	689.971	719.971	30.000	23.999	374.986	344.986
51	00:05:20	2.842	5.102	2844.239	5.100	4108.882	3.617	14.457	692.217	722.217	30.000	24.074	376.109	346.109
52	00:05:26	2.848	5.202	2849.924	5.200	4111.919	3.688	14.475	693.089	723.089	30.000	24.103	376.544	346.544
53	00:05:32	2.857	5.303	2858.468	5.301	4114.998	3.759	14.508	694.646	724.646	30.000	24.155	377.323	347.323
54	00:05:38	2.852	5.402	2854.040	5.400	4118.041	3.830	14.475	693.058	723.058	30.000	24.102	376.529	346.529
55	00:05:44	2.848	5.503	2849.620	5.501	4121.121	3.901	14.442	691.467	721.467	30.000	24.049	375.734	345.734
56	00:05:50	2.843	5.603	2845.205	5.601	4124.202	3.973	14.408	689.880	719.880	30.000	23.996	374.940	344.940
57	00:05:56	2.839	5.703	2840.798	5.701	4127.270	4.044	14.375	688.300	718.300	30.000	23.943	374.150	344.150
58	00:06:02	2.835	5.802	2836.398	5.800	4130.303	4.113	14.343	686.729	716.729	30.000	23.891	373.364	343.364
59	00:06:09	2.820	5.902	2822.225	5.901	4133.401	4.185	14.260	682.785	712.785	30.000	23.760	371.393	341.393
60	00:06:15	2.781	6.003	2782.710	6.002	4136.520	4.257	14.050	672.718	702.718	30.000	23.424	366.359	336.359



61	00:06:21	2.725	6.102	2726.700	6.100	4139.571	4.327	13.757	658.691	688.691	30.000	22.956	359.346	329.346		
62	00:06:27	2.714	6.203	2716.014	6.201	4142.678	4.398	13.693	655.618	685.618	30.000	22.854	357.809	327.809		
<u>ETAPA 02</u>									Valores Máximos							
									4.895	15.698	751.603	781.603	60.000	13.027	435.801	375.801
Unidades																
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa		
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUER ZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q		
63	00:06:33	2.835	6.303	2837.164	6.301	4145.778	4.469	14.293	684.350	714.350	60.000	11.906	402.175	342.175		
64	00:06:40	2.983	6.402	2985.070	6.401	4148.868	4.539	15.027	719.490	749.490	60.000	12.492	419.745	359.745		
65	00:06:46	3.049	6.502	3050.674	6.500	4151.969	4.610	15.346	734.754	764.754	60.000	12.746	427.377	367.377		
66	00:06:52	3.093	6.603	3094.662	6.601	4155.104	4.682	15.555	744.786	774.786	60.000	12.913	432.393	372.393		
67	00:06:58	3.112	6.703	3113.734	6.701	4158.228	4.753	15.639	748.813	778.813	60.000	12.980	434.406	374.406		
68	00:07:04	3.121	6.803	3122.776	6.801	4161.334	4.823	15.673	750.427	780.427	60.000	13.007	435.213	375.213		
69	00:07:11	3.128	6.903	3130.036	6.901	4164.480	4.895	15.698	751.603	781.603	60.000	13.027	435.801	375.801		
70	00:07:17	3.120	7.002	3121.529	7.000	4167.574	4.965	15.643	749.004	779.004	60.000	12.983	434.502	374.502		
71	00:07:23	3.104	7.102	3105.996	7.100	4170.708	5.036	15.554	744.717	774.717	60.000	12.912	432.358	372.358		
72	00:07:29	3.032	7.203	3033.849	7.201	4173.886	5.107	15.181	726.864	756.864	60.000	12.614	423.432	363.432		
<u>ETAPA 03</u>									Valores Máximos							
									6.525	17.815	852.980	882.980	120.000	7.358	546.490	426.490
Unidades																
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa		
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUER ZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q		
73	00:07:35	3.025	7.303	3026.952	7.302	4177.043	5.179	15.135	724.664	754.664	120.000	6.289	482.332	362.332		
74	00:07:40	3.105	7.403	3107.248	7.402	4180.188	5.249	15.525	743.328	773.328	120.000	6.444	491.664	371.664		



75	00:07:46	3.247	7.503	3248.570	7.501	4183.318	5.320	16.219	776.553	806.553	120.000	6.721	508.277	388.277
76	00:07:52	3.330	7.603	3331.479	7.601	4186.497	5.391	16.620	795.768	825.768	120.000	6.881	517.884	397.884
77	00:07:58	3.385	7.703	3387.170	7.701	4189.650	5.462	16.885	808.461	838.461	120.000	6.987	524.231	404.231
78	00:08:05	3.429	7.803	3431.339	7.801	4192.824	5.533	17.092	818.384	848.384	120.000	7.070	529.192	409.192
79	00:08:11	3.459	7.903	3460.818	7.901	4196.003	5.604	17.226	824.789	854.789	120.000	7.123	532.395	412.395
80	00:08:17	3.483	8.003	3484.896	8.001	4199.167	5.674	17.333	829.902	859.902	120.000	7.166	534.951	414.951
81	00:08:23	3.508	8.103	3509.793	8.101	4202.356	5.745	17.443	835.196	865.196	120.000	7.210	537.598	417.598
82	00:08:29	3.530	8.203	3531.506	8.201	4205.544	5.816	17.538	839.726	869.726	120.000	7.248	539.863	419.863
83	00:08:35	3.541	8.303	3543.074	8.301	4208.753	5.888	17.582	841.835	871.835	120.000	7.265	540.917	420.917
84	00:08:41	3.553	8.403	3554.903	8.401	4211.933	5.958	17.627	844.008	874.008	120.000	7.283	542.004	422.004
85	00:08:47	3.567	8.502	3569.129	8.500	4215.111	6.028	17.685	846.746	876.746	120.000	7.306	543.373	423.373
86	00:08:54	3.577	8.603	3578.963	8.601	4218.350	6.100	17.720	848.427	878.427	120.000	7.320	544.214	424.214
87	00:09:00	3.584	8.702	3585.900	8.700	4221.536	6.170	17.741	849.430	879.430	120.000	7.329	544.715	424.715
88	00:09:06	3.590	8.802	3591.724	8.800	4224.747	6.241	17.756	850.163	880.163	120.000	7.335	545.082	425.082
89	00:09:12	3.596	8.902	3598.175	8.900	4227.981	6.312	17.774	851.039	881.039	120.000	7.342	545.519	425.519
90	00:09:18	3.603	9.002	3604.784	9.001	4231.217	6.383	17.793	851.950	881.950	120.000	7.350	545.975	425.975
91	00:09:24	3.606	9.103	3607.644	9.101	4234.475	6.455	17.794	851.970	881.970	120.000	7.350	545.985	425.985
92	00:09:30	3.613	9.202	3614.644	9.200	4237.666	6.525	17.815	852.980	882.980	120.000	7.358	546.490	426.490
93	00:09:36	3.600	9.303	3602.218	9.301	4240.941	6.596	17.740	849.391	879.391	120.000	7.328	544.696	424.696
94	00:09:42	3.604	9.403	3605.799	9.402	4244.206	6.668	17.744	849.582	879.582	120.000	7.330	544.791	424.791
95	00:09:48	3.602	9.503	3603.609	9.501	4247.434	6.738	17.720	848.420	878.420	120.000	7.320	544.210	424.210
96	00:09:54	3.598	9.603	3599.786	9.601	4250.711	6.810	17.687	846.867	876.867	120.000	7.307	543.433	423.433
97	00:10:00	3.596	9.703	3598.131	9.701	4253.963	6.880	17.666	845.830	875.830	120.000	7.299	542.915	422.915
98	00:10:06	3.598	9.803	3599.432	9.801	4257.241	6.951	17.658	845.485	875.485	120.000	7.296	542.742	422.742
99	00:10:12	3.602	9.903	3604.296	9.901	4260.490	7.022	17.669	845.982	875.982	120.000	7.300	542.991	422.991
100	00:10:19	3.608	10.003	3609.815	10.001	4263.781	7.093	17.682	846.623	876.623	120.000	7.305	543.311	423.311
101	00:10:24	3.612	10.103	3614.019	10.101	4267.064	7.164	17.689	846.957	876.957	120.000	7.308	543.478	423.478
102	00:10:31	3.618	10.203	3619.888	10.201	4270.359	7.235	17.704	847.678	877.678	120.000	7.314	543.839	423.839



103	00:10:37	3.623	10.302	3624.375	10.300	4273.611	7.305	17.713	848.083	878.083	120.000	7.317	544.041	424.041
104	00:10:43	3.624	10.403	3625.681	10.402	4276.953	7.377	17.705	847.725	877.725	120.000	7.314	543.863	423.863
105	00:10:49	3.625	10.502	3626.910	10.500	4280.212	7.447	17.698	847.367	877.367	120.000	7.311	543.683	423.683
106	00:10:55	3.628	10.602	3629.513	10.600	4283.518	7.518	17.697	847.321	877.321	120.000	7.311	543.660	423.660
107	00:11:01	3.630	10.703	3631.846	10.701	4286.855	7.589	17.694	847.205	877.205	120.000	7.310	543.603	423.603
108	00:11:08	3.634	10.803	3635.884	10.801	4290.169	7.660	17.700	847.492	877.492	120.000	7.312	543.746	423.746
109	00:11:14	3.636	10.902	3637.589	10.900	4293.468	7.731	17.695	847.238	877.238	120.000	7.310	543.619	423.619
110	00:11:20	3.637	11.003	3638.980	11.001	4296.835	7.802	17.688	846.898	876.898	120.000	7.307	543.449	423.449
111	00:11:26	3.638	11.103	3639.635	11.101	4300.177	7.873	17.677	846.392	876.392	120.000	7.303	543.196	423.196



- **Espécimen 03 (MEM.03)**

Tabla 17.

Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 03.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL MULTIETAPA
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	16/09/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	C01 – MEM03

<u>ETAPA 01</u>							Valores Máximos							
							3.050	14.829	709.993	739.993	30.000	24.666	384.996	354.996
Unidades														
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1 --- σ_3	p	q
0	00:00:00	0.000	0.002	4.772	0.000	3959.190	0.000	0.025	1.205	31.205	30.000	1.040	30.603	0.603
1	00:00:06	0.001	0.103	5.947	0.101	3962.046	0.072	0.031	1.501	31.501	30.000	1.050	30.750	0.750
2	00:00:12	0.002	0.203	6.342	0.201	3964.889	0.143	0.033	1.600	31.600	30.000	1.053	30.800	0.800
3	00:00:18	0.002	0.302	6.598	0.300	3967.701	0.213	0.035	1.663	31.663	30.000	1.055	30.831	0.831
4	00:00:25	0.003	0.403	7.591	0.401	3970.575	0.285	0.040	1.912	31.912	30.000	1.064	30.956	0.956



5	00:00:31	0.015	0.502	19.777	0.501	3973.400	0.355	0.104	4.977	34.977	30.000	1.166	32.489	2.489
6	00:00:37	0.018	0.602	22.886	0.600	3976.240	0.426	0.120	5.756	35.756	30.000	1.192	32.878	2.878
7	00:00:43	0.019	0.703	23.730	0.701	3979.126	0.497	0.125	5.964	35.964	30.000	1.199	32.982	2.982
8	00:00:49	0.020	0.802	24.952	0.800	3981.948	0.567	0.131	6.266	36.266	30.000	1.209	33.133	3.133
9	00:00:55	0.031	0.902	35.584	0.900	3984.816	0.639	0.187	8.930	38.930	30.000	1.298	34.465	4.465
10	00:01:02	0.158	1.003	163.096	1.001	3987.709	0.710	0.854	40.900	70.900	30.000	2.363	50.450	20.450
11	00:01:09	0.311	1.103	316.115	1.101	3990.572	0.781	1.654	79.215	109.215	30.000	3.641	69.608	39.608
12	00:01:16	0.471	1.203	475.520	1.201	3993.453	0.852	2.487	119.075	149.075	30.000	4.969	89.537	59.537
13	00:01:22	0.616	1.302	620.844	1.300	3996.301	0.922	3.245	155.355	185.355	30.000	6.178	107.677	77.677
14	00:01:29	0.749	1.402	753.977	1.401	3999.200	0.993	3.938	188.532	218.532	30.000	7.284	124.266	94.266
15	00:01:35	0.872	1.503	876.335	1.502	4002.114	1.065	4.573	218.968	248.968	30.000	8.299	139.484	109.484
16	00:01:41	1.023	1.603	1027.328	1.601	4004.982	1.135	5.357	256.513	286.513	30.000	9.550	158.256	128.256
17	00:01:48	1.162	1.703	1166.158	1.701	4007.890	1.206	6.077	290.966	320.966	30.000	10.699	175.483	145.483
18	00:01:54	1.280	1.802	1284.260	1.800	4010.763	1.277	6.688	320.203	350.203	30.000	11.673	190.102	160.102
19	00:02:01	1.414	1.903	1418.179	1.901	4013.693	1.348	7.380	353.335	383.335	30.000	12.778	206.668	176.668
20	00:02:07	1.486	2.002	1490.769	2.000	4016.574	1.419	7.752	371.154	401.154	30.000	13.372	215.577	185.577
21	00:02:13	1.562	2.102	1567.087	2.101	4019.497	1.490	8.143	389.871	419.871	30.000	13.996	224.936	194.936
22	00:02:20	1.643	2.202	1647.324	2.200	4022.410	1.561	8.553	409.537	439.537	30.000	14.651	234.768	204.768
23	00:02:26	1.727	2.303	1731.681	2.301	4025.343	1.632	8.985	430.195	460.195	30.000	15.340	245.097	215.097
24	00:02:32	1.816	2.403	1820.371	2.401	4028.285	1.703	9.438	451.897	481.897	30.000	16.063	255.949	225.949
25	00:02:39	1.909	2.503	1913.615	2.501	4031.202	1.774	9.914	474.701	504.701	30.000	16.823	267.350	237.350
26	00:02:45	2.007	2.603	2011.648	2.601	4034.135	1.845	10.415	498.656	528.656	30.000	17.622	279.328	249.328
27	00:02:52	2.110	2.702	2114.714	2.700	4037.051	1.915	10.940	523.827	553.827	30.000	18.461	291.913	261.913
28	00:02:58	2.134	2.802	2139.075	2.800	4040.000	1.986	11.058	529.474	559.474	30.000	18.649	294.737	264.737
29	00:03:04	2.162	2.903	2166.500	2.901	4042.961	2.057	11.192	535.870	565.870	30.000	18.862	297.935	267.935
30	00:03:10	2.223	3.003	2228.088	3.002	4045.934	2.129	11.502	550.698	580.698	30.000	19.357	305.349	275.349
31	00:03:17	2.299	3.103	2303.330	3.101	4048.871	2.199	11.881	568.882	598.882	30.000	19.963	314.441	284.441
32	00:03:23	2.377	3.203	2381.643	3.202	4051.849	2.271	12.276	587.792	617.792	30.000	20.593	323.896	293.896



33	00:03:29	2.455	3.303	2459.740	3.301	4054.790	2.341	12.670	606.626	636.626	30.000	21.221	333.313	303.313		
34	00:03:35	2.517	3.403	2521.436	3.402	4057.785	2.413	12.978	621.382	651.382	30.000	21.713	340.691	310.691		
35	00:03:41	2.537	3.503	2541.441	3.501	4060.741	2.483	13.071	625.856	655.856	30.000	21.862	342.928	312.928		
36	00:03:48	2.594	3.602	2598.783	3.600	4063.693	2.553	13.357	639.513	669.513	30.000	22.317	349.756	319.756		
37	00:03:54	2.661	3.702	2665.278	3.700	4066.674	2.624	13.688	655.395	685.395	30.000	22.847	357.698	327.698		
38	00:04:00	2.719	3.803	2723.225	3.801	4069.680	2.696	13.975	669.150	699.150	30.000	23.305	364.575	334.575		
39	00:04:06	2.754	3.903	2758.516	3.901	4072.668	2.767	14.146	677.324	707.324	30.000	23.577	368.662	338.662		
40	00:04:12	2.801	4.002	2805.667	4.000	4075.638	2.837	14.378	688.400	718.400	30.000	23.947	374.200	344.200		
41	00:04:19	2.854	4.103	2858.336	4.101	4078.679	2.909	14.637	700.799	730.799	30.000	24.360	380.400	350.400		
42	00:04:25	2.888	4.202	2892.292	4.200	4081.642	2.979	14.800	708.610	738.610	30.000	24.620	384.305	354.305		
43	00:04:31	2.895	4.303	2900.090	4.301	4084.676	3.050	14.829	709.993	739.993	30.000	24.666	384.996	354.996		
44	00:04:37	2.888	4.403	2892.888	4.401	4087.696	3.121	14.781	707.706	737.706	30.000	24.590	383.853	353.853		
45	00:04:43	2.880	4.503	2884.686	4.501	4090.703	3.192	14.728	705.181	735.181	30.000	24.506	382.590	352.590		
46	00:04:49	2.870	4.602	2874.329	4.601	4093.717	3.263	14.664	702.132	732.132	30.000	24.404	381.066	351.066		
47	00:04:55	2.854	4.703	2858.972	4.702	4096.768	3.334	14.575	697.860	727.860	30.000	24.262	378.930	348.930		
48	00:05:01	2.830	4.802	2834.573	4.800	4099.766	3.405	14.440	691.399	721.399	30.000	24.047	375.699	345.699		
49	00:05:08	2.812	4.903	2816.491	4.901	4102.830	3.476	14.337	686.475	716.475	30.000	23.883	373.238	343.238		
ETAPA 02									Valores Máximos							
									4.610	16.482	789.176	819.176	60.000	13.653	454.588	394.588
Unidades																
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa		
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ1	σ3	σ1	p	q		
50	00:05:14	2.820	5.002	2825.140	5.001	4105.846	3.547	14.371	688.077	718.077	60.000	11.968	404.039	344.039		
51	00:05:20	2.911	5.102	2916.137	5.100	4108.882	3.617	14.823	709.715	739.715	60.000	12.329	414.858	354.858		
52	00:05:26	3.030	5.202	3034.508	5.200	4111.919	3.688	15.413	737.979	767.979	60.000	12.800	428.989	368.989		
53	00:05:32	3.106	5.303	3110.652	5.301	4114.998	3.759	15.788	755.930	785.930	60.000	13.099	437.965	377.965		



54	00:05:38	3.131	5.402	3135.647	5.400	4118.041	3.830	15.903	761.441	791.441	60.000	13.191	440.721	380.721		
55	00:05:44	3.160	5.503	3164.958	5.501	4121.121	3.901	16.040	767.985	797.985	60.000	13.300	443.992	383.992		
56	00:05:50	3.172	5.603	3176.670	5.601	4124.202	3.973	16.087	770.251	800.251	60.000	13.338	445.125	385.125		
57	00:05:56	3.198	5.703	3202.677	5.701	4127.270	4.044	16.207	775.979	805.979	60.000	13.433	447.990	387.990		
58	00:06:02	3.211	5.802	3215.865	5.800	4130.303	4.113	16.261	778.603	808.603	60.000	13.477	449.301	389.301		
59	00:06:09	3.233	5.902	3237.189	5.901	4133.401	4.185	16.357	783.178	813.178	60.000	13.553	451.589	391.589		
60	00:06:15	3.243	6.003	3247.932	6.002	4136.520	4.257	16.399	785.185	815.185	60.000	13.586	452.592	392.592		
61	00:06:21	3.252	6.102	3257.088	6.100	4139.571	4.327	16.433	786.818	816.818	60.000	13.614	453.409	393.409		
62	00:06:27	3.255	6.203	3259.637	6.201	4142.678	4.398	16.434	786.843	816.843	60.000	13.614	453.421	393.421		
63	00:06:33	3.255	6.303	3259.585	6.301	4145.778	4.469	16.421	786.242	816.242	60.000	13.604	453.121	393.121		
64	00:06:40	3.264	6.402	3269.043	6.401	4148.868	4.539	16.456	787.936	817.936	60.000	13.632	453.968	393.968		
65	00:06:46	3.272	6.502	3276.637	6.500	4151.969	4.610	16.482	789.176	819.176	60.000	13.653	454.588	394.588		
66	00:06:52	3.263	6.603	3267.739	6.601	4155.104	4.682	16.425	786.440	816.440	60.000	13.607	453.220	393.220		
67	00:06:58	3.247	6.703	3251.492	6.701	4158.228	4.753	16.331	781.942	811.942	60.000	13.532	450.971	390.971		
68	00:07:04	3.171	6.803	3176.028	6.801	4161.334	4.823	15.940	763.223	793.223	60.000	13.220	441.612	381.612		
ETAPA 03									Valores Máximos							
									6.241	18.885	904.240	934.240	120.000	7.785	572.120	452.120
Unidades																
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa		
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ1	σ3	σ1 --- σ3	p	q		
69	00:07:11	3.164	6.903	3168.814	6.901	4164.480	4.895	15.892	760.915	790.915	120.000	6.591	500.457	380.457		
70	00:07:17	3.248	7.002	3252.802	7.000	4167.574	4.965	16.301	780.502	810.502	120.000	6.754	510.251	390.251		
71	00:07:23	3.396	7.102	3400.620	7.100	4170.708	5.036	17.029	815.358	845.358	120.000	7.045	527.679	407.679		
72	00:07:29	3.516	7.203	3521.129	7.201	4173.886	5.107	17.619	843.609	873.609	120.000	7.280	541.805	421.805		
73	00:07:35	3.575	7.303	3579.946	7.302	4177.043	5.179	17.900	857.053	887.053	120.000	7.392	548.526	428.526		
74	00:07:40	3.622	7.403	3626.593	7.402	4180.188	5.249	18.120	867.567	897.567	120.000	7.480	553.784	433.784		



