

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA**



**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE  
COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA  
PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES  
SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -  
2020**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Guido Gonzalo Cañi Huaricallo  
ORCID: 0000-0003-3197-0280**

**Asesor:**

**Mtro. Alfonso Oswaldo Flores Mello  
ORCID: 0000-0003-4539-7921**

**Para Obtener el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA**

**TACNA – PERÚ**

**2021**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA**  
**Tesis**  
**“CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE**  
**COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA**  
**PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES**  
**SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -**  
**2020”**

Presentada por:

Bach. CAÑI HUARICALLO, GUIDO GONZALO

**Tesis sustentada y aprobada el 15 de diciembre de 2021; ante el siguiente jurado examinador:**

**PRESIDENTE: Dr. Pedro Valerio MAQUERA CRUZ**

**SECRETARIO: Mtra. María Etelvina DUARTE LIZARZABURO**

**VOCAL: Mtra. Gloria Marina CHOQUE MACHACA**

**ASESOR: Mtro. Alfonso Oswaldo FLORES MELLO**

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Yo Guido Gonzalo Cañi Huaricallo, en calidad de: egresado de la Maestría en Ingeniería Civil con mención en Geotecnia de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 71324045.

Soy autor de la tesis titulado:

“CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020.”

### **DECLARO BAJO JURAMENTO**

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

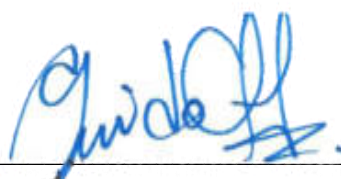
Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 24% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor (a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha : Tacna, 15 de diciembre del 2021



---

GUIDO GONZALO CAÑI HUARICALLO

71324045

## **Agradecimiento**

A mis queridos padres, hermano y novia, por su apoyo incondicional en esta etapa profesional. Porque ellos son la inspiración de mi vida para seguir capacitándome y superándome profesionalmente.

A mis compañeros de carrera, Ing. Edwin Tarqui, Rodolfo Paredes Zamora y Ever Chura, quienes me apoyaron en la culminación de este proyecto.

A los laboratorios de suelos HI\_GEOPREJECT CONSULTORIA S.R.L., LAGESUR CG S.A.C. y E.C.P. (†) que han hecho posible la culminación de este proyecto.

## **Dedicatoria**

A mis padres, Ricardo y Juana, a mi hermano Elmer, que con todo su apoyo me ofrecieron siempre lo mejor y muchos de mis logros se los debo a ellos, me brindaron tiempo y paciencia durante el año de estudio.

A mi novia Jhoselyn por el apoyo incondicional, acompañándome en mis proyectos e impulsando a seguir estudiando.

## Índice de contenido

Agradecimiento .....	vi
Dedicatoria .....	vii
Índice de contenido .....	viii
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras.....	xiv
Resumen.....	xvii
Abstract .....	xviii
Introducción .....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....	2
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	10
1.2.1    Interrogante principal .....	10
1.2.2    Interrogante secundario .....	10
1.3    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.4    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.4.1    Objetivo general .....	11
1.4.2    Objetivos específicos .....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	12
2.1    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
2.1.1    Antecedentes locales .....	12
2.1.2    Antecedentes nacionales .....	13
2.1.3    Antecedentes internacionales.....	14
2.2    BASES TEÓRICAS .....	16
2.2.1    Bases Normativas.....	16
2.2.2    Bases teóricas de la variable independiente.....	17
2.2.3    Bases teóricas de la variable dependiente .....	40
2.3    DEFINICIÓN DE CONCEPTOS .....	44
2.3.1    Cimentaciones superficiales.....	44



2.3.2	Colapso en mecánica de suelos .....	44
2.3.3	Contenido de humedad.....	44
2.3.4	Densidad in-situ .....	44
2.3.5	Ensayo para la medición del potencial de colapso de suelos.....	44
2.3.6	Granulometría .....	45
2.3.7	Índice de colapso.....	45
2.3.8	Limite liquido.....	45
2.3.9	Mecánica de Suelos.....	45
2.3.10	Muestras inalteradas.....	45
2.3.11	Problemas especiales de cimentación .....	45
2.3.12	Potencial de colapso.....	45
2.3.13	Suelo colapsable.....	46
2.3.14	Suelos derivados de cenizas volcánicas .....	46
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....		47
3.1	HIPÓTESIS .....	47
3.1.1	Hipótesis general.....	47
3.1.2	Hipótesis específicas .....	47
3.2	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	47
3.2.1	Identificación de la variable independiente.....	47
3.2.2	Identificación de la variable dependiente.....	48
3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.4	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
3.5	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.6	ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	49
3.7	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	49
3.7.1	Unidad de estudio.....	49
3.7.2	Población.....	49
3.7.3	Muestra.....	49
3.8	PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	50
3.8.1	Procedimiento .....	50
3.8.2	Técnicas.....	52
3.8.3	Instrumentos .....	54
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		56
4.1	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....	56

4.2	DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	57
4.2.1	Caracterización de la ceniza volcánica .....	57
4.2.2	Evaluación de la ceniza volcánica.....	69
4.2.3	Potencial de colapso de la ceniza volcánica.....	79
4.3	RESULTADOS .....	86
4.3.1	Caracterización de la ceniza volcánica .....	86
4.3.2	Evaluación de la ceniza volcánica.....	87
4.3.3	Potencial de colapso de la ceniza volcánica.....	88
4.4	PRUEBA ESTADÍSTICA .....	89
4.4.1	Datos de entrada para la correlación .....	89
4.4.2	Intervalo de confianza .....	91
4.4.3	Correlación en función de los ensayos de laboratorio. ....	93
4.4.4	Grado de confiabilidad.....	94
4.5	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....	96
4.6	DISCUSIÓN.....	97
4.6.1	Delimitación de la ceniza volcánica.....	97
4.6.2	Ensayos de laboratorio en la ceniza volcánica.....	99
4.6.3	Colapsabilidad de la ceniza volcánica.....	101
4.6.4	Mejoramiento de suelos .....	102
4.6.5	Correlación para la determinación del índice de colapsabilidad...	102
	CONCLUSIONES .....	104
	RECOMENDACIONES .....	106
	REFERENCIAS.....	107
	ANEXOS .....	111

Anexo N°1. Matriz de Consistencia

Anexo N°2. Ensayos de laboratorio del suelo derivado de la ceniza volcánica

Anexo N°3. Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos

Anexo N°4. Reporte de Minitab

Anexo N°5. Registro de SENAMHI - estación UNJBG 2019-2021

Anexo N°6. Planos: Plano de ubicación, mapeo geotécnico y mapa de isovalores de colapsabilidad

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Distribución de viviendas particulares por condición de ocupación de la vivienda.....	7
<b>Tabla 2.</b> Registro de precipitación en la estación Jorge Basadre-Tacna .....	9
<b>Tabla 3.</b> Medición cuantitativa de índice de colapso (%) .....	28
<b>Tabla 4.</b> Tipos de Muestras .....	30
<b>Tabla 5.</b> Técnicas de exploración .....	31
<b>Tabla 6.</b> Normas de referencia para ensayos de suelos en laboratorio.....	32
<b>Tabla 7.</b> Tamices utilizados para el análisis granulométrico .....	34
<b>Tabla 8.</b> Cantidades mínimas de material para el ensayo de humedad natural. ...	35
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad .....	37
<b>Tabla 10.</b> Simbología de la clasificación SUCS .....	38
<b>Tabla 11.</b> Límites permisibles de sales solubles, cloruros y sulfatos en suelos ...	39
<b>Tabla 12.</b> Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos .....	39
<b>Tabla 13.</b> Tipos de cimentación superficial .....	41
<b>Tabla 14.</b> Métodos para mejoramiento de suelos .....	43
<b>Tabla 15.</b> Ubicación de puntos de exploración. ....	50
<b>Tabla 16.</b> Cantidad de puntos de ensayos de laboratorio .....	51
<b>Tabla 17.</b> Escala de interpretación del coeficiente de correlación .....	53
<b>Tabla 18.</b> Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector I. .....	57
<b>Tabla 19.</b> Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector II .....	59
<b>Tabla 20.</b> Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector III .....	61

<b>Tabla 21.</b> Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector IV .....	63
<b>Tabla 22.</b> Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector V .....	65
<b>Tabla 23.</b> Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector VI .....	67
<b>Tabla 24.</b> Registro de la excavación de la calicata C-01.....	70
<b>Tabla 25.</b> Registro de la excavación de la calicata C-02.....	70
<b>Tabla 26.</b> Registro de la excavación de la calicata C-03.....	70
<b>Tabla 27.</b> Registro de la excavación de la calicata C-04.....	71
<b>Tabla 28.</b> Registro de la excavación de la calicata C-05.....	71
<b>Tabla 29.</b> Resultados del ensayo de humedad natural de suelo. ....	73
<b>Tabla 30.</b> Resultados del ensayo de límite de Atterberg.....	74
<b>Tabla 31.</b> Resultados del ensayo de Densidad in-situ. ....	75
<b>Tabla 32.</b> Resultado del análisis químico de suelo.....	76
<b>Tabla 33.</b> Resultado del análisis granulométrico (% que pasa).....	77
<b>Tabla 34.</b> Resultado de Clasificación de Suelos. ....	78
<b>Tabla 35.</b> Parámetros para la relación entre los colapsables y no colapsables.....	79
<b>Tabla 36.</b> Relación de vacíos en función de las cargas aplicadas, saturación al 0.50 kg/cm <sup>2</sup> .....	81
<b>Tabla 37.</b> Relación de vacíos en función de las cargas aplicadas, saturación al 1.00 kg/cm <sup>2</sup> .....	81
<b>Tabla 38.</b> Resultados de los ensayos de laboratorio.....	87
<b>Tabla 39.</b> Resultado del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo a carga 0.5 kg/cm <sup>2</sup> .....	88
<b>Tabla 40.</b> Resultado del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo a carga 1.0 kg/cm <sup>2</sup> .....	88
<b>Tabla 41.</b> Resultado del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo .....	89
<b>Tabla 42.</b> Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio. ....	89

<b>Tabla 43.</b> Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 0.5 kg/cm <sup>2</sup> .....	90
<b>Tabla 44.</b> Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 1.0 kg/cm <sup>2</sup> .....	90
<b>Tabla 45.</b> Formulas propuestas mediante correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio. ....	94
<b>Tabla 46.</b> Formulas propuestas mediante correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 0.50 y 1.0 kg/cm <sup>2</sup> .....	95
<b>Tabla 47.</b> Resultados de los ensayos de laboratorio.....	99

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación de los VII sectores en el área de estudio .....	5
<b>Figura 2.</b> Edificaciones cimentadas en depósitos de ceniza volcánica .....	6
<b>Figura 3.</b> Distribución de viviendas particulares, por condición de ocupación de la vivienda.....	7
<b>Figura 4.</b> Distribución de altura en edificaciones en el distrito Alto de la Alianza. ....	8
<b>Figura 5.</b> Reportes periodísticos de las lluvias en Tacna. ....	9
<b>Figura 6.</b> Mapa hidrogeológico del departamento de Tacna.....	20
<b>Figura 7.</b> Corte transversal del valle de Tacna.....	21
<b>Figura 8.</b> Ubicación de pozo en el valle de Tacna. ....	21
<b>Figura 9.</b> Unidades geológicas en la microcuenca de la quebrada del Diablo.....	22
<b>Figura 10.</b> Plano geológico de la ciudad de Tacna .....	23
<b>Figura 11.</b> Criterios del potencial de colapso.....	25
<b>Figura 12.</b> Representación gráfica del ensayo de normalizado del potencial de colapso.....	27
<b>Figura 13.</b> Ubicación de puntos de exploración en el distrito Alto de la Alianza	52
<b>Figura 14.</b> Instrumentos utilizados en campo .....	54
<b>Figura 15.</b> Equipos de laboratorio de suelos utilizados .....	55
<b>Figura 16.</b> Herramientas computacionales utilizados .....	55
<b>Figura 17.</b> Vista panorámica del distrito Alto de la Alianza.....	56
<b>Figura 18.</b> Fotografías para la delimitación del suelo-Sector I.....	58
<b>Figura 19.</b> Fotografías para la delimitación del suelo-Sector II.....	60
<b>Figura 20.</b> Fotografías para la delimitación del suelo-Sector III .....	62
<b>Figura 21.</b> Fotografías para la delimitación del suelo-Sector IV .....	64
<b>Figura 22.</b> Fotografías para la delimitación del suelo-Sector V .....	66
<b>Figura 23.</b> Fotografías para la delimitación del suelo-Sector VI.....	67

<b>Figura 24.</b> Ubicación de las fotografías .....	68
<b>Figura 25.</b> Ubicación de los puntos de exploración dentro del suelo derivado de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza .....	69
<b>Figura 26.</b> Muestra inalterada de los puntos de exploración del suelo derivado de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza .....	72
<b>Figura 27.</b> Ensayo de contenido de humedad natural de suelo .....	73
<b>Figura 28.</b> Ensayo de límite de Atterberg .....	74
<b>Figura 29.</b> Ensayo de Densidad in situ.....	75
<b>Figura 30.</b> Ensayo de análisis químico de suelo. ....	76
<b>Figura 31.</b> Ensayo de análisis granulométrico de suelo. ....	78
<b>Figura 32.</b> Criterios del potencial de colapso.....	79
<b>Figura 33.</b> Remoldeo de muestra inalterada para la ejecución del ensayo de colapso .....	80
<b>Figura 34.</b> Ejecución del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso.....	81
<b>Figura 35.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 0.50 kg/cm <sup>2</sup> en la C-01 .....	82
<b>Figura 36.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 1.00 kg/cm <sup>2</sup> en la C-01 .....	82
<b>Figura 37.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 0.50 kg/cm <sup>2</sup> en la C-02.....	82
<b>Figura 38.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 1.00 kg/cm <sup>2</sup> en la C-02.....	83
<b>Figura 39.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 0.50 kg/cm <sup>2</sup> en la C-03.....	83
<b>Figura 40.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 1.00 kg/cm <sup>2</sup> en la C-03.....	83
<b>Figura 41.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 0.50 kg/cm <sup>2</sup> en la C-04.....	84
<b>Figura 42.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 1.00 kg/cm <sup>2</sup> en la C-04.....	84
<b>Figura 43.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 0.50 kg/cm <sup>2</sup> en la C-05.....	84
<b>Figura 44.</b> Cálculo de índice de colapso a carga 1.00 kg/cm <sup>2</sup> en la C-05.....	85
<b>Figura 45.</b> Ubicación de los puntos de exploración dentro del suelo derivado de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza .....	86
<b>Figura 46.</b> Datos de entrada para el software Minitab .....	91
<b>Figura 47.</b> Datos de entrada de colapso a carga 0.5 kg/cm <sup>2</sup> para el software Minitab .....	91

<b>Figura 48.</b> Datos de entrada de colapso a carga 1.0 kg/cm <sup>2</sup> para el software Minitab .....	91
<b>Figura 49.</b> Intervalos de confianza de los ensayos físicos de laboratorio de suelos .....	92
<b>Figura 50.</b> Intervalos de confianza de los ensayos químicos de laboratorio de suelos .....	93
<b>Figura 51.</b> Intervalos de confianza del ensayo de colapso a carga 0.5 y 1.0 kg/cm <sup>2</sup> .....	93
<b>Figura 52.</b> Delimitación de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza	98
<b>Figura 53.</b> Excavación de 10m. en el distrito Alto de la Alianza .....	100
<b>Figura 54.</b> Mapa de isovalores de carga 0.50 kg/m <sup>2</sup> .....	101
<b>Figura 55.</b> Mapa de isovalores de carga 1.00 kg/m <sup>2</sup> .....	102



## Resumen

En el distrito Alto de la Alianza, las viviendas están cimentadas en suelos derivados de las cenizas volcánicas considerados como suelos colapsables, donde las viviendas están propensas a sufrir hundimientos violentos de suelos, porque el suelo está siendo sometido a un incremento de cargas por las construcciones de más niveles en las viviendas y a la saturación de suelo por las altas precipitaciones de lluvias que están ocurriendo en estos últimos años. Esto traería consecuencia al asentamiento, agrietamiento y ruptura de la cimentación.

La investigación denominada: “Caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica para prevenir problemas en cimentaciones superficiales en el distrito Alto de la Alianza - Tacna - 2020”, tiene como objetivo determinar las características y evaluar la existencia de colapsabilidad de suelos derivados de la ceniza volcánica, porque el suelo presenta indicios y características para ser considerado como un suelo colapsable. La metodología mostrada es de tipo básica con enfoque cuantitativa, de diseño transeccional y de nivel de investigación predictiva.

Se concluyendo, que el suelo derivado de la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito Alto de la Alianza presenta un grado de colapso MODERADO (SUELO NO COLAPSABLE). Los resultados del índice de colapso a una carga de  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  ( $I_c$ ) es de 2.9 – 3.9 % y el índice de colapso a una carga de  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  ( $I_c$ ) es de 3.5 – 5.2%. Al ser los resultados próximos a suelos colapsable, deberá tener en consideración un mejoramiento de suelos.

**Palabras claves:** Características físicas y químicas, suelo colapsable, ceniza volcánica e índice de colapso

## **Abstract**

In the Alto de la Alianza district, the houses are based on soils derived from volcanic ash considered as collapsible soils, where the houses are prone to suffer violent subsidence of soils, because the soil is being subjected to an increase in loads due to the constructions of higher levels in the houses and to the saturation of soil due to the high rainfall that is occurring in recent years. This would result in settling, cracking and breaking of the foundation.

The research called: "Caracterization and evaluation of the potential for collapse of soils derived from volcanic ash to prevent problems in surface foundations in the Alto de la Alianza district - Tacna - 2020", aims to determine the characteristics and evaluate the existence of collapsibility of soils derived from volcanic ash, because the soil presents indications and characteristics to be considered as a collapsible soil. The methodology shown is of a basic type with a quantitative approach, of transectional design and of predictive research level.

It is concluded that the soil derived from the volcanic ash found in the Alto de la Alianza district presents a MODERATE degree of collapse (NON-COLLAPSIBLE SOIL). The results of the collapse rate at a load of  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  ( $C_i$ ) is 2.9 – 3.9% and the collapse rate at a load of  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  ( $I_c$ ) is 3.5 – 5.2%. As the results are close to collapsible soils, it should take into account a soil improvement.

**Keywords: Physical and chemical characteristics, collapsible soil, volcanic ash and collapse rate**

## **Introducción**

En el distrito Alto de la Alianza, el suelo derivado de las cenizas volcánicas está siendo sometidos a un incremento de cargas y a la saturación de suelo, lo cual provocaría un cambio de volumen. Siendo ello la característica de un suelo colapsable. Los suelos colapsables se han detectado en Europa, Sudáfrica, parte de Asia, Norteamérica y Sudamérica. En países como USA, España, Rusia, Rumania, Francia, Alemania, China, Guatemala, Uruguay, Argentina y Perú entre otros.

En Bogotá – Colombia, determinaron la efectividad en la estabilización de suelos colapsables para disminuir el índice de colapso y así minimizar los efectos desfavorables. En Costa Rica, analizaron el asentamiento de losa de fundación sobre rellenos de suelo colapsable. En Venezuela, determinaron las causas, daños y mitigación del fenómeno de colapso del suelo. En Perú, Ancash, realizó una investigación de mejoramiento de suelos colapsables mezclando cemento diluido. En Arequipa, realizó una investigación de suelo colapsables en gravas. En Tacna, realizaron investigaciones a suelos eólicos y gravas, donde no se existe investigaciones geotécnicas a suelos derivados de la ceniza volcánica.

En el Capítulo I, el problema, describe el planteamiento, formulación, justificación y los objetivos. En el Capítulo II, marco teórico, describe los antecedentes de estudios locales, nacionales e internacionales, las bases teóricas y definición de conceptos. En el capítulo III, marco metodológico, desarrolla las hipótesis, variables, tipo y diseño de la investigación, nivel de investigación, ámbito y tiempo social de la investigación, población y muestra, y procedimiento, técnicas e instrumentos. En el Capítulo IV, resultados, comprobación de hipótesis y discusión. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Un problema especial en cimentación son los suelos colapsables y en el distrito Alto de la Alianza presenta suelos con estas características, ya que estos tipos de suelos son de bajos valores de densidad seca, baja o nula plasticidad y elevados valores de colapso por inundación. Estas características traerían como consecuencia una pérdida rápida de resistencia y un desmoronamiento de su estructura interna.

Los suelos colapsables cambian violentamente de volumen por la acción combinada o individual de las siguientes acciones: Cuando es suelo es sometidos a un incremento de carga o al humedecerse y/o saturarse.

Estos tipos de suelos se encuentran en las regiones áridas y semiáridas, como depósitos eólicos, coluviales, residuales y cenizas volcánicas. Se han detectado en Europa, Sudáfrica, parte de Asia, Norteamérica y Sudamérica. En países como USA, España, Rusia, Rumania, Francia, Alemania, China, Guatemala, Uruguay, Argentina y Perú entre otros.

En la ciudad de Tacna presenta suelos derivados de ceniza volcánica que afloran parcialmente y se encuentran debajo de los depósitos aluviales e interdigitada con los depósitos deluviales de la ladera del Cerro Intiorko.

En el distrito de Alto de la Alianza se encuentran suelos derivados de la ceniza volcánica que por sus características físicas es considerado como un suelo colapsable, por lo cual tendrá que ser verificado la existencia del colapso de suelo mediante el método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos (NTP 339.163), donde en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 “Suelos y cimentaciones”, indica que no está permitido cimentar en suelos colapsables.

El distrito de Alto de la Alianza fue creado mediante Ley N° 23828, el 9 de mayo de 1984, donde se divide en siete (VII) sectores, presentado las siguientes asociaciones:

Sector I

- ✓ Asoc. Viv. Alberto Fujimori (Los Portales)
- ✓ Asoc. Viv. Abelardo Quiñones
- ✓ Asoc. Viv. Buena Vista
- ✓ Los Jardines
- ✓ Asoc. Viv. Alto Bellavista
- ✓ Prog. Mun. de Viv. Independencia
- ✓ Asoc Viv José Gálvez
- ✓ Asoc Viv Mariscal Miller
- ✓ A.H. Marginal Ciudad Nueva
- ✓ Asoc. Viv. Alto Bellavista

Sector II

- ✓ Pueblo Joven Alto de la Alianza
- ✓ Zona Auxiliar Parque Industrial
- ✓ P.J. José de San Martín

Sector III

- ✓ Pueblo Joven La Esperanza
- ✓ Pueblo Joven Mariscal Eloy Guillermo Ureta.

Sector IV

- ✓ Asentamiento Humano Marginal Juan Velasco Alvarado
- ✓ Asociación de Vivienda San Juan de Dios
- ✓ Asociación de Vivienda San Pedro y San Pablo
- ✓ Asociación de Vivienda 27 de agosto
- ✓ Asociación de Vivienda Manuel A. Odría

Sector V

- ✓ Asociación de Vivienda Ramón Copaja
- ✓ Cooperativa de Vivienda Jorge Basadre Grohmann
- ✓ Cooperativa de Vivienda Gregorio Albarracín

- ✓ Agrupación de Vivienda Túpac Amaru
- ✓ Asociación de Vivienda Los Balconcillos de Tacna
- ✓ Asociación de Vivienda Zoila Isabel Cáceres
- ✓ Asociación de Vivienda Virgen de la Asunta
- ✓ Asociación de Vivienda Villa Cristo de la Paz
- ✓ Asociación de Vivienda La Florida

#### Sector VI

- ✓ Asociación Urbanizadora Señor de los Milagros
- ✓ Asociación de Vivienda San Pedro
- ✓ Asociación Urbanizadora San Pedro II Etapa
- ✓ Asociación de Vivienda Marginal El Mirador
- ✓ Asociación de Vivienda Mirador de Intiorko
- ✓ Asociación de Vivienda Sagrado Corazón de Jesús
- ✓ Asociación de Vivienda Villa Cristo de la Paz
- ✓ Asociación de Vivienda Caminos de Paz 8 de octubre

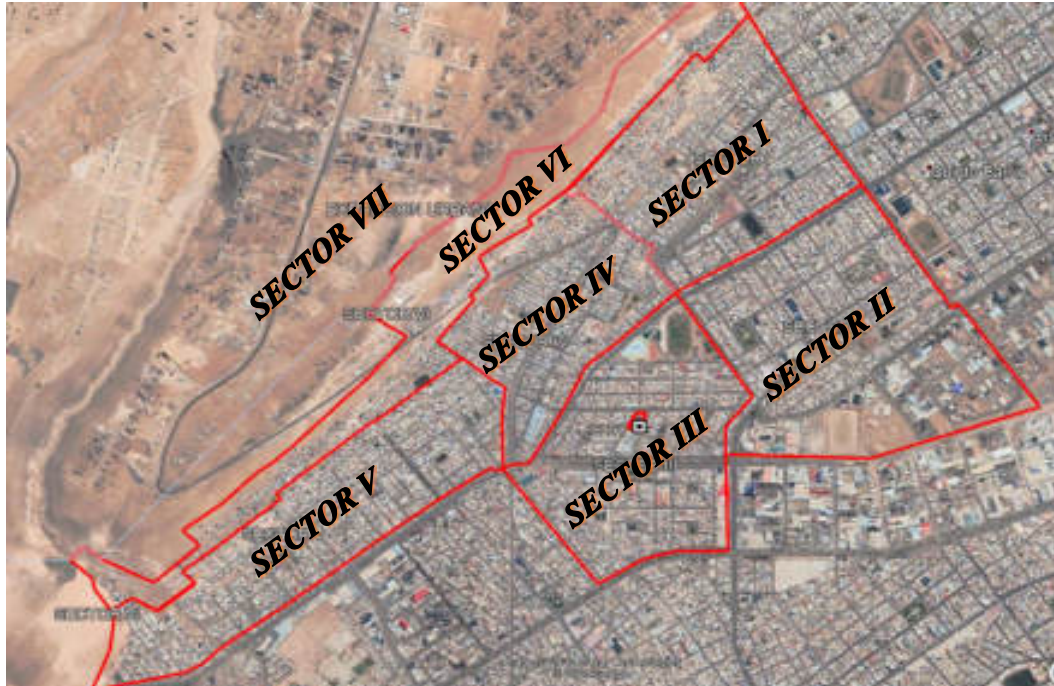
#### Sector VII

- ✓ Futura expansión urbana

La existencia de los suelos derivados de ceniza volcánica se encuentra en los cinco (V) primeros sectores, según el estudio realizado por el proyecto INDECI – PNUD PER 02/51, titulada como: *“Mapa de peligros de la ciudad de Tacna, 2004”*.

## Figura 1

*Ubicación de los VII sectores en el área de estudio*



*Nota.* Sectorización en el distrito Alto de la Alianza, información brindada por la subgerencia de planeamiento urbano y castrato del distrito Alto de la Alianza, adaptado en Google Earth Pro.

En el distrito Alto de la Alianza, algunas viviendas están cimentadas en suelos derivados de la cenizas volcánicas, donde probablemente puedan sufrir hundimiento violento de suelo, lo cual provocaría asentamiento, agrietamiento y ruptura de cimentación, y esto es inducidos por los siguientes motivos: incremento de carga debido al aumento de niveles en las edificaciones y al humedecer y/o saturar el suelo porque en los últimos años están sucediendo acontecimientos meteorológicos atípicos, donde las fuertes lluvias inundaron las viviendas.

Se encontró que algunas edificaciones presentan fisuras que posiblemente fueron afectados por suelo colapsables.

- Mza. V, lte. 02, A.H.M. Juan Velasco Alvarado
- Mza. 75, lte. 10, P.J. José de San Martín
- Centro asistencial integral para el adulto mayor, A.H.M. Juan Velasco Alvarado.

**Figura 2**

*Edificaciones cimentadas en depósitos de ceniza volcánica*



*Nota.* Las fisuras en las viviendas posiblemente fueron provocadas por suelos colapsables, ya que se encuentran cimentadas en el suelo derivado de ceniza volcánica. Las imágenes fueron tomadas de la tesis “*Obras cimentadas sobre rellenos no controlados en los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, Tacna - 2020*”,(Puma Visa & Aycachi Huareccallo, 2020)

Como primer problema por la cual ocurriría un colapso de suelos, podría ser provocado por el aumento de niveles de pisos en las edificaciones, y esto sucede debido al crecimiento poblacional en el distrito. En el año 2017 se realizó un Censo Nacional de Población y vivienda en el distrito Alto de la Alianza obteniendo un



total de 10105 viviendas, donde el 91.8% son casas independientes, que posiblemente estén proyectadas a agregar más niveles en su edificación, lo cual implicaría inducir una mayor carga al suelo.

**Tabla 1**

*Distribución de viviendas particulares por condición de ocupación de la vivienda.*

Ocupación de vivienda	Viviendas	% Viviendas
Casa independiente	9273	91.8%
Departamento en edificio	50	0.5%
Vivienda en casa de vecindad	11	0.1%
Cabaña o choza	148	1.5%
Viviendas improvisadas	614	6.1%
Local no dest. para hab. Humana	9	0.1%
<b>TOTAL</b>	<b>10105</b>	<b>100%</b>

*Nota.* Información obtenida del Tomo I del “Censo Nacional de Población y vivienda - Resultados definitivos Tacna,”. (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2018)

**Figura 3**

*Distribución de viviendas particulares, por condición de ocupación de la vivienda*

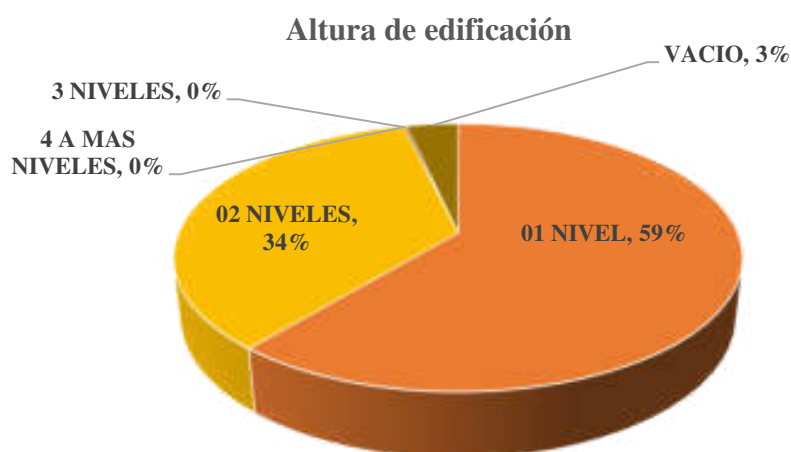


*Nota.* Figura realizada con la información del Tomo I del “Censo Nacional de Población y vivienda - Resultados definitivos Tacna”.

En el censo del 2007, se determinó que, en el distrito Alto de la Alianza, existía un 59% de viviendas unifamiliares de un (01) nivel, 34% de dos (02) niveles y solamente 3% de terreno vacío, lo que indicaría que, posiblemente al tener una mayor población se tendría como opción construir más niveles en sus viviendas.

**Figura 4**

*Distribución de altura en edificaciones en el distrito Alto de la Alianza.*



*Nota.* Figura extraída del “Programa de Prevención y Medidas de Mitigación Ante Desastres de la Ciudad de Tacna, 2007”.

Como segundo problema por la cual ocurriría un colapso de suelos, sería provocado por la inundación y/o saturación de suelos. La ciudad de Tacna, considerada como una zona árida, en estos los últimos años ocurrieron eventos meteorológicos anómalos (lluvias de alta precipitación), que ocasionaron grandes estragos y problemas en la ciudad. El 29 de enero del 2019, hubo lluvias intensas que duraron más de 8 horas, que afectaron al distrito, ocasionando que las calles estén completamente inundadas, colapsaron las tuberías de desagüe, provocando daños en las viviendas.

## Figura 5

*Reportes periodísticos de las lluvias en Tacna.*



*Nota.* Imágenes extraídas de canales de televisión como: TV Perú, América Televisión y La Exitosa de fecha 30 de enero del 2019, donde muestras las consecuencias que trajo las altas precipitaciones que duraron más de 8 horas de manera persistente en la ciudad de Tacna

En la Tabla 2, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), informó que en la ciudad de Tacna se presentaron récords históricos de lluvia, siendo el valor más alto de precipitaciones del 21/02/20 con 23.8 mm/día. Ver Anexo N°5

**Tabla 2**

*Registro de precipitación en la estación Jorge Basadre-Tacna*

Dia / mes / año	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		
29/01/2019	29.2	20.0	74.8	9.8
23/01/2020	27.2	20.2	77.6	16.4
24/01/2020	25.0	19.2	92.9	6.5
21/02/2020	27.6	19.6	77.3	23.8
28/12/2020	24.2	17.0	90.9	7.8

*Nota.* Información extraída de los reportes de SENAMHI / DRD

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Interrogante principal

1. ¿Cuál es la caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica para prevenir problemas en cimentaciones superficiales en el distrito Alto de la Alianza - Tacna - 2020?

### 1.2.2 Interrogante secundario

2. ¿Cuáles son las características de suelos derivados de la ceniza volcánica?
3. ¿Cuál es el índice de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica?
4. ¿Qué relación tiene la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica con su potencial de colapso?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación busca prevenir sobre un problema especial de cimentaciones a las futuras construcciones de viviendas o edificaciones con planes de crecimiento, dando a conocer las características y la evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica, ya que este tipo de suelo es considerado como un suelo colapsable.

Los suelos derivados de la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito Alto de la Alianza, está siendo sometidos a un incremento de cargas debido a la construcción de más niveles y a la saturación de suelo por las altas precipitaciones de lluvias que están ocurriendo en estos últimos años, lo cual provocaría que el suelo sufra un cambio de volumen, trayendo como consecuencia: asentamiento en suelos, agrietamiento en las viviendas y fallas en la cimentación.

Es por ello que parte de la investigación será la determinación de la existencia de colapsabilidad de suelos derivados de la ceniza volcánica, ya que el suelo presenta indicios y características para ser considerado como un suelo colapsable. El Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 “SUELO Y CIMENTACIONES”, indica que: “No está permitido cimentar directamente sobre

suelos colapsable”, por la cual el suelo derivado de la ceniza volcánica tendrá que ser verificado con el método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos (NTP 339.163), con la finalidad de determinar el Índice de colapso, y con ello clasificar el grado de colapso.

#### 1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

##### 1.4.1 Objetivo general

1. Determinar la caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica para prevenir problemas en cimentaciones superficiales en el distrito Alto de la Alianza - Tacna – 2020.

##### 1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica.
2. Determinar el índice de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica.
3. Relacionar la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica con su potencial de colapso.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 Antecedentes locales

En la ciudad de Tacna se realizaron investigaciones sobre el colapso de suelos, como en el distrito de Ciudad Nueva, Gregorio Albarracín Lanchipa y Calana.

En el distrito de Ciudad Nueva, el estudio titulado “*Determinación de tipo de suelo y potencial de colapso del suelo del puesto de salud Intiorko, distrito de Ciudad Nueva*”, tuvo como objetivo determinar el tipo y el potencial de colapso del suelo del Puesto de Salud Intiorko, donde el tipo de suelo presentó una baja densidad seca, una relación de vacíos elevada y variable contenido de sales solubles totales, lo cual hace propenso que el suelo colapse debido a un aumento del contenido de humedad por agentes externos y se presenten asentamientos diferenciales. El tipo de investigación es aplicativa. El autor concluye: “El tipo de suelo, es arena limosa suelta (SM), cuyo potencial de colapso del suelo para capacidad de carga admisible de 1.00 kg/cm<sup>2</sup> es moderado”. (Flores Mello, 2017).

En otra investigación en el distrito de Ciudad Nueva titulada como: “*Caracterización del tipo de suelo y problemas especiales de cimentación de edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza- 2018*”, tuvo como objetivo determinar la caracterización del tipo de suelo y problemas especiales de cimentación para edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza. El tipo de investigación es exploratoria. El estudio caracterizo el tipo de suelo donde se asentarán las futuras viviendas, determinando que el suelo presenta baja densidad seca y con presencia de ceniza volcánica. El autor concluye lo siguiente: “La caracterización del suelo es de Arena limosa (SM), consolidada de color marrón

claro y beis con presencia de Ceniza volcánica, teniendo un potencial de colapso de 1.89 %, siendo un problema moderado”.(Mamani Chana & Apaza Coaquira, 2018)

En el distrito de Gregorio Albarracín, Sector Viñani, se realizó la siguiente investigación titulada como: *“Investigación del conglomerado especial en la ciudad de Tacna”*, tuvo como propósito el estudio del conglomerado localizado en la Pampas de Viñani la cual está compuesto por partículas gruesas embebidas dentro de una matriz (arenas, limos, sales), que está altamente cementadas con características de roca en estado seco y pierde súbitamente su resistencia para pequeños incrementos de humedad. La investigación presenta una metodología aplicativa, el autor concluye: “Las partículas que conforman el conglomerado especial no desarrollan fuerzas de fricción al no tener contacto directo entre ellas, el comportamiento colapsable depende de su matriz”.(Condori Quispe, 2012)

En el distrito de Calana, se realizó la investigación titulada como: *“Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación el Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna”*, donde tuvo como objetivo determinar de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela y determinar el índice de colapso para luego mencionar su grado de colapso. El tipo de suelo en el área de estudio es de arena limosa (SM), que tiene como características la baja de densidad seca, la cual es un suelo que se considera como suelo colapsable. El tipo de investigación es explicativa, donde busca determinar algún motivo para considerar como suelos colapsables. Los autores concluyen lo siguiente: “La severidad de colapso del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asoc. El Centinela obtenidos del ensayo de Potencial de Colapso de suelos son: M-1 = 1.86% y M-2 = 1.64% las cuales determinaron un colapso moderado”.(Isidro Mamani & Cañi Nina, 2017).

### 2.1.2 Antecedentes nacionales

En la región de Arequipa, se realizó la siguiente investigación titulada como: *“Investigación del conglomerado colapsable de la Cano-Vitor Arequipa”*, tuvo objetivo principal determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del conglomerado de gravas localizado en la margen izquierda de la cuenca del río

Vítor en Arequipa, teniendo en cuenta que este suelo ha sufrido un mecanismo de falla con características de colapso. Para la investigación se ha realizado ensayos de laboratorio con muestras inalteradas obtenidas del campo. Y comenta que los suelos colapsables deberán cumplir con las siguientes características: estructura macroporosa, estructura mal acomodada, escasa humedad y grado de saturación, naturaleza cementada. El autor define como suelo colapsable en lo siguiente: “Aquel suelo de naturaleza cementada por sales en estado coloidal y arcillas dispersivas, localizada en zona árida. Que posee una alta resistencia al corte en estado natural, la que pierde súbitamente para pequeños incrementos de su humedad”.(Fernández Sixto, 1998)

En la región de Ancash, se realizó una investigación en el distrito de Chimbote titulada como : *“Mejoramiento del suelo colapsable con fines de cimentación mezclando cemento diluido en agua en el asentamiento humano Magdalena Nueva – Chimbote 2017”*, tuvo como objetivo determinar el mejoramiento del suelo colapsable con fines de cimentación mezclando cemento diluido en agua, el tipo de investigación es no experimental, la investigación consta de adicionarle cemento diluido en agua al 10% con un contenido de agua de 0.7, a un suelo SP (Arena mal graduada con pocos finos), para poder mejorar un suelo colapsable. El autor concluye en lo siguiente: “Al adicionarle cemento diluido en agua al 10% con un contenido de agua de 0.7, el mejoramiento del suelo colapsable aumenta sus parámetros de resistencia al corte”. (Caceda Rodríguez, 2017)

### 2.1.3 Antecedentes internacionales

Los suelos colapsables se encuentran en las regiones áridas y semiáridas, como los depósitos eólicos, coluviales, residuales y cenizas volcánicas. Se encontró distintas investigaciones las cuales presentan problemas con los suelos colapsables en países como: Bogotá-Colombia, Costa Rica Y Venezuela.

En Bogotá – Colombia se presentó una tesis titulada como: *“Análisis de efectividad en la estabilización de suelos colapsables en el tramo II, de la transversal el bosque en el municipio de Floridablanca, Santander”*, tuvo como objetivo evaluar la efectividad de algunos métodos experimentales para disminuir



el índice de colapso y así minimizar los efectos desfavorables producidos por suelos colapsables. Presenta una metodología experimental que permite generar criterios de evaluación y alternativas de solución. Y obtuvo resultados de clasificación de suelo como una arena fina limosa (SM), y presenta índice de colapso de 6.05 a 8.13, rango de valores con un grado de colapsabilidad moderado a moderadamente alto. El autor concluye lo siguiente: “Los suelos colapsables se caracterizan por tener valores bajos de cohesión, y presentar relaciones de vacíos altas, y dado que sus partículas están unidas entre sí por fuerzas o materiales cementantes, tanto unos y otros pueden ser anulados o reducidos cuando aumenta el contenido de humedad del suelo”.(Quijano Arias & Tenjo Ramos, 2018)

En Costa Rica se presentó una tesis titulada como: “*Análisis de asentamiento de losa de fundación sobre rellenos de suelo colapsable mediante la aplicación de un modelo físico*”, que tuvo como objetivo el análisis para la estimación de asentamiento durante el proceso de diseño de losas de fundación sobre rellenos de suelo colapsable, debido a que los suelos colapsable presenta asentamiento inmediato al someterse a una carga, tiene una metodología experimental, la cual usa modelos físicos para predecir el comportamiento real del suelo en el marco del asentamiento del soportante. Se determinó que un suelo colapsable en estado natural presenta una aparente capacidad de carga alta. En el autor concluye en lo siguiente: “La principal característica en el comportamiento de los suelos colapsables, es su alta deformación volumétrica, la cual se produce debido a la influencia directa del agua, como consecuencia sucede un colapso inmediato de la estructura”.(Mata Monge, 2005)

En Venezuela, se realizó una investigación de las causas del suelo colapsable que esta titulada como: “*Causas, daños y mitigación del fenómeno de colapso del suelo*”, y está basado en analizar las principales causas que originan el fenómeno de colapso de un suelo, para proponer los tratamientos más apropiados de infraestructura para suelos colapsables y su mitigación. Como parte de la investigación obtuvo de resultado que las medidas de mitigación más efectivas en suelos colapsables son el pre-humedecimiento y la remoción del estrato colapsable, si el estrato colapsable no sobrepasa los 4 metros de profundidad. Sin embargo, si

se trata de estratos de mayor profundidad (mayores de 4 metros), se recomienda el uso de cimentaciones profundas (pilotes). El tipo de investigación es documental, debido a que permite establecer un criterio de identificación y caracterización de estos suelos. El autor concluye: “Las causas principales que originan el colapso del suelo, a juicio del autor, son dos: aumento en el grado de saturación y el rompimiento de los enlaces entre las partículas de suelo”.(Vielma Serrano, 2009)

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Bases Normativas

Se presentan las normas utilizadas en la investigación con las cuales se rigen los ensayos realizados en el laboratorio, con el fin de dar un resultado confiable.

- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones. “E.050, Suelos y Cimentaciones” (2018). Lima, Perú.
- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones. “E.060, Concreto Armado” (2009). Lima, Perú.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.134:1999 (revisada el 2014). “Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado De Clasificación De Suelos, SUCS)”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.127:1998 (revisada el 2014). “Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.128:1999 (revisada el 2014). “Método de ensayo para el análisis granulométrico”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.129:1999 (revisada el 2014). “Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.143:1999 (revisada el 2014). “Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.151 2001 (revisada el 2015). “Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos.”.

- ✓ Norma Técnica Peruana 339.163:2001 (revisada el 2015). “Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.152 2002 (revisada el 2015). “Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.177 2002 (revisada el 2015). “Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea”.
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.178 2002 (revisada el 2015). “Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea”.