75	00:07:46	3.653	7.503	3657.727	7.501	4183.318	5.320	18.261	874.360	904.360	120.000	7.536	557.180	437.180
76	00:07:52	3.678	7.603	3683.155	7.601	4186.497	5.391	18.374	879.770	909.770	120.000	7.581	559.885	439.885
77	00:07:58	3.705	7.703	3709.450	7.701	4189.650	5.462	18.492	885.384	915.384	120.000	7.628	562.692	442.692
78	00:08:05	3.728	7.803	3732.381	7.801	4192.824	5.533	18.592	890.183	920.183	120.000	7.668	565.092	445.092
79	00:08:11	3.740	7.903	3744.598	7.901	4196.003	5.604	18.639	892.420	922.420	120.000	7.687	566.210	446.210
80	00:08:17	3.752	8.003	3757.092	8.001	4199.167	5.674	18.687	894.723	924.723	120.000	7.706	567.362	447.362
81	00:08:23	3.767	8.103	3772.116	8.101	4202.356	5.745	18.747	897.619	927.619	120.000	7.730	568.810	448.810
82	00:08:29	3.778	8.203	3782.502	8.201	4205.544	5.816	18.785	899.408	929.408	120.000	7.745	569.704	449.704
83	00:08:35	3.785	8.303	3789.828	8.301	4208.753	5.888	18.807	900.463	930.463	120.000	7.754	570.232	450.232
84	00:08:41	3.791	8.403	3795.980	8.401	4211.933	5.958	18.823	901.244	931.244	120.000	7.760	570.622	450.622
85	00:08:47	3.798	8.502	3802.792	8.500	4215.111	6.028	18.842	902.181	932.181	120.000	7.768	571.090	451.090
86	00:08:54	3.805	8.603	3809.772	8.601	4218.350	6.100	18.863	903.143	933.143	120.000	7.776	571.571	451.571
87	00:09:00	3.808	8.702	3812.793	8.700	4221.536	6.170	18.863	903.177	933.177	120.000	7.776	571.588	451.588
88	00:09:06	3.816	8.802	3820.186	8.800	4224.747	6.241	18.885	904.240	934.240	120.000	7.785	572.120	452.120
89	00:09:12	3.802	8.902	3807.062	8.900	4227.981	6.312	18.806	900.444	930.444	120.000	7.754	570.222	450.222
90	00:09:18	3.806	9.002	3810.844	9.001	4231.217	6.383	18.810	900.650	930.650	120.000	7.755	570.325	450.325
91	00:09:24	3.804	9.103	3808.531	9.101	4234.475	6.455	18.785	899.411	929.411	120.000	7.745	569.705	449.705
92	00:09:30	3.800	9.202	3804.494	9.200	4237.666	6.525	18.751	897.780	927.780	120.000	7.732	568.890	448.890
93	00:09:36	3.798	9.303	3802.745	9.301	4240.941	6.596	18.727	896.675	926.675	120.000	7.722	568.337	448.337
94	00:09:42	3.799	9.403	3804.120	9.402	4244.206	6.668	18.720	896.309	926.309	120.000	7.719	568.154	448.154
95	00:09:48	3.805	9.503	3809.256	9.501	4247.434	6.738	18.731	896.837	926.837	120.000	7.724	568.419	448.419
96	00:09:54	3.810	9.603	3815.085	9.601	4250.711	6.810	18.745	897.517	927.517	120.000	7.729	568.758	448.758
97	00:10:00	3.815	9.703	3819.525	9.701	4253.963	6.880	18.752	897.874	927.874	120.000	7.732	568.937	448.937
98	00:10:06	3.821	9.803	3825.724	9.801	4257.241	6.951	18.768	898.639	928.639	120.000	7.739	569.320	449.320
99	00:10:12	3.815	9.903	3819.858	9.901	4260.490	7.022	18.725	896.577	926.577	120.000	7.721	568.289	448.289
100	00:10:19	3.809	10.003	3814.002	10.001	4263.781	7.093	18.682	894.512	924.512	120.000	7.704	567.256	447.256
101	00:10:24	3.803	10.103	3808.155	10.101	4267.064	7.164	18.639	892.453	922.453	120.000	7.687	566.227	446.227
102	00:10:31	3.798	10.203	3802.316	10.201	4270.359	7.235	18.596	890.397	920.397	120.000	7.670	565.199	445.199



103	00:10:37	3.792	10.302	3796.487	10.300	4273.611	7.305	18.554	888.356	918.356	120.000	7.653	564.178	444.178
104	00:10:43	3.786	10.403	3790.666	10.402	4276.953	7.377	18.511	886.301	916.301	120.000	7.636	563.150	443.150
105	00:10:49	3.780	10.502	3784.855	10.500	4280.212	7.447	18.468	884.268	914.268	120.000	7.619	562.134	442.134
106	00:10:55	3.774	10.602	3779.052	10.600	4283.518	7.518	18.426	882.231	912.231	120.000	7.602	561.116	441.116
107	00:11:01	3.769	10.703	3773.259	10.701	4286.855	7.589	18.383	880.193	910.193	120.000	7.585	560.096	440.096
108	00:11:08	3.763	10.803	3767.474	10.801	4290.169	7.660	18.341	878.164	908.164	120.000	7.568	559.082	439.082
109	00:11:14	3.757	10.902	3761.698	10.900	4293.468	7.731	18.299	876.144	906.144	120.000	7.551	558.072	438.072
110	00:11:20	3.743	11.003	3747.884	11.001	4296.835	7.802	18.217	872.243	902.243	120.000	7.519	556.121	436.121
111	00:11:26	3.710	11.103	3714.375	11.101	4300.177	7.873	18.040	863.773	893.773	120.000	7.448	551.886	431.886
112	00:11:32	3.657	11.202	3661.168	11.200	4303.471	7.943	17.768	850.748	880.748	120.000	7.340	545.374	425.374
113	00:11:39	3.624	11.303	3628.259	11.302	4306.865	8.015	17.595	842.436	872.436	120.000	7.270	541.218	421.218
114	00:11:45	3.581	11.403	3585.647	11.402	4310.214	8.086	17.374	831.895	861.895	120.000	7.182	535.948	415.948
115	00:11:51	3.519	11.502	3523.827	11.500	4313.528	8.156	17.062	816.925	846.925	120.000	7.058	528.462	408.462
116	00:11:57	3.449	11.602	3453.444	11.601	4316.896	8.227	16.708	799.983	829.983	120.000	6.917	519.992	399.992
117	00:12:03	3.380	11.703	3384.468	11.701	4320.270	8.299	16.361	783.393	813.393	120.000	6.778	511.696	391.696



- **Espécimen 04 (MEM.04)**

Tabla 18.

Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 04.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL MULTIETAPA
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	16/09/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	C01 – MEM04

<u>ETAPA 01</u>							Valores Máximos							
							4.287	14.344	686.771	716.771	30.000	23.892	373.386	343.386
Unidades														
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q
0	00:00:00	0.000	0.002	2.965	0.000	3959.190	0.000	0.016	0.749	30.749	30.000	1.025	30.374	0.374
1	00:00:06	0.001	0.103	4.139	0.101	3962.046	0.072	0.022	1.045	31.045	30.000	1.035	30.522	0.522
2	00:00:12	0.002	0.203	4.533	0.201	3964.889	0.144	0.024	1.143	31.143	30.000	1.038	30.572	0.572
3	00:00:18	0.002	0.302	4.788	0.300	3967.701	0.215	0.025	1.207	31.207	30.000	1.040	30.603	0.603
4	00:00:25	0.003	0.403	5.778	0.401	3970.575	0.287	0.030	1.455	31.455	30.000	1.049	30.728	0.728



5	00:00:31	0.015	0.502	17.924	0.501	3973.400	0.358	0.094	4.511	34.511	30.000	1.150	32.255	2.255
6	00:00:37	0.018	0.602	21.022	0.600	3976.240	0.429	0.110	5.287	35.287	30.000	1.176	32.643	2.643
7	00:00:43	0.019	0.703	21.864	0.701	3979.126	0.501	0.115	5.495	35.495	30.000	1.183	32.747	2.747
8	00:00:49	0.020	0.802	23.081	0.800	3981.948	0.572	0.121	5.797	35.797	30.000	1.193	32.898	2.898
9	00:00:55	0.031	0.902	33.679	0.900	3984.816	0.643	0.177	8.452	38.452	30.000	1.282	34.226	4.226
10	00:01:02	0.135	1.003	138.167	1.001	3987.709	0.715	0.724	34.648	64.648	30.000	2.155	47.324	17.324
11	00:01:09	0.260	1.103	263.344	1.101	3990.572	0.786	1.378	65.992	95.992	30.000	3.200	62.996	32.996
12	00:01:16	0.393	1.203	396.156	1.201	3993.453	0.858	2.072	99.201	129.201	30.000	4.307	79.601	49.601
13	00:01:22	0.514	1.302	517.084	1.300	3996.301	0.929	2.702	129.391	159.391	30.000	5.313	94.695	64.695
14	00:01:29	0.627	1.402	630.204	1.401	3999.200	1.000	3.291	157.582	187.582	30.000	6.253	108.791	78.791
15	00:01:35	0.744	1.503	747.300	1.502	4002.114	1.073	3.900	186.726	216.726	30.000	7.224	123.363	93.363
16	00:01:41	0.855	1.603	858.172	1.601	4004.982	1.143	4.475	214.276	244.276	30.000	8.143	137.138	107.138
17	00:01:48	0.970	1.703	973.032	1.701	4007.890	1.215	5.071	242.779	272.779	30.000	9.093	151.390	121.390
18	00:01:54	1.068	1.802	1070.727	1.800	4010.763	1.286	5.576	266.964	296.964	30.000	9.899	163.482	133.482
19	00:02:01	1.174	1.903	1176.494	1.901	4013.693	1.358	6.122	293.120	323.120	30.000	10.771	176.560	146.560
20	00:02:07	1.281	2.002	1284.104	2.000	4016.574	1.429	6.677	319.701	349.701	30.000	11.657	189.851	159.851
21	00:02:13	1.391	2.102	1393.462	2.101	4019.497	1.500	7.240	346.676	376.676	30.000	12.556	203.338	173.338
22	00:02:20	1.499	2.202	1501.785	2.200	4022.410	1.572	7.798	373.354	403.354	30.000	13.445	216.677	186.677
23	00:02:26	1.596	2.303	1599.271	2.301	4025.343	1.643	8.298	397.301	427.301	30.000	14.243	228.650	198.650
24	00:02:32	1.697	2.403	1700.185	2.401	4028.285	1.715	8.815	422.062	452.062	30.000	15.069	241.031	211.031
25	00:02:39	1.795	2.503	1797.453	2.501	4031.202	1.786	9.313	445.885	475.885	30.000	15.863	252.943	222.943
26	00:02:45	1.886	2.603	1888.752	2.601	4034.135	1.858	9.778	468.192	498.192	30.000	16.606	264.096	234.096
27	00:02:52	1.964	2.702	1966.980	2.700	4037.051	1.929	10.176	487.232	517.232	30.000	17.241	273.616	243.616
28	00:02:58	2.033	2.802	2035.490	2.800	4040.000	2.000	10.523	503.834	533.834	30.000	17.794	281.917	251.917
29	00:03:04	2.123	2.903	2125.567	2.901	4042.961	2.072	10.980	525.745	555.745	30.000	18.525	292.873	262.873
30	00:03:10	2.159	3.003	2162.015	3.002	4045.934	2.144	11.160	534.367	564.367	30.000	18.812	297.184	267.184
31	00:03:17	2.206	3.103	2208.799	3.101	4048.871	2.215	11.394	545.535	575.535	30.000	19.184	302.767	272.767
32	00:03:23	2.266	3.203	2268.510	3.202	4051.849	2.287	11.693	559.870	589.870	30.000	19.662	309.935	279.935



33	00:03:29	2.338	3.303	2340.864	3.301	4054.790	2.358	12.057	577.308	607.308	30.000	20.244	318.654	288.654		
34	00:03:35	2.404	3.403	2407.344	3.402	4057.785	2.430	12.391	593.266	623.266	30.000	20.776	326.633	296.633		
35	00:03:41	2.472	3.503	2475.127	3.501	4060.741	2.501	12.730	609.526	639.526	30.000	21.318	334.763	304.763		
36	00:03:48	2.528	3.602	2531.011	3.600	4063.693	2.572	13.008	622.835	652.835	30.000	21.761	341.418	311.418		
37	00:03:54	2.583	3.702	2585.638	3.700	4066.674	2.643	13.279	635.811	665.811	30.000	22.194	347.906	317.906		
38	00:04:00	2.629	3.803	2632.220	3.801	4069.680	2.715	13.508	646.788	676.788	30.000	22.560	353.394	323.394		
39	00:04:06	2.643	3.903	2645.392	3.901	4072.668	2.786	13.566	649.548	679.548	30.000	22.652	354.774	324.774		
40	00:04:12	2.666	4.002	2668.470	4.000	4075.638	2.857	13.674	654.737	684.737	30.000	22.825	357.368	327.368		
41	00:04:19	2.715	4.103	2717.390	4.101	4078.679	2.930	13.915	666.243	696.243	30.000	23.208	363.121	333.121		
42	00:04:25	2.756	4.202	2758.792	4.200	4081.642	3.000	14.117	675.903	705.903	30.000	23.530	367.951	337.951		
43	00:04:31	2.788	4.303	2790.539	4.301	4084.676	3.072	14.268	683.173	713.173	30.000	23.772	371.586	341.586		
44	00:04:37	2.804	4.403	2807.313	4.401	4087.696	3.144	14.344	686.771	716.771	30.000	23.892	373.386	343.386		
45	00:04:43	2.806	4.503	2808.530	4.501	4090.703	3.215	14.339	686.564	716.564	30.000	23.885	373.282	343.282		
46	00:04:49	2.804	4.602	2806.960	4.601	4093.717	3.286	14.321	685.675	715.675	30.000	23.856	372.838	342.838		
47	00:04:55	2.800	4.703	2802.978	4.702	4096.768	3.358	14.290	684.192	714.192	30.000	23.806	372.096	342.096		
48	00:05:01	2.802	4.802	2804.516	4.800	4099.766	3.429	14.287	684.067	714.067	30.000	23.802	372.034	342.034		
49	00:05:08	2.804	4.903	2807.322	4.901	4102.830	3.501	14.291	684.240	714.240	30.000	23.808	372.120	342.120		
50	00:05:14	2.811	5.002	2813.487	5.001	4105.846	3.572	14.312	685.239	715.239	30.000	23.841	372.620	342.620		
51	00:05:20	2.801	5.102	2803.815	5.100	4108.882	3.643	14.252	682.379	712.379	30.000	23.746	371.189	341.189		
52	00:05:26	2.760	5.202	2763.192	5.200	4111.919	3.714	14.035	671.996	701.996	30.000	23.400	365.998	335.998		
53	00:05:32	2.720	5.303	2723.203	5.301	4114.998	3.786	13.821	661.775	691.775	30.000	23.059	360.888	330.888		
ETAPA 02									Valores Máximos							
									4.930	16.000	766.071	796.071	60.000	13.268	443.036	383.036
Unidades																
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa		
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUER ZO A LA COMP. CORR.	σ1	σ3	σ1 --- σ3	p	q		



54	00:05:38	2.719	5.402	2721.421	5.400	4118.041	3.857	13.802	660.853	690.853	60.000	11.514	390.427	330.427		
55	00:05:44	2.861	5.503	2863.671	5.501	4121.121	3.929	14.513	694.877	724.877	60.000	12.081	407.438	347.438		
56	00:05:50	3.010	5.603	3012.908	5.601	4124.202	4.001	15.258	730.543	760.543	60.000	12.676	425.272	365.272		
57	00:05:56	3.076	5.703	3079.103	5.701	4127.270	4.072	15.581	746.039	776.039	60.000	12.934	433.019	373.019		
58	00:06:02	3.121	5.802	3123.487	5.800	4130.303	4.143	15.794	756.237	786.237	60.000	13.104	438.118	378.118		
59	00:06:09	3.140	5.902	3142.730	5.901	4133.401	4.215	15.880	760.325	790.325	60.000	13.172	440.163	380.163		
60	00:06:15	3.149	6.003	3151.854	6.002	4136.520	4.287	15.914	761.958	791.958	60.000	13.199	440.979	380.979		
61	00:06:21	3.154	6.102	3156.780	6.100	4139.571	4.357	15.927	762.586	792.586	60.000	13.210	441.293	381.293		
62	00:06:27	3.159	6.203	3161.714	6.201	4142.678	4.429	15.940	763.205	793.205	60.000	13.220	441.603	381.603		
63	00:06:33	3.164	6.303	3166.655	6.301	4145.778	4.501	15.953	763.826	793.826	60.000	13.230	441.913	381.913		
64	00:06:40	3.169	6.402	3171.604	6.401	4148.868	4.572	15.966	764.451	794.451	60.000	13.241	442.225	382.225		
65	00:06:46	3.174	6.502	3176.561	6.500	4151.969	4.643	15.979	765.073	795.073	60.000	13.251	442.537	382.537		
66	00:06:52	3.171	6.603	3173.526	6.601	4155.104	4.715	15.952	763.766	793.766	60.000	13.229	441.883	381.883		
67	00:06:58	3.183	6.703	3185.498	6.701	4158.228	4.787	16.000	766.071	796.071	60.000	13.268	443.036	383.036		
68	00:07:04	3.169	6.803	3171.478	6.801	4161.334	4.858	15.917	762.130	792.130	60.000	13.202	441.065	381.065		
69	00:07:11	3.156	6.903	3159.179	6.901	4164.480	4.930	15.844	758.601	788.601	60.000	13.143	439.300	379.300		
70	00:07:17	3.148	7.002	3150.595	7.000	4167.574	5.000	15.789	755.978	785.978	60.000	13.100	437.989	377.989		
71	00:07:23	3.132	7.102	3134.923	7.100	4170.708	5.072	15.699	751.652	781.652	60.000	13.028	435.826	375.826		
72	00:07:29	3.059	7.203	3062.126	7.201	4173.886	5.144	15.322	733.639	763.639	60.000	12.727	426.820	366.820		
ETAPA 03									Valores Máximos							
									4.930	17.980	860.886	890.886	120.000	29.696	549.934	430.443
Unidades																
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa		
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	p	q		
73	00:07:35	3.052	7.303	3055.167	7.302	4177.043	5.215	15.276	731.419	761.419	120.000	6.345	485.709	365.709		



74	00:07:40	3.133	7.403	3136.186	7.402	4180.188	5.287	15.669	750.250	780.250	120.00 0	6.502	495.125	375.125
75	00:07:46	3.276	7.503	3278.779	7.501	4183.318	5.358	16.369	783.775	813.775	120.00 0	6.781	511.887	391.887
76	00:07:52	3.360	7.603	3362.435	7.601	4186.497	5.430	16.774	803.162	833.162	120.00 0	6.943	521.581	401.581
77	00:07:58	3.416	7.703	3418.627	7.701	4189.650	5.501	17.042	815.970	845.970	120.00 0	7.050	527.985	407.985
78	00:08:05	3.460	7.803	3463.194	7.801	4192.824	5.572	17.251	825.981	855.981	120.00 0	7.133	532.991	412.991
79	00:08:11	3.490	7.903	3492.938	7.901	4196.003	5.644	17.386	832.444	862.444	120.00 0	7.187	536.222	416.222
80	00:08:17	3.514	8.003	3517.232	8.001	4199.167	5.715	17.494	837.602	867.602	120.00 0	7.230	538.801	418.801
81	00:08:23	3.539	8.103	3542.354	8.101	4202.356	5.786	17.605	842.945	872.945	120.00 0	7.275	541.472	421.472
82	00:08:29	3.561	8.203	3564.262	8.201	4205.544	5.858	17.701	847.515	877.515	120.00 0	7.313	543.757	423.757
83	00:08:35	3.573	8.303	3575.934	8.301	4208.753	5.930	17.745	849.642	879.642	120.00 0	7.330	544.821	424.821
84	00:08:41	3.585	8.403	3587.870	8.401	4211.933	6.001	17.791	851.835	881.835	120.00 0	7.349	545.917	425.917
85	00:08:47	3.599	8.502	3602.224	8.500	4215.111	6.072	17.849	854.597	884.597	120.00 0	7.372	547.299	427.299
86	00:08:54	3.609	8.603	3612.146	8.601	4218.350	6.144	17.884	856.294	886.294	120.00 0	7.386	548.147	428.147
87	00:09:00	3.616	8.702	3619.146	8.700	4221.536	6.214	17.905	857.305	887.305	120.00 0	7.394	548.653	428.653
88	00:09:06	3.622	8.802	3625.022	8.800	4224.747	6.286	17.921	858.045	888.045	120.00 0	7.400	549.022	429.022
89	00:09:12	3.629	8.902	3631.531	8.900	4227.981	6.357	17.939	858.928	888.928	120.00 0	7.408	549.464	429.464
90	00:09:18	3.635	9.002	3638.199	9.001	4231.217	6.429	17.958	859.847	889.847	120.00 0	7.415	549.924	429.924
91	00:09:24	3.638	9.103	3641.085	9.101	4234.475	6.501	17.959	859.867	889.867	120.00 0	7.416	549.934	429.934
92	00:09:30	3.645	9.202	3648.149	9.200	4237.666	6.571	17.980	860.886	890.886	120.00 0	29.696	460.443	430.443
93	00:09:36	3.633	9.303	3635.611	9.301	4240.941	6.644	17.904	857.265	887.265	120.00 0	29.576	458.633	428.633
94	00:09:42	3.636	9.403	3639.224	9.402	4244.206	6.715	17.908	857.457	887.457	120.00 0	29.582	458.728	428.728



95	00:09:48	3.634	9.503	3637.014	9.501	4247.434	6.786	17.884	856.285	886.285	120.00 0	29.543	458.143	428.143
96	00:09:54	3.630	9.603	3633.157	9.601	4250.711	6.858	17.851	854.717	884.717	120.00 0	29.491	457.359	427.359
97	00:10:00	3.629	9.703	3631.486	9.701	4253.963	6.929	17.829	853.671	883.671	120.00 0	29.456	456.836	426.836
98	00:10:06	3.630	9.803	3632.799	9.801	4257.241	7.001	17.822	853.322	883.322	120.00 0	29.444	456.661	426.661
99	00:10:12	3.635	9.903	3637.707	9.901	4260.490	7.072	17.832	853.824	883.824	120.00 0	29.461	456.912	426.912
100	00:10:19	3.640	10.003	3643.276	10.001	4263.781	7.144	17.846	854.471	884.471	120.00 0	29.482	457.235	427.235
101	00:10:24	3.645	10.103	3647.518	10.101	4267.064	7.215	17.853	854.807	884.807	120.00 0	29.494	457.404	427.404
102	00:10:31	3.651	10.203	3653.439	10.201	4270.359	7.287	17.868	855.535	885.535	120.00 0	29.518	457.767	427.767
103	00:10:37	3.648	10.302	3651.297	10.300	4273.611	7.357	17.844	854.382	884.382	120.00 0	29.479	457.191	427.191
104	00:10:43	3.646	10.403	3649.155	10.402	4276.953	7.430	17.820	853.214	883.214	120.00 0	29.440	456.607	426.607
105	00:10:49	3.644	10.502	3647.015	10.500	4280.212	7.500	17.796	852.064	882.064	120.00 0	29.402	456.032	426.032
106	00:10:55	3.637	10.602	3639.726	10.600	4283.518	7.572	17.746	849.705	879.705	120.00 0	29.323	454.852	424.852
107	00:11:01	3.630	10.703	3632.452	10.701	4286.855	7.643	17.697	847.347	877.347	120.00 0	29.245	453.673	423.673
108	00:11:08	3.615	10.803	3617.934	10.801	4290.169	7.715	17.613	843.308	873.308	120.00 0	29.110	451.654	421.654
109	00:11:14	3.601	10.902	3603.474	10.900	4293.468	7.786	17.529	839.292	869.292	120.00 0	28.976	449.646	419.646
110	00:11:20	3.586	11.003	3589.071	11.001	4296.835	7.858	17.445	835.282	865.282	120.00 0	28.843	447.641	417.641
111	00:11:26	3.572	11.103	3574.726	11.101	4300.177	7.930	17.362	831.297	861.297	120.00 0	28.710	445.649	415.649



- **Espécimen 05 (MEM.05)**

Tabla 19.