## 2.2.2 Bases teóricas de la variable independiente

### 2.2.2.1 Unidades litoestratigráficas

Las principales unidades litoestratigráficas y rocas de nuestra zona de estudio son las que pertenecen a las formaciones de edades que van desde el Plioceno a depósitos Cuaternarios, la unidad más antigua en la zona de estudio es el sistema Plioceno, a continuación, se describe desde la unidad más antigua a la más reciente:

#### 2.2.2.1.1 Formación Moquegua Superior (Fm\_mo)

La mayor parte de los afloramientos están cubiertos por depósitos cuaternarios recientes de ladera y solo se les puede apreciar en los cortes de carretera del Cerro Arunta y en el cauce del río Caplina en la zona denominado curva del diablo.

#### 2.2.2.1.2 Formación Huaylillas Miembro Superior (Nm-hu\_s)

Los afloramientos se hallan cubriendo gran parte de los cuadrángulos de Pachía y Palca. El espesor de estos depósitos es variable, desde unas decenas de metros hasta 250 m aproximadamente, del Mioceno inferior.

La mayor exposición de estos afloramientos en el área de estudio se presenta en ambas márgenes de la quebrada Del Diablo. Se encuentra suprayaciendo a la Formación Moquegua Superior (PN-mo\_s) en discordancia paralela y consiste de areniscas arcólicas, canales conglomerádicos, yesos y niveles de ignimbritas.

### 2.2.2.1.3 Depósitos cuaternarios

#### 2.2.2.1.3.1 Unidad Conglomerádica (Q\_Uc)

Esta unidad se encuentra suprayaciendo a la Formación Huaylillas, a manera de una terraza colgada antigua, y se le puede distinguir por su tonalidad gris oscura que cubre parcialmente los cerros de la ciudad de Tacna. Tiene un espesor aproximado de 30 m.

#### 2.2.2.1.3.2 Depósitos Diluviales (Q\_de)

Estos depósitos se forman por la erosión de suelos, gravedad y viento, y comprenden capas de suelo fino con arenas limosas con inclusiones de fragmentos pequeños a medianos de Ignimbritas soldadas violáceas de la Formación Huaylillas, que se depositan y cubren las laderas de los cerros. Estos suelos alcanzan hasta 2 m. de espesor y en algunos casos están descansando sobre una secuencia residual de areniscas grises de la Formación Moquegua.

Su mayor extensión se ubica en las laderas del Cerro Intiorko a lo largo de los Distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva.

#### 2.2.2.1.3.3 Depósitos Fluvial (Qh-fl)

Dentro de los depósitos cuaternarios se consideran depósitos fluviales a aquellos formados por las corrientes de los ríos. Se ubican a lo largo del Valle del Río Caplina, el cual ha definido claramente depósitos de canal y depósitos de llanura de inundación (Q\_fl\_ll). Los depósitos fluviales de canal (Q fl\_c) son aquellos que definen el curso de los ríos, están conformados principalmente de gravas y guijarros con relleno arenoso. Con la ayuda de fotografías aéreas y excavación de calicatas se pudo definir su extensión.

#### 2.2.2.1.3.4 Depósitos Aluvial (Qh-al)

Bajo esta denominación genérica se describen las terrazas fluviales, conos de deyección, ambientes deltaicos y las acumulaciones antiguas de arenas gravas y arcillas que se encuentran en los lechos de los ríos actuales los cuales forman principalmente las zonas agrícolas y urbanas.

#### 2.2.2.1.3.5 Depósito aluvial (Qh-al2)

Litológicamente está compuesto por conglomerados, arenas y arcillas inconsolidadas que se intercalan entre ellas irregularmente, cubren indistintamente a diversos afloramientos. Los aportes de material aluvial provienen generalmente desde el este o de las partes altas o estribaciones de la Cordillera Occidental. Estos depósitos conforman paquetes sedimentarios con dimensiones variables, cuyo espesor varía desde algunos metros hasta decenas de metros. Los depósitos aluviales en el valle de Tacna, están cubriendo las quebradas Caramolle, El Diablo, compuestos por horizontes de arenas con limos de color marrón claro más o menos compactadas.

#### 2.2.2.1.3.6 Depósitos de cenizas volcánicas (Q\_ce)

Se encuentran grandes depósitos de cenizas volcánicas que ocupan los distritos de Alto de la Alianza, Pocollay y Calana. Al parecer estos depósitos conformaban una sola capa que rellenaba el valle de Tacna antiguamente, la cual fue erosionada parcialmente por el río Caplina, quedando en la actualidad lomas con formas de grandes lenguas a lo largo del valle. Tienen una tonalidad rosada y contienen abundante pómez y fragmentos angulosos de rocas volcánicas andesítica.

En la Zona de estudio los depósitos de ceniza volcánica afloran parcialmente a más de 3 m de profundidad de clasificación SUCS como arenas limosas (SM) y se encuentran debajo del material antrópico (Relleno).

#### 2.2.2.1.3.7 Depósitos antropogénicos (Q-an)

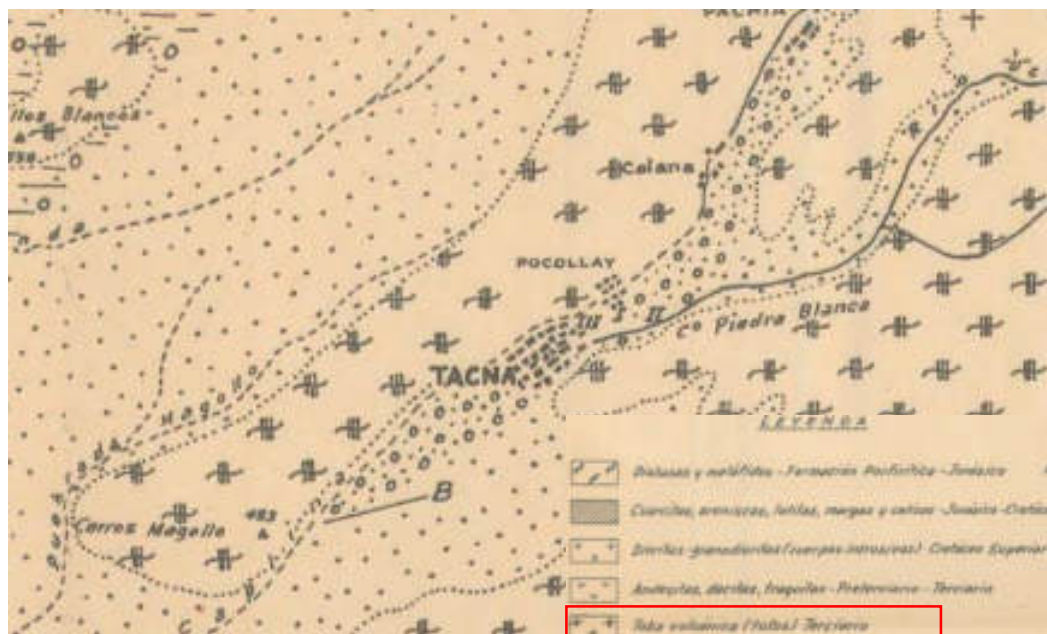
Dentro de este tipo de depósito están incluidos aquellos generados por el hombre y están formados por desmonte (escombros de viviendas y canteras abandonadas) y basurales (antiguo botadero municipal), a lo largo de la quebrada del Diablo. Cabe mencionar que la Asociación de Vivienda La Florida, se encuentra asentada en su totalidad sobre depósitos de desmonte, los cuales han rellenado parcialmente la quebrada.

### 2.2.2.2 Caracterización de la ceniza volcánica

Para establecer la ubicación de suelos derivados de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza, se recopiló información donde se menciona a la ceniza volcánica emplazada en la ciudad de Tacna, como: “El valle de Tacna está constituido por el material volcánico, generalmente tobas volcánicas, con superficie a manera de terrazas, abrasión y gran acumulación de material descompuesto depositado en las vecindades de estas plataformas de erosión”. (Castro Basto, 1957)

#### Figura 6

*Mapa hidrogeológico del departamento de Tacna.*

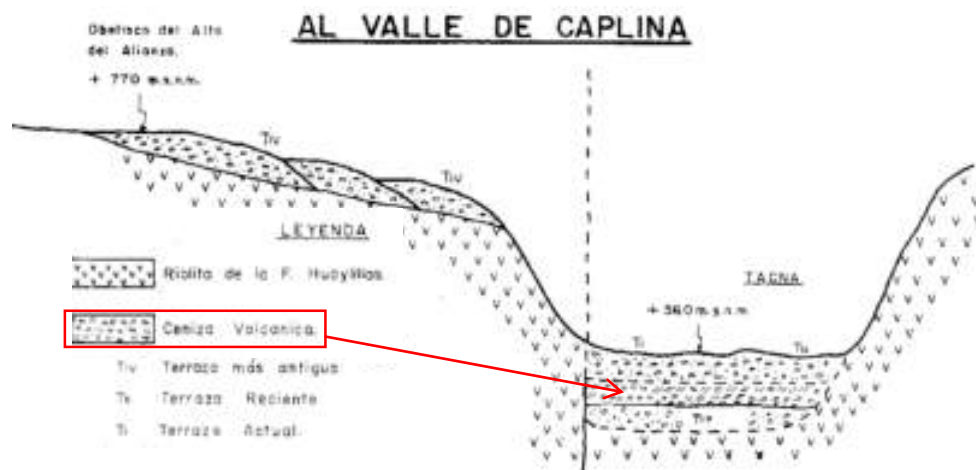


*Nota.* Figura extraída del documento “*Estudio hidrológico del valle de Tacna*”, (Castro, 1957).

En el año 1965, el siguiente autor mencionó: “Los afloramientos más extensos en la región están dados por los tufos riolíticos de color blanco y rosado de la formación huaylillas. Los materiales del cuaternario están representados por potentes acumulaciones de origen fluvial, aluvial, eluvial, eólico y horizontes de ceniza volcánica”. (Pérez Verástegui, 1965)

### Figura 7

Corte transversal del valle de Tacna.



Nota. Figura extraída del “Estudio Geomorfológico del valle del Caplina en el departamento de Tacna”. (Pérez, 1965)

Posteriormente el autor indico lo siguiente: “La superficie del valle de Tacna se encuentra cubierta por un material de naturaleza volcánica, de color blanco-rosado, al que se le ha denominado Formación Huaylillas, en razón de su amplia exposición en aquel lugar” (Pérez Verástegui, 1966)

### Figura 8

Ubicación de pozo en el valle de Tacna.



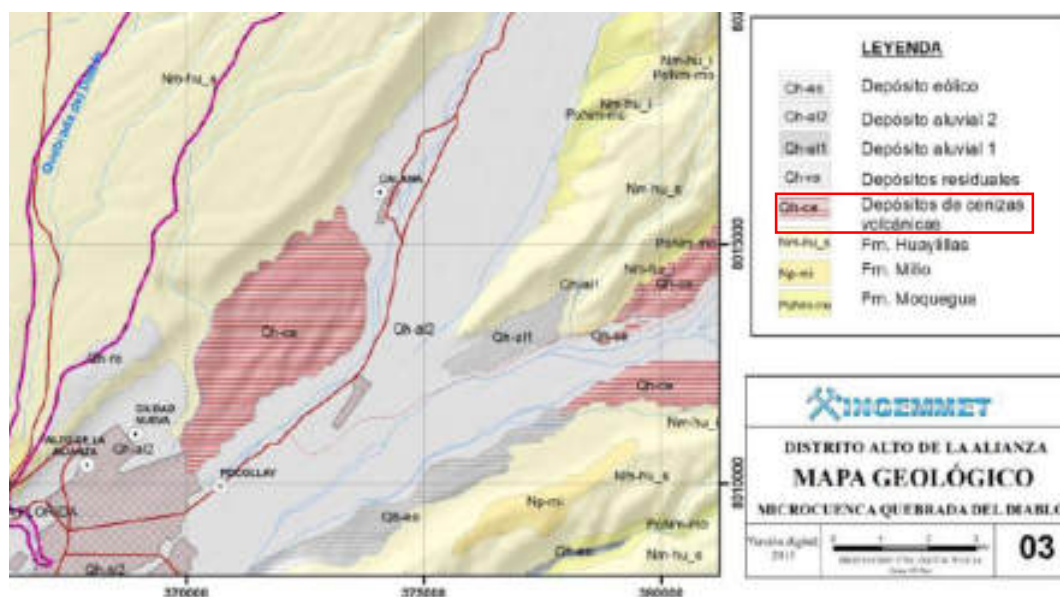
Nota. Figura extraída del “Estudio hidrogeológico en el valle de Tacna y las Pampas de Hospicio – La Yarada” (Pérez Verástegui, 1966)

Las publicaciones anteriores mencionan la existencia de los suelos derivados de la ceniza volcánica como un suelo que se encuentra en la superficie. No obstante, en referencia al espesor del suelo derivado de la ceniza volcánica, el siguiente autor menciona que el suelo es “Compuesto por un tufo riolítico de color blanco rosado con variaciones locales de textura y compacidad, contiene abundantes inclusiones de pómez, clastos de volcánicos porfiroides de pequeñas dimensiones, (1 a 10 mm.). Su espesor estimado en dichos afloramientos es de 20 a 50 m. como máximo”.(J. J. Wilson, 1963)

Posteriormente el suelo derivado de las cenizas volcánicas sufriría algunas reducciones de área, debido a eventos geológicos y meteorológicos, que cambiaron las dimensiones y/o volúmenes de la ceniza volcánica. Y esto sería plasmado en las investigaciones que se realizó en el año 2016, por el INGEMMET.

### Figura 9

*Unidades geológicas en la microcuenca de la quebrada del Diablo*



*Nota.* Figura extraída del informe técnico “Evaluación geológica- geodinámica en la quebrada del Diablo”. INGEMMET, 2016.

En el año 2004, INDECI-PNUD PER 02/51 presentó un proyecto de “Ciudades sostenibles – Mapa de peligros de la ciudad de Tacna”, donde también se expresa sobre la ubicación del suelo derivado de la ceniza volcánica en la ciudad de Tacna, la cual menciona lo siguiente: “En los distritos de Alto de Alianza y



Ciudad Nueva los depósitos de ceniza volcánica afloran parcialmente y se encuentran debajo de los depósitos aluviales e interdigitada con los depósitos deluviales de la ladera del Cerro Intiorko, extendiéndose hasta C.P.M. La Esperanza”.

### Figura 10

*Plano geológico de la ciudad de Tacna*



*Nota.* Figura extraída del estudio “Ciudades sostenible - Mapa de peligros de la ciudad de Tacna”. INDECI,2004.

En el artículo presentado por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD, realizaron una investigación de “Prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Tacna”, donde detallan que el suelo derivado de la ceniza volcánica ha sufrido cambios geológicos: “En la Quebrada Caramolle se ha podido notar que su último evento aluvial ha cortado y cubierto el depósito de cenizas volcánicas. Mediante los ensayos realizados en laboratorio se ha logrado conocer las propiedades del suelo derivado de la ceniza volcánica, teniendo una clasificación SUCS de SM=Arena Limosa, la ubicación del suelo derivado de la ceniza volcánica se encuentra en la parte Norte del distrito de Pocollay y algunos sectores del distrito de Alto de la Alianza”.

### 2.2.2.3 Suelos colapsables

Los suelos colapsables pueden definirse como, “Suelos no saturados que sufren un gran cambio de volumen al saturarse, la mayoría de los suelos colapsables son suelos de estado eólico y de depósitos cenizas volcánicas. los suelos colapsables tienen una relación de vacíos alta, pesos específico bajos y sin cohesión o solo ligeramente cohesivo”. (Das, 1999).

La mayoría de los suelos colapsables que se presentan en estado natural son eólicos, es decir, arenas y/o limos depositados por el viento en regiones áridas y semiáridas, tales como los loes, las playas eólicas, los depósitos de polvo volcánico, arenas arcillosas sueltas y arenas sueltas cementadas por sales solubles los cuales tienen altas relaciones de vacíos, pesos específicos bajos y sin cohesión o sólo ligeramente cohesivos. (Hermosilla & Cardenas, 2012).

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 “Suelos y cimentaciones” define lo siguiente: Son suelos colapsables cuando el suelo cambia violentamente de volumen por la acción combinada o individual de las siguientes acciones:

- a) Al ser sometidos a un incremento de carga o
- b) Al humedecerse o saturarse

Establece la determinación de la magnitud del colapso unidimensional que ocurre cuando los suelos no-saturados son saturados con fluidos. También se utiliza para determinar la magnitud del potencial de colapso que podría ocurrir para una determinada presión vertical (axial) y un índice para la clasificación del potencial de colapso. Los procedimientos que se establecen en esta NTP, son aplicables para especímenes inalterados y remoldeados. (Norma Técnica Peruana 339.163, 2015)

#### 2.2.2.3.1 Características de los suelos colapsables

Un suelo colapsable puede soportar una presión vertical relativamente grande y sufrir un pequeño asentamiento mientras contenga un bajo contenido de humedad, sin embargo, este suelo puede mostrar un asentamiento (mayor o mucho mayor) después de humedecerse sin ningún incremento adicional de presión. Los suelos colapsables presentan una serie de características comunes, como una estructura

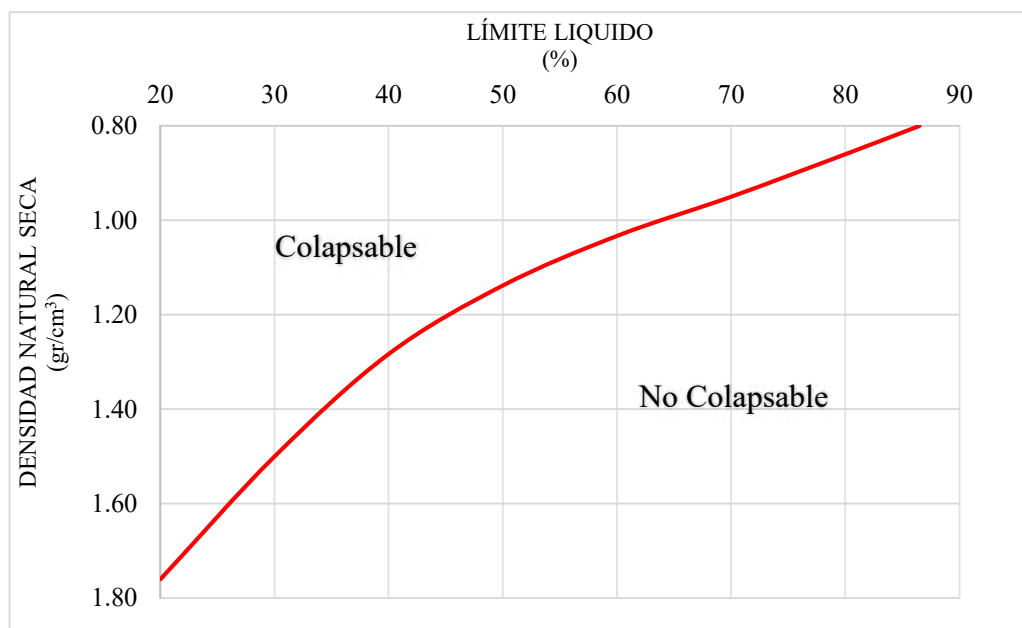
macro porosa, con índice de vacíos ( $e$ ), entre alto, a muy alto. Granulometría predominantemente fina, con predominio de fracciones de limos y de arcilla. Y estructura unida entre sí por acumulaciones o "enlaces" de material predominantemente arcilloso. En muchos casos existen cristales de sales solubles insertados en tales enlaces o uniones. (Hermosilla Sotomayor, 2007).

#### 2.2.2.3.2 Evaluación de suelo colapsable

En suelos con evidencia las características de suelos colapsable, se tendrá que evaluar el potencial de colapso del suelo en función del Limite Liquido (LL) y del peso volumétrico seco ( $\gamma_d$ ). La relación entre los colapsables y no colapsables y los parámetros antes indicados se muestra en la siguiente figura:

**Figura 11**

*Criterios del potencial de colapso*



*Nota.* Figura extraída del RNE E.050 (2018), Representa un análisis preliminar para la determinación de suelo colapsable o no colapsable, para luego proceder a verificar la existencia o no de la colapsabilidad mediante los resultados del ensayo método del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos NTP 339.163.

### 2.2.2.3.3 Efectos del potencial de colapso

El potencial del colapso,  $I_c$ , se utiliza para estimar el asentamiento que pudiera ocurrir en una capa del suelo en un lugar determinado. Los efectos producidos por el fenómeno del colapso representan un problema para las obras civiles, al potenciar el desarrollo de fisuras y grietas en estructuras por asentamientos diferenciales, el deslizamiento de taludes, la ruptura de terraplenes, el hundimiento de las bancas en la vía, daños en el pavimento entre otros problemas; de ahí la importancia de su estudio de manera que se logre estimar su ocurrencia y tomar las medidas pertinentes a fin de minimizar su impacto. (Valencia González et al., 2015)

### 2.2.2.4 Tipos de suelos finos colapsables

Se distinguen tres tipos principales de suelos colapsables:

a) Suelos aluviales y coluviales. Depositados en ambientes semidesérticos por flujos más o menos torrenciales, tienen con frecuencia una estructura inestable.

b) Cenizas volcánicas. Provenientes de cenizas arrojadas al aire por eventos recientes de actividad volcánica explosiva, conforman planicies de suelos limosos y limo – arcillosos.

c) Suelos residuales. Derivados de la alteración de minerales de ciertas rocas, son luego lixiviados por el agua y pierden su cementante y su sustento por lo cual también terminan con una estructura inestable

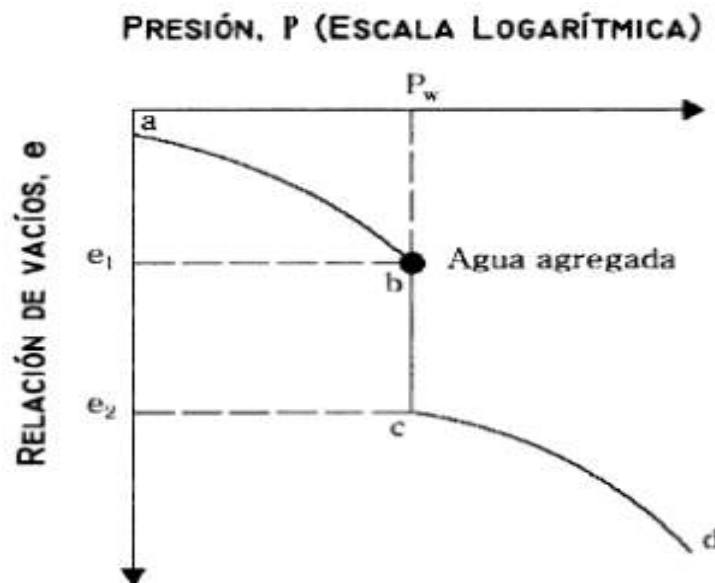
### 2.2.2.5 Método de ensayo de colapso

El método de ensayo consiste en colocar una muestra de suelo con su contenido natural de humedad en un consolidómetro, aplicando un esfuerzo vertical predeterminado a la muestra y saturándolo, para inducir el potencial de colapso en la muestra de suelo. El fluido debe ser agua destilada cuando se evalúe el índice de colapso,  $I_c$ . El fluido puede simular la presión de poros de la muestra u otra condición de campo si fuera necesario, al evaluar el potencial de colapso,  $I_c$ . (Norma Técnica Peruana 339.163, 2015)

El método de Jennings, J. y Knight, K. (1975), que es una técnica que utiliza la prueba del edómetro para proporcionar información cualitativa y cuantitativa sobre el potencial de colapso de un suelo. Este método puede ser usado para evaluar la respuesta de un suelo al humedecimiento y cargas con diferentes niveles de esfuerzos. (Almendras Saravia, 2018).