Resultados del ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 05.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

Ensayo:	ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL MULTIETAPA
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
Fecha:	16/09/2023
Calicata N°:	C-01
Tesistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José
Espécimen:	C01 – MEM05

<u>ETAPA 01</u>							Valores Máximos							
							4.287	14.574	697.822	727.822	30.000	24.261	378.911	348.911
Unidades														
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1 --- σ_3	p	q
0	00:00:00	0.000	0.002	3.270	0.000	3959.190	0.000	0.017	0.826	30.826	30.000	1.028	30.413	0.413
1	00:00:06	0.001	0.103	4.430	0.101	3962.046	0.072	0.023	1.118	31.118	30.000	1.037	30.559	0.559
2	00:00:12	0.002	0.203	4.821	0.201	3964.889	0.144	0.025	1.216	31.216	30.000	1.041	30.608	0.608
3	00:00:18	0.002	0.302	5.074	0.300	3967.701	0.215	0.027	1.279	31.279	30.000	1.043	30.639	0.639
4	00:00:25	0.003	0.403	6.054	0.401	3970.575	0.287	0.032	1.525	31.525	30.000	1.051	30.762	0.762



5	00:00:31	0.015	0.502	18.092	0.501	3973.400	0.358	0.095	4.553	34.553	30.000	1.152	32.277	2.277
6	00:00:37	0.018	0.602	21.163	0.600	3976.240	0.429	0.111	5.322	35.322	30.000	1.177	32.661	2.661
7	00:00:43	0.019	0.703	21.997	0.701	3979.126	0.501	0.115	5.528	35.528	30.000	1.184	32.764	2.764
8	00:00:49	0.020	0.802	23.204	0.800	3981.948	0.572	0.122	5.827	35.827	30.000	1.194	32.914	2.914
9	00:00:55	0.031	0.902	33.706	0.900	3984.816	0.643	0.177	8.459	38.459	30.000	1.282	34.229	4.229
10	00:01:02	0.133	1.003	136.108	1.001	3987.709	0.715	0.713	34.132	64.132	30.000	2.138	47.066	17.066
11	00:01:09	0.261	1.103	264.511	1.101	3990.572	0.786	1.384	66.284	96.284	30.000	3.209	63.142	33.142
12	00:01:16	0.395	1.203	398.273	1.201	3993.453	0.858	2.083	99.732	129.732	30.000	4.324	79.866	49.866
13	00:01:22	0.517	1.302	520.220	1.300	3996.301	0.929	2.719	130.175	160.175	30.000	5.339	95.088	65.088
14	00:01:29	0.629	1.402	631.936	1.401	3999.200	1.000	3.300	158.016	188.016	30.000	6.267	109.008	79.008
15	00:01:35	0.731	1.503	734.611	1.502	4002.114	1.073	3.834	183.556	213.556	30.000	7.119	121.778	91.778
16	00:01:41	0.858	1.603	861.315	1.601	4004.982	1.143	4.492	215.061	245.061	30.000	8.169	137.530	107.530
17	00:01:48	0.975	1.703	977.812	1.701	4007.890	1.215	5.095	243.972	273.972	30.000	9.132	151.986	121.986
18	00:01:54	1.074	1.802	1076.915	1.800	4010.763	1.286	5.608	268.506	298.506	30.000	9.950	164.253	134.253
19	00:02:01	1.176	1.903	1179.472	1.901	4013.693	1.358	6.137	293.862	323.862	30.000	10.795	176.931	146.931
20	00:02:07	1.259	2.002	1262.046	2.000	4016.574	1.429	6.562	314.210	344.210	30.000	11.474	187.105	157.105
21	00:02:13	1.395	2.102	1398.382	2.101	4019.497	1.500	7.266	347.900	377.900	30.000	12.597	203.950	173.950
22	00:02:20	1.506	2.202	1509.004	2.200	4022.410	1.572	7.835	375.149	405.149	30.000	13.505	217.575	187.575
23	00:02:26	1.605	2.303	1608.370	2.301	4025.343	1.643	8.345	399.561	429.561	30.000	14.319	229.781	199.781
24	00:02:32	1.701	2.403	1704.356	2.401	4028.285	1.715	8.837	423.097	453.097	30.000	15.103	241.549	211.549
25	00:02:39	1.763	2.503	1766.437	2.501	4031.202	1.786	9.152	438.191	468.191	30.000	15.606	249.095	219.095
26	00:02:45	1.892	2.603	1895.316	2.601	4034.135	1.858	9.812	469.820	499.820	30.000	16.661	264.910	234.910
27	00:02:52	1.973	2.702	1976.346	2.700	4037.051	1.929	10.225	489.552	519.552	30.000	17.318	274.776	244.776
28	00:02:58	2.044	2.802	2046.993	2.800	4040.000	2.000	10.582	506.681	536.681	30.000	17.889	283.341	253.341
29	00:03:04	2.128	2.903	2130.708	2.901	4042.961	2.072	11.007	527.017	557.017	30.000	18.567	293.508	263.508
30	00:03:10	2.199	3.003	2202.653	3.002	4045.934	2.144	11.370	544.411	574.411	30.000	19.147	302.206	272.206
31	00:03:17	2.251	3.103	2254.277	3.101	4048.871	2.215	11.628	556.767	586.767	30.000	19.559	308.383	278.383
32	00:03:23	2.326	3.203	2329.267	3.202	4051.849	2.287	12.006	574.865	604.865	30.000	20.162	317.433	287.433



33	00:03:29	2.401	3.303	2404.050	3.301	4054.790	2.358	12.383	592.891	622.891	30.000	20.763	326.446	296.446		
34	00:03:35	2.460	3.403	2463.128	3.402	4057.785	2.430	12.678	607.013	637.013	30.000	21.234	333.506	303.506		
35	00:03:41	2.479	3.503	2482.283	3.501	4060.741	2.501	12.767	611.288	641.288	30.000	21.376	335.644	305.644		
36	00:03:48	2.516	3.602	2519.470	3.600	4063.693	2.572	12.949	619.995	649.995	30.000	21.667	339.998	309.998		
37	00:03:54	2.554	3.702	2557.215	3.700	4066.674	2.643	13.133	628.822	658.822	30.000	21.961	344.411	314.411		
38	00:04:00	2.631	3.803	2633.837	3.801	4069.680	2.715	13.517	647.185	677.185	30.000	22.573	353.593	323.593		
39	00:04:06	2.700	3.903	2702.757	3.901	4072.668	2.786	13.860	663.633	693.633	30.000	23.121	361.817	331.817		
40	00:04:12	2.734	4.002	2736.949	4.000	4075.638	2.857	14.025	671.539	701.539	30.000	23.385	365.769	335.769		
41	00:04:19	2.765	4.103	2768.245	4.101	4078.679	2.930	14.175	678.711	708.711	30.000	23.624	369.356	339.356		
42	00:04:25	2.780	4.202	2783.212	4.200	4081.642	3.000	14.241	681.885	711.885	30.000	23.730	370.943	340.943		
43	00:04:31	2.797	4.303	2800.069	4.301	4084.676	3.072	14.317	685.506	715.506	30.000	23.850	372.753	342.753		
44	00:04:37	2.812	4.403	2815.228	4.401	4087.696	3.144	14.384	688.708	718.708	30.000	23.957	374.354	344.354		
45	00:04:43	2.809	4.503	2812.577	4.501	4090.703	3.215	14.360	687.553	717.553	30.000	23.918	373.777	343.777		
46	00:04:49	2.815	4.602	2817.747	4.601	4093.717	3.286	14.376	688.310	718.310	30.000	23.944	374.155	344.155		
47	00:04:55	2.820	4.703	2823.078	4.702	4096.768	3.358	14.392	689.099	719.099	30.000	23.970	374.549	344.549		
48	00:05:01	2.824	4.802	2827.213	4.800	4099.766	3.429	14.403	689.603	719.603	30.000	23.987	374.802	344.802		
49	00:05:08	2.825	4.903	2828.411	4.901	4102.830	3.501	14.398	689.380	719.380	30.000	23.979	374.690	344.690		
50	00:05:14	2.837	5.002	2839.791	5.001	4105.846	3.572	14.445	691.646	721.646	30.000	24.055	375.823	345.823		
51	00:05:20	2.859	5.102	2862.618	5.100	4108.882	3.643	14.551	696.690	726.690	30.000	24.223	378.345	348.345		
52	00:05:26	2.866	5.202	2869.388	5.200	4111.919	3.714	14.574	697.822	727.822	30.000	24.261	378.911	348.911		
53	00:05:32	2.837	5.303	2840.084	5.301	4114.998	3.786	14.415	690.179	720.179	30.000	24.006	375.089	345.089		
54	00:05:38	2.767	5.402	2770.026	5.400	4118.041	3.857	14.049	672.656	702.656	30.000	23.422	366.328	336.328		
55	00:05:44	2.761	5.503	2764.492	5.501	4121.121	3.929	14.010	670.811	700.811	30.000	23.360	365.405	335.405		
<u>ETAPA 02</u>									Valores Máximos							
									4.930	15.965	764.403	794.403	60.000	13.240	442.202	382.202
Unidades																
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa		
LECTURA		CARGA	DESP.					ESFUERZO		σ1	σ3	σ1	p	q		



	TIEMPO TRANSCURRIDO			CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL		ESFUERZO A LA COMP. CORR.			---			
												σ_3			
56	00:05:50	2.867	5.603	2870.495	5.601	4124.202	4.001	14.537	696.012	726.012	60.000	12.100	408.006	348.006	
57	00:05:56	3.017	5.703	3020.072	5.701	4127.270	4.072	15.283	731.736	761.736	60.000	12.696	425.868	365.868	
58	00:06:02	3.083	5.802	3086.418	5.800	4130.303	4.143	15.607	747.262	777.262	60.000	12.954	433.631	373.631	
59	00:06:09	3.128	5.902	3130.903	5.901	4133.401	4.215	15.820	757.464	787.464	60.000	13.124	438.732	378.732	
60	00:06:15	3.147	6.003	3150.190	6.002	4136.520	4.287	15.905	761.556	791.556	60.000	13.193	440.778	380.778	
61	00:06:21	3.156	6.102	3159.335	6.100	4139.571	4.357	15.940	763.203	793.203	60.000	13.220	441.602	381.602	
62	00:06:27	3.164	6.203	3166.676	6.201	4142.678	4.429	15.965	764.403	794.403	60.000	13.240	442.202	382.202	
63	00:06:33	3.155	6.303	3158.073	6.301	4145.778	4.501	15.910	761.756	791.756	60.000	13.196	440.878	380.878	
64	00:06:40	3.139	6.402	3142.365	6.401	4148.868	4.572	15.819	757.403	787.403	60.000	13.123	438.701	378.701	
65	00:06:46	3.066	6.502	3069.402	6.500	4151.969	4.643	15.440	739.264	769.264	60.000	12.821	429.632	369.632	
66	00:06:52	3.059	6.603	3062.427	6.601	4155.104	4.715	15.393	737.028	767.028	60.000	12.784	428.514	368.514	
<u>ETAPA 02</u>								Valores Máximos							
								4.930	18.119	867.536	897.536	120.000	7.479	553.768	433.768
Unidades															
	HH:MM:SS	kN	mm	N	mm	mm ²	%	ksf	Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	Kpa	
LECTURA	TIEMPO TRANSCURRIDO	CARGA	DESP.	CARGA CORREGIDA	DESP. CORREGIDO	AREA CORREGIDA	ESFUERZO AXIAL	ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMP. CORR.	σ_1	σ_3	σ_1	σ_3	q	
67	00:06:58	3.140	6.703	3143.631	6.701	4158.228	4.787	15.789	756.003	786.003	120.000	6.550	498.001	378.001	
68	00:07:04	3.283	6.803	3286.550	6.801	4161.334	4.858	16.495	789.783	819.783	120.000	6.832	514.891	394.891	
69	00:07:11	3.367	6.903	3370.395	6.901	4164.480	4.930	16.903	809.320	839.320	120.000	6.994	524.660	404.660	
70	00:07:17	3.424	7.002	3426.716	7.000	4167.574	5.000	17.173	822.233	852.233	120.000	7.102	531.116	411.116	
71	00:07:23	3.468	7.102	3471.384	7.100	4170.708	5.072	17.383	832.325	862.325	120.000	7.186	536.162	416.162	
72	00:07:29	3.498	7.203	3501.196	7.201	4173.886	5.144	17.519	838.834	868.834	120.000	7.240	539.417	419.417	
73	00:07:35	3.522	7.303	3525.546	7.302	4177.043	5.215	17.628	844.029	874.029	120.000	7.284	542.015	422.015	



74	00:07:40	3.548	7.403	3550.725	7.402	4180.188	5.287	17.740	849.418	879.418	120.000	7.328	544.709	424.709
75	00:07:46	3.570	7.503	3572.683	7.501	4183.318	5.358	17.837	854.031	884.031	120.000	7.367	547.015	427.015
76	00:07:52	3.581	7.603	3584.381	7.601	4186.497	5.430	17.882	856.177	886.177	120.000	7.385	548.088	428.088
77	00:07:58	3.593	7.703	3596.344	7.701	4189.650	5.501	17.928	858.388	888.388	120.000	7.403	549.194	429.194
78	00:08:05	3.608	7.803	3610.731	7.801	4192.824	5.572	17.986	861.169	891.169	120.000	7.426	550.585	430.585
79	00:08:11	3.618	7.903	3620.676	7.901	4196.003	5.644	18.022	862.887	892.887	120.000	7.441	551.443	431.443
80	00:08:17	3.625	8.003	3627.692	8.001	4199.167	5.715	18.043	863.908	893.908	120.000	7.449	551.954	431.954
81	00:08:23	3.630	8.103	3633.582	8.101	4202.356	5.786	18.059	864.653	894.653	120.000	7.455	552.327	432.327
82	00:08:29	3.637	8.203	3640.106	8.201	4205.544	5.858	18.077	865.549	895.549	120.000	7.463	552.775	432.775
83	00:08:35	3.644	8.303	3646.789	8.301	4208.753	5.930	18.097	866.477	896.477	120.000	7.471	553.239	433.239
84	00:08:41	3.647	8.403	3649.681	8.401	4211.933	6.001	18.097	866.510	896.510	120.000	7.471	553.255	433.255
85	00:08:47	3.654	8.502	3656.761	8.500	4215.111	6.072	18.119	867.536	897.536	120.000	7.479	553.768	433.768
86	00:08:54	3.641	8.603	3644.194	8.601	4218.350	6.144	18.043	863.891	893.891	120.000	7.449	551.945	431.945
87	00:09:00	3.645	8.702	3647.815	8.700	4221.536	6.214	18.047	864.097	894.097	120.000	7.451	552.048	432.048
88	00:09:06	3.642	8.802	3645.601	8.800	4224.747	6.286	18.022	862.916	892.916	120.000	7.441	551.458	431.458
89	00:09:12	3.639	8.902	3641.735	8.900	4227.981	6.357	17.989	861.341	891.341	120.000	7.428	550.671	430.671
90	00:09:18	3.637	9.002	3640.060	9.001	4231.217	6.429	17.967	860.287	890.287	120.000	7.419	550.143	430.143
91	00:09:24	3.638	9.103	3641.376	9.101	4234.475	6.501	17.960	859.936	889.936	120.000	7.416	549.968	429.968
92	00:09:30	3.643	9.202	3646.295	9.200	4237.666	6.571	17.971	860.449	890.449	120.000	7.420	550.224	430.224
93	00:09:36	3.649	9.303	3651.876	9.301	4240.941	6.644	17.984	861.100	891.100	120.000	7.426	550.550	430.550
94	00:09:42	3.653	9.403	3656.128	9.402	4244.206	6.715	17.992	861.440	891.440	120.000	7.429	550.720	430.720
95	00:09:48	3.659	9.503	3662.064	9.501	4247.434	6.786	18.007	862.183	892.183	120.000	7.435	551.091	431.091
96	00:09:54	3.663	9.603	3666.601	9.601	4250.711	6.858	18.015	862.585	892.585	120.000	7.438	551.293	431.293
97	00:10:00	3.665	9.703	3667.922	9.701	4253.963	6.929	18.008	862.236	892.236	120.000	7.435	551.118	431.118
98	00:10:06	3.666	9.803	3669.165	9.801	4257.241	7.001	18.000	861.864	891.864	120.000	7.432	550.932	430.932
99	00:10:12	3.669	9.903	3671.797	9.901	4260.490	7.072	18.000	861.825	891.825	120.000	7.432	550.913	430.913
100	00:10:19	3.671	10.003	3674.156	10.001	4263.781	7.144	17.997	861.713	891.713	120.000	7.431	550.857	430.857
101	00:10:24	3.675	10.103	3678.240	10.101	4267.064	7.215	18.003	862.007	892.007	120.000	7.433	551.004	431.004





102	00:10:31	3.677	10.203	3679.965	10.201	4270.359	7.287	17.998	861.746	891.746	120.000	7.431	550.873	430.873
103	00:10:37	3.678	10.302	3681.371	10.300	4273.611	7.357	17.991	861.419	891.419	120.000	7.428	550.710	430.710
104	00:10:43	3.679	10.403	3682.034	10.402	4276.953	7.430	17.980	860.901	890.901	120.000	7.424	550.451	430.451
105	00:10:49	3.683	10.502	3685.845	10.500	4280.212	7.500	17.985	861.136	891.136	120.000	7.426	550.568	430.568
106	00:10:55	3.684	10.602	3686.975	10.600	4283.518	7.572	17.977	860.735	890.735	120.000	7.423	550.368	430.368
107	00:11:01	3.676	10.703	3679.608	10.701	4286.855	7.643	17.927	858.347	888.347	120.000	7.403	549.173	429.173
108	00:11:08	3.669	10.803	3672.255	10.801	4290.169	7.715	17.877	855.970	885.970	120.000	7.383	547.985	427.985
109	00:11:14	3.662	10.902	3664.917	10.900	4293.468	7.786	17.828	853.603	883.603	120.000	7.363	546.801	426.801
110	00:11:20	3.654	11.003	3657.593	11.001	4296.835	7.858	17.778	851.230	881.230	120.000	7.344	545.615	425.615
111	00:11:26	3.636	11.103	3639.321	11.101	4300.177	7.930	17.676	846.319	876.319	120.000	7.303	543.159	423.159
112	00:11:32	3.618	11.202	3621.140	11.200	4303.471	8.000	17.574	841.446	871.446	120.000	7.262	540.723	420.723
113	00:11:39	3.600	11.303	3603.050	11.302	4306.865	8.073	17.472	836.583	866.583	120.000	7.222	538.292	418.292
114	00:11:45	3.578	11.403	3581.451	11.402	4310.214	8.144	17.354	830.922	860.922	120.000	7.174	535.461	415.461
115	00:11:51	3.553	11.502	3556.403	11.500	4313.528	8.215	17.220	824.477	854.477	120.000	7.121	532.238	412.238



3.5.3 Cálculos vinculados con la cuantificación de las variables

3.5.3.1. Estimación del empuje lateral de suelo in situ

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> 	
<p>DETERMINACION DE PRESIÓN LATERAL</p>	
TESIS DE GRADO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO
TESISTAS:	PERCY JOSE PUMACHAPI ZARATE
	DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANDO
CALICATA N°	C - 1

1) Determinación del Peso específico saturado del suelo.