**Figura 12**

*Representación gráfica del ensayo de normalizado del potencial de colapso.*



*Nota.* Figura extradiada de libro “Principios de ingeniería de cimentaciones” (Das, 1999).

#### 2.2.2.6 Cálculo de Índice de colapso

El índice de colapso,  $I_c$ , se utiliza para medir un índice básico de las propiedades del suelo. La ecuación se puede escribir en términos de relación de vacíos:

$$I_c = \frac{\Delta_e}{1 + e_0} \times 100$$

Donde:

- $\Delta_e$  = Cambio en la relación de vacíos resultante del humedecimiento y
- $e_0$  = Relación de vacíos inicial o, si el ensayo se lleva a cabo como un ensayo unidimensional, se tiene:

$$I_c = \frac{\Delta_h}{h_0} \times 100$$

Donde:

- $\Delta_h$  = Cambio en la altura de la muestra, debido al humedecimiento mm (pulgadas)
- $h_0$  = Altura inicial de la muestra, mm (pulgada).

Con la determinación del índice de colapso los datos se grafican en función de la relación de vacíos vs. logaritmo del esfuerzo vertical.

### 2.2.2.7 Clasificación del Índice de colapso $I_c$

El índice de colapso ( $I_c$ ), se utiliza para describir el grado de colapso de un suelo. Como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 3**

*Medición cuantitativa de índice de colapso (%)*

Grado de Colapso	Índice de colapso $I_c$ (%)
Ninguno	0
Leve	0.1 a 2.0
Moderado	2.1 a 6.0
Moderadamente severo	6.1 a 10.0
severo	>10.0

*Nota.* Extraído de la Norma Técnica Peruana 339.163:2001 (revisada el 2015) “Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo”.

### 2.2.2.8 Cimentación en áreas de suelos colapsables

Las obras construidas sobre este tipo de suelos están sometidas a grandes fuerzas causadas por el hundimiento violento del suelo, el cual provoca asentamiento, agrietamiento y ruptura de la cimentación y de la estructura. Por lo tanto:

- No está permitido cimentar directamente sobre suelos colapsables.
- La cimentación y los pisos deben apoyarse sobre suelos no colapsables ( $I_c \leq 6$ )
- Los pisos no deben apoyarse directamente sobre suelos colapsables ( $I_c > 6$ ).

### 2.2.2.9 Investigación de campo

#### 2.2.2.9.1 Profundidad mínima de excavación en cada punto de exploración.

- Edificación sin sótano:  $p = D_f + z$
- Edificación con sótano:  $p = h + D_f + z$

$D_f$ = En una edificación sin sótano, es la distancia vertical desde la superficie del terreno o desde el nivel del piso terminado, hasta el fondo de la cimentación, la que resulte menor. En edificaciones con sótano, es la distancia vertical entre el nivel de piso terminado del sótano más profundo y el fondo de la cimentación, excepto en el caso de cimentación con plateas o subsolados.

- $h$ = Distancia vertical entre el nivel de piso terminado del sótano más profundo y la superficie del terreno natural.
- $z = 1,5 B$ ; siendo B el ancho de la cimentación prevista de mayor área.
- La exploración geotécnica se realizó mediante excavación y/o trincheras. La profundidad mínima de exploración debe ser no menor a 3 m.

#### 2.2.2.9.2 Tipo de muestras a extraer

Cuando el plano de apoyo de la cimentación prevista no sea roca, el profesional responsable determina el número de muestras que deben tomarse tipo Mab, hasta el plano de apoyo de la cimentación prevista  $D_f$  y a partir de esta profundidad se debe tomar las muestras tipo Mib o Mit en suelos cohesivos o ejecutar los ensayos “in situ”. El profesional responsable debe seleccionar y determinar el número de muestras y/o ensayos necesarios a fin de determinar las propiedades físico-mecánicas requeridas para el análisis de la cimentación y sistemas de sostenimiento.

Se considera los cuatro tipos de muestras que se indican en la siguiente tabla, que está en función de las exigencias que deben atenderse en cada caso, respecto del terreno que representan.

**Tabla 4***Tipos de Muestras*

Tipo de muestra	Norma aplicable	Formas de obtener y transportar	Estado de la muestra	Características
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada	Tubos de pared delgada	Inalterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	

*Nota.* Extraído del RNE E.050 (2018) “*Suelos y cimentaciones*”

### 2.2.2.9.3 Registro de calicatas

Se registra toda la información de cada estrato de suelo, así como las muestras obtenidas y los resultados de los ensayos “in situ”. En caso se requiera un plano



topográfico para el EMS, se debe indicar la cota de arranque del punto investigado y la cota de fondo.

La descripción e identificación de suelos de cada calicata este acuerdo a la norma NTP 339.150, que comprende la clasificación visual y manual, como color, textura, forma de los clastos, porcentaje aproximado de los materiales que lo componen, humedad, plasticidad, compacidad, etc. Para desarrollar las investigaciones en el campo se realizó de acuerdo a las siguientes normas:

- Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción, norma aplicable NTP 339.162
- Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos, norma aplicable NTP 339.151
- Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada, norma aplicable NTP 339.169.
- Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – manual NTP 339.150.





#### 2.2.2.9.4 Distribución de los puntos de exploración

Se distribuyen adecuadamente, teniendo en cuenta las características y dimensiones del terreno.

En el plano de ubicación se indica la ubicación física de los puntos investigados empleándose la simbología indicada:

**Tabla 5**

#### *Técnicas de exploración*

Técnicas de exploración	Símbolo
Pozo o calicata	C-n 
Perforación	P-n 
Trinchera	T-n 
Auscultación	A-n 

*Nota.* Extraído del RNE E.050 “Suelos y cimentaciones”, 2018

### 2.2.2.10 Ensayos de laboratorio

Se realizan de acuerdo con las normas que se indican en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Normas de referencia para ensayos de suelos en laboratorio.*

Ensayo	Uso	Normas (NTP)	Propósito del ensayo
Clasificación de suelos (SUCS)	Clasificación	339.134	Clasifica el suelo mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).
Contenido de Humedad	Clasificación	339.127	Determinar el contenido de humedad natural de suelos y agregados.
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	339.128	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite Líquido	Clasificación	339.129	Determina el contenido de agua entre los estados del suelo.
Límite Plástico	Clasificación	339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Índice Plástico	Clasificación	339.129	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Densidad in situ mediante el cono de arena	Clasificación	339.143	Determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.

Ensayo	Uso	Normas (NTP)	Propósito del ensayo
Ensayo normalizado del potencial de colapso	Especial	339.163	Determinación de la magnitud del colapso unidimensional que ocurre cuando los suelos no-saturados son saturados con fluidos.
Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos (SST)	Calidad de los materiales	339.152	Determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.
Contenido de Cloruros Solubles en Suelos (CL)	Calidad de los materiales	339.177	Determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.
Contenido de Sulfatos Solubles en Suelos (SO4)	Calidad de los materiales	339.178	Determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.

*Nota.* Extraído del RNE E.050 “*Suelos y cimentaciones*”, 2018

#### 2.2.2.10.1 Granulometría

La granulometría puede determinarse por mallas la cual nos indicia algo referente a las propiedades físicas del material, la técnica de cribado, nos proporciona curvas granulométricas, Para realizar el ensayo se requiere de: Tamices de malla cuadrada (2”, ¾”, ½”, 3/8”, ¼”, N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200). (Juárez Badillo, 2005)

**Tabla 7***Tamices utilizados para el análisis granulométrico*

TAMICES	ABERTURA (mm)
2"	50.000
¾"	19.000
½"	12.500
⅜"	9.500
¼"	6.250
N° 4	4.750
N° 10	2.000
N° 20	0.850
N° 40	0.425
N° 60	0.250
N° 80	0.180
N° 100	0.149
N° 200	0.075

*Nota.* Tabla extraída de la Norma Técnica Peruana 339.128

#### 2.2.2.10.2 Densidad in-situ

El ensayo de la NTP 339.143, consiste en la excavación de un orificio donde el material extraído del orificio es recuperado en un contenedor. Se llena el orificio con arena de densidad conocida y se determina el volumen. La densidad humedad del suelo in-situ se determinan dividiendo la masa húmeda del material removido entre el volumen del orificio. La densidad seca se calcula utilizando la masa húmeda del suelo, el contenido de humedad y el volumen del orificio.

Este método puede ser usado para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar. Este método de ensayo se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg. (Norma Técnica Peruana 339.143, 2014)

### 2.2.2.10.3 Contenido de humedad

Contenido de humedad de un suelo es la relación expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Para la determinación del contenido de humedad, el ensayo se realizó horas después del muestreo. La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, se realizó de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 333.127.

**Tabla 8**

*Cantidades mínimas de material para el ensayo de humedad natural.*

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		A ± 0,1%	A ± 0,1%
2 mm o menos	2,00 mm (n° 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,75 mm (n° 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,51 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,00 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,10 mm (3")	50 kg	5 kg

*Nota.* Tabla extrada de la Norma Técnica Peruana 339.127. “*Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*”.

El cálculo del contenido de humedad de la muestra se realizó mediante la siguiente formula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100\%$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100\% = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

- $w$ : es el contenido de humedad, en %
- $M_{cws}$ : es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gr
- $M_{cs}$ : es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gr
- $M_c$ : es el peso del contenedor, en gr
- $M_w$ : es el peso del agua, en gr
- $M_s$ : es el peso de las partículas sólidas, en gr

#### 2.2.2.10.4 Límite líquido

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar de suelos, Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo. El límite líquido son números enteros (Norma Técnica Peruana 339.129, 2014)

#### 2.2.2.10.5 Límite plástico

Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, rodando dicha muestra entre la palma de la mano y una superficie lisa sin que dichas barritas se desmoronen. (Norma Técnica Peruana 339.129, 2014)

#### 2.2.2.10.6 Índice de plasticidad

Para el cálculo del índice de plasticidad, se expresa como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico. Cuando el límite líquido o el límite plástico no pueden determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP=No Plástico. (Norma Técnica Peruana 339.129, 2014)

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde

$$L.L. = \text{Límite líquido}$$

L.P. = Límite plástico

I.P. = Índice de plasticidad

La clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad se obtendrá mediante el siguiente cuadro.

**Tabla 9**

*Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad*

Indice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
7<IP≤20	Media	Suelos arcillosos
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP=0	No plastico (N.P.)	Suelos exentos de arcillas

*Nota.* Extraído del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, Sección suelos y pavimentos MTC-2013

#### 2.2.2.10.7 Clasificación de suelos

El sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) da un lenguaje común para expresar de forma concisa las características generales del tipo suelo, que para la clasificación se requiere los ensayos de distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos. (Das, 2013)

La NTP 339.134, describe un sistema para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería, basado en ensayos del laboratorio como: granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. Es un método de aplicación cualitativa.

**Tabla 10***Simbología de la clasificación SUCS*

Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Limo orgánicos y arcillas
Pt	Turba y suelos altamente orgánico
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduada
P	Mal graduada

*Nota.* Tabla extraída de la NTP 339.134, “*Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería - (SUCS)*”.

#### 2.2.2.10.8 Análisis químicos de suelo

La NTP establece un procedimiento para la determinación del contenido de ión sulfato soluble en agua contenido en suelo. Para evitar que ocasione un ataque químico al concreto de la cimentación. (Norma Técnica Peruana 339.178, 2002)

La preparación de un extracto acuoso para la determinación del contenido de sales solubles en los suelos. El método de ensayo que se indica es ampliamente conocido como determinación de sólidos disueltos en aguas (TDS). Los datos que se obtengan con estos procedimientos pueden ser de utilidad principalmente en la construcción civil. Para evitar que ocasione problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación (Norma Técnica Peruana 339.152, 2002).

Se tiene como alcance los procedimientos de ensayo para la determinación cuantitativa del ión cloruro soluble en agua contenido en suelos. Para evitar que ocasione problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos. (Norma Técnica Peruana 339.177, 2002).



**Tabla 11***Límites permisibles de sales solubles, cloruros y sulfatos en suelos*

Presencia en el suelo de:	p.p.m	Grado de alteración	Consecuencia
	0-1000	Leve	
Sulfatos	1000-2000	Moderado	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	2000-20,000	Severo	
	>20,000	Muy severo	
Cloruros	< 1,000	Sin riesgo	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos.
	1,000	Máximo	
	> 1,000	Perjudicial	
Sales Soluble totales	< 1,500	Sin riesgo	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación
	1,500	Máximo	
	> 1,500	Perjudicial	

*Nota.* Parámetros extraídos de la Norma 339.178, 339.177 y 339.152.

**Tabla 12***Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos*

Exposición a sulfatos	Sulfato		Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material	$f'c$ mínimo (MPa) para
	soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm			
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 < 0,1$	$0 \leq SO_4 < 150$	—	—	—
Moderada	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS),	0,50	28
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$2,0 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana.	0,45	31

*Nota.:* Parámetro extraído de la Norma Técnica Peruana E.060“Concreto armado”

## 2.2.3 Bases teóricas de la variable dependiente

### 2.2.3.1 Cimentaciones superficiales

Elemento que transmite al suelo las cargas de la estructura. Aquella en la cual la relación de profundidad/ ancho ( $D_f/B$ ) es menor o igual a 5, siendo  $D_f$  la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma.

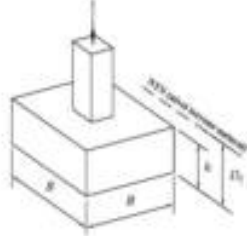
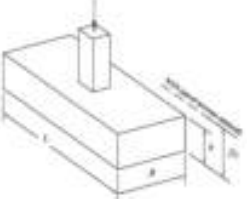
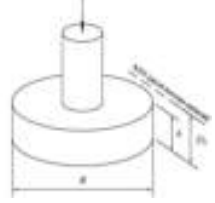
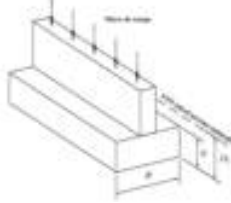
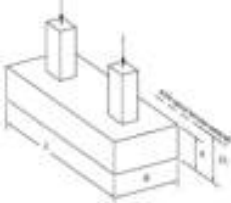

Las cimentaciones superficiales o directas, son también así denominadas por apoyarse sobre el suelo a una pequeña profundidad, en relación al suelo circundante.

### 2.2.3.2 Tipos de cimentación

Son cimentaciones superficiales las zapatas aisladas, conectadas y combinadas; las cimentaciones continuas (cimientos corridos) y las plateas de cimentación.

Las zapatas y plateas deberán tener una forma regular: cuadrada, rectangular, continua o circular. Las cimentaciones no rectangulares podrán asimilarse a otras similares conservando la misma área y el mismo momento de inercia respecto al eje del momento resultante.

**Tabla 13***Tipos de cimentación superficial*

ZAPATA	DIMENSIONES	FORMA
Cuadrada	$L=B$	
Rectangular	$L \leq 10 B$	
Circular	Diámetro = B	
Continua	$L > 10 B$	
Combinada	$L \leq 10 B$	
Anillo continuo	Perímetro medio $P \geq 10 B$	

*Nota.* Extraído del Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 (2018)

### 2.2.3.3 Suelos no permitidos para apoyar las cimentaciones

No se cimienta sobre los siguientes tipos de materiales: turba, suelo orgánico, tierra vegetal, relleno de desmante o rellenos sanitario o industrial, ni Rellenos No Controlados. Estos materiales no permitidos tienen que ser removidos en la totalidad del terreno, antes de ejecutar cualquier tipo de obra en el terreno y ser reemplazados con rellenos controlados o de ingeniería.

Los pisos no deben apoyarse sobre suelos colapsables ( $I_c > 6$ ).

### 2.2.3.4 Profundidad de cimentación

La profundidad de cimentación de zapatas y cimientos corridos, es la distancia desde el nivel de la superficie del terreno a la base de la cimentación. En el caso de plateas o losas, la profundidad de cimentación es la distancia del fondo de la losa a la superficie del terreno natural.

La profundidad de cimentación es definida por el profesional responsable y está condicionada por la estratigrafía del suelo, no siendo menor de 0,80 metros en cualquier tipo de cimentación de elementos portantes o no portantes.

### 2.2.3.5 Asentamientos

Los asentamientos se estiman utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos a partir de parámetros obtenidos mediante los ensayos in situ o los ensayos de laboratorio.

El potencial del colapso ( $I_c$ ), se utiliza para estimar el asentamiento que pudiera ocurrir en una capa del suelo en un lugar determinado. El  $I_c$  se determina utilizando una presión vertical predeterminada y saturación de la muestra de suelo.

A partir del comportamiento del suelo como medio portante, los asentamientos pueden dividirse en tres componentes.

- Asentamiento elástico
- Asentamiento por consolidación primaria
- Asentamiento por consolidación secundaria

### 2.2.3.6 Mejoramiento de suelos para suelos colapsable

El mejoramiento de suelos podría definirse como el conjunto de procedimientos constructivos que actúan sobre el terreno natural. Las técnicas de mejoramiento de suelos consisten en modificar las características de un suelo por una acción física o por la inclusión en el suelo de una la mezcla del suelo con un material más resistente, con el fin de:

- Aumentar la capacidad y/o la resistencia al corte
- Disminuir los asentamientos diferenciales
- Disminuir o eliminar el riesgo de colapso en suelos

Los ámbitos de aplicación de las distintas técnicas dependen esencialmente de la naturaleza y la granulometría de los terrenos que se desea mejorar. Se presentan diferentes técnicas para el mejoramiento, como son las siguientes:

**Tabla 14**

*Métodos para mejoramiento de suelos*

<b>Métodos</b>	<b>Descripción</b>
Sustitución y/o desplazamiento del terreno	Excavación y sustitución de capas superficiales por rellenos controlados.
Pre-Colapso de suelo	Saturación del terreno, es a través de infiltración del agua desde la superficie del terreno. Agotamiento.
Por compactación	Compactación para reducir los vacíos, de modo de eliminar la colapsabilidad, reducir la permeabilidad y aumentar la capacidad de carga
Modificación de su granulometría	Consiste en la mezcla y posterior compactación de suelo colapsable con otros materiales (arena, gravas) a efectos de conseguir mayor resistencia y mayor rigidez
Adición de cemento o cal	La mezcla del suelo y el agente cementante
Instalación de Geosintéticos	En este ámbito las opciones son numerosas: geogrid, geotextiles, geomallas o geomembranas.

*Nota.* Elaboración propia

## 2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

### 2.3.1 Cimentaciones superficiales

Elemento que transmite al suelo las cargas de la estructura. Aquella en la cual la relación de profundidad/ ancho ( $D_f/B$ ) es menor o igual a 5, siendo  $D_f$  la profundidad de la cimentación y  $B$  el ancho o diámetro de la misma. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

### 2.3.2 Colapso en mecánica de suelos

Si la estructura del suelo se encuentra en estado de equilibrio, y un agente externo provoca una disminución de las fuerzas, puede suceder que el suelo pase a un nuevo estado de equilibrio. Este puede provocar o no, un cambio de la estructura del suelo. (Hermosilla Sotomayor, 2007)

### 2.3.3 Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que presenta una masa de suelo, expresada en porcentaje. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

### 2.3.4 Densidad in-situ

Es un método para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar. Este método de ensayo se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg (38 mm). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

### 2.3.5 Ensayo para la medición del potencial de colapso de suelos

Consiste en colocar una muestra de suelo con su contenido natural de humedad en un consolidómetro, aplicando un esfuerzo vertical predeterminado a la muestra y saturándolo, para inducir el potencial de colapso en la muestra de suelo, después de 24 horas. (Norma Técnica Peruana 339.163, 2015).

### 2.3.6 Granulometría

Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que contiene una muestra de suelo. (Juárez Badillo, 2005).

### 2.3.7 Índice de colapso

Magnitud relativa del colapso determinando para una presión 200kPa y calculado con ecuaciones. (Norma Técnica Peruana 339.163, 2015)

### 2.3.8 Límite líquido

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

### 2.3.9 Mecánica de Suelos

Conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objetivo estudiar el comportamiento de los suelos. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

### 2.3.10 Muestras inalteradas

Tipo de espécimen del suelo extraído para realizar los ensayos de laboratorio, que no cambia las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo y/o extracción. (Norma Técnica Peruana 339.151, 2015).