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{1 + e} \quad (30)$$

Donde:

G_s: Gravedad específica (Adimensional)

e: Relación de vacíos, para arcillas es 0.9 (Adimensional)

γ_w: Peso específico del agua en KN/m³

$$\gamma_{sat} = \frac{(2.88 + 0.9) * 9.81 \text{KN/m}^3}{1 + 0.9} \quad (31)$$

$$\gamma_{sat} = 14.87 \text{KN/m}^3$$

1) Determinación de la presión lateral de suelo a -2.00m

$$\sigma = \gamma_{sat} * h \quad (32)$$

Donde:

h: Profundidad de extracción de muestra

$$\sigma = 29.74 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = 30.00 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

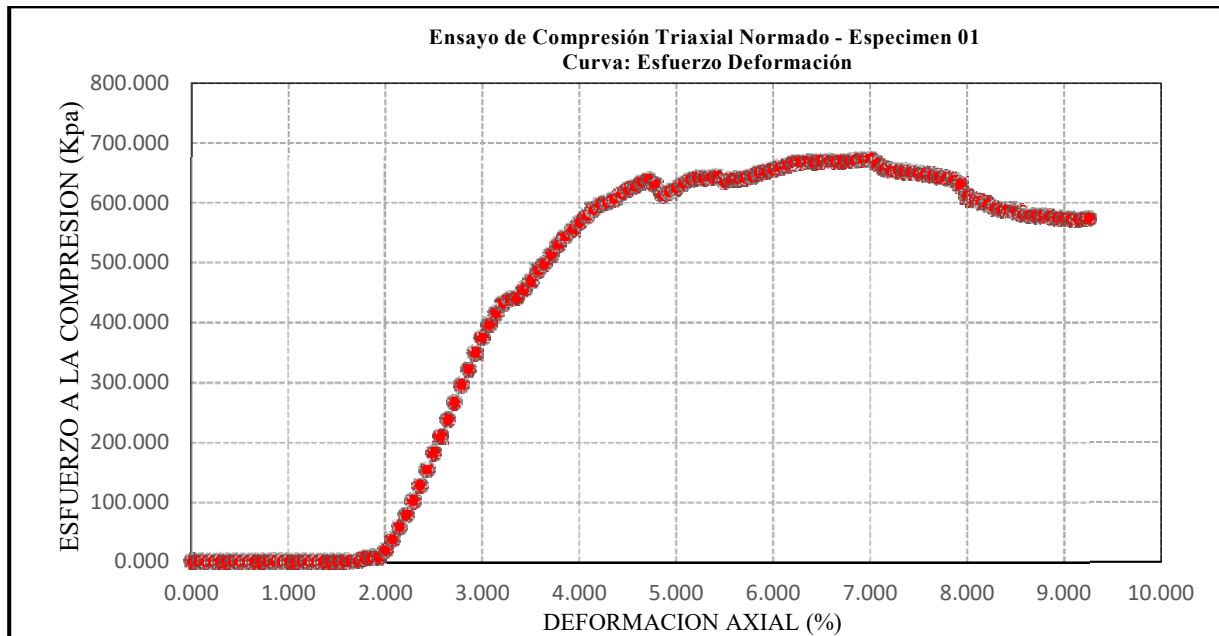


3.5.3.2. Ensayo de compresión triaxial normado (NTP 339.164)

- **Espécimen 01 (MEC.01)**

Tabla 20.

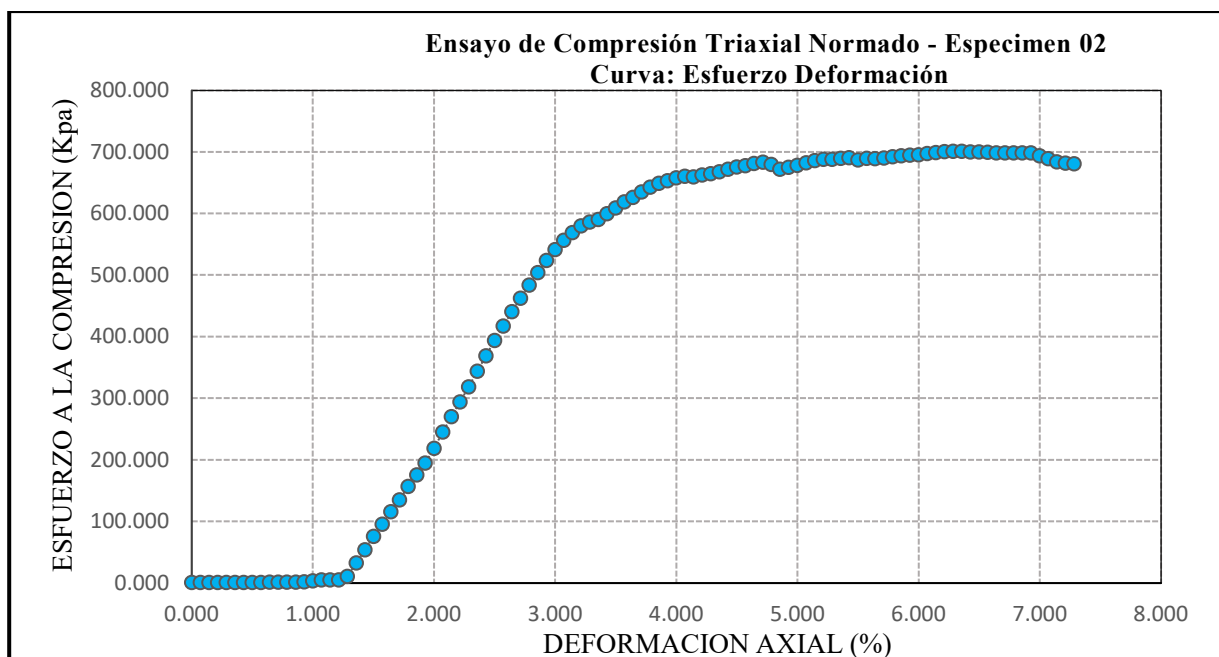
Curva Esfuerzo – Deformación, Espécimen 01.



- **Espécimen 02 (MEC.02)**

Tabla 21.

Curva Esfuerzo – Deformación, Espécimen 02.





- **Espécimen 03 (MEC.03)**

Tabla 22.

Curva Esfuerzo – Deformación, Espécimen 03.

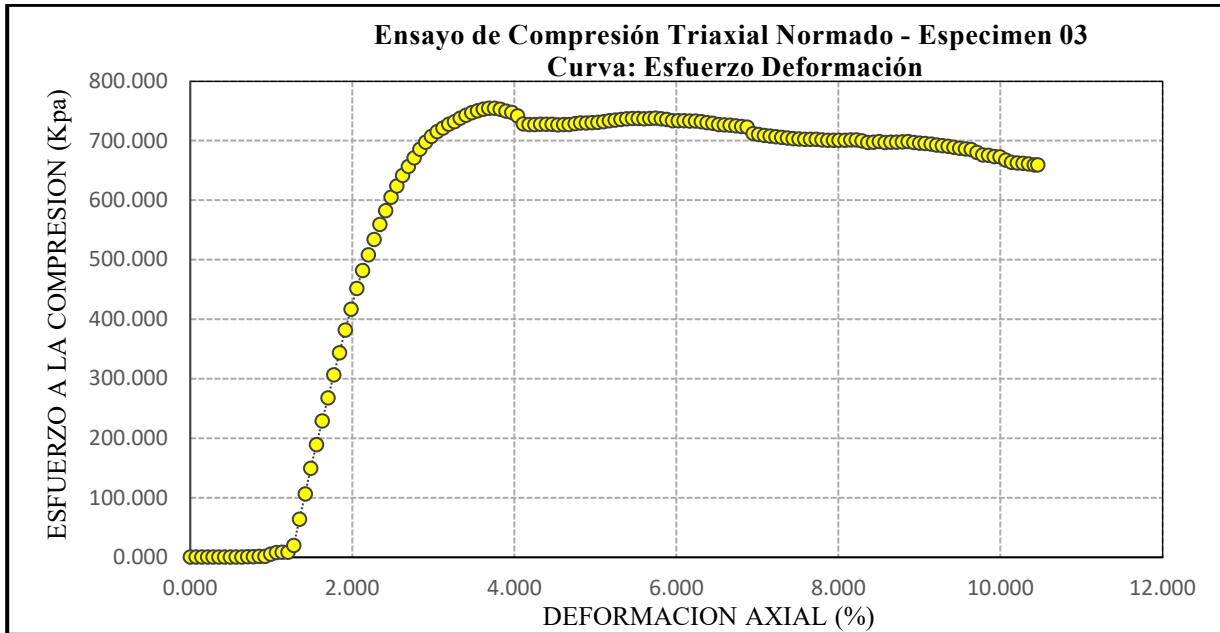


Tabla 23.

Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial normado.

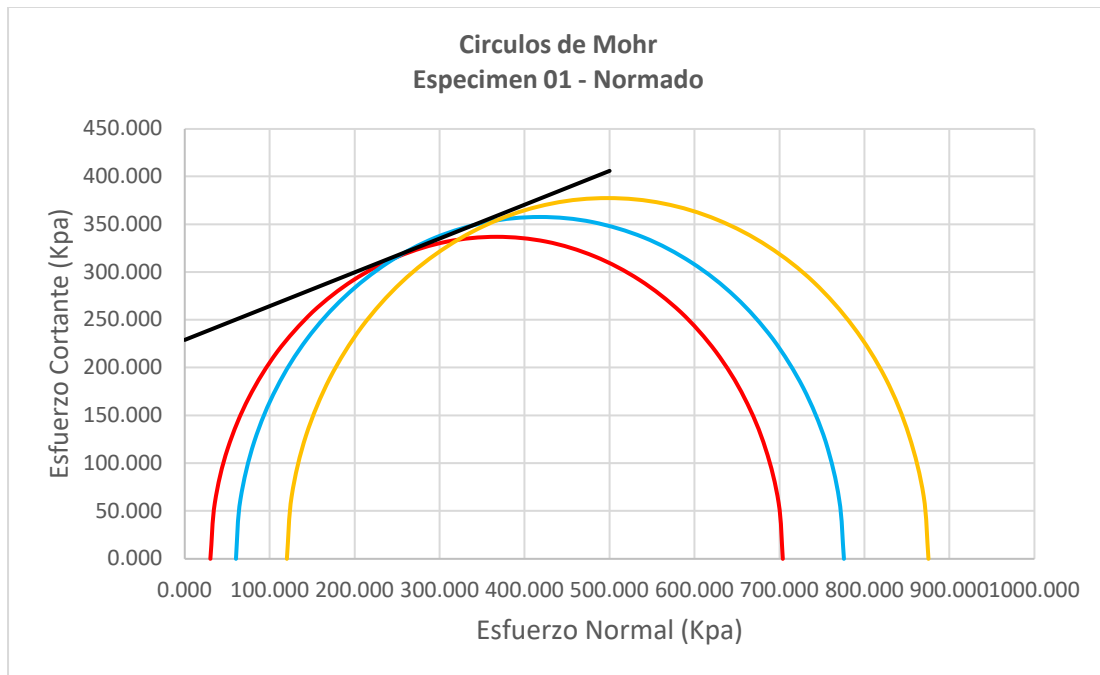




Tabla 24.

Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial normado.

Parámetros de Resistencia		
$\phi=$	19.5	°
$c=$	229.00	Kpa

3.5.3.2. Ensayo de compresión triaxial con la técnica multietapa (NTP 339.164)

- **Espécimen 01 (MEM.01)**

Tabla 25.

Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 01.

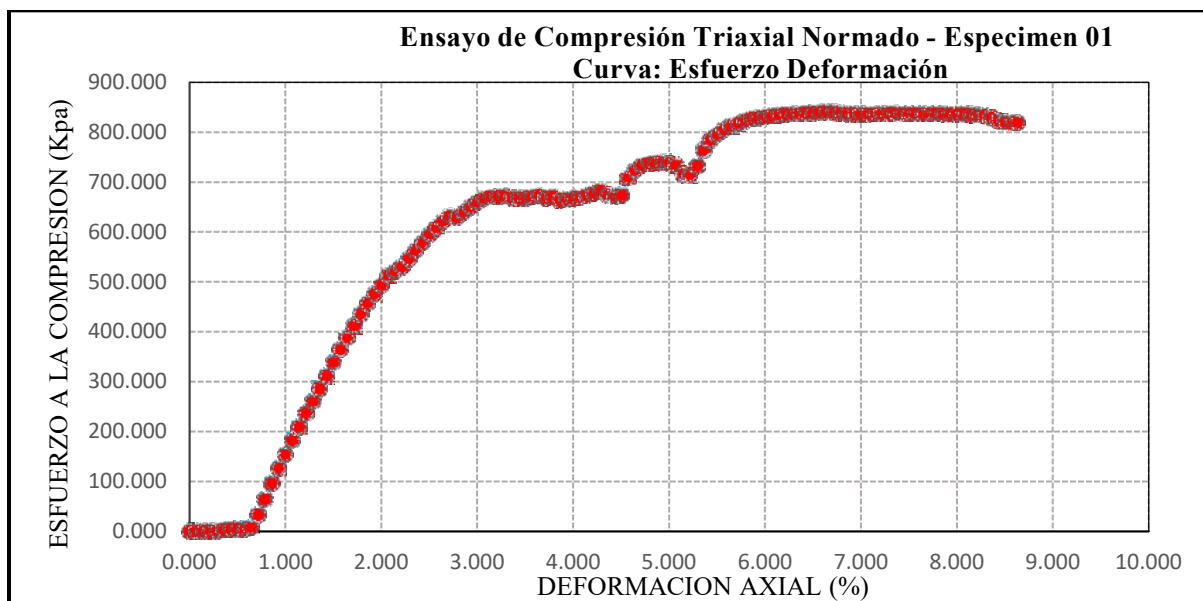


Tabla 26.

Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 01.

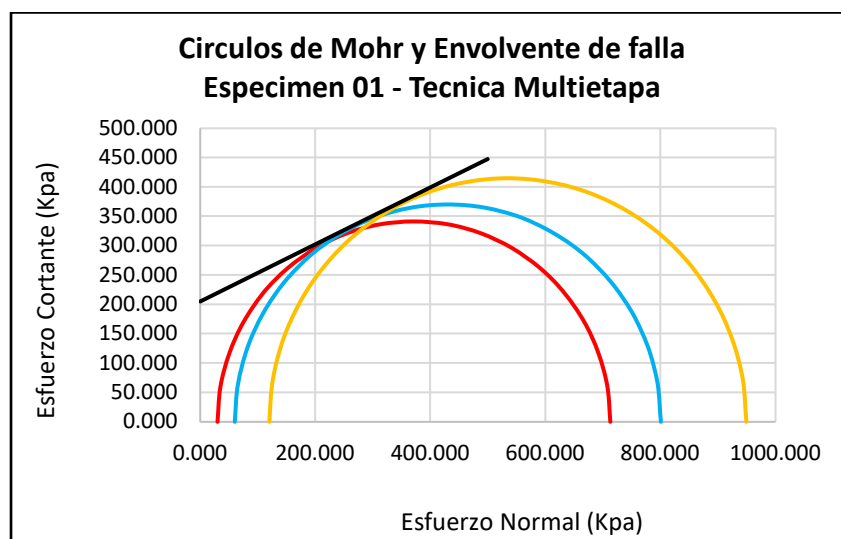




Tabla 27.

Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 01.

Parámetros de Resistencia		
$\phi=$	25.9	°
$c=$	205.00	Kpa

- **Espécimen 02 (MEM.02)**

Tabla 28.

Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 02.

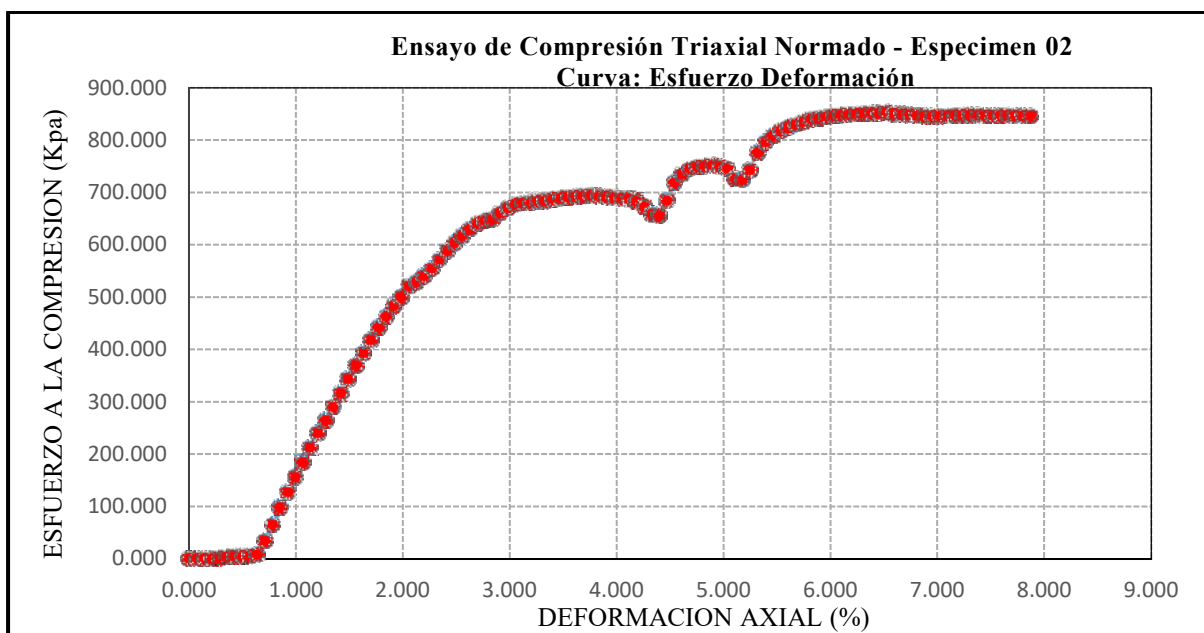


Tabla 29.

Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 02.

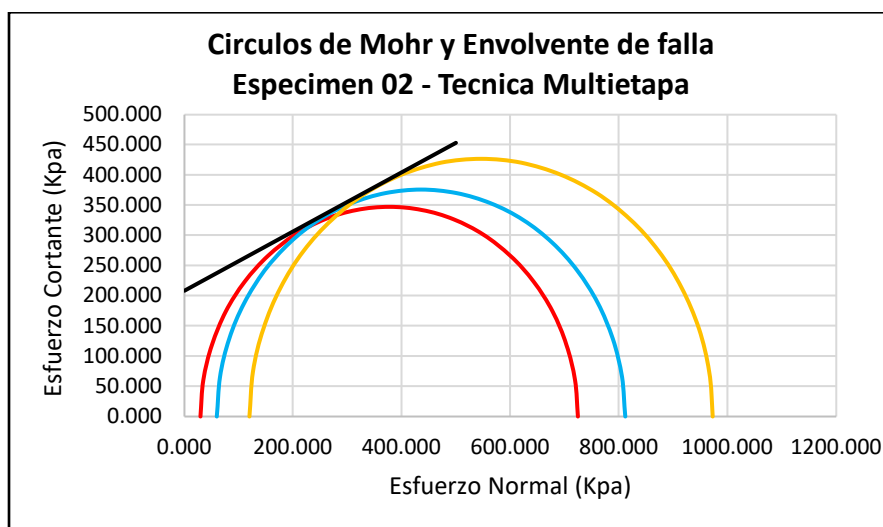




Tabla 30.

Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 02.

Parámetros de Resistencia		
$\phi=$	26.1	°
$c=$	208	Kpa

- **Espécimen 03 (MEM.03)**

Tabla 31.

Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 03.