### 2.3.11 Problemas especiales de cimentación

Son problemas que presenta el suelo donde estará la cimentación, las cuales requiere realizar una investigación más detallada, los problemas especiales de cimentación son las siguientes: Suelos colapsables, Ataque químico por suelos y aguas subterráneas, Suelos expansivos, Licuación de suelos y Sostenimiento de excavaciones. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

### 2.3.12 Potencial de colapso

Magnitud relativa del colapso del suelo determinando para cualquier presión vertical. (Norma Técnica Peruana 339.163, 2015)

### 2.3.13 Suelo colapsable

Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

### 2.3.14 Suelos derivados de cenizas volcánicas

Polvo suelto de color blanco o rosado con fragmentos de pómez blanca y cristalitas de cuarzo bipiramidal. Estos depósitos carecen completamente de estratificación y se presentan como una masa homogénea sin estructura. (J. Wilson & Garcia, 1962)



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 HIPÓTESIS**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

1. La caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica previene el problema en cimentaciones superficiales en el distrito Alto de la Alianza - Tacna – 2020

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

2. La caracterización del suelo derivado de la ceniza volcánica es de arena limosa, con densidad seca baja y suelo no plástico.
3. El índice de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica es 3% (suelo de grado moderado)
4. Existe una relación lineal entre la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica y su potencial de colapso

#### **3.2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

##### **3.2.1 Identificación de la variable independiente**

Caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica

###### **3.2.1.1 Indicadores**

Índice de colapsabilidad

Características físicas y química de la ceniza volcánica

###### **3.2.1.2 Escala de medición**

El índice de colapso del suelo está en función del ensayo normalizado del potencial de colapso.

La caracterización de suelos es en función de:

- Granulometría
- Límites de atterberg
- Densidad insitu
- Clasificación SUCS
- Sales solubles, sulfatos y cloruros

### 3.2.2 Identificación de la variable dependiente

Problemas en cimentación superficiales

#### 3.2.2.1 Indicadores

Suelos colapsables

#### 3.2.2.2 Escala de medición de la variable

Grado de colapso:

- Ninguno
- Leve
- Moderado
- Moderadamente severo
- Severo

### 3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica. Está dirigida a un conocimiento más completo a través de la comprensión de los aspectos fundamentales de los fenómenos, de los hechos observables o de las relaciones que establecen los entes

### 3.4 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación predictiva, consiste en explicar el porqué de la ocurrencia de los fenómenos físicos. Se centra en predecir cómo ocurrirá el fenómeno y en qué condiciones. Cabe aclarar que estas predicciones no son exactas, pero probablemente sean aproximadas. Este nivel de investigación permite al investigador predecir y anticiparse a los hechos y fenómenos de estudio

### 3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según el diseño es de corte transeccional, ya que el propósito es recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único, para describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

### 3.6 ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Los suelos derivados de la ceniza volcánica se encuentran en los Sectores I al VI, emplazado en el distrito de Alto de Alianza a una altitud 575 msnm, dato referido de la Plaza Quiñones del Centro Poblado La Esperanza.

### 3.7 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.7.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio en la presente investigación son los suelos derivados de la ceniza volcánica, que se encuentran en el Sector Urbano del Distrito Alto de la Alianza (Sector I al VI), lo cual va a ser objeto de medición mediante el ensayo normalizado del potencial de colapso.

#### 3.7.2 Población

La población de estudio abarcar el Sector Urbana del distrito Alto de la Alianza (Sector I al VI), donde se manifiestan residencias, comercio, industria, recreación, áreas verdes y equipamiento urbano. La zona de estudio está delimitada por:

- Por el Nor - Oeste: Limita con el Sector VII (Sector Rural)
- Por el Sur: Limita con el Distrito de Tacna
- Por el Nor - Este: Limita con el Distrito de Ciudad Nueva.
- Por el Oeste: Limita con el Distrito de Tacna.

#### 3.7.3 Muestra

Las muestras se tomaron de carácter intencional, no probabilística y está constituida por cinco (05) puntos de exploración (a criterio del investigador), lo cual fue distribuido dentro del área donde se determinó el suelo derivado de ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza.

### 3.8 PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para el estudio se realizó recopilación de información sobre los suelos derivados de ceniza volcánica de la zona.

#### 3.8.1 Procedimiento

Se ejecutaron trabajos de campo, laboratorio y gabinete.

##### 3.8.1.1 Procedimiento en campo

La fase de campo se inició con la ubicación de la ceniza volcánica emplazada en el distrito Alto de la Alianza, y posteriormente la ubicación de los puntos donde se realizarían las excavaciones. Se han ejecutado un total de 05 calicatas y 05 densidad in situ, 05 extracciones de muestra inalterada, La profundidad de estudio fue de profundidad de 3,00 metros, además se han descrito su litología. Los detalles y las coordenadas de las calicatas se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 15**

*Ubicación de puntos de exploración.*

Puntos de exploración	Coordenadas		Profundidad	Descripción
	UTM WGS-84		Calicata	
	Este	Norte	(metros)	
C-01	368548	8010213	3.00	Calicata
C-02	367541	8009979	3.00	Calicata
C-03	367862	8010157	3.00	Calicata
C-04	367748	8010526	3.00	Calicata
C-05	368144	8011039	3.00	Trinchera

*Nota.* Las calicatas se realizaron a cielo abierto de forma manual.

##### 3.8.1.2 Procedimiento en laboratorio

Los ensayos realizados para cada una de las muestras extraídas, fueron los siguientes:

**Tabla 16***Cantidad de puntos de ensayos de laboratorio*

Ensayos	NTP	Unidad	Cantidad
Contenido de humedad	339.127	%	5
Granulometría	339.128	S/D	5
Índice de plasticidad	339.129	%	5
Densidad seca	339.143	gr/cm <sup>3</sup>	5
Potencial de colapso	339.163	%	5
Contenido de cloruros de solubles en suelo	339.177	ppm	5
Contenido de sulfatos en suelos	339.178	ppm	5
Contenido en sales solubles en suelos	339.152	ppm	5

*Nota.* Cantidad de ensayos realizados en la investigación, siguiendo los parámetros y recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 “Suelos y cimentaciones”.

### 3.8.1.3 Procedimiento en gabinete

Se analizaron e interpretaron los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, que están en concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 “Suelos y cimentaciones”, que es de aplicación obligatoria para edificaciones del ámbito nacional. Ver Anexo N°2

Con las evidencias fotográficas se delimito el área del suelo derivado de la ceniza volcánica emplazada en el distrito Alto de la Alianza.

Con la determinación del área, se procedió a la ubicación de los puntos de exploración, para posteriormente realizar de los ensayos de laboratorio y se ejecutó el método del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos NTP 339.163, determinando el índice de colapso con muestras inalteradas con la finalidad de prevenir algún problema especial de cimentación que aquejaría al distrito Alto de la Alianza.

Con los resultados de los puntos de exploración se procedieron a correlacionarlos mediante la herramienta computacional Minitab 18, la cual propone un resultado de ecuación lineal para la determinación del índice de colapso.

Para la elaboración de mapas isovalores del índice de colapso en la ceniza volcánica ubicada en el distrito Alto de la Alianza, se utilizó los resultados del ensayo normalizado del potencial de colapso a carga de 0.50 y 1.00 kg/cm<sup>2</sup>, de los cinco (05) puntos de investigación, para ello se determinó mediante el método de interpolación de la herramienta computacional ArcMap 10.8.

### 3.8.2 Técnicas

#### 3.8.2.1 Técnica de campo

Se ejecutaron cinco (05) excavaciones y/o trincheras de manera manual con nomenclatura de C-01 al C-05, donde cada uno de los puntos de exploración presenta su perfil estratigráfico, muestreo inalterado y ensayos in situ.

#### **Figura 13**

*Ubicación de puntos de exploración en el distrito Alto de la Alianza*



*Nota.* Ubicación de calicatas en figura extraída del Google Earth Pro y modificada según la sectorización del distrito Alto de la Alianza.

### 3.8.2.2 Técnica de laboratorio

Se han ejecutado ensayos físicos y químicos en laboratorio de mecánica de suelos, para la caracterización de suelos, siguiendo los procedimientos de las Norma Técnica Peruana (NTP). Ver Tabla 16.

### 3.8.2.3 Técnica de gabinete

Para el proyecto descrito, las técnicas de gabinete consistieron en el procesamiento de la data obtenida de los trabajos de campo, ensayos in situ y de ensayos de laboratorio establecidos en las normas técnicas peruanas (NTP).

Para la correlación se utilizó el método de Pearson, que es una prueba que mide la relación estadística entre variables continuas. Para llevar a cabo la correlación de Pearson es necesario cumplir lo siguiente:

- Las variables deben estar distribuida de forma aproximada.
- La asociación debe ser lineal.
- No debe haber valores atípicos en los datos.

Las distribuciones de las variables deben ser semejantes y que las variables se encuentran dentro de un intervalo de confianza, la cual indicaría que tendrá un 95 % de confiabilidad. Y en caso de que alguna variable se encuentra fuera del intervalo de confianza se descartaría como dato para correlación.

El grado de confiabilidad de un instrumento se produce con resultados consistentes y coherentes.

### **Tabla 17**

#### *Escala de interpretación del coeficiente de correlación*

<b>Valor</b>	<b>Valor Significado</b>
Inaceptable baja	<0.60
Baja	0,60 a 0,70
Moderada	0,70 a 0,80
Respetable	0,80 a 0,90
Confiable	0,90 a 1,00

*Nota.* Información recopilada del libro “Pruebas psicológicas, Manual moderno”, 2004.

### 3.8.3 Instrumentos

#### 3.8.3.1 En Campo:

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

- GPS (Marca: Garmin / Modelo: Inreach explorer)
- Cámara fotográfica (Marca: Panasonic-Lumix / Modelo: DMC-FS42)
- Equipos de ensayos in situ (Marca: Técnicas / Procedencia: Perú)
- Palets de plástico de embalaje (LLDPE Film Stretch 20 micras)

#### Figura 14

*Instrumentos utilizados en campo*



*Nota.* Herramientas utilizadas para la realización de los ensayos de campo: (1) GPS, (2) Cámara fotográfica, (3) Equipos de ensayos in situ y (4) Palets de plástico de embalaje.

#### 3.8.3.2 En Laboratorio:

Equipos para ensayos estudio de mecánica de suelos como:

- Tamices (Marca: Utest / Procedencia: USA)
- Copa de Casagrande (Marca: Forney / Procedencia: USA)
- Juego para límite de contracción (Marca: Perutest Procedencia: Perú)
- Balanza, horno y accesorios. (Marca: ohaus / modelo: r31p30)
- Consolidómetro. (Marca: Geo Test/ modelo: Consolidation machine)



**Figura 15**

*Equipos de laboratorio de suelos utilizados*



*Nota.* Equipos de laboratorio de suelos utilizados para la realización de la investigación. (1) Juego para límite de contracción, (2) Balanza, (3) Copa de Casagrande, (4) Consolidómetro y (5) Tamices,

### 3.8.3.3 En Gabinete:

Softwares utilizados en dicho estudio:

- AutoCAD 2018: herramienta de dibujo digital.
- Arcgis 10.5: herramienta para llevar a cabo la interpolación.
- Google earth: datos geospaciales disponibles de manera pública.
- Office 20: Herramienta de escritorio computacional
- Minitab 18: hoja de cálculo y estadística.

**Figura 16**

*Herramientas computacionales utilizados*



*Nota.* Softwares utilizados para la realización de la investigación: (1) AutoCAD 2018, (2) Arcgis 10.5, (3) Google earth, (4) Office 20 y (5) Minitab 18

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo consistió en la delimitación del suelo derivado de la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito Alto de la Alianza mediante evidencia fotográfica de excavaciones de anteriores proyectos y/o construcción de viviendas, luego se ubicaron los puntos de exploración, donde se ejecutaron cinco (05) excavaciones de manera manual a una profundidad de 3.00 metros. Al finalizar las excavaciones se procedió a realizar cinco (05) densidad in situ y cinco (05) extracciones de muestra inalterada, además se han descrito su litología.

#### Figura 17

*Vista panorámica del distrito Alto de la Alianza*



*Nota.* Vista panorámica extraída y modificada del Google Earth, donde se muestra la ubicación de los puntos de exploración, la cuales fueron ejecutadas las excavaciones de manera manual.

## 4.2 DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.2.1 Caracterización de la ceniza volcánica

Las investigaciones recopiladas de los años 1957 hasta el 2007, indican la ubicación de los suelos derivados de la ceniza volcánica en la ciudad de Tacna. Con dicha referencia se precedió la delimitación del suelo en el distrito Alto de la Alianza, recopilando numerosas fotografías de excavaciones y/o trincheras que fueron realizados por los pobladores y/o proyectos.

**Tabla 18**

*Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector I.*

Fotografía	Este	Norte	Descripción
1	368260	8011496	Arena limosa
2	368322	8011376	Arena limosa
3	368446	8011269	Arena limosa
4	368297	8011183	Ceniza volcánica
5	368367	8011046	Arena limosa
6	368105	8011326	Roca
7	367986	8011204	Roca
8	368025	8011215	Arena limosa
9	368144	8011038	Ceniza volcánica
10	368232	8011037	Arena limosa
11	367995	8010824	Arena limosa
12	367861	8010947	Arena limosa
13	368102	8010687	Arena limosa

*Nota.* Fotografías tomadas en el Sector I

## Figura 18

*Fotografías para la delimitación del suelo-Sector I*



*Nota.* (1) Prog. Mun. de Viv. Independencia, (2) Asoc. Viv. José Gálvez límite con distrito Ciudad Nueva, (3) Asoc Viv José Gálvez, (4) Av. Emancipación (5) Asoc. Viv. Buena Vista, (6) Asoc Viv Mariscal Miller, (7) Parque de Los Dinosaurios y (8) Av. Gregorio Albarracín.

**Tabla 19***Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector II*

Fotografía	Este	Norte	Descripción
14	368751	8010959	Arena limosa
15	368628	8010897	Arena limosa
16	368633	8010752	Arena limosa
17	368745	8010531	Arena limosa
18	368839	8010550	Arena limosa
19	369013	8010119	Arena limosa
20	368897	8010118	Arena limosa
21	368611	8010424	Arena limosa
22	368369	8010733	Arena limosa
23	368331	8010584	Arena limosa
24	368544	8010215	Ceniza volcánica
25	368675	8010007	Arena limosa
26	368506	8009879	Arena limosa
27	368392	8010012	Arena limosa
28	368259	8010014	Ceniza volcánica
29	368241	8010119	Ceniza volcánica
30	368302	8010369	Arena limosa
31	368269	8010461	Arena limosa

*Nota.* Fotografías tomadas en el Sector II

## Figura 19

### Fotografías para la delimitación del suelo-Sector II



*Nota.* (14) Colegio Mariscal Cáceres, (19) Zona Auxiliar Parque Industrial, (20) Av. Jorge Basadre Grohmann altura del grifo el Sol, (22) Calle Luis Sánchez Cerro Pueblo Joven Alto de la Alianza (28) IESTP Vigil y (31) Calle 12 de Julio- P.J. José de San Martín.

**Tabla 20***Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector III*

Fotografía	Este	Norte	Descripción
32	368008	8010568	Ceniza volcánica
33	368180	8010339	Ceniza volcánica
34	367869	8010428	Ceniza volcánica
35	367916	8010247	Ceniza volcánica
36	367783	8010396	Arena limosa
37	367776	8010348	Ceniza volcánica
38	367774	8010292	Ceniza volcánica
39	367864	8010157	Ceniza volcánica
40	368159	8009680	Grava
41	367826	8009872	Arena limosa
42	367801	8010032	Ceniza volcánica
43	367738	8010012	Ceniza volcánica
44	367641	8010174	Ceniza volcánica
45	367536	8009980	Ceniza volcánica
46	367565	8009990	Ceniza volcánica
47	367527	8009932	Ceniza volcánica
48	367450	8009975	Arena limosa
49	367433	8009902	Arena limosa
50	367474	8009908	Ceniza volcánica
51	367641	8009870	Arena limosa
52	367719	8009775	Arena limosa
53	367777	8009705	Arena limosa
54	367827	8009644	Arena limosa
55	367766	8009551	Grava

*Nota.* Fotografías tomadas en el Sector III

## Figura 20

### Fotografías para la delimitación del suelo-Sector III



Nota. (32) Av Internacional con calle Haití, (34) Estadio Maracaná, (39) jardín N°300 Santa María, (40) C.C Polvos rosado, (42) Puesto de Salud La esperanza, (44) Av. Jirón de la Unión, (50) Loza deportiva Eloy G. Ureta, (44) Calle Mariano Melgar - Pueblo Joven Mariscal Eloy Guillermo Ureta



**Tabla 21***Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector IV*

Fotografía	Este	Norte	Descripción
56	367804	8010615	Ceniza volcánica
57	367810	8010535	Arena limosa
58	367730	8010603	Arena limosa
59	367427	8010743	Roca
60	367762	8010419	Arena limosa
61	367724	8010379	Arena limosa
62	367600	8010395	Arena limosa
63	367402	8010555	Arena limosa
64	367519	8010389	Ceniza volcánica
65	367540	8010334	Ceniza volcánica
66	367619	8010184	Ceniza volcánica
67	367502	8010306	Ceniza volcánica
68	367485	8010271	Ceniza volcánica
69	367474	8010228	Ceniza volcánica
70	367458	8010188	Arena limosa
71	367417	8010073	Arena limosa
72	367434	8010000	Arena limosa
73	367447	8009952	Arena limosa

*Nota.* Fotografías tomadas en el Sector IV

## Figura 21

*Fotografías para la delimitación del suelo-Sector IV*



*Nota.* (56) A.H.M. Juan Velasco Alvarado, (57) Av. Canadá, (59) Calle Intiorko (63) Asoc. Viv. San Juan de Dios, (64) Frente del local San Pedro y San Pablo, (66) Calle Alaska, (71) Colegio Manuel Mendiburu y (72) Av. Tarata.

**Tabla 22***Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector V*

Fotografía	Este	Norte	Descripción
74	367139	8010220	Arena limosa
75	367246	8010201	Arena limosa
76	367365	8010029	Arena limosa
77	367388	8009957	Arena limosa
78	367327	8009955	Ceniza volcánica
79	367322	8009914	Arena limosa
80	367278	8009889	Ceniza volcánica
81	367118	8009778	Arena limosa
82	366931	8009989	Arena limosa
83	366877	8009878	Arena limosa
84	366812	8009804	Arena limosa
85	366869	8009587	Arena limosa
86	366605	8009647	Arena limosa
87	366377	8009597	Arena limosa
88	366395	8009557	Roca
89	366572	8009461	Arena limosa
90	366493	8009292	Arena limosa
91	366318	8009500	Roca
92	366344	8009196	Arena limosa
93	366112	8009271	Arena limosa

*Nota.* Fotografías tomadas en el Sector V

## Figura 22

Fotografías para la delimitación del suelo-Sector V



Nota. (75) Agr. de Viv. Túpac Amaru, (78) Calle Chavín - Av. Jorge Basadre Grohmann, (80) Calle Pachacamac - Av. Circunvalación Norte, (84) Calle Nazca - Asoc. Viv. Virgen de la Asunta., (87) Asoc. Viv. Villa Cristo de la Paz, (88) Asoc. Viv. Virgen de la Asunta, (92) Calle Los Rosales - Av. Circunvalación Norte y (93) Calle Azucenas – Asoc. Viv. La Florida

**Tabla 23***Coordenadas de las fotografías para la delimitación del suelo-Sector VI*

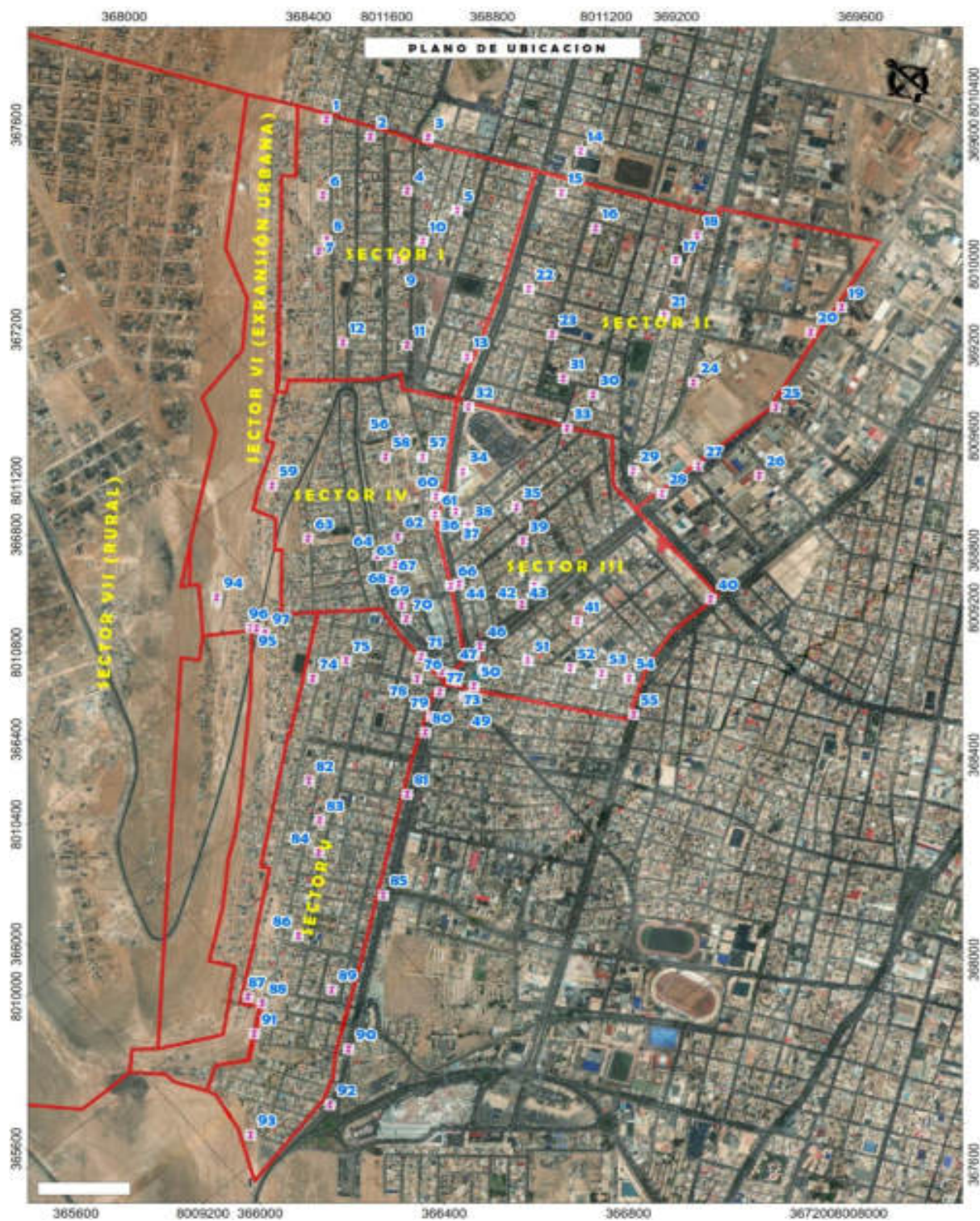
Fotografía	Este	Norte	Descripción
94	367088	8010584	Roca
95	367104	8010451	Roca
96	367115	8010439	Arena limosa
97	367123	8010412	Arena limosa

*Nota.* Fotografías tomadas en el Sector VI**Figura 23***Fotografías para la delimitación del suelo-Sector VI*

*Nota.* (94) Asoc. Urb. San Pedro II Etapa, (95) Asoc. Viv. Mirador de Intiorko, (96) Asoc. Viv. Luz del sol (Futura expansión urbana) y (97) Promuvi Mirador Tacna (Futura expansión urbana)

**Figura 24**

*Ubicación de las fotografías*



*Nota.* Ubicación de las noventa y siete (97) fotografías recopiladas dentro del distrito Alto de la Alianza.

## 4.2.2 Evaluación de la ceniza volcánica

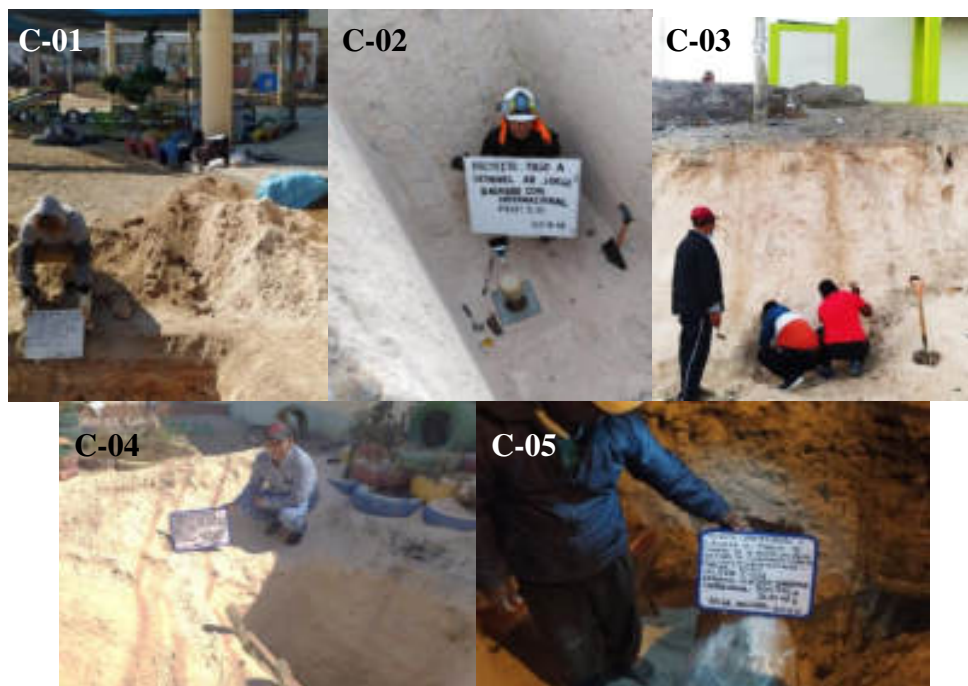
### 4.2.2.1 Investigación de campo.

#### 4.2.2.1.1 Toma de muestra

La exploración geotécnica se realizó mediante excavación y/o trincheras, alcanzando la profundidad máxima de 3.00 m., encontrándose con suelos derivados de la ceniza volcánica.

### Figura 25

*Ubicación de los puntos de exploración dentro del suelo derivado de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza*

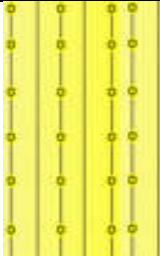



*Nota.* Toma de muestras de los 5 puntos de suelo derivado de la ceniza volcánica

### 4.2.2.2 Registro de calicatas

La descripción e identificación de suelos de cada calicata sigue los procedimientos de la norma NTP 339.150, que comprende la clasificación visual y manual, como color, textura, forma de los clastos, porcentaje aproximado de los materiales que lo componen, humedad, plasticidad y compacidad.

**Tabla 24***Registro de la excavación de la calicata C-01*

Calicata	Prof.	Símbolo	Imagen	Descripción
C-01	1.30 a			- Suelo de color marrón claro, conformado por arenas limosas con humedad natural de baja a media. Presencia de lentes de arcilla de 5 cm.
	2.50 m			- Estrato conformado de depósito de cenizas volcánicas (arenas limosas de color rosáceo claro) con fragmentos de pómez blanca.
	2.50 a			
	3.00 m			

*Nota.* En la C-01, presenta tres estratos, donde el estrato E-03 es suelo derivado de la ceniza volcánica.

**Tabla 25***Registro de la excavación de la calicata C-02*

Calicata	Prof.	Símbolo	Imagen	Descripción
C-2	0.30 a 3.00 m			- Muestra conformada por cenizas volcánicas de color rosáceo de matriz soportada, con poca presencia de clastos sub angulares, que varían de tamaño entre 0.5 cm a 1.5 cm de origen volcánico.

*Nota.* En la C-02, presenta dos estratos, donde el estrato E-02 es suelo derivado de la ceniza volcánica.

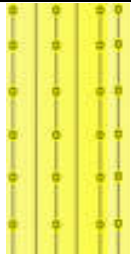

**Tabla 26***Registro de la excavación de la calicata C-03*

Calicata	Prof.	Símbolo	Imagen	Descripción
C-3	0.15 a 3.00 m.			- Estrato de arenas limosas de color rosáceo claro perteneciente al depósito de cenizas volcánicas con fragmentos de pómez blanca. También presenta gravas angulosas con textura lisa (Roca volcánica andesita) de escasa cantidad, humedad natural media con compacidad natural media.

*Nota.* En la C-03, presenta dos estratos, donde el estrato E-02 es suelo derivado de la ceniza volcánica.

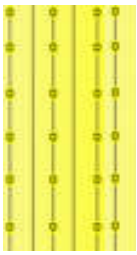



**Tabla 27***Registro de la excavación de la calicata C-04*

Calicata	Prof.	Símbolo	Imagen	Descripción
C - 4	0.00 a 3.00 m.			- Estrato de arenas limosas de color rosáceo claro el cual pertenece al depósito de cenizas volcánicas con fragmentos de pómez blanca. También presenta gravas angulosas (Roca volcánica andesita) de escasa cantidad, humedad natural media con compacidad natural media.

*Nota.* En la C-04, presenta un estrato (E-01), donde el estrato es suelo derivado de la ceniza volcánica.

**Tabla 28***Registro de la excavación de la calicata C-05*

Calicata	Prof.	Símbolo	Imagen	Descripción
C - 5	0.00 a 3.00 m.			- Estrato conformado de depósito de cenizas volcánicas (arenas limosas de color rosáceo claro) con fragmentos de pómez blanca. Presenta gravas angulosas (Roca volcánica andesita) de escasa cantidad, humedad natural media con compacidad natural media a alta.

*Nota.* En la C-05, presenta un estrato (E-01), donde el estrato es suelo derivado de la ceniza volcánica.

#### 4.2.2.3 Nivel freático

En este proyecto no se identificó nivel freático hasta la profundidad de exploración.

#### 4.2.2.4 Muestreo del material

Al finalizar el ensayo in-situ, se realiza el muestreo respectivo de los suelos, de acuerdo a la norma “Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos” NTP 339.151. Se muestrearon los suelos en cantidades suficientes como para realizar los ensayos correspondientes, para su posterior análisis físico y químico.

De los tipos de muestreos que indica en la Tabla 4, se obtuvo muestra inalterada en bloque (Mib), para la realización del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo.

### Figura 26

*Muestra inalterada de los puntos de exploración del suelo derivado de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza*



*Nota.* Toma de muestras inalterada de los cinco (05) puntos de suelo derivado de la ceniza volcánica para la realización del ensayo normalizado del potencial de colapso.

Al finalizar las labores de campo, se realizó el tapado de calicatas de forma manual, a cargo de un obrero contratado, los mismos que ejecutaron las excavaciones. Se rellenaron las calicatas con material propio y extraído de las excavaciones.

#### 4.2.2.5 Ensayos de laboratorio

##### 4.2.2.5.1 Contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad de suelos, se realizó de acuerdo a la NTP 339.127. El cálculo del contenido de humedad de la muestra se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100\%$$

Los resultados del contenido de humedad a partir de las muestras extraídas se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 29**

*Resultados del ensayo de humedad natural de suelo.*

Puntos de exploración	Humedad natural (%)
C-01	14.77
C-02	3.93
C-03	7.63
C-04	3.49
C-05	3.00

*Nota.* Los resultados se presentan en el Anexo N°3 “Ensayos de laboratorio del suelo derivado de la ceniza volcánica”, siguiendo la NTP 339.127.

**Figura 27**

*Ensayo de contenido de humedad natural de suelo*



*Nota.* Ensayo de contenido de humedad natural de suelo realizado en el laboratorio E.C.P. donde se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.127.

#### 4.2.2.5.2 Límite de Atterberg

Cumpliendo la norma NTP 339.129, se obtuvo Límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e Índice de plasticidad (IP). El cálculo del índice de plasticidad es de la siguiente forma:  $I.P. = L.L. - L.P.$

El límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, se reportará al suelo como no plástico, NP. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 30**

*Resultados del ensayo de límite de Atterberg*

Puntos de exploración	Límites de atterberg		
	LL	LP	IP
C-01	34	31	3
C-02	37	35	2
C-03	37	36	1
C-04	36	34	2
C-05	34	32	2

*Nota.* Los resultados se presentan en el Anexo N°3 “Ensayos de laboratorio del suelo derivado de la ceniza volcánica”, siguiendo la NTP 339.129.

**Figura 28**

*Ensayo de límite de Atterberg*



*Nota.* Ensayo de límite de Atterberg realizado en el laboratorio E.C.P. donde se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.129.

#### 4.2.2.5.3 Densidad in situ

El ensayo NTP 339.143, consiste en la determinación de la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena. los resultados son los siguiente:

**Tabla 31**

*Resultados del ensayo de Densidad in-situ.*

Puntos de exploración	Densidades In-situ	
	D. Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	D. Seca (gr/cm <sup>3</sup> )
C-01	1.506	1.344
C-02	1.336	1.295
C-03	1.209	1.121
C-04	1.264	1.221
C-05	1.303	1.265

*Nota.* Los resultados se presentan en el Anexo N°2 “Ensayos de laboratorio del suelo derivado de la ceniza volcánica”.

**Figura 29**

*Ensayo de Densidad in situ*



*Nota.* Ensayo de densidad in-situ mediante cono de arena en suelos de depósito de ceniza de volcánica, color rosáceo, cumpliendo los parámetros por la norma NTP 339.143.

#### 4.2.2.5.4 Análisis químico de suelo

Para la determinación del análisis químico de suelo, se realizó los siguientes ensayos: El contenido de Sales solubles Totales (NTP 339.152), el contenido de Cloruros solubles totales (NTP 339.177) y el contenido de Sulfatos solubles totales (NTP 339.178). Los resultados se expresa ppm y se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 32**

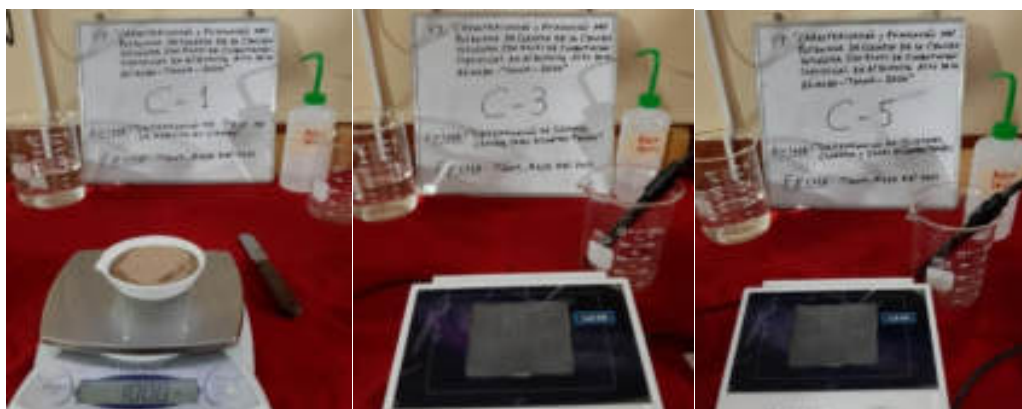
*Resultado del análisis químico de suelo.*

Puntos de exploración	Sales solubles (ppm)	Sulfatos (ppm)	Cloruros (ppm)
C-01	4646.4	1902.5	2369.7
C-02	4715.2	1933.1	2404.6
C-03	3513.6	1440.8	1769.1
C-04	5212.3	2136.9	2657.5
C-05	4966.4	2035.7	2532.6
Resultado	Perjudicial	Severo	Perjudicial

*Nota.* El resultado de sulfatos es muy perjudicial para el concreto, según la norma E0.60 “Concreto Armado”

**Figura 30**

*Ensayo de análisis químico de suelo.*



*Nota.* Análisis químicos para sales solubles, sulfatos y cloruros, obteniendo resultados de sulfatos en condición severa, lo indicaría un ataque químico al concreto en contacto con el suelo

#### 4.2.2.5.5 Análisis granulométrico por tamizado

El análisis granulométrico determina cuantitativamente la distribución de tamaños de las partículas de un suelo, las cuales se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 33**

*Resultado del análisis granulométrico (% que pasa)*

Punto de exploración	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
Coordenadas	368548	367541	367862	367748	368144
	8010213	8009979	8010157	8010526	8011039
TAMIZ	mm.				
3"	75.000	-	-	-	-
2 1/2"	63.000	-	-	-	-
2"	50.000	-	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-	-
1"	25.000	-	-	-	100
3/4"	19.000	100	100	100	99.79
1/2"	12.500	98.83	99.61	99.51	99.76
3/8"	9.500	96.49	99.06	99.12	99.65
1/4"	6.250	94.94	98.55	98.71	99.33
Nº 4	4.750	94.05	98.28	98.52	99.14
Nº 10	2.000	91.59	96.29	93.13	95.21
Nº 20	0.850	86.38	86.93	83.77	87.08
Nº 40	0.425	73.45	68.09	67.01	72.16
Nº 60	0.250	73.45	57.44	58.9	62.37
Nº 80	0.180	60.9	54.74	54.71	58.81
Nº 100	0.150	56.93	46.04	51.37	55.09
Nº 200	0.075	42.61	27.43	39.49	41.84

*Nota.* El suelo derivado de la ceniza volcánica contiene una mayor cantidad de porcentaje que pasa en la malla Nº200 (limos y arcillas).

**Figura 31**

*Ensayo de análisis granulométrico de suelo.*



*Nota.* Los ensayos cumplen con los procedimientos de la norma NTP 339.128.

#### 4.2.2.6 Clasificación de suelos SUCS

En la Norma NTP 339.134, describe un Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) con propósito de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad, Los resultados se obtenidos se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 34**

*Resultado de Clasificación de Suelos.*

Puntos de exploración	Granulometría					S.U.C.S.
	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Cu	Cc	
C-01	5.95	51.44	42.61	-	-	SM
C-02	1.72	70.85	27.43	-	-	SM
C-03	1.48	59.03	39.49	-	-	SM
C-04	0.86	57.30	41.84	-	-	SM
C-05	1.06	57.86	41.08	-	-	SM

*Nota.* Cc: Coeficiente de curvatura, Cu: Coeficiente de uniformidad, el tipo de suelo según su clasificación SUCS representa: Arenas limosas (SM).



### 4.2.3 Potencial de colapso de la ceniza volcánica

El potencial de colapso,  $I_c$ , se utiliza para estimar el asentamiento que pudiera ocurrir en una capa del suelo. Como evaluación preliminar se requiere insertar resultados de los ensayos de laboratorio en la siguiente tabla “Criterios del potencial de colapso” E.050 (2018), que se encuentra en función al Límite Líquido (LL) y del peso volumétrico seco ( $\gamma_d$ ).

**Tabla 35**

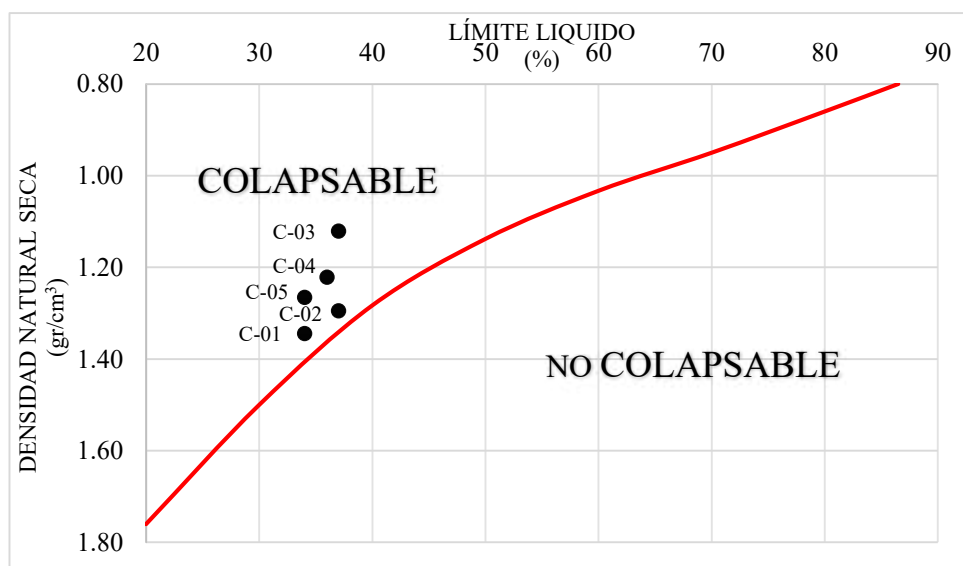
*Parámetros para la relación entre los colapsables y no colapsables*

Puntos de exploración	Límite líquido (%)	D. Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
C-01	34	1.344
C-02	37	1.295
C-03	37	1.121
C-04	36	1.221
C-05	34	1.265

*Nota.* Son resultados del ensayo Límite líquido y densidad in-situ

**Figura 32**

*Criterios del potencial de colapso*



*Nota.* Los puntos de intersección entre el LL vs Densidad seca, se proyecta en el lado de Suelo colapsable, según la figura extradiada del RNE E.050 (2018)

El análisis preliminar da como resultado que el suelo es colapsable, por lo cual se procederá a verificar la existencia o no de la colapsabilidad mediante los resultados del ensayo método del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos NTP 339.163.

#### 4.2.3.1 Cálculo de Índice de colapso

El índice de colapso,  $I_c$ , se puede escribir en términos de relación de vacíos:

$$I_c = \frac{\Delta_e}{1 + e_0} \times 100$$

Donde:

- $\Delta_e$  = Cambio en la relación de vacíos resultante del humedecimiento y
- $e_0$  = Relación de vacíos inicial

Para la determinación del índice de colapso los datos se graficaron en función a la relación de vacíos vs. logaritmo del esfuerzo vertical.

#### Figura 33

*Remoldeo de muestra inalterada para la ejecución del ensayo de colapso*



*Nota.* Se observan muestras inalteradas en bloque (Mib), según la NTP 339.151.

**Figura 34**

Ejecución del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso.



*Nota.* Se observan la ejecución del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso, en el equipo de consolidómetro.