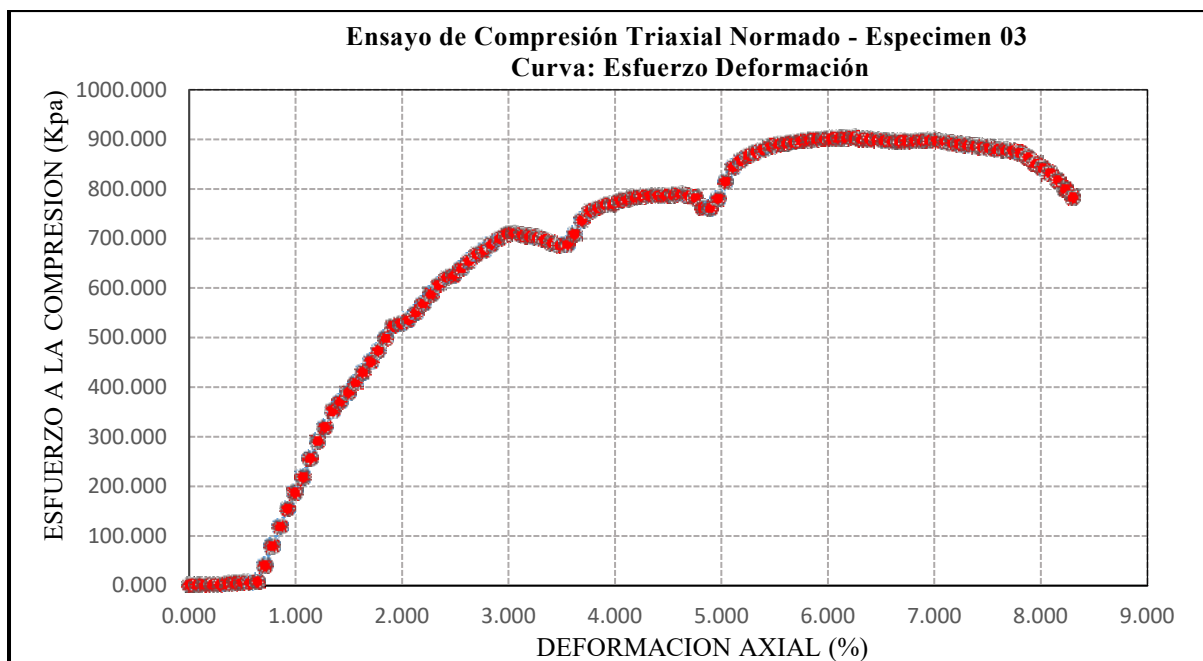


Tabla 32.

Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 03.

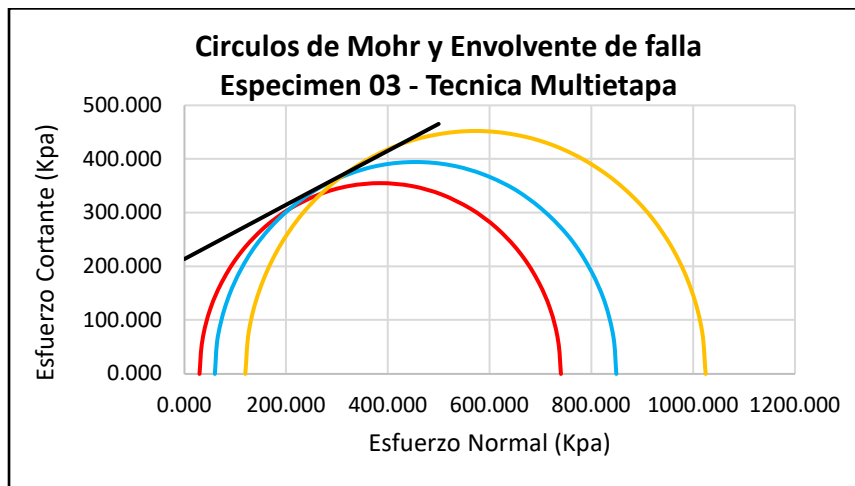




Tabla 33.

Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 03.

Parámetros de Resistencia		
$\phi=$	26.70	°
$c=$	214.00	Kpa

- **Espécimen 04 (MEM.04)**

Tabla 34.

Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 04.

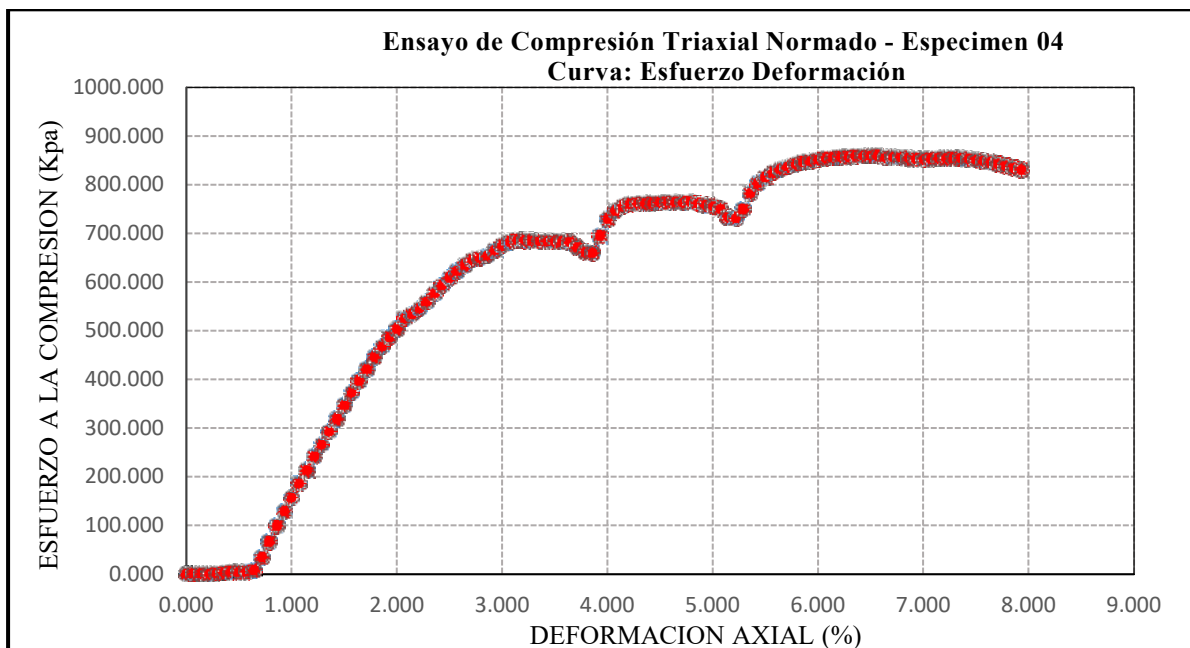


Tabla 35.

Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 04.

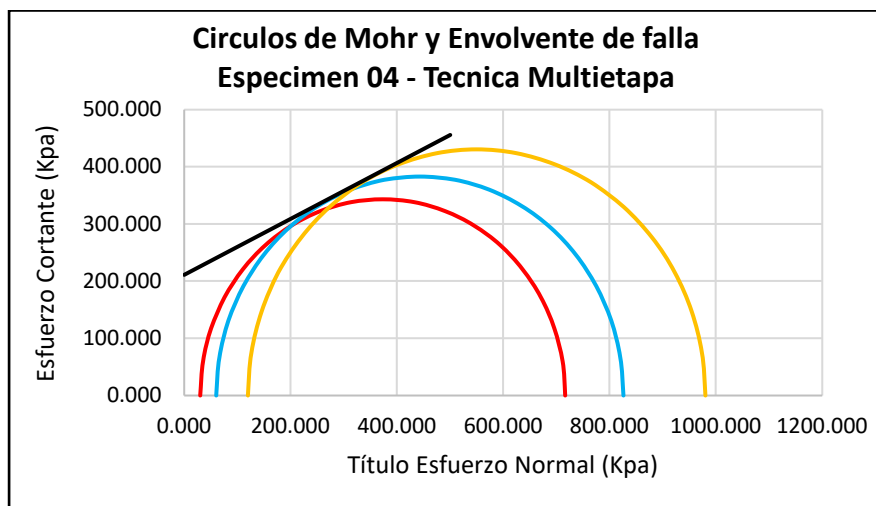




Tabla 36.

Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 04.

Parámetros de Resistencia		
$\phi=$	26.1	°
$c=$	211	Kpa

- **Espécimen 05 (MEM.05)**

Tabla 37.

Curva Esfuerzo – Deformación, Técnica multietapa - Espécimen 05.

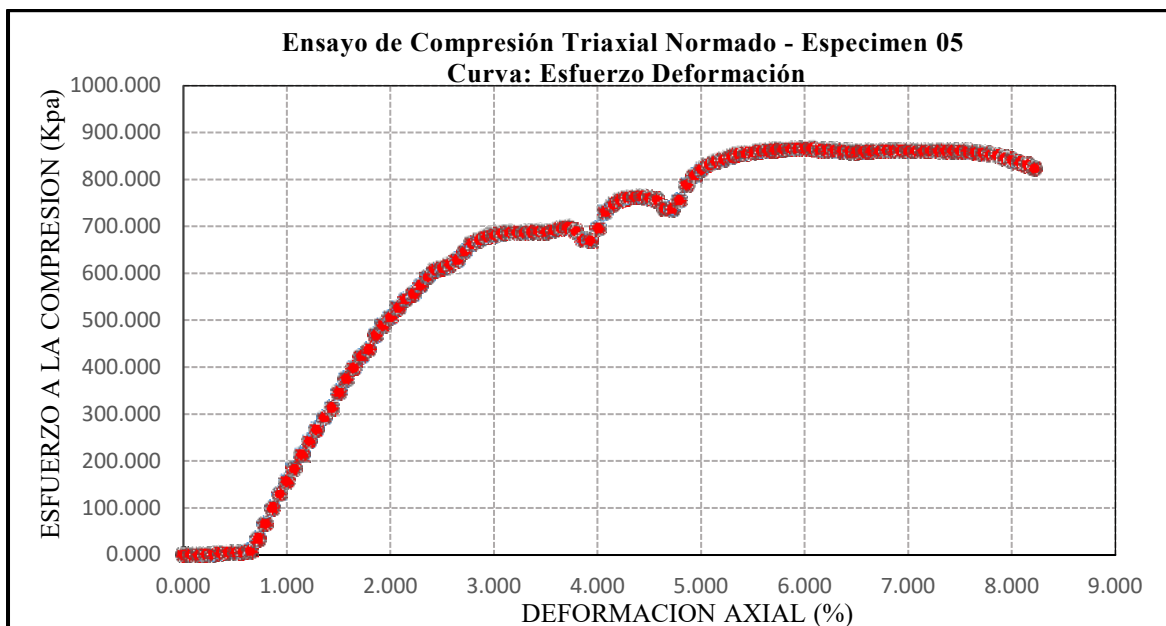


Tabla 38.

Círculos de Mohr, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 05.

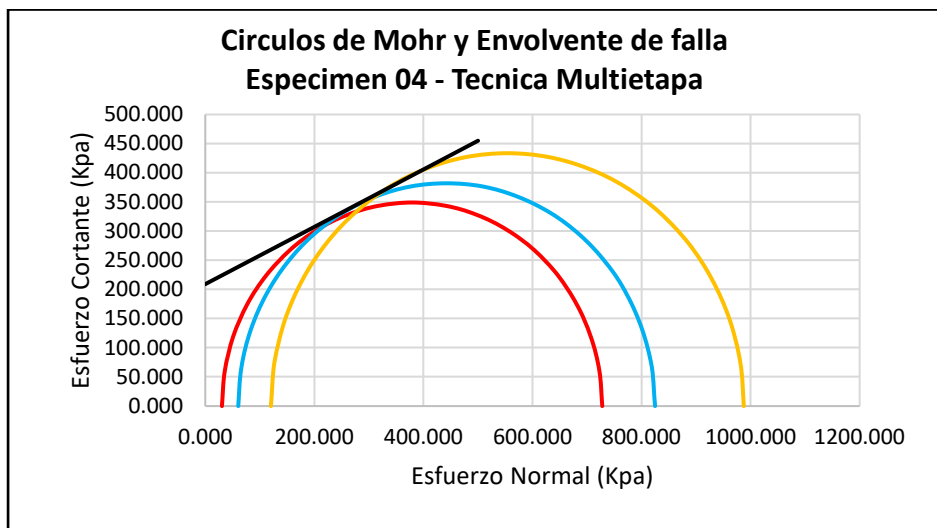




Tabla 39.

Parámetros de resistencia del suelo, Ensayo de compresión triaxial multietapa – Espécimen 05.

Parámetros de Resistencia		
$\phi=$	26.2	°
$c=$	209	Kpa

3.5.4 Cálculos vinculados con las pruebas de campo o laboratorio

3.5.4.1. Granulometría del suelo (NTP 339.128)

Tabla 40.

Cálculos para determinación de curva granulométrica.

TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RET (Gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Peso de Muestra	
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		Peso total seco 1011.7
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		Peso después de lavar 191.74
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		Perdida por lavado
3/4"	19.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Datos Generales	
3/8"	9.50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		% de Gruesos 6.77%
N° 4	4.75	0.52	0.05%	0.05%	99.95%	% de Finos 93.23%	
N° 8	2.36	0.02	0.00%	0.05%	99.95%	Total 100.00%	
N° 16	1.18	0.07	0.01%	0.06%	99.94%		
N° 30	0.60	3.10	0.31%	0.37%	99.63%		
N° 50	0.30	6.32	0.62%	0.99%	99.01%		
N° 100	0.15	21.20	2.10%	3.09%	96.91%		
N° 200	0.08	37.31	3.69%	6.77%	93.23%		
FONDO		123.20	12.18%	18.95%	-		
LAVADO		819.96	81.05%	100.00%	-		
PESO TOTAL		1011.70	100.00%				

Tabla 41.

Curva Granulométrica.

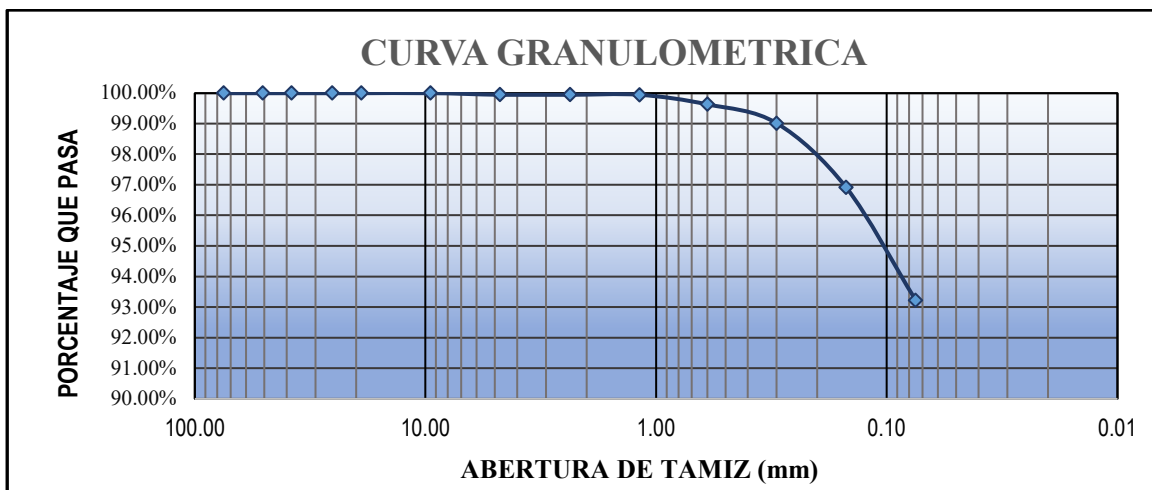




Tabla 42.

Carta de plasticidad de Casagrande.

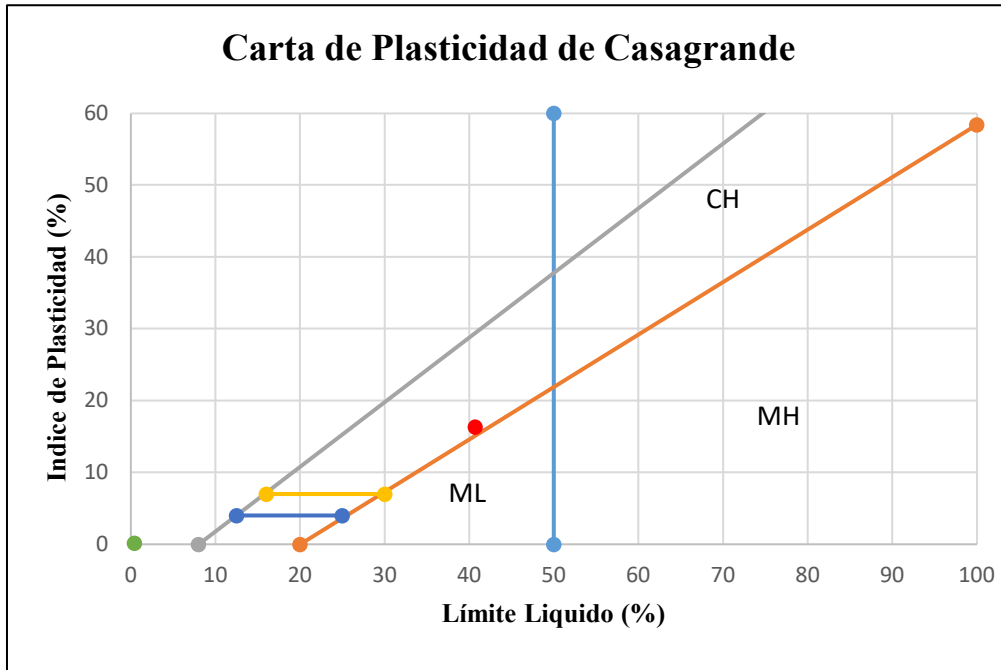


Tabla 43.

Resultados análisis granulométrico y clasificación de suelos.

Límite Líquido	
LL:	41.00%

Límite Plástico	
LP:	26.39%

Índice de Plasticidad	
IP:	14.61%

D60:	NP
D30:	NP
D10:	NP

Cu:	NP
Cc:	NP

CLASIFICACION	
SUCS:	CL
Arcilla Inorgánica de Mediana Plasticidad	

3.5.4.2. Contenido de humedad (NTP 339.127)

Tabla 44.

Procedimiento de cálculo para obtención de contenido de humedad del suelo.

MUESTRA N° 01	DESCRIPCION	NOMEN.	UND	DATO
	Peso del recipiente más agregado húmedo	M _{caw}	gr	35.52
	Peso del recipiente más el agregado seco	M _{cas}	gr	31.34
	Peso del recipiente	M _c	gr	15.66
	Peso del agua	M _w	gr	4.18
	Peso de la muestra seca	M _s	gr	15.68
	CONTENIDO DE HUMEDAD	W	%	26.66%



MUESTRA N° 02	DESCRIPCION	NOMEN.	UND	DATO
	Peso del recipiente más agregado húmedo	Mcaw	gr	39.31
	Peso del recipiente más el agregado seco	Mcas	gr	34.70
	Peso del recipiente	Mc	gr	16.54
	Peso del agua	Mw	gr	4.61
	Peso de la muestra seca	Ms	gr	18.16
	CONTENIDO DE HUMEDAD	W	%	25.39%

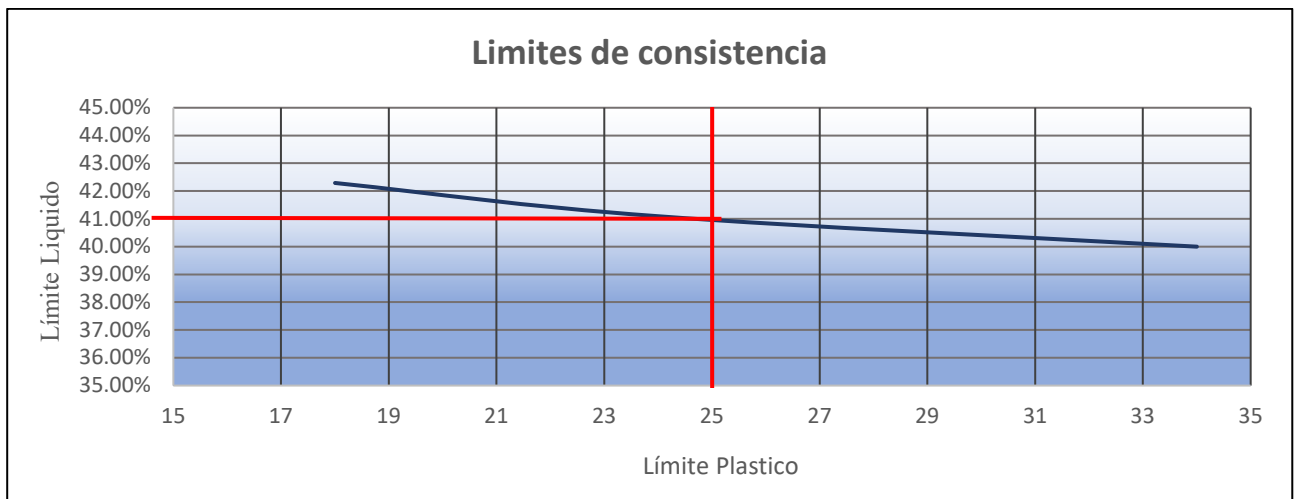
MUESTRA N° 03	DESCRIPCION	NOMEN.	UND	DATO
	Peso del recipiente más agregado húmedo	Mcaw	gr	37.38
	Peso del recipiente más el agregado seco	Mcas	gr	32.62
	Peso del recipiente	Mc	gr	15.79
	Peso del agua	Mw	gr	4.76
	Peso de la muestra seca	Ms	gr	16.83
	CONTENIDO DE HUMEDAD	W	%	28.28%

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	W	%	26.78%
---	----------	----------	---------------

3.5.4.3. Límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)

Tabla 45.

Límites de consistencia.



Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
LL: 41.00%	LP: 26.39%	IP: 14.61%



3.5.4.4. Gravedad especifica de suelos (NTP 339.131)

TABLA 2

Densidad del agua y Coeficiente de temperatura (K) para Varias Temperaturas^A

Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^B	Coeficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^B	Coeficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^B	Coeficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^B	Coeficiente Temperatura (K)
15,0	0,99910	1,00090	16,0	0,99895	1,00074	17,0	0,99878	1,00057	18,0	0,99860	1,00039
15,1	0,99909	1,00088	16,1	0,99893	1,00072	17,1	0,99876	1,00055	18,1	0,99858	1,00037
15,2	0,99907	1,00087	16,2	0,99891	1,00071	17,2	0,99874	1,00054	18,2	0,99856	1,00035
15,3	0,99906	1,00085	16,3	0,99890	1,00069	17,3	0,99872	1,00052	18,3	0,99854	1,00034
15,4	0,99904	1,00084	16,4	0,99888	1,00067	17,4	0,99871	1,00050	18,4	0,99852	1,00032
15,5	0,99902	1,00082	16,5	0,99886	1,00066	17,5	0,99869	1,00048	18,5	0,99850	1,00030
15,6	0,99901	1,00080	16,6	0,99885	1,00064	17,6	0,99867	1,00047	18,6	0,99848	1,00028
15,7	0,99899	1,00079	16,7	0,99883	1,00062	17,7	0,99865	1,00045	18,7	0,99847	1,00026
15,8	0,99898	1,00077	16,8	0,99881	1,00061	17,8	0,99863	1,00043	18,8	0,99845	1,00024
15,9	0,99896	1,00076	16,9	0,99879	1,00059	17,9	0,99862	1,00041	18,9	0,99843	1,00022
19,0	0,99841	1,00020	20,0	0,99821	1,00000	21,0	0,99799	0,99979	22,0	0,99777	0,99957
19,1	0,99839	1,00018	20,1	0,99819	0,99998	21,1	0,99797	0,99977	22,1	0,99775	0,99954
19,2	0,99837	1,00016	20,2	0,99816	0,99996	21,2	0,99795	0,99974	22,2	0,99773	0,99952
19,3	0,99835	1,00014	20,3	0,99814	0,99994	21,3	0,99793	0,99972	22,3	0,99770	0,99950
19,4	0,99833	1,00012	20,4	0,99812	0,99992	21,4	0,99791	0,99970	22,4	0,99768	0,99947
19,5	0,99831	1,00010	20,5	0,99810	0,99990	21,5	0,99789	0,99968	22,5	0,99766	0,99945
19,6	0,99829	1,00008	20,6	0,99808	0,99987	21,6	0,99786	0,99966	22,6	0,99764	0,99943
19,7	0,99827	1,00006	20,7	0,99806	0,99985	21,7	0,99784	0,99963	22,7	0,99761	0,99940
19,8	0,99825	1,00004	20,8	0,99804	0,99983	21,8	0,99782	0,99961	22,8	0,99759	0,99938
19,9	0,99823	1,00002	20,9	0,99802	0,99981	21,9	0,99780	0,99959	22,9	0,99756	0,99936
23,0	0,99754	0,99933	24,0	0,99730	0,99909	25,0	0,99705	0,99884	26,0	0,99679	0,99858
23,1	0,99752	0,99931	24,1	0,99727	0,99907	25,1	0,99702	0,99881	26,1	0,99676	0,99855
23,2	0,99749	0,99929	24,2	0,99725	0,99904	25,2	0,99700	0,99879	26,2	0,99673	0,99852
23,3	0,99747	0,99926	24,3	0,99723	0,99902	25,3	0,99697	0,99876	26,3	0,99671	0,99850
23,4	0,99745	0,99924	24,4	0,99720	0,99899	25,4	0,99694	0,99874	26,4	0,99668	0,99847
23,5	0,99742	0,99921	24,5	0,99717	0,99897	25,5	0,99692	0,99871	26,5	0,99665	0,99844
23,6	0,99740	0,99919	24,6	0,99715	0,99894	25,6	0,99689	0,99868	26,6	0,99663	0,99842
23,7	0,99737	0,99917	24,7	0,99712	0,99892	25,7	0,99687	0,99866	26,7	0,99660	0,99839
23,8	0,99735	0,99914	24,8	0,99710	0,99889	25,8	0,99684	0,99863	26,8	0,99657	0,99836
23,9	0,99732	0,99912	24,9	0,99707	0,99887	25,9	0,99681	0,99860	26,9	0,99654	0,99833
27,0	0,99652	0,99831	28,0	0,99624	0,99803	29,0	0,99595	0,99774	30,0	0,99565	0,99744
27,1	0,99649	0,99828	28,1	0,99621	0,99800	29,1	0,99592	0,99771	30,1	0,99562	0,99741
27,2	0,99646	0,99825	28,2	0,99618	0,99797	29,2	0,99589	0,99768	30,2	0,99559	0,99738
27,3	0,99643	0,99822	28,3	0,99615	0,99794	29,3	0,99586	0,99765	30,3	0,99556	0,99735
27,4	0,99641	0,99820	28,4	0,99612	0,99791	29,4	0,99583	0,99762	30,4	0,99553	0,99732

Capacidad del picnómetro	920	cm ³
Peso del Suelo Seco (Ms)	106.56	Gr
Peso frasco + Suelo +Agua (Mpws,t)	1457.56	Gr
Temperatura	20	°C
Peso Frasco + Agua (Mpwt)	1387.98	Gr
Corrección por Temperatura (K)	0.99996	Adimensional
Gravedad Especifica (Gt)	2.881557599	Adimensional
Gravedad Especifica (Gt20°C)	2.881442336	Adimensional





4. CAPITULO IV: RESULTADOS

Respecto al objetivo específico N° 01 “Estimar el ángulo de fricción interna del suelo obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ángulo de fricción interna estimada mediante el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.” Se han obtenido los siguientes resultados.

Tabla 46.



Resumen de resultados de ángulos de fricción.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO		
Tesisistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy José		
Descripción:	Resumen de resultados, ángulos de fricción		
	ENSAYO NORMADO	ENSAYO MULTIETAPA	UNIDAD
$\phi =$	19.50	25.90	º
		26.10	º
		26.70	º
		26.10	º
		26.20	º

Respecto al objetivo específico N° 02 “Estimar la cohesión del suelo obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra la cohesión estimada en el ensayo triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.”

Tabla 47.

Resumen de resultados de cohesión.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
Tesis de grado:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTIETAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO		
Tesisistas:	Gamarra Vivanco, Dimas Rafael; Pumachapi Zarate, Percy Jose		
Descripción:	Resumen de resultados, cohesiones		
	ENSAYO NORMADO	ENSAYO MULTIETAPA	UNIDAD
c	229.00	205.00	Kpa
		208.00	Kpa
		214.00	Kpa
		211.00	Kpa
		209.00	Kpa



Respecto al objetivo específico N° 03 “Estimar el nivel de validez y confiabilidad de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos mediante el ensayo triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.”

Tabla 48.

Resumen de resultados de ángulo de fricción.

Correlación (Ángulo de fricción)			
		NORM	MULT
Ensayo Normado	Correlación de Pearson	1.000	0.316
	Sig. (bilateral)		0.604
	N	5.000	5.000
Ensayo Multietapa	Correlación de Pearson	0.316	1.00
	Sig. (bilateral)	0.604	
	N	5.000	5.000

Tabla 49.

Resumen de resultados de ángulo de fricción.

Correlación (Cohesión)			
		NORM	MULT
Ensayo Normado	Correlación de Pearson	1.000	0.517
	Sig. (bilateral)		0.372
	N	5.000	5.000
Ensayo Multietapa	Correlación de Pearson	0.517	1.00
	Sig. (bilateral)	0.372	
	N	5.000	5.000

4.2 Resultados respecto al objetivo general

Tabla 50.

Cuadro comparativo de ángulos de fricción.

	ENSAYO NORMADO	ENSAYO MULTIETAPA	UNIDAD	Diferencia	(%) respecto a la muestra patrón
$\phi =$	19.50	25.90	º	6.40	132.82%
		26.10	º	6.60	133.85%
		26.70	º	7.20	136.92%
		26.10	º	6.60	133.85%
		26.20	º	6.70	134.36%



Los valores de Angulo de fricción obtenidos mediante la técnica multietapa en la prueba de compresión triaxial son mayores en un 34.36% aproximadamente respecto a los valores obtenidos en un ensayo de compresión triaxial normado.

Tabla 51.

Cuadro comparativo de cohesiones.

	ENSAYO NORMADO	ENSAYO MULTIETAPA	UNIDAD	Diferencia	(%) respecto a la muestra patrón
c=	229.00	205.00	Kpa	24.00	89.52%
		208.00	Kpa	21.00	90.83%
		214.00	Kpa	15.00	93.45%
		211.00	Kpa	18.00	92.14%
		209.00	Kpa	20.00	91.27%

Los valores de cohesión obtenidos mediante la técnica multietapa en la prueba de compresión triaxial son menores en un 8.56% aproximadamente respecto a los valores obtenidos en un ensayo de compresión triaxial normado.



5. CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1 Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico.

En antecedente “Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo de triaxial en un suelo arcilloso típico de la zona occidental de Bogotá” de acuerdo a sus resultados obtenidos, pudieron determinar que el grado de confiabilidad de la cohesión (C) obtenida a partir de un ensayo de corte directo CU en referencia a la cohesión (C) obtenida de un ensayo de compresión triaxial CU es del 84%. Del mismo modo se determinó el ángulo de fricción (ϕ) obtenido a partir de un ensayo de corte directo CU en referencia al ángulo de fricción (ϕ) obtenida de un ensayo de compresión triaxial CU es del 87%.

En la presente investigación se obtuvieron resultados del ángulo fricción a través del ensayo de compresión triaxial multietapa, donde se determina que el ángulo de fricción interna de suelo estudiado es en promedio 34.36% más respecto al ángulo de fricción obtenido del ensayo de compresión triaxial convencional.

En la presente investigación se obtuvieron resultados de cohesión a través del ensayo de compresión triaxial multietapa, donde se determina que la cohesión de suelo estudiado es en promedio 8.56% más respecto a la cohesión obtenido del ensayo de compresión triaxial convencional.

5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.

Respecto a estimar el ángulo de fricción interna del suelo obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ángulo de fricción interna estimada mediante el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos los valores obtenidos son 32.82%, 33.85%, 36.92%, 33.85%, 34.36% mayores en cada ensayo con la técnica multietapa realizada a los especímenes MEM.01, MEM.02, MEM.03, MEM.04, MEM.05 respectivamente. Esto quiere decir que la técnica multietapa es un 34.36% menos conservadora frente al ensayo de compresión triaxial normado NTP 339.164.

Respecto estimar la cohesión del suelo obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra la cohesión estimada en el ensayo triaxial convencional para suelos arcillosos los valores obtenidos son 10.48%, 9.17%, 6.55%, 7.86%, 8.73% menores en cada ensayo con la técnica multietapa realizada a los



especímenes MEM.01, MEM.02, MEM.03, MEM.04, MEM.05 respectivamente. Esto quiere decir que la técnica multietapa es un 8.56% más conservadora frente al ensayo de compresión triaxial normado NTP 339.164.

Respecto estimar el nivel de validez y confiabilidad de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenido mediante la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial contra los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos mediante el ensayo triaxial convencional se determina que el ensayo de compresión triaxial con la técnica multietapa es confiable debido a que los resultados se replican con una mínima diferencia, mas no es valido porque se dispersa de manera moderada frente a un ensayo de compresión triaxial convencional.

5.3 Comentario de la demostración de la hipótesis

5.3.1 Comentario de la demostración de la hipótesis general

Los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo estimados a partir de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial difieren en porcentajes menores contra el ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.

5.3.2. Comentario de la demostración de las hipótesis específicas

1. Dado que los ángulos de fricción interna obtenidos en el ensayo de compresión triaxial multietapa son aproximados entre sí, mas no al ángulo de fricción del ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU), podemos afirmar que el ensayo de compresión triaxial multietapa es valido mas no confiable para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol.
2. Dado que las cohesiones obtenidas en el ensayo de compresión triaxial multietapa son aproximados entre sí, mas no a la cohesión del ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU), podemos afirmar que el ensayo de compresión triaxial multietapa es válido mas no confiable para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol.
3. Dado que el ensayo de compresión triaxial es válido mas no confiable del ensayo de compresión triaxial multietapa es aceptable, podemos afirmar que el ensayo puede no reemplazar a un ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol. No obstante, a través de nuevas investigaciones se puede determinar



factores de corrección mediante métodos matemáticos para la obtención de su validez y confiabilidad.

5.4 Aporte de la investigación

5.4.1. Futuras investigaciones

En el local y nacional no se han realizado investigaciones referentes a la técnica multietapa, ya sea en el ensayo de compresión triaxial o el ensayo de corte directo, esta investigación propone un método convencional al normado que optimiza recursos durante su ejecución, a su vez es una prueba que representa de manera real el comportamiento del suelo in situ, esta investigación servirá de antecedente para futuras investigaciones en distintos tipos de suelo.

5.4.2. Aplicaciones practicas

Diseño de Fundaciones: El conocimiento de la resistencia y la compresibilidad del suelo es esencial para el diseño de fundaciones de edificios, puentes y otras estructuras. Permite garantizar que las fundaciones sean lo suficientemente robustas para soportar las cargas aplicadas.

5.4.3. Impacto a la comunidad

El análisis de los parámetros de resistencia del suelo en la etapa de elaboración de proyectos ayuda a prevenir daños a las estructuras y garantizar su vida útil. Esto es particularmente importante en áreas propensas a sismos u otros eventos geotécnicos, de este modo la ciudadanía puede contar con infraestructura segura y de calidad. La falta de conocimiento puede dar lugar a estructuras defectuosas o colapsos, lo que pone en riesgo la vida de las personas.

5.5.6. Beneficios empresariales

- La mecánica de suelos permite a los ingenieros optimizar los costos de construcción. Al comprender las propiedades del suelo, se pueden tomar decisiones informadas sobre el tipo de cimentación adecuado y el predimensionamiento de elementos estructurales de los cimientos de una infraestructura



CONCLUSIONES

1. Conclusión General:

Se logro demostrar de manera parcial la hipótesis general que indica “Los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo estimados a partir de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial no difieren contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.”.

En la investigación desarrollada se estimaron los parámetros de resistencia del suelo a partir de la técnica multietapa del ensayo de compresión triaxial y el ensayo normado de compresión triaxial UU (NTP 339.164), los resultados obtenidos a partir de las 05 pruebas con la técnica multietapa del ensayo de compresión triaxial son valores similares entre sí, no obstante, difieren en una cantidad reducida respecto a los valores obtenidos a partir de un ensayo normado. Determinándose de estadísticamente que los parámetros de resistencia del suelo obtenidos a partir de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial son confiables mas no validos

2. Conclusión Especifica N° 01:

Se logro demostrar de manera parcial la hipótesis específica N° 01 que indica “Dado que el ángulo de fricción obtenida en el ensayo de compresión triaxial multietapa es similar al ángulo de fricción del ensayo de compresión triaxial convencional podemos afirmar que el ensayo valido.”

En la investigación desarrollada se determinó que el ángulo de fricción obtenido a partir de la técnica multietapa del ensayo de compresión triaxial y el ensayo normado de compresión triaxial UU (NTP 339.164) son valores similares entre sí, no obstante, difieren en los porcentajes mostrados en la Tabla 50 respecto a los valores obtenidos a partir de un ensayo normado. Pudiéndose afirmar que el ángulo de fricción obtenido la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial es confiables mas no válidos.



Tabla 52.

Cuadro comparativo de ángulos de fricción.

	ENSAYO NORMADO	ENSAYO MULTIETAPA	UNIDAD	Diferencia	Diferencia (%)
$\phi =$	19.50	25.90	º	6.40	32.82%
		26.10	º	6.60	33.85%
		26.70	º	7.20	36.92%
		26.10	º	6.60	33.85%
		26.20	º	6.70	34.36%

3. Conclusión Especifica N° 02:

Se logro demostrar la hipótesis especifica N° 02 que indica “Dado que el ángulo de fricción interna obtenidos en el ensayo de compresión triaxial multietapa es similar al ángulo de fricción del ensayo de compresión triaxial convencional podemos afirmar que el ensayo valido.”

En la investigación desarrollada se determinó que la cohesión obtenida a partir de la técnica multietapa del ensayo de compresión triaxial y el ensayo normado de compresión triaxial UU (NTP 339.164) son valores similares entre sí, no obstante, difieren en los porcentajes mostrados en la Tabla 51 respecto a los valores obtenidos a partir de un ensayo normado. Pudiéndose afirmar que el ángulo de fricción obtenido la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial es confiables mas no válidos.

Tabla 53.

Cuadro comparativo de cohesiones.

	ENSAYO NORMADO	ENSAYO MULTIETAPA	UNIDAD	Diferencia	Diferencia (%)
$c =$	229.00	205.00	Kpa	24.00	10.48%
		208.00	Kpa	21.00	9.17%
		214.00	Kpa	15.00	6.55%
		211.00	Kpa	18.00	7.86%
		209.00	Kpa	20.00	8.73%

4. Conclusión Especifica N° 03:

Se logro demostrar de manera parcial la hipótesis especifica N° 03 que indica “Dado que la validez y confiabilidad del ensayo de compresión triaxial multietapa es aceptable,



podemos afirmar que el ensayo puede reemplazar a un ensayo de compresión triaxial convencional para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol.

En la investigación desarrollada se determinó que los parámetros de resistencia al suelo obtenidos a partir de la técnica multietapa del ensayo de compresión triaxial son menores a los valores obtenidos con el ensayo normado de compresión triaxial UU (NTP 339.164), estos valores se asemejan entre sí, por lo tanto si se puede afirmar que la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial puede reemplazar a un ensayo de compresión triaxial convencional para el suelo arcilloso de la APV de la APV Villa el Sol. Puesto que al haber obtenido valores menores que oscilan entre porcentajes del 5% al 10% referente a un ensayo normado, esta diferencia representaría un redimensionamiento más conservador en el diseño de cimentaciones de infraestructuras.



SUGERENCIAS

1. A partir del desarrollo de la presente investigación, se recomienda al ente competente encargado de las Normas Técnicas Peruanas desarrollar de manera más detallada la información necesaria para ejecutar el ensayo e implementar los pasos a seguir para el desarrollo del ensayo de compresión triaxial normado, así mismo con el desarrollo e implementación de criterios para la determinación de presiones iniciales en cuanto al valor de carga de confinamiento se refiere, puesto a que es escaso o nulo.
2. A partir del ensayo de compresión multietapa, se recomienda tener en consideración la presente investigación aplicada a el ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU) como antecedente para la aplicación de la técnica multietapa en los ensayos triaxiales CU y CD.
3. Con futuros fines investigativos, se recomienda tomar una cantidad “n” de muestras de una misma calicata, extraerla en un mismo día y obtenerlas de un mismo estrato de suelo, así se tendrá muestras uniformes y con las mismas condiciones de humedad, así mismo el procedimiento de tallado de muestras debe de realizarse con cuidado debido de que pueden generarse fisuras imperceptibles que producirían el fallo de la muestra a bajas presiones.
4. Se recomienda la promoción y difusión del uso de la máquina de compresión triaxial en sus diferentes ensayos por parte de la Universidad Andina del Cusco y la posible implementación de diferentes métodos como en este caso la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial puesto que a partir del desarrollo de estas se obtendrá muchas ventajas en el ámbito público y privado referente a la ingeniería y construcción.
5. En cuanto a la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial, se recomienda tener en sumo cuidado y estar atentos a que cuando el software registre de 2 a 3 lecturas de caída de cargas se deberá sumar inmediatamente la presión de confinamiento con los valores antes mencionados.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arellano, M. (2002). GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA REOLÓGICA. (U. P. Vasco, Ed.) *Revista Iberoamericana de Polímeros*.
- Arias Odon, F. G. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme.
- Bowles, J. E. (1982). *Manual de Laboratorios de Suelos en Ingeniería Civil*. Bogota, Colombia.
- Bowles, J. E. (1982). *Propiedades Geofísicas de los Suelos*. Bogota: McGRAW.HILL.
- CALDERÓN MONTIEL, J. (1999). *ENSAYO TRIAXIAL MULTITAPAS Y ENSAYO CON TRES MUESTRAS DE ESBELTEZ UNO PARA SUELOS DE DIFERENTES ZONAS DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA: COMPARACION DE RESULTADOS CON EL ENSAYO TRIAXIL NORMAL*. GUATEMALA, GUATEMALA.
- Camacho Tauta, J. F., Molina Gómez, F. A., & Reyes Ortiz, Ó. (julio-diciembre de 2014). *Preparación de especímenes de arena para ensayos triaxiales mediante un método controlado de compactación*. (Vol. 12). Bogotá, Colombia: Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova".
- Cometa Trujillo, S., & Mendez Bohorquez, N. J. (2016). *CORRELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO Y EL ENSAYO DE TRIAXIAL EN UN SUELO ARCILLOSO TÍPICO DE LA ZONA OCCIDENTAL DE BOGOTÁ*. Bogota, Colombia: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimientos*. I, México.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.
- Duque Escobar, G. a. (2016). *Geomecánica*. Manizales, Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Eduardo, E. A., & M., P. N. (s.f.). *Parámetros de diseño, métodos de cálculo y solicitaciones*. Catalunya: Jornadas Técnicas sobre Estabilidad de Laderas en Embalses.
- Fredlud, D., Morgenstern, N., & Widger, R. (1978). *The shear strength of unsaturated soils* (No. 3 ed.). Canada: Canadian Geotechnical Journal.
- Huat, B., Ali, F., & Abdullah, A. (2005). *Shear Strength Parameters of Unsaturated Tropical Residual Soils of Various Weathering Grades*. EJGE paper.
- HUMBOLDT. (2016). <https://www.humboldtmg.com/>. Obtenido de https://www.humboldtmg.com/datasheets/Humboldt_Triaxial_Equipment_Guide-LR0417.pdf
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (1973). *Mecánica de suelos 1, Fundamentos de la mecánica de suelos* (Segunda edición ed.). México: Limusa.
- Moreira Umaña, A. F. (2013). *Implementación de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial*. San Pedro, San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernandez Callado. Pilar Baptista Lucio. (2010). *Metodología de la investigación*. (J. M. Chacón, Ed.) México D.F., México, México: McGraw-Hill Interamericana.



Rodriguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (01 de Julio de 2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. (U. EAN, Ed.) *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 12.

Rodriguez Jimenez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (01 de Julio de 2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios 2017*, 28. Obtenido de <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>

SÁEZ, E. (2010). *Fundamentos de Geotecnia ICE-1603* (Vol. 2.0). Chile: Departamento de Ingeniería Estructura y Geotecnia.

Salas, O. V. (2011). Ensayos triaxiales para suelos. *Metodos y materiales*.

Suarez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico* (Vol. Primero). Colombia: Universidad Industrial de Santander.

tiloom. (1 de mayo de 2017). Obtenido de <https://www.tiloom.com/suelos-arcillosos/>

Umaña, A. F. (2013). *Implementación de la técnica multietapa en el ensayo de compresión triaxial*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Valerio Salas, O. (2011). Ensayos Triaxiales para Suelos. *LanammeUCR*, 11.

Zhi, W., Shuai, S., Shengjung, S., & Liguó, Y. (2024). *The Mechanical Behavior and Constitutive Model Study of Coarse-Grained Soil under Cyclic Loading–Unloading in Large-Scale Plane Strain Conditions*. Geomechanics and Geotechnical Engineering Problems in the Design and Construction of Underground Buildings.



APÉNDICES

A. Matriz de consistencia

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADOR
¿Cuál es la diferencia de los parámetros de resistencia estimados con la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?	Analizar la diferencia de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso obtenidos mediante un ensayo de compresión triaxial convencional y un ensayo de compresión de compresión triaxial multitapa para suelos arcillosos de la zona de la APV Villa el Sol.	Los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo estimados a partir de la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial no difieren contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la fricción interna • Resistencia a la cohesión 	<ul style="list-style-type: none"> • Angulo de fricción interna. • Cohesión
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICOS	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADOR
¿Cuál es la diferencia del ángulo de fricción interna del suelo estimados a partir de la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?	Estimar el ángulo de fricción interna del suelo obtenido mediante la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ángulo de fricción interna estimada mediante el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.	Dado que el ángulo de fricción interna obtenidos en el ensayo de compresión triaxial multitapa es similar al ángulo de fricción del ensayo de compresión triaxial convencional podemos afirmar que el ensayo es válido.	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de compresión triaxial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un espécimen • Tres especímenes
¿Cuál es la diferencia de la cohesión del suelo estimados a partir de la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?	Estimar la cohesión del suelo obtenido mediante la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra la cohesión estimada en el ensayo triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.	Dado que cohesión obtenida en el ensayo de compresión triaxial multitapa es similar a la cohesión del ensayo de compresión triaxial convencional podemos afirmar que el ensayo es válido.		
¿Cuál es el nivel de validez y confiabilidad de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos partir de la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol?	Estimar el nivel de validez y confiabilidad de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenido mediante la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos mediante el ensayo triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.	Dado que la validez y confiabilidad del ensayo de compresión triaxial multitapa es aceptable, podemos afirmar que el ensayo puede reemplazar a un ensayo de compresión triaxial convencional no consolidado no drenado (UU) en suelos arcillosos.		



B. Matriz de instrumentos

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, DE CUSCO			
OBJETIVO GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADOR	INSTRUMENTO
Analizar la diferencia de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso obtenidos mediante un ensayo de compresión triaxial convencional y un ensayo de compresión de compresión triaxial multitapa para suelos arcillosos de la zona de la APV Villa el Sol.	• Resistencia a la fricción interna	• Angulo de fricción interna.	• Formatos de recolección de datos para el Ensayo de Compresión Triaxial según norma NTP 339.164
	• Resistencia a la cohesión	• Cohesión	• Formatos de recolección de datos para el Ensayo de Compresión Triaxial según norma NTP 339.164
OBJETIVO ESPECIFICOS	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADOR	INDICADOR
Estimar el ángulo de fricción interna del suelo obtenido mediante la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra el ángulo de fricción interna estimada mediante el ensayo de compresión triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.	• Ensayo de compresión triaxial.	• Un espécimen	• Formatos de recolección de datos para el Ensayo de Compresión Triaxial según norma NTP 339.164
		• Tres especímenes	• Formatos de recolección de datos para el Ensayo de Compresión Triaxial según norma NTP 339.164
Estimar la cohesión del suelo obtenido mediante la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra la cohesión estimada en el ensayo triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.			
Estimar el nivel de validez y confiabilidad de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenido mediante la técnica multitapa en el ensayo de compresión triaxial contra los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos mediante el ensayo triaxial convencional para suelos arcillosos de la APV Villa el Sol.			



C. Procedimientos de ejecución de ensayos de compresión triaxial

C.1. Ensayo de compresión triaxial normado (NTP 339.164)

C.1.1. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Ensayo de compresión triaxial.

- Máquina de Bomba de Vacíos
- Panel de Distribución Triaxial
- Celda de presión A y B
- Equipo de Compresión Triaxial
- Equipo de Carga de Presiones
- Contenedor de Agua sin Vacíos
- Máquina Compresora de Aire
- Celda Contadora de Muestra
- Barra de Despeamiento y Celda de Muestra
- Membrana de Compresión Triaxial
- Base de Celda y Tapa de Carga de Agua para Muestra
- Tapas Aisladoras superior e Inferior de Muestra
- Gomas Aisladoras superior e Inferior de Muestra
- Tubo Calzador de Muestra de equipo Triaxial (Memb. Estrecher)
- Bandeja Metálica
- Espátula Metálica
- Balanza
- Computadora y software

C.1.2. Preparación del espécimen

C.1.2.1 Descripción y dimensionamiento del espécimen

Se seleccionó una muestra representativa del suelo de interés y se preparó cuidadosamente para cumplir con las dimensiones especificadas en la norma aplicable.



Las muestras serán talladas de forma cilíndrica con un diámetro promedio de 7cm y una altura de 14cm a partir de muestra inalterada

Criterios de inclusión de la muestra

- Se realizará los ensayos correspondientes para la verificación de sus propiedades físicas y determinar que la muestra de suelo corresponde a un suelo de tipo arcilloso.
- Los especímenes que serán cilindros tallados a partir de la muestra con una medida de 70 mm de diámetro y una altura de 140 mm no deberán de presentar fisuras ni rajaduras.
- Los especímenes deberán tener una composición física de suelo arcilloso homogéneo en el total de su composición.
- Los especímenes que no cumplan con las dimensiones anteriormente mencionadas serán descartados del proceso de investigación.

C.1.3. Procedimiento del ensayo de compresión triaxial normado

C.1.3.1. Montaje del espécimen:

El espécimen a evaluar se envuelve con la membrana correspondiente, así mismo se procede a colocar las ligas para que esté totalmente fuera de contacto con el agua.

Se monta el espécimen en la célula triaxial y se procede a saturar la celda con agua previamente destilada y desairada, finalmente se coloca en posición transductores de presión y desplazamiento.

C.1.3.2. Condiciones Iniciales:

Se establece las siguientes condiciones iniciales en el software:

- Dimensiones del espécimen
- Contenido de humedad del espécimen
- Peso específico del espécimen
- Limite líquido e índice de plasticidad del espécimen.

Se establece los equipos que realizaran la carga y sus medidores de desplazamientos.



Se establece el valor de incremento de cargas a colocar sobre el espécimen y los intervalos en los cuales serán desarrollados.

Se coloca los parámetros para parar la máquina de manera automática referente a desplazamiento y porcentajes de deformaciones, esta etapa es opcional puesto que la maquina se puede parar en el momento que el operador lo decida.

Se establece los parámetros del motor como su velocidad y la dirección en la que deseas aplicar la carga, en este caso será UP.

Se establece la carga inicial a la presión de confinamiento de la celda, la presión inicial debe ser igual a presión con la que cuenta el suelo in situ a la altura que fue extraída la muestra.

Este procedimiento se repetirá en los 3 especímenes a ensayar teniendo en cuenta que; el primer espécimen tendrá una presión de confinamiento en la celda igual a la presión inicial corresponde a la del suelo in situ y con fines prácticos se la denotará con el valor de “P”. El segundo espécimen a ensayar tendrá una presión de confinamiento en la celda será equivalente al doble de la presión del primer espécimen siendo igual a “2*P”. Finalmente, el tercer espécimen a ensayar tendrá una presión de confinamiento en la celda será equivalente al cuádruple de la presión del primer espécimen y con fines prácticos lo denotaremos con el valor “4*P”. siendo “P” la presión inicial de confinamiento del primer espécimen.

C.1.3.3. Carga Axial:

Se aplica la carga axial de manera incremental, registrando simultáneamente las lecturas de presión y desplazamiento en intervalos regulares. Estos datos se registran de manera automática en el software HSDN triaxial test.

C.1.3.4. Detención de ensayo

Se coloca los parámetros para la detención de la máquina de manera automática referente a desplazamiento y porcentajes de deformaciones, este parámetro es opcional y se puede realizar de manera manual con los siguientes pasos:

- Se verifica de manera continua los valores de aplicación de cargas tomados por el software donde estos deberán ser siempre ascendentes.



- Al observar que los valores de aplicación de cargas tomados por el software tengan una variación de manera descendente, se tendrá que verificar dichas lecturas descendentes sean de por lo menos 10 puntos de valores tomados por el software.
- En este punto se denota que el suelo a partir del esfuerzo vs deformación ya llego a su ruptura y entro en su fase residual.
- A partir de estos indicadores se dará fin a la aplicación de carga axial de manera manual al presionar el botón “stop” ya sean en el software o directamente en la máquina de compresión triaxial.

Así mismo se puede realizar de manera visual una inspección en tiempo real de la muestra al aplicarse las cargas teniendo en cuenta los siguientes pasos.

- Se verifica la forma del espécimen al momento de la aplicación continua de carga debido a que al aplicar la carga axial esta tiende a deformarse y ensancharse en la parte media, esta es una clara señal de que la muestra está entrando en su fase de ruptura.
- Se verifica de manera visual que el espécimen cuente con grietas y rajaduras, la falla más concurrente es la falla frágil al corte teniendo como característica principal una rajadura que va de manera diagonal e inicia en la parte superior para terminar en la parte inferior del espécimen. Al observar esta falla se procede a para el ensayo al presionar el botón “stop” ya sean en el software o directamente en la máquina de compresión triaxial.
- Así mismo, otra falla concurrente es la falla parcial al corte teniendo como característica principal una rajadura que va de manera diagonal e inicia en ambas partes laterales y finaliza en el centro del espécimen replicándose en 3 o más veces. Al observar esta falla se procede a para el ensayo al presionar el botón “stop” ya sean en el software o directamente en la máquina de compresión triaxial.

C.1.3.5. Descarga y desmontado del espécimen:

Se procede a desaguar y desairar la celda de la máquina de compresión triaxial dejando la bureta de comunicación abierta.



Se desmonta la celda de la máquina de compresión triaxial y se quita las ligas y la membrana del espécimen que cumplen el rol de aislar del agua dicha muestra.

Se observa de manera visual el tipo de falla del espécimen para su posterior registro.

C.1.4. Análisis y Presentación de Resultados:

C.1.4.1. Determinación de parámetros de resistencia:

Se realiza los cálculos para determinar propiedades como la resistencia al corte no consolidado no drenada, el ángulo de fricción interna y la cohesión, según las ecuaciones establecidas por la normativa.

C.1.4.2. Elaboración de Curvas de Esfuerzo-Deformación:

Las curvas de esfuerzo-deformación fueron generadas y analizadas para entender el comportamiento del suelo bajo condiciones triaxiales.

C.1.4.3. Elaboración de los círculos de Mohr

Se realiza los cálculos para identificar los esfuerzos principales, cálculo de esfuerzos cortantes, se procede a la elaboración de los tres círculos de Mohr y la interpretación de dichos círculos.

C.2. Ensayo de compresión triaxial multietapa

C.2.1. Instrumentos de ingeniería usados para el ensayo de Ensayo de compresión triaxial.

- Máquina de Bomba de Vacíos
- Panel de Distribución Triaxial
- Celda de presión A y B
- Equipo de Compresión Triaxial
- Equipo de Carga de Presiones
- Contenedor de Agua sin Vacíos
- Máquina Compresora de Aire
- Celda Contadora de Muestra
- Barra de Despeamiento y Celda de Muestra
- Membrana de Compresión Triaxial



- Base de Celda y Tapa de Carga de Agua para Muestra
- Tapas Aisladoras superior e Inferior de Muestra
- Gomas Aisladoras superior e Inferior de Muestra
- Tubo Calzador de Muestra de equipo Triaxial (Memb. Estrecher)
- Bandeja Metálica
- Espátula Metálica
- Balanza
- Computadora y software

C.2.2. Preparación del espécimen

C.2.2.1. Descripción y dimensionamiento del espécimen

Se seleccionó una muestra representativa del suelo de interés y se preparó cuidadosamente para cumplir con las dimensiones especificadas en la norma aplicable.

Las muestras serán talladas de forma cilíndrica con un diámetro promedio de 7cm y una altura de 14cm a partir de muestra inalterada

Criterios de inclusión de la muestra

- Se realizará los ensayos correspondientes para la verificación de sus propiedades físicas y determinar que la muestra de suelo corresponde a un suelo de tipo arcilloso.
- Los especímenes que serán cilindros tallados a partir de la muestra con una medida de 70 mm de diámetro y una altura de 140 mm no deberán de presentar fisuras ni rajaduras.
- Los especímenes deberán tener una composición física de suelo arcilloso homogéneo en el total de su composición.
- Los especímenes que no cumplan con las dimensiones anteriormente mencionadas serán descartados del proceso de investigación.



C.2.3. Procedimiento del ensayo de compresión triaxial multietapa

C.2.3.1. Montaje del espécimen:

El espécimen a evaluar se envuelve con la membrana correspondiente, así mismo se procede a colocar las ligas para que esté totalmente fuera de contacto con el agua.

Se monta el espécimen en la célula triaxial y se procede a saturar la celda con agua previamente destilada y desairada, finalmente se coloca en posición transductores de presión y desplazamiento.

C.2.3.2. Condiciones Iniciales:

Se establece las siguientes condiciones iniciales en el software:

- Dimensiones del espécimen
- Contenido de humedad del espécimen
- Peso específico del espécimen
- Limite liquido e índice de plasticidad del espécimen.

Se establece los equipos que realizaran la carga y sus medidores de desplazamientos.

Se establece el valor de incremento de cargas a colocar sobre el espécimen y los intervalos en los cuales serán desarrollados.

Se coloca los parámetros para parar la máquina de manera automática referente a desplazamiento y porcentajes de deformaciones, esta etapa es opcional puesto que la maquina se puede parar en el momento que el operador lo decida.

Se establece los parámetros del motor como su velocidad y la dirección en la que deseas aplicar la carga, en este caso será UP o arriba según el idioma de la máquina de compresión triaxial empleada.

Se establece la carga inicial a la presión de confinamiento de la celda, la presión inicial debe ser igual a presión con la que cuenta el suelo in situ a la altura que fue extraída la muestra.

Este procedimiento se repetirá en el espécimen a ensayar utilizando la técnica multietapa teniendo en cuenta que; la aplicación de la primera presión de confinamiento se realizara hasta que el la maquina tome 5 lecturas de forma descendente, en este punto se procede a aumentar la presión de confinamiento al doble



de la presión de confinamiento inicial, una vez más se lleva a la falla al espécimen de suelo ensayado, nuevamente cuanto se observen 5 lecturas descendientes consecutivas se procede a aumentar la presión de confinamiento al doble del anterior aplicado, llevando de esta forma a la falla definitiva del espécimen, se detiene el ensayo cuando una vez que el espécimen que esta con la presión de confinamiento final empieza a presentar por lo menos 15 lecturas de presión descendente consecutivas.

C.2.3.3. Carga Axial:

Se aplica la carga axial de manera incremental, registrando simultáneamente las lecturas de presión y desplazamiento en intervalos regulares. Estos datos se registran de manera automática en el software HSDN triaxial test.

C.2.3.4. Detención de ensayo

Se coloca los parámetros para la detención de la máquina de manera automática referente a desplazamiento y porcentajes de deformaciones, este parámetro es opcional y se puede realizar de manera manual con los siguientes pasos:

- Se verifica de manera continua los valores de aplicación de cargas tomados por el software donde estos deberán ser siempre ascendentes.
- Al observar que los valores de aplicación de cargas tomados por el software tengan una variación de manera descendente, se tendrá que verificar dichas lecturas descendentes sean de por lo menos 15 puntos de valores tomados por el software.
- En este punto se denota que el suelo a partir del esfuerzo vs deformación ya llego a su ruptura y entro en su fase residual.
- A partir de estos indicadores se dará fin a la aplicación de carga axial de manera manual al presionar el botón “stop” ya sean en el software o directamente en la máquina de compresión triaxial.
- Así mismo se puede realizar de manera visual una inspección en tiempo real de la muestra al aplicarse las cargas teniendo en cuenta los siguientes pasos.
- Se verifica la forma del espécimen al momento de la aplicación continua de carga debido a que al aplicar la carga axial esta tiende a deformarse y ensancharse en la



parte media, esta es una clara señal de que la muestra está entrando en su fase de ruptura.

- Se verifica de manera visual que el espécimen cuente con grietas y rajaduras, la falla más concurrente es la falla frágil al corte teniendo como característica principal una rajadura que va de manera diagonal e inicia en la parte superior para terminar en la parte inferior del espécimen. Al observar esta falla se procede a para el ensayo al presionar el botón “stop” ya sean en el software o directamente en la máquina de compresión triaxial.

Así mismo, otra falla concurrente es la falla parcial al corte teniendo como característica principal una rajadura que va de manera diagonal e inicia en ambas partes laterales y finaliza en el centro del espécimen replicándose en 3 o más veces. Al observar esta falla se procede a para el ensayo al presionar el botón “stop” ya sean en el software o directamente en la máquina de compresión triaxial.

C.2.3.5. Descarga y desmontado del espécimen:

Se procede a desaguar y desairar la celda de la máquina de compresión triaxial dejando la bureta de comunicación abierta.

Se desmonta la celda de la máquina de compresión triaxial y se quita las ligas y la membrana del espécimen que cumplen el rol de aislar del agua dicha muestra.

Se observa de manera visual el tipo de falla del espécimen para su posterior registro.

C.2.4. Análisis y Presentación de Resultados:

C.2.4.1. Determinación de parámetros de resistencia:

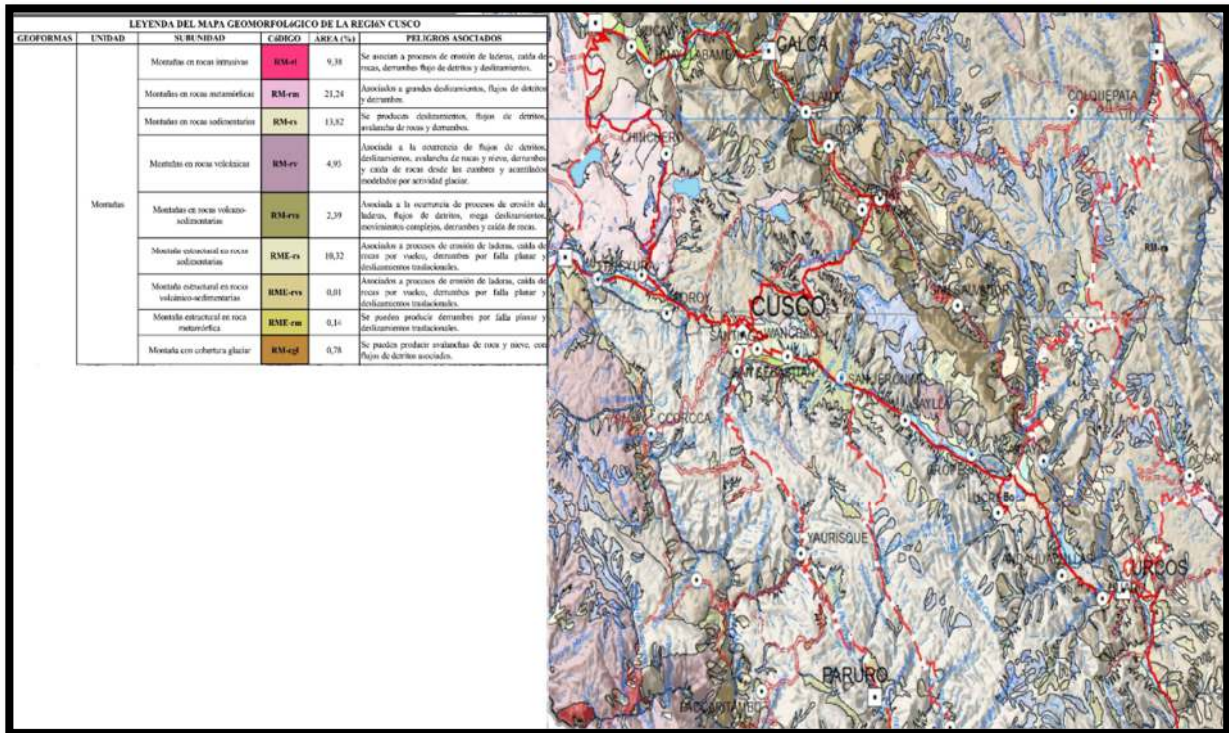
Se realiza los cálculos para determinar propiedades como la resistencia al corte no consolidado no drenada, el ángulo de fricción interna y la cohesión, según las ecuaciones establecidas por la normativa.