**Tabla 36**

*Relación de vacíos en función de las cargas aplicadas, saturación al 0.50 kg/cm<sup>2</sup>*

Carga aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
	Relación de vacíos (e)				
0-inicial	1.062	1.060	0.969	1.053	1.025
0.13	1.028	1.033	0.951	1.036	1.001
0.25	0.992	1.004	0.937	1.010	0.984
0.50	0.931	0.964	0.914	0.970	0.956
0.50-saturado	0.852	0.889	0.857	0.898	0.895

*Nota.* Resultados del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso

**Tabla 37**

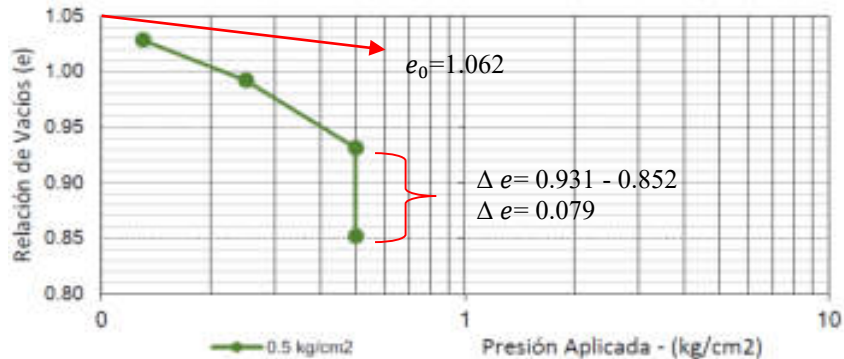
*Relación de vacíos en función de las cargas aplicadas, saturación al 1.00 kg/cm<sup>2</sup>*

Carga aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
	Relación de vacíos (e)				
0-inicial	1.142	1.057	0.969	1.127	1.173
0.13	1.111	1.026	-	1.103	1.149
0.25	1.066	1.001	0.941	1.081	1.129
0.50	1.002	0.968	0.920	1.050	1.108
1.00	0.923	0.921	0.887	1.011	1.074
1.00-saturado	0.820	0.814	0.819	0.915	0.980

*Nota.* Resultados del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso

**Figura 35**

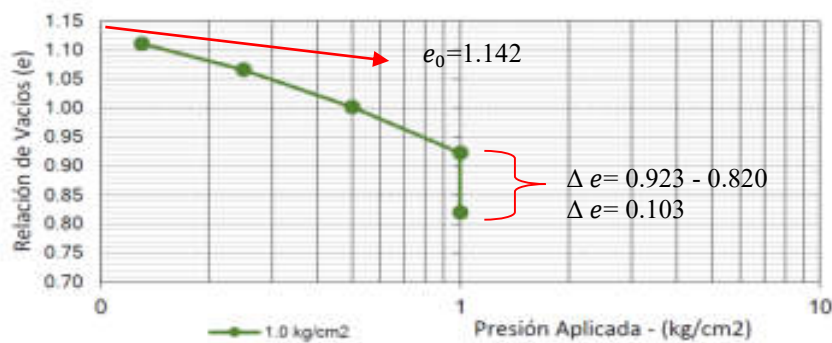
Cálculo de índice de colapso a carga  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  en la C-01



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 36**

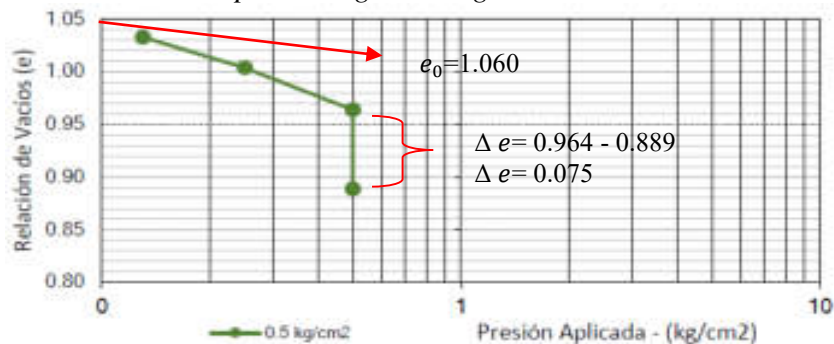
Cálculo de índice de colapso a carga  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  en la C-01



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 37**

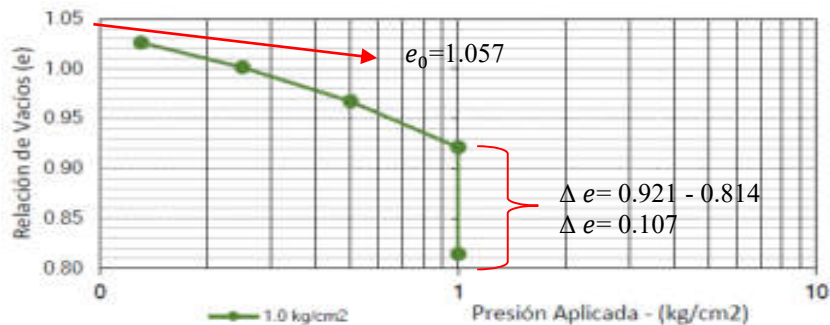
Cálculo de índice de colapso a carga  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  en la C-02



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 38**

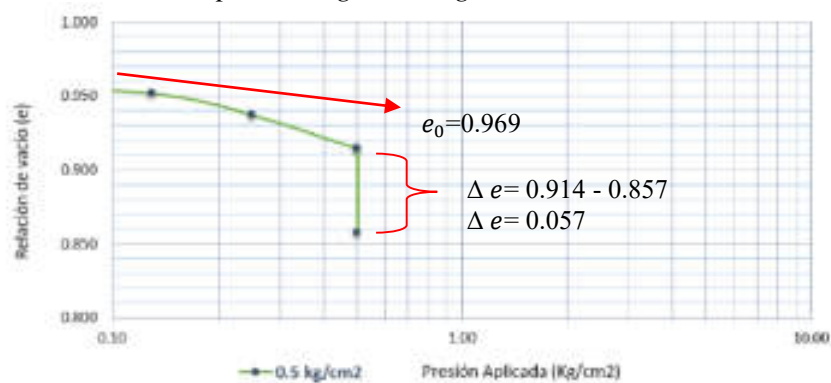
Cálculo de índice de colapso a carga  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  en la C-02



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 39**

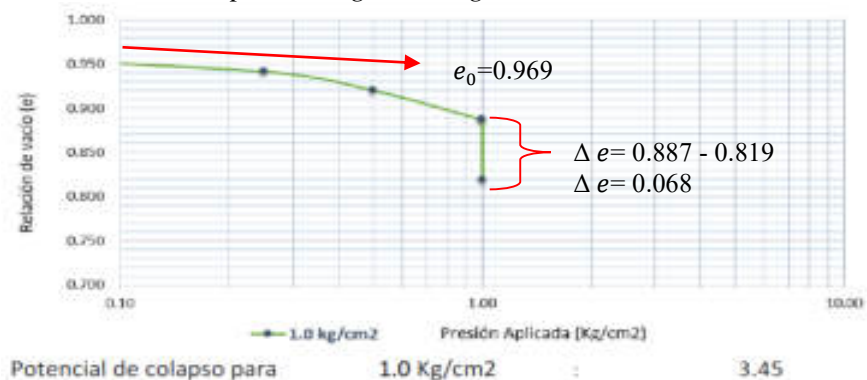
Cálculo de índice de colapso a carga  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  en la C-03



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 40**

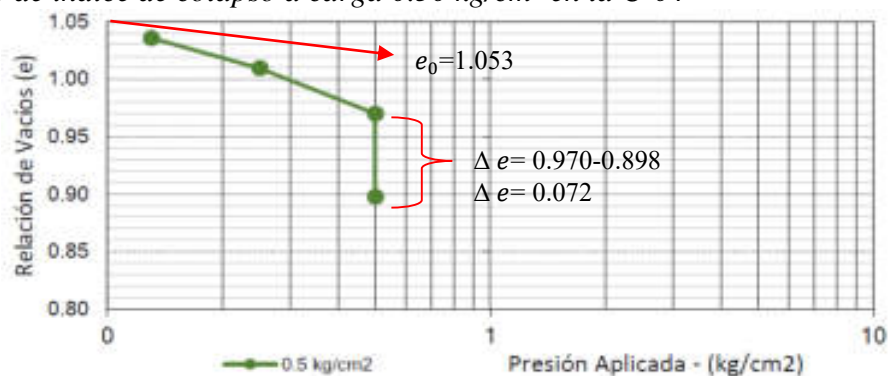
Cálculo de índice de colapso a carga  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  en la C-03



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 41**

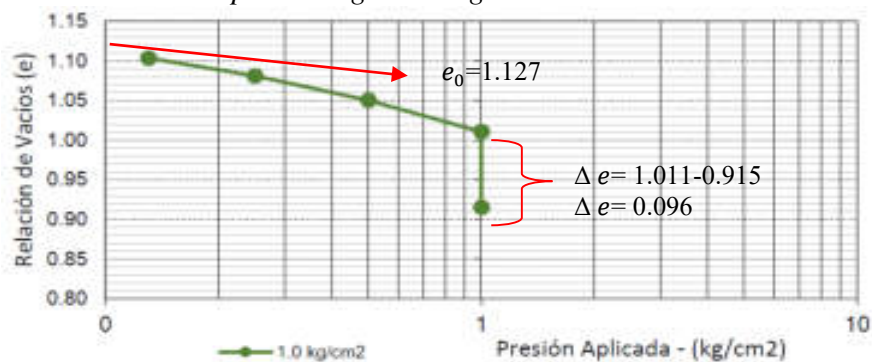
Cálculo de índice de colapso a carga  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  en la C-04



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 42**

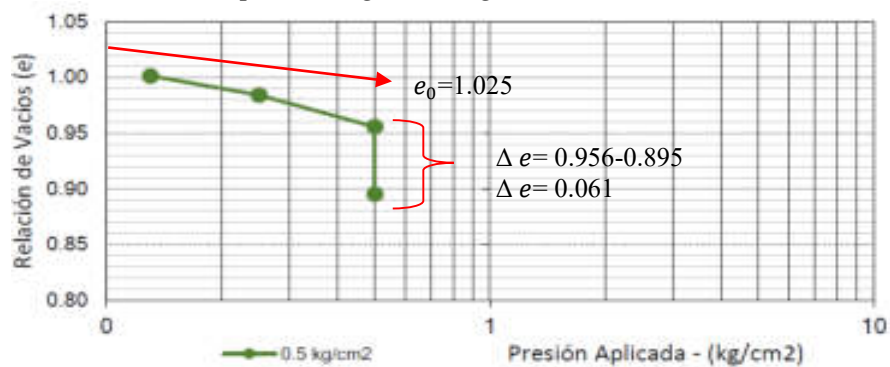
Cálculo de índice de colapso a carga  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  en la C-04



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 43**

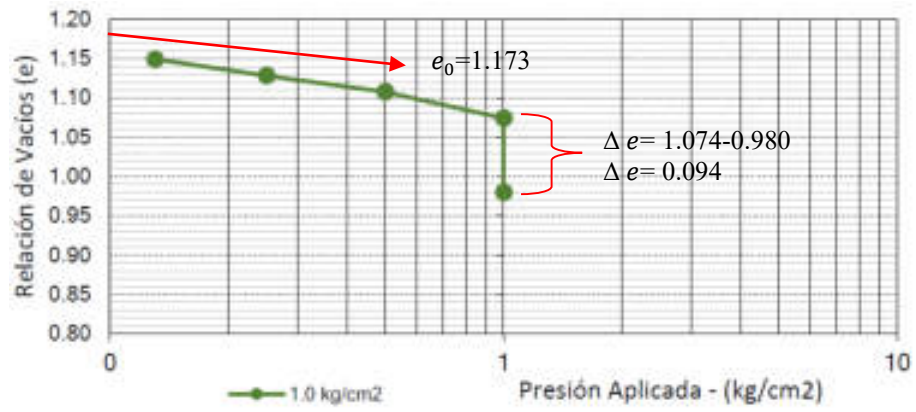
Cálculo de índice de colapso a carga  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  en la C-05



Nota.  $e_0$  = Relación de vacío inicial,  $\Delta e$  = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

**Figura 44**

Cálculo de índice de colapso a carga  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  en la C-05



Nota.  $e_0$ =Relación de vacío inicial,  $\Delta e$ = diferencia de relación de vacíos resultante del humedecimiento

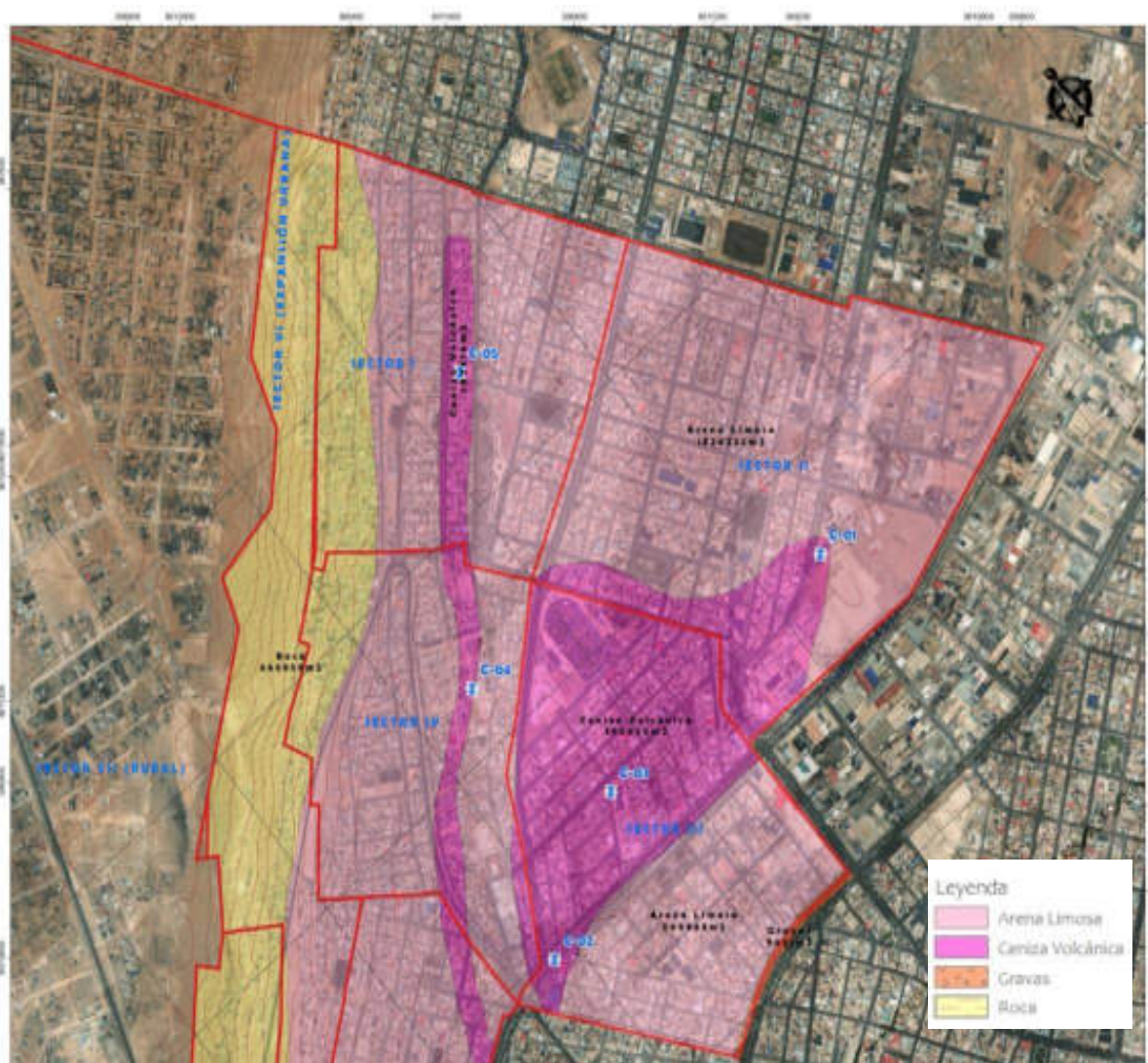
## 4.3 RESULTADOS

### 4.3.1 Caracterización de la ceniza volcánica

Con la recopilación de información y las evidencias fotográficas, se realizó la delimitación del suelo en el distrito Alto de la Alianza.

#### Figura 45

*Ubicación de los puntos de exploración dentro del suelo derivado de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza*



*Nota.* Los cinco (05) puntos de exploración se encuentra dentro del área del suelo derivado de la ceniza volcánica.



### 4.3.2 Evaluación de la ceniza volcánica

Para la realización de los ensayos de laboratorio, se ejecutó excavaciones a cielo abierto de manera manual, obteniendo un tipo de muestreo inalterada en bloque (Mib), donde se conservan sus propiedades físicas con la finalidad de obtener resultados verídicos en la realización del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo. También se muestrearon los suelos en cantidades suficientes como para realizar los ensayos correspondientes.

En la ejecución de los cinco (05) puntos de exploración a una profundidad de 3.00 m., se obtuvo los siguientes resultados de los ensayos de laboratorio:

**Tabla 38**

*Resultados de los ensayos de laboratorio*

Dimensiones	Indicadores	Ensayos de laboratorio				
		C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
TIPO DE SUELOS	Clasificación SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
DENSIDAD DE CAMPO	Humedad (%)	14.77	3.93	7.63	3.49	3.00
	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.344	1.295	1.121	1.221	1.265
	LL (%)	34	37	37	36	34
PLASTICIDAD	LP (%)	31	35	36	34	32
	IP (%)	3	2	1	2	2
ANÁLISIS QUÍMICO	Sales solubles (ppm)	4646.4	4715.2	3513.6	5212.3	4966.4
	Sulfatos (ppm)	1902.5	1933.1	1440.8	2136.9	2035.7
	Cloruros (ppm)	2369.7	2404.6	1769.1	2657.5	2532.6

*Nota.* LL=Límite líquido, IP=Índice de plasticidad, densidades de campo con valores bajos y colapsabilidad entre 2.9 a 5.2 % (grado de colapso moderado)

### 4.3.3 Potencial de colapso de la ceniza volcánica

Para obtener el resultado del índice de colapso (Ic), se utilizó la ecuación que esta función a la relación de vacíos (NTP 339.163), obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 39**

*Resultado del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo a carga 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.*

Puntos de exploración	Relación de vacíos			$\Delta e$	Índice de colapso (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup>
	$e_0$	e No saturado	e Saturado		
C-01	1.062	0.931	0.852	0.079	3.9
C-02	1.060	0.964	0.889	0.075	3.7
C-03	0.969	0.914	0.857	0.057	2.9
C-04	1.053	0.970	0.898	0.072	3.5
C-05	1.025	0.956	0.895	0.061	3.0

*Nota:* El resultado representa un grado moderado para suelo colapsable

**Tabla 40**

*Resultado del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo a carga 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.*

Puntos de exploración	Relación de vacíos			$\Delta e$	Índice de colapso (%) a 1.00 kg/cm <sup>2</sup>
	$e_0$	e No saturado	e Saturado		
C-01	1.142	0.923	0.820	0.103	4.8
C-02	1.057	0.921	0.814	0.107	5.2
C-03	0.969	0.887	0.819	0.068	3.5
C-04	1.127	1.011	0.915	0.096	4.5
C-05	1.173	1.074	0.980	0.094	4.4

*Nota:* El resultado representa un grado moderado para suelo colapsable

Con los resultados del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos, se determinará el Índice de colapso (Ic), para la cual clasificará el grado de colapso. Ver Anexo N°3

**Tabla 41**

*Resultado del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo*

Puntos de exploración	Potencial de colapso para 0.50 kg/cm <sup>2</sup>	Potencial de colapso para 1.00 kg/cm <sup>2</sup>	Grado de colapso
C-01	3.9	4.8	Moderado
C-02	3.7	5.2	Moderado
C-03	2.9	3.5	Moderado
C-04	3.5	4.5	Moderado
C-05	3.0	4.4	Moderado

*Nota:* Los resultados representa un grado de colapso moderado.

#### 4.4 PRUEBA ESTADÍSTICA

##### 4.4.1 Datos de entrada para la correlación

**Tabla 42**

*Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio.*

Puntos de exploración	Densidad de campo		Plasticidad			Análisis químico			Índice de colapso	
	Humedad (%)	D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Sales solubles (ppm)	Sulfatos (ppm)	Cloruros (ppm)	Ic (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup>	Ic (%) a 1.00 kg/cm <sup>2</sup>
C-01	14.77	1.344	34	31	3	4646.4	1902.5	2369.7	3.9	4.8
C-02	3.93	1.295	37	35	2	4715.2	1933.1	2404.6	3.7	5.2
C-03	7.63	1.121	37	36	1	3513.6	1440.8	1769.1	2.9	3.5
C-04	3.49	1.221	36	34	2	5212.3	2136.9	2657.5	3.5	4.5
C-05	3.00	1.265	34	32	2	4966.4	2035.7	2532.6	3.0	4.4

*Nota:* Los datos de entrada son resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de suelos. (ensayos para la caracterización física y química).

**Tabla 43**

*Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.*

Puntos de exploración	Densidad de campo		Gravedad específica de los sólidos Gs	Relación de vacíos		Índice de colapso (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup>
	D. húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )		e <sub>0</sub>	Δe	
C-01	1.137	1.054	2.173	1.062	0.852	3.9
C-02	1.132	1.057	2.178	1.060	0.889	3.7
C-03	1.209	1.121	2.208	0.969	0.857	2.9
C-04	1.123	1.056	2.167	1.053	0.898	3.5
C-05	1.165	1.079	2.186	1.025	0.895	3.0

*Nota:* Los datos de entrada son resultados obtenidos del ensayo de colapso a carga 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 44**

*Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.*

Puntos de exploración	Densidad de campo		Gravedad específica de los sólidos Gs	Relación de vacíos		Índice de colapso (%) a 1.00 kg/cm <sup>2</sup>
	D. húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )		e <sub>0</sub>	Δe	
C-01	1.076	1.015	2.173	1.142	0.103	4.8
C-02	1.130	1.059	2.178	1.057	0.107	5.2
C-03	1.209	1.121	2.208	0.969	0.068	3.5
C-04	1.084	1.019	2.167	1.127	0.096	4.5
C-05	1.099	1.006	2.186	1.173	0.094	4.4

*Nota:* Los datos de entrada son resultados obtenidos del ensayo de colapso a carga 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 46**

*Datos de entrada para el software Minitab*

Hoja de trabajo 1 ***												
#	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
	CALICATA	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	D. hum (gr)	D. seca (gr/	Sales s	Sulfato	Cloruros	Ic (%)	Ic (%) a 1.00
1	C-01	14.77	34	31	3	1.506	1.344	4646.4	1902.5	2369.7	3.9	4.8
2	C-02	3.93	37	35	2	1.336	1.295	4715.2	1933.1	2404.6	3.7	5.2
3	C-03	7.63	37	36	2	1.209	1.121	3513.6	1440.8	1769.1	2.9	3.5
4	C-04	3.49	36	34	2	1.264	1.221	5212.3	2136.9	2657.5	3.5	4.5
5	C-05	3.00	34	32	2	1.303	1.265	4966.4	2035.7	2532.6	3.0	4.4

*Nota:* Los datos de entrada son resultados obtenidos del ensayo de colapso

**Figura 47**

*Datos de entrada de colapso a carga 0.5 kg/cm<sup>2</sup> para el software Minitab*

Hoja de trabajo 1 ***							
#	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	CALICATA	D. hum (gr/cm3)	D. seca (gr/cm3)	Gs	e0	Δe	Ic (%) a 0.50
1	C-01	1.137	1.054	2.173	1.062	0.079	3.9
2	C-02	1.132	1.057	2.178	1.060	0.075	3.7
3	C-03	1.209	1.121	2.208	0.969	0.057	2.9
4	C-04	1.123	1.056	2.167	1.053	0.072	3.5
5	C-05	1.165	1.079	2.186	1.025	0.061	3.0

*Nota:* Figura extraída del software Minitab

**Figura 48**

*Datos de entrada de colapso a carga 1.0 kg/cm<sup>2</sup> para el software Minitab*

Hoja de trabajo 1 ***							
#	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	CALICATA	D. hum (gr/cm3)	D. seca (gr/cm3)	Gs	e0	Δe	Ic (%) a 1.00
1	C-01	1.076	1.015	2.173	1.142	0.103	4.8
2	C-02	1.130	1.059	2.178	1.057	0.107	5.2
3	C-03	1.209	1.121	2.208	0.969	0.068	3.5
4	C-04	1.084	1.019	2.167	1.127	0.096	4.5
5	C-05	1.099	1.006	2.186	1.173	0.094	4.4

*Nota:* Figura extraída del software Minitab

#### 4.4.2 Intervalo de confianza

Está formado por un conjunto de valores numéricos tal que la probabilidad de que este contenga al verdadero valor del parámetro. El coeficiente de correlación de Pearson tiene el objetivo de indicar cuán asociadas se encuentran las variables entre sí.