C.2.4.2. Elaboración de Curvas de Esfuerzo-Deformación:

Las curvas de esfuerzo-deformación fueron generadas y analizadas para entender el comportamiento del suelo bajo condiciones triaxiales.



D.2. Mapa morfológico de la zona



La zona de estudio se encuentra en la FORMACION SAN SEBASTIAN que según el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico en su publicación Geología de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca indica que “Morfológicamente conforma una superficie depresiva a manera de una cuenca cerrada alargada, delimitada por las laderas del valle de Huatanay sobre ellas se encuentran ciudades importantes como el Cuzco, San Jerónimo, San Sebastián.”

E. Artículos científicos de referencia

E.1. Artículo científico N° 01

Artículo Científico: “Preparación de especímenes de arena para ensayos triaxiales mediante un método controlado de compactación”.

Autores: Camacho Tauta, Javier Fernando; Molina Gómez, Fausto Andrés; Reyes Ortiz, Oscar Javier.

Revista Científica General José María Córdova, vol 12, julio diciembre, 2014

Resumen:

Debido al proceso de extracción de muestras de suelo, se han observado cambios en la estructura del material, los cuales evitan una adecuada conservación de sus propiedades



en condición inalterada. Este hecho es un inconveniente en la obtención de probetas aptas para la ejecución de ensayos de laboratorio con muestras de material fino granular, como lo son la columna resonante, el triaxial estático o el triaxial cíclico. Por esa razón, es necesaria la implementación de técnicas de reconstitución de muestras, que se basan en procesos de compactación, la mayoría de estos se efectúan controlando la densidad relativa del material.

En muchos laboratorios de mecánica de suelos, la preparación de muestras destinadas para la ejecución de alguno de los ensayos mencionados se realiza mediante técnicas no estandarizadas, en las que no se controlan de forma adecuada los parámetros que contribuyen a la consecución de las condiciones deseadas en el suelo al momento de ejecutar el ensayo.

En el ámbito de la ingeniería civil, la preparación de especímenes de arena para ensayos triaxiales es un proceso crítico que influye directamente en la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos. El método tradicional de preparación de muestras suele carecer de estandarización, lo que puede generar inconsistencias en los resultados y dificultades para reproducirlos.

Recientemente, se ha propuesto un enfoque innovador basado en un sistema de compactación controlada de muestras de arena. Este sistema, desarrollado y probado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Militar Nueva Granada, ha demostrado ser una alternativa eficaz para alcanzar densidades relativas deseadas con mayor precisión y reproducibilidad.

El proceso de reconstitución de muestras mediante este sistema implica el control meticuloso de la energía de compactación y la verificación continua del proceso, lo que garantiza la uniformidad y calidad de las muestras preparadas. Además, se ha observado que este método ofrece una mejor repetibilidad en comparación con los enfoques convencionales de preparación de especímenes.

Desde la perspectiva de un ingeniero civil, la implementación de este sistema de compactación controlada representa un avance significativo en la estandarización de los procedimientos de preparación de muestras para ensayos triaxiales en arena. Al proporcionar una metodología más precisa y reproducible, este enfoque contribuye a mejorar la confiabilidad de los resultados obtenidos en el laboratorio, lo que a su vez fortalece la base científica para el diseño y la construcción de estructuras geotécnicas.



E.2. Artículo científico N° 01

Artículo Científico: “Parámetros de diseño, métodos de cálculo y sollicitaciones”.

Autores: Eduardo E. Alonso y Núria M. Pinyol

Revista Científica “Jornadas Técnicas sobre Estabilidad de Laderas en Embalses”

Resumen:

El artículo aborda la estabilidad de taludes en suelos duros y rocas blandas, mayormente de carácter arcilloso, basándose en la experiencia de los últimos 20 años. Se busca identificar las características clave de estos casos, especialmente en relación con la resistencia al corte, integrándolos en un esquema común. Se mencionan cuestiones como la importancia de la rotura progresiva y el papel de las discontinuidades en los deslizamientos. Se destacan casos reales bien documentados que comparten características comunes, como geometría definida, mediciones inclinométricas y piezométricas, y numerosos ensayos de resistencia al corte. Se emplean técnicas de análisis retrospectivo para aproximar parámetros de resistencia al corte "in situ" y compararlos con ensayos de laboratorio. Se mencionan diferentes técnicas de ensayo de resistencia al corte, incluyendo corte directo sobre material intacto y remoldeado, y se destaca la técnica multi-etapa.

Para un ingeniero civil, el análisis de la estabilidad de taludes en suelos duros y rocas blandas es crucial para el diseño seguro de proyectos de ingeniería civil. El enfoque multi-etapa es especialmente relevante, ya que permite una evaluación exhaustiva de la resistencia al corte en diferentes condiciones y profundidades del suelo. Esto proporciona una comprensión más completa de los mecanismos de deslizamiento y ayuda a predecir de manera más precisa el comportamiento del terreno. Además, la combinación de datos de campo y ensayos de laboratorio permite una validación rigurosa de los parámetros de resistencia al corte utilizados en el diseño. Esta metodología integral es fundamental para garantizar la seguridad y la estabilidad de las estructuras civiles en terrenos difíciles.

Se observa un cambio en el comportamiento de las juntas hacia una ductilidad y la desaparición de la fragilidad en el caso estudiado. Se realizaron ensayos de corte anular sobre material remoldeado, donde se registró un pico en la resistencia seguido de una disminución progresiva hacia valores residuales con un desplazamiento acumulado de 100 mm. Se empleó la técnica multi-etapa, incrementando la tensión normal después de



cada ensayo. Los resultados se resumen en la Figura 68, mostrando la relación entre las tensiones y el ángulo de fricción movilizado en función de la tensión vertical efectiva sobre el plano de corte.

Los ángulos de fricción más altos se obtuvieron en los ensayos de corte directo sobre material intacto, mientras que los ensayos sobre juntas mostraron ángulos ligeramente inferiores. Los ensayos de corte anular revelaron una fricción residual cercana a 9.5° . Se estableció la geometría de la rotura con precisión, lo que permitió un análisis retrospectivo representativo de las condiciones en el momento de la rotura. Se consideraron diferentes escenarios, pero la resistencia en el plano basal de rotura fue determinante, con pocas variaciones entre los escenarios analizados.

La técnica multi-etapa es esencial para comprender el comportamiento del suelo en diferentes condiciones de carga y desplazamiento. Esta técnica permite evaluar la resistencia al corte en diversas etapas de carga, lo que es crucial para predecir la estabilidad de estructuras en condiciones reales. En este caso, la aplicación de ensayos de corte anular y la variación controlada de la tensión normal proporcionaron datos detallados sobre el comportamiento del suelo en el área de estudio. Además, la precisión en la geometría de la rotura permitió un análisis retrospectivo confiable de las condiciones del suelo en el momento de la falla. Este enfoque integral es fundamental para diseñar estructuras seguras y estables en terrenos difíciles, minimizando los riesgos asociados con la inestabilidad del suelo.

E.3. Mapa morfológico de la zona

Artículo Científico: “The Mechanical Behavior and Constitutive Model Study of Coarse-Grained Soil under Cyclic Loading–Unloading in Large-Scale Plane Strain Conditions - El comportamiento mecánico y el estudio del modelo constitutivo de suelos de grano grueso bajo carga y descarga cíclicas en condiciones de deformación plana a gran escala”.

Autores: Zhi Wang, Shuai Shao, Shengjun Shao y Liguang Yang

Revista Científica “Geomechanics and Geotechnical Engineering Problems in the Design and Construction of Underground Buildings”

Resumen:

Este estudio aborda problemas relacionados con la carga y descarga en proyectos de ingeniería civil e hidráulica que emplean suelos de grano grueso como material de relleno



bajo condiciones de deformación plana durante la construcción y operación. Se llevaron a cabo pruebas a gran escala de carga y descarga cíclica en dos tipos de suelos de grano grueso para analizar los efectos de las propiedades de estos suelos en su comportamiento bajo corte y en las relaciones entre diversos módulos.

Los resultados de la investigación revelaron que los suelos de grano grueso con mayor redondez de partículas exhiben una deformación significativa por dilatación en corte. Además, se encontró que una baja resistencia de la roca madre puede provocar un ablandamiento por deformación, y un aumento en la presión de confinamiento suprime la deformación por dilatación en corte. Durante el proceso de carga y descarga cíclica, el módulo inicial de descarga (E_{iu}) > módulo de descarga-recarga (E_{ur}) > módulo inicial de recarga (E_{ir}) > módulo tangente inicial (E_i), siendo el módulo de descarga considerablemente mayor que los demás.

En simulaciones de elementos finitos y cálculos de modelos, es esencial seleccionar parámetros de módulo apropiados según las condiciones de esfuerzo del suelo para garantizar la precisión del cálculo. En este trabajo, se utilizó una teoría elasto-plástica y elástica no lineal para establecer un modelo constitutivo de carga y descarga cíclica. Al comparar los valores obtenidos con este modelo con mediciones experimentales, se encontró que el modelo puede predecir razonablemente las variaciones de esfuerzo-deformación durante la carga y descarga cíclica de suelos de grano grueso bajo condiciones de deformación plana.

En resumen, este estudio proporciona información importante para ingenieros civiles y otros profesionales del ámbito geotécnico sobre el comportamiento de los suelos de grano grueso bajo cargas cíclicas, así como un modelo constitutivo para predecir este comportamiento. Estos hallazgos son fundamentales para garantizar la seguridad y estabilidad de proyectos de ingeniería civil e hidráulica que involucran suelos de grano grueso como material de relleno.

F. Normas internacionales de referencia

F.1. Norma internacional N° 01

Norma: Ensayo triaxial sin consolidación y sin drenaje (ISO 17892-8:2018)

Comentario: La Norma UNE-EN ISO 17892-8, actualizada en abril de 2019, ofrece directrices específicas para llevar a cabo ensayos triaxiales sin consolidación y sin drenaje en suelos en el contexto de la investigación geotécnica y los ensayos de laboratorio.



Este estándar es esencial para los ingenieros civiles, ya que proporciona un método estandarizado para evaluar la resistencia no drenada de los suelos, información crucial para el diseño de estructuras geotécnicas como cimentaciones y muros de contención.

El ensayo triaxial sin consolidación y sin drenaje se lleva a cabo en muestras no saturadas de suelo y permite simular condiciones de carga rápida, lo que es relevante para comprender el comportamiento del suelo en situaciones de construcción y carga dinámica.

La norma detalla los procedimientos para la preparación de muestras, el montaje del equipo de ensayo y la ejecución del ensayo en sí mismo. También ofrece pautas para interpretar los resultados, como la determinación de la resistencia al corte no drenada y la obtención de parámetros de resistencia del suelo.

Además, establece requisitos claros para la documentación de los resultados del ensayo, lo que garantiza la coherencia y la transparencia en la presentación de datos, aspecto fundamental para el intercambio de información entre ingenieros y la toma de decisiones informadas en proyectos geotécnicos.

En resumen, la Norma UNE-EN ISO 17892-8 proporciona a los ingenieros civiles un marco confiable y uniforme para la realización y el análisis de ensayos triaxiales sin consolidación y sin drenaje en suelos, mejorando así la calidad y la fiabilidad de los datos geotécnicos utilizados en el diseño y la construcción de infraestructuras.

A diferencia de la Norma Técnica Peruana NTP 339.164 “Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado para suelos cohesivos” la norma española amplía aspectos adicionales sobre calibración y mantenimiento del un equipo de compresión triaxial así mismo también indica comprobaciones para los cálculos y resultados del ensayo.

F.2. Norma internacional N° 02

Norma: Method for unconsolidated-undrained triaxial compression tests on soils, Japanese Geotechnical Society Standard (JGS 0521-2020)

Comentario: La Norma JGS 0521-2020, de Japón es puntual en referencia al ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado, igual que Norma Técnica Peruana NTP 339.164 “Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado para suelos cohesivos” define brevemente la terminología referente al ensayo, el



equipo de compresión triaxial, el ensayo, el procesamiento de resultados e indica ecuaciones para el cálculo de volumen y altura del espécimen antes de someter al espécimen al ensayo tal como la sección transversal del espécimen antes del ensayo, la densidad seca del espécimen.

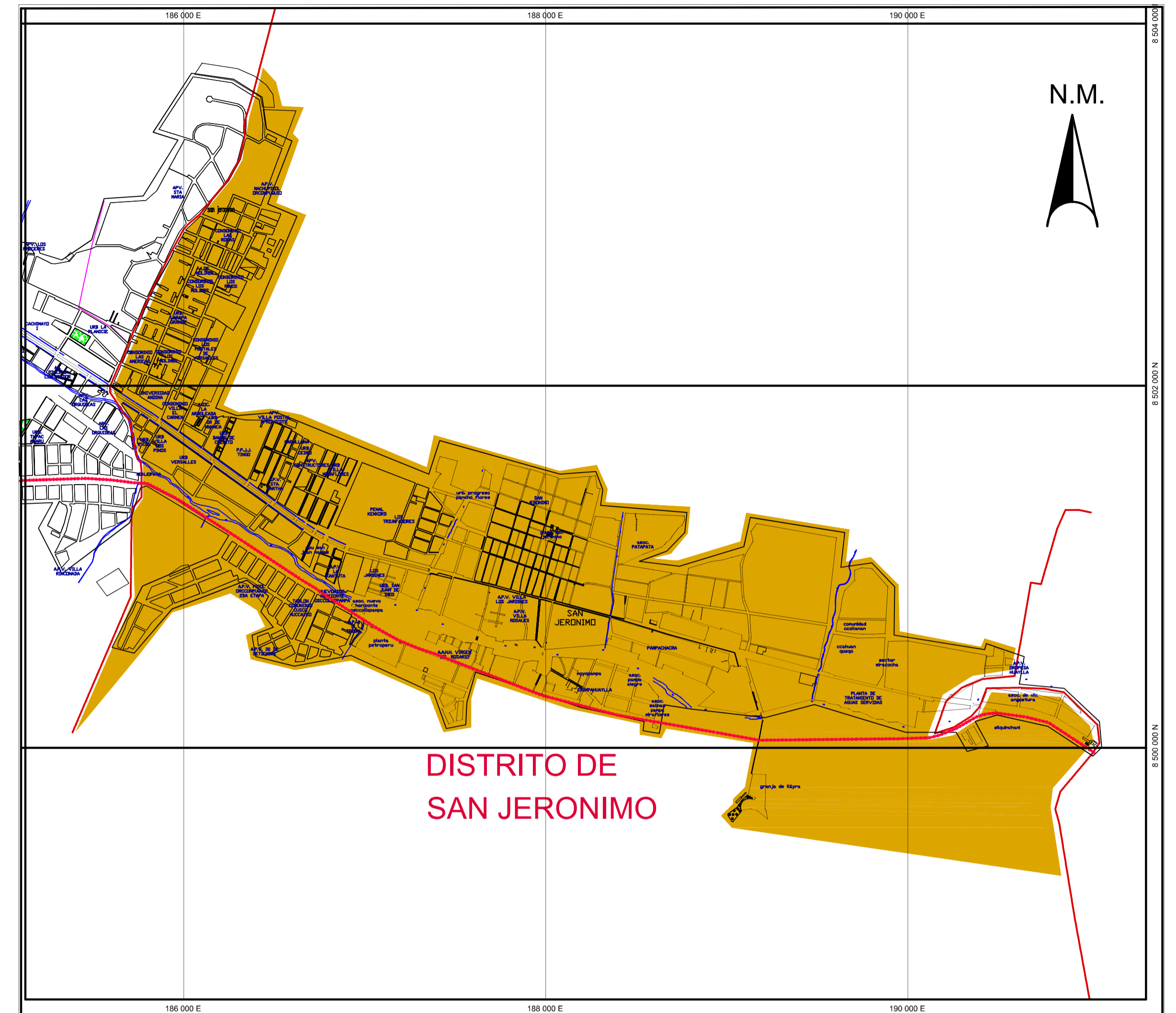
La norma japonesa JGS 0521-2020 también establece ecuaciones para calcular la deformación del espécimen y el cálculo de los círculos de Mohr que se obtienen en la etapa de aplicación del esfuerzo axial.

Finalmente indica el contenido mínimo del informe del ensayo de compresión triaxial para muestras no consolidadas no drenadas.

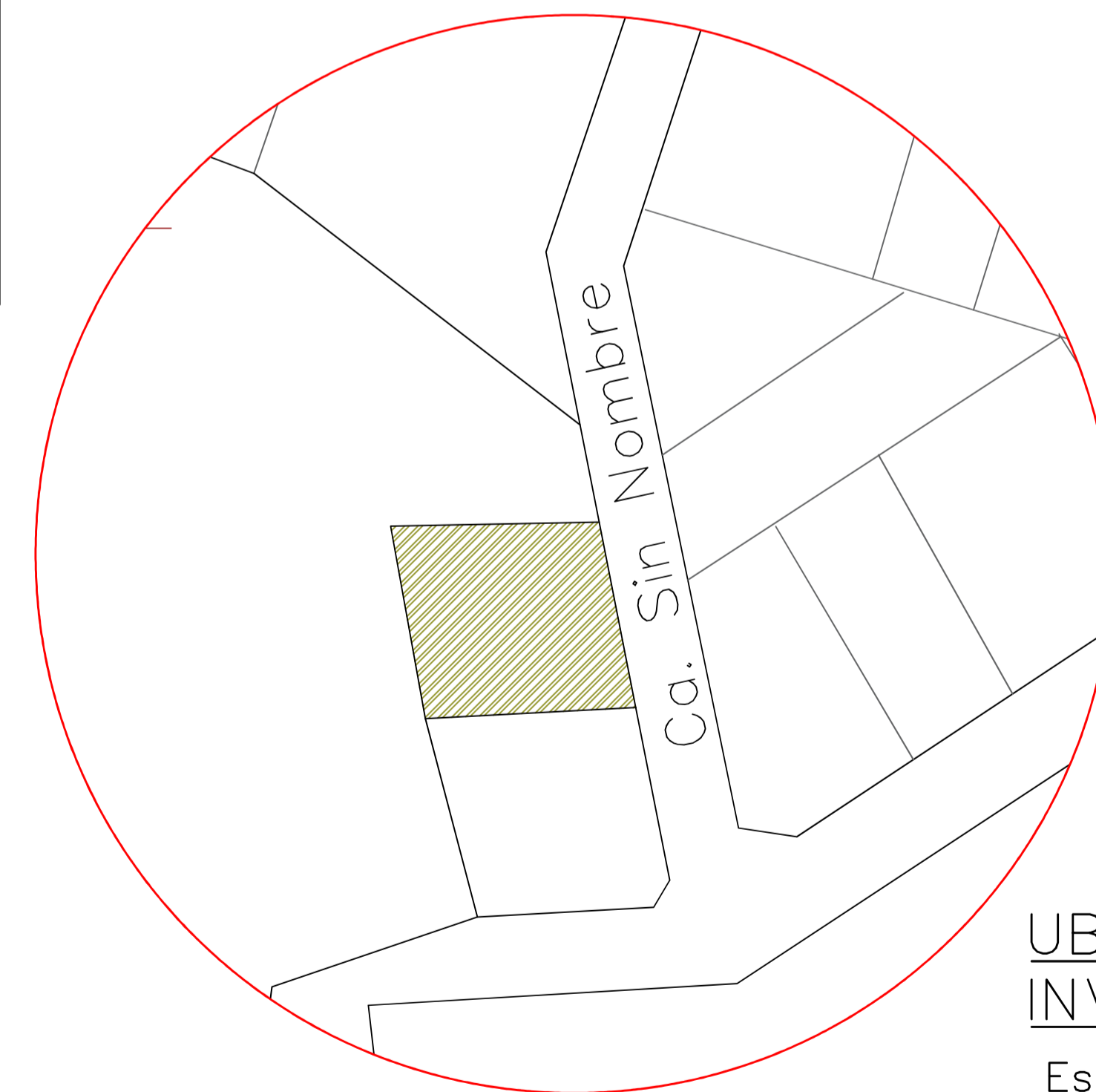
Como conclusión en referencia a la norma JGS 0521-2020, se indica que es una norma puntual que no difiere sustancialmente de la norma NTP 339.164 “Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado para suelos cohesivos”, al igual que la norma peruana, es precisa en cuanto a información para la ejecución de este ensayo.



PLANO DE LOCALIZACION
Escala 1:1500



PLANO DISTRITAL
Escala 1:20000



Coordenadas $13^{\circ}33'10.2''S$
 $71^{\circ}53'24.3''W$

UBICACIÓN DE ZONA DE INVESTIGACION

Escala 1:500



REFERENCIA AEROFOTOGRAFICA

<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p>	TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LA TÉCNICA MULTITAPA DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Y EL ENSAYO NORMADO EN SUELO COHESIVO DE LA APV VILLA EL SOL, SAN JERONIMO, CUSCO		
	PLANO: PLANO DE LOCALIZACIÓN		
	UBICACION: DPTO : CUSCO PROV : CUSCO DIST : SAN JERONIMO	ESCALA: INDICADA DIC. DEL 2023	LAMINA: L-01
	TESISISTAS: DIMAS RAFAEL GAMARRA VIVANCO PERCY JOSE PUMACHAPI ZARATE	DIBUJO: P.J.P.Z	1 DE 1