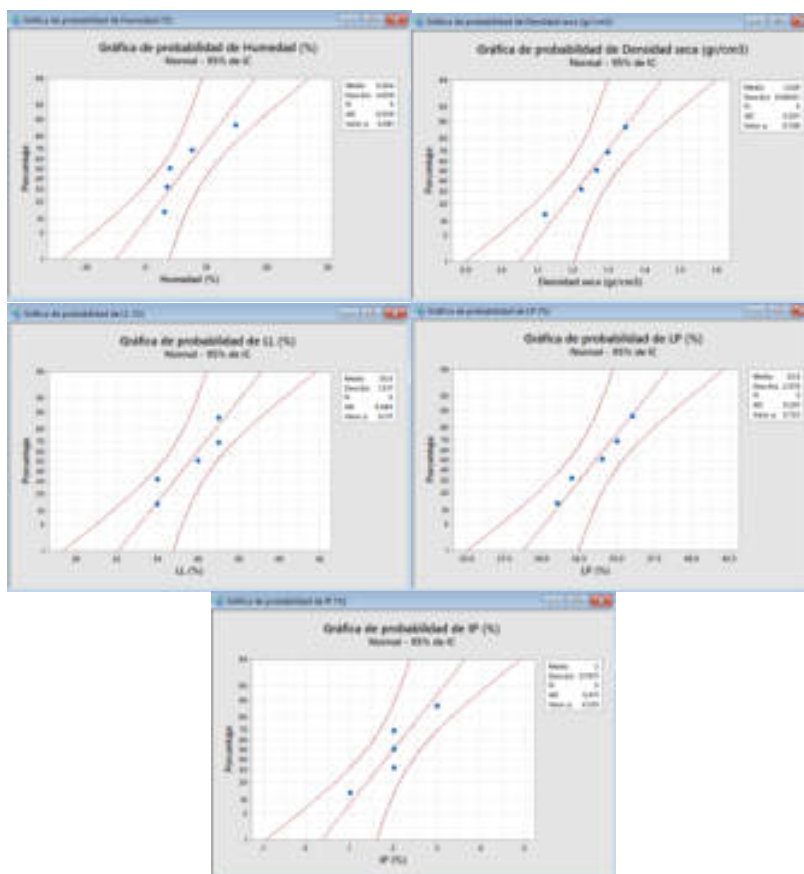
Entre las principales ventajas del coeficiente de correlación de Karl Pearson se encuentran:

- Si la muestra es grande, es más probable la exactitud de la estimación.
- Algunas desventajas del coeficiente de correlación son:
- Es necesario las dos variables sean medidas a un nivel cuantitativo continuo.
  - Las distribuciones de las variables deben ser semejantes a la curva normal.

Para la correlación se requiere que las distribuciones de las variables deben ser semejantes y que las variables se encuentran dentro de un intervalo de confianza.

### Figura 49

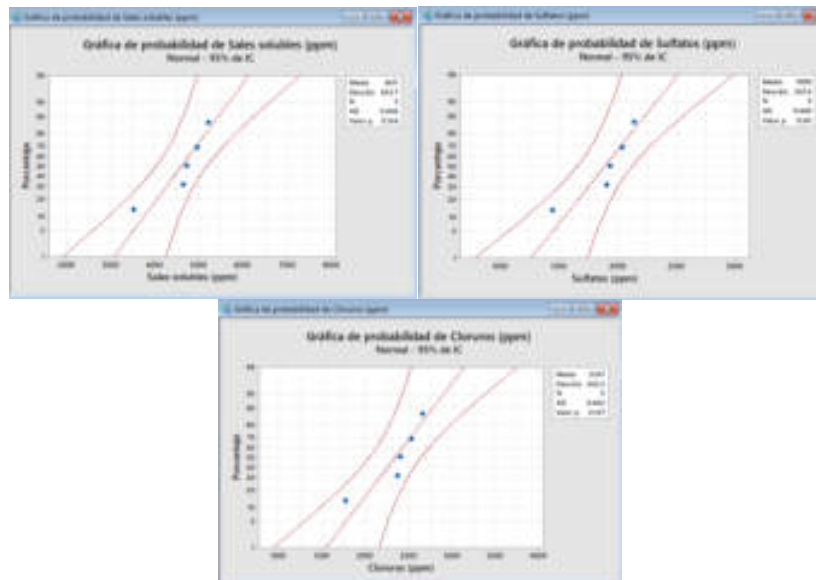
*Intervalos de confianza de los ensayos físicos de laboratorio de suelos*



*Nota:* Intervalos de confianza de los ensayos de humedad, densidad insitu y índice de plasticidad. Figura extraída del software Minitab.

### Figura 50

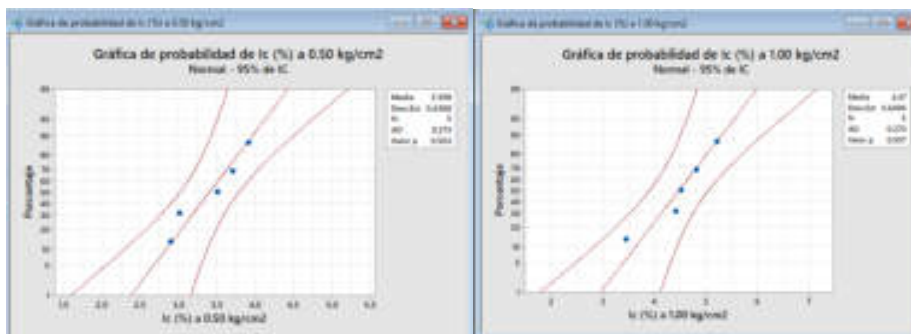
*Intervalos de confianza de los ensayos químicos de laboratorio de suelos*



*Nota:* Intervalos de confianza de los ensayos de sales solubles, sulfatos y cloruros. Figura extraída del software Minitab.

### Figura 51

*Intervalos de confianza del ensayo de colapso a carga 0.5 y 1.0 kg/cm<sup>2</sup>*



*Nota:* Intervalos de confianza de los resultados del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo. Figura extraída del software Minitab.

#### 4.4.3 Correlación en función de los ensayos de laboratorio.

La correlación busca determinar una relación entre los suelos derivados de la ceniza volcánica con su potencial de colapso buscando un valor igual y/o mayor a 95% de confiabilidad, donde se correlación los siguientes ensayos de laboratorio y su potencial de colapso.

- Ic (%) a 0.50 kg/cm<sup>2</sup> vs. LL (%); LP (%); D. seca (gr/cm<sup>3</sup>)
- Ic (%) a 0.50 kg/cm<sup>2</sup> vs. LL (%); IP (%); D. seca (gr/cm<sup>3</sup>)
- Ic (%) a 1.00 kg/cm<sup>2</sup> vs. LL (%); LP (%); D. seca (gr/cm<sup>3</sup>)

#### 4.4.3.1 Correlación en función del ensayo de colapso a carga 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

- Ic (%) a 0.50 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e<sub>0</sub>; Δe
- Ic (%) a 0.50 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e<sub>0</sub>; Δe; D. seca (gr/cm<sup>3</sup>)

#### 4.4.3.2 Correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.

- Ic (%) a 1.00 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e<sub>0</sub>; Δe
- Ic (%) a 1.00 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e<sub>0</sub>; Δe; D. seca (gr/cm<sup>3</sup>)

#### 4.4.4 Grado de confiabilidad

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las correlaciones con el grado de confiabilidad.

**Tabla 45**

*Formulas propuestas mediante correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio.*

Datos correlativos	Formulas propuestas	Confiabilidad
Ic (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup> vs. LL (%); LP (%); D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	6.844 D. seca (gr/cm <sup>3</sup> ) + 0.7425 LL (%) - 0.4254 LP (%) - 17.34	98.13%
Ic (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup> vs. LL (%); IP (%); D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	4.69 D. seca (gr/cm <sup>3</sup> ) + 0.2292 LL (%) + 0.568 IP (%) - 11.87	92.53%
Ic (%) a 1.00 kg/cm <sup>2</sup> vs. LL (%); LP (%); D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	9.84 D. seca (gr/cm <sup>3</sup> ) - 0.019 LL (%) + 0.209 LP (%) - 14.19	84.08%

*Nota.* Formulas propuestas para la determinación de Índice de colapso en función de los ensayos físico de laboratorio de suelo.



**Tabla 46**

*Formulas propuestas mediante correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 0.50 y 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.*

Datos correlativos	Formulas propuestas	Confiabilidad
Ic (%) a 0.50 (kg/cm <sup>2</sup> ) vs. e <sub>0</sub> ; Δe	54.66 Δe - 2.132 e <sub>0</sub> + 1.842	99.61%
Ic (%) a 0.50 (kg/cm <sup>2</sup> ) vs. e <sub>0</sub> ; Δe; D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	52.27 Δe + 5.08 e <sub>0</sub> + 9.21 D. seca (gr/cm <sup>3</sup> ) -15.34	99.97%
Ic (%) a 1.00 (kg/cm <sup>2</sup> ) vs. e <sub>0</sub> ; Δe	46.94 Δe - 1.794 e <sub>0</sub> + 2.048	99.39%
Ic (%) a 1.00 (kg/cm <sup>2</sup> ) vs. e <sub>0</sub> ; Δe; D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	49.88 Δe + 1.77 e <sub>0</sub> 6.79 D. seca (gr/cm <sup>3</sup> ) -9.21	99.48%

*Nota.* Los resultados en esta tabla comprueban la confiabilidad de las fórmulas propuesta en la tabla 44, debido a que la correlacionarlo con el índice de vacíos ya es propuesta por la E.050 “suelos y cimentaciones”.

#### 4.5 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

1. La caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica previene el problema en cimentaciones superficiales en el distrito Alto de la Alianza - Tacna – 2020

En la investigación busca prevenir un evento catastrófico en las edificaciones a consecuencia de los problemas especiales en la cimentación como es la colapsabilidad de la ceniza volcánica. La determinación del índice del potencial de colapso de suelo tiene como finalidad clasificar el grado de colapsabilidad, obteniendo una respuesta de suelo NO COLAPSABLE.

2. La caracterización del suelo derivado de la ceniza volcánica es de arena limosa, con densidad seca baja y suelo no plástico.

Para la caracterización se describe una clasificación con el Sistema SUCS, que está basado en la determinación de los ensayos de laboratorio como: granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. Obteniendo como resultado: Arenas limosas (SM), de color rosáceo claro con fragmentos de pómez blanca. Con propiedades físicas de una densidad seca de 1.121 a 1.344 gr/cm<sup>3</sup> y Límite líquido es 34 a 37%, y un con índice plasticidad de 1 a 3% (Suelo de plasticidad baja).

3. El índice de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica es 3%.

La ceniza volcánica es considerada como un suelo POTENCIALMENTE COLAPSABLE, al ser verificado la existencia de la colapsabilidad de suelo mediante el método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo (NTP 339.163). se clasificó el Índice de colapso (Ic) obtenido un grado COLAPSABLE MODERADO para una carga de .0.50 y 1.00 kg/cm<sup>2</sup>.

4. Existe una relación lineal entre la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica y su potencial de colapso

Se determinó una relación entre las propiedades físicas y su potencial de colapso, siendo la siguiente:  $I_c (\%) \text{ a } 0.50 \text{ kg/cm}^2 = 6.844 \times D_{seca} (\text{gr/cm}^3) + 0.7425 \times LL (\%) - 0.4254 \times LP (\%) - 17.34$ , presentado un grado de confiabilidad de 98.13%, y  $I_c (\%) \text{ a } 1.00 \text{ kg/cm}^2 = 9.84 \times D_{seca} (\text{gr/cm}^3) - 0.019 \times LL (\%) + 0.209 \times LP (\%) - 14.19$ , teniendo un grado de confiabilidad de 84.08%.

## 4.6 DISCUSIÓN

### 4.6.1 Delimitación de la ceniza volcánica

Como etapa inicial, se realizó la delimitación del suelo derivado de la ceniza volcánica, presentando noventa y siete (97) evidencias fotográficas que ayudaron determinar el área de los suelos que se encuentran en el distrito Alto de la Alianza, que son las siguientes: Ver Anexo N°6

- Arena limosa: 2 030 200 m<sup>2</sup>
- Grava: 9 031 m<sup>2</sup>
- Roca: 679 088 m<sup>2</sup>
- Ceniza volcánica: 495 542 m<sup>2</sup>

Los tipos de suelo que conforman el distrito Alto de la Alianza, son:

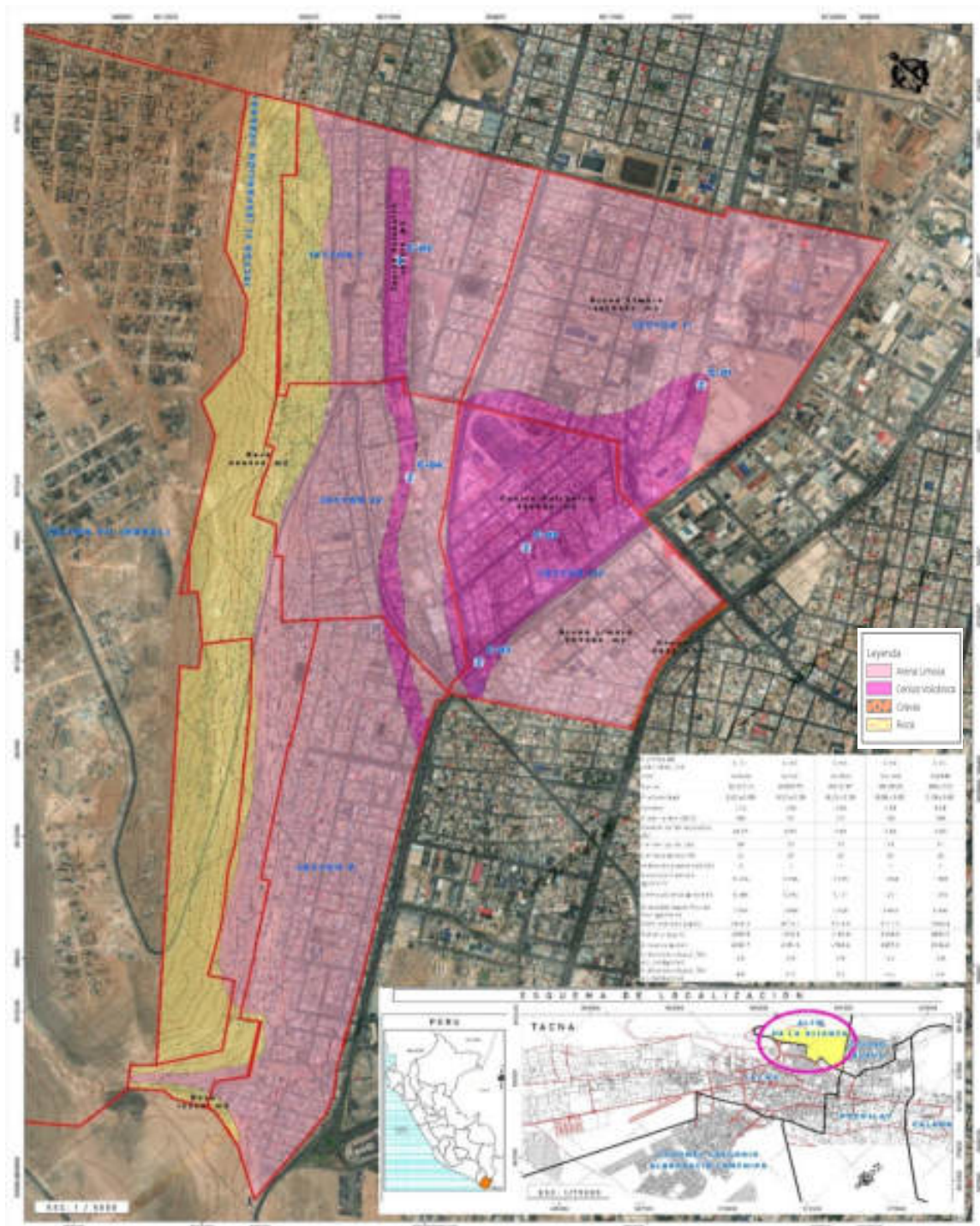
Arena limosa, son depósitos deluviales de la ladera del Cerro Intiorko, de color marrón claro. Grava, son de origen aluvial de la cuenca Caplina, de coloración grisácea. Roca ignimbrita, esta formación es de origen volcánico que aflora en partes del Cerro Intiorko. Y Ceniza volcánica, son suelos no consolidados de coloración rosáceo con presencia de piedra pómez, fragmentos líticos y cuarzo.

Según la secuencia estratigráfica de suelo en distrito Alto de la Alianza, se determinó lo siguiente:

Como estrato superior se encuentra la arena limosa, segundo estrato la ceniza volcánica, tercer estrato grava y ultimo estrato la roca volcánica. Con esa caracterización se precedió ubicar los puntos de exploración para determinar sus características física y química del suelo.

**Figura 52**

*Delimitación de la ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza*



*Nota.* La delimitación se realizó mediante evidencia fotografías de excavaciones, encontrando un área 495 542 m<sup>2</sup> de suelo derivado de ceniza volcánica. Ver Anexo N°6

#### 4.6.2 Ensayos de laboratorio en la ceniza volcánica

Para la realización de los ensayos de laboratorio, se ejecutó excavaciones a cielo abierto de manera manual, obteniendo un tipo de muestreo inalterada en bloque (Mib), donde conservan sus propiedades con la finalidad de obtener resultados verídicos en la realización del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo. También se muestrearon los suelos en cantidades suficientes como para realizar los ensayos correspondientes.

En la realización del ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo, se utilizó muestras inalteradas donde se encontró problemas en el remoldeado debido a la existencia de la piedra pómez, que ocupa un volumen donde no permitió el remoldeado a la exactitud, por lo cual se optó en algunas muestras realizar el recompactado considerando la consistencia del suelo.

En la ejecución de los cinco (05) puntos de exploración a una profundidad de 3.00 m., se obtuvo los siguientes resultados de los ensayos de laboratorio:

**Tabla 47**

*Resultados de los ensayos de laboratorio*

Dimensiones	Indicadores	Ensayos de laboratorio				
		C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
TIPO DE SUELOS	Clasificación SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
DENSIDAD DE CAMPO	Humedad (%)	14.77	3.93	7.63	3.49	3.00
	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.344	1.295	1.121	1.221	1.265
	LL (%)	34	37	37	36	34
PLASTICIDAD	LP (%)	31	35	36	34	32
	IP (%)	3	2	1	2	2
ANÁLISIS QUÍMICO	Sales solubles (ppm)	4646.4	4715.2	3513.6	5212.3	4966.4
	Sulfatos (ppm)	1902.5	1933.1	1440.8	2136.9	2035.7
	Cloruros (ppm)	2369.7	2404.6	1769.1	2657.5	2532.6
COLAPSABILIDAD	índice de colapso (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup>	3.9	3.7	2.9	3.5	3.0
	índice de colapso (%) a 1.00 kg/cm <sup>2</sup>	4.8	5.2	3.5	4.5	4.4

*Nota.* LL=Límite líquido, IP=Índice de plasticidad, densidades de campo con valores bajos y colapsabilidad entre 2.9 a 5.2 % (grado de colapso moderado)

Según la Tabla 46, los resultados obtenidos de los ensayos a las muestras, según el Sistema de Clasificación SUCS para análisis granulométrico y límite de atterberg se determinó que el tipo de suelo es SM (Arena Limosa), así mismo, el suelo analizado es de color rosáceo, con poca presencia de clastos sub angulosas.

El suelo derivado de la ceniza volcánica presenta densidad seca de 1.121 a 1.344 gr/cm<sup>3</sup>, considerado como suelos de baja densidad. El límite líquido es 34 a 37%, con índice plasticidad de 1 a 3%, clasificado como suelo de plasticidad baja.

En los ensayos de análisis químicos de suelos se obtuvo un grado “SEVERO” a sulfatos, “PERJUDICIAL” por contenido de cloruros y “PERJUDICIAL” en concentraciones de sales solubles totales, por lo que existirá un ataque químico al concreto, y corrosión a la estructura de acero. Con respecto al contenido de sales disueltas totales, existirá pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación, para evitar estos fenómenos, se deberá mantener seco del área de trabajo en donde se plasmará las estructuras.

Ante los resultados de los ensayos químicos, el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E.060 “Concreto armado”, Ver Tabla 12, determina lo siguiente: “El tipo de cemento a utilizar es de TIPO V, una relación máxima de agua-cemento 0.45 y resistencia mínima de  $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ ”.

### **Figura 53**

*Excavación de 10m. en el distrito Alto de la Alianza*



*Nota.* Excavación con maquinaria hasta una profundidad de 10 m. figura extraída de la exploración geotécnica realizada por el Gobierno Regional de Tacna (2019)

### 4.6.3 Colapsabilidad de la ceniza volcánica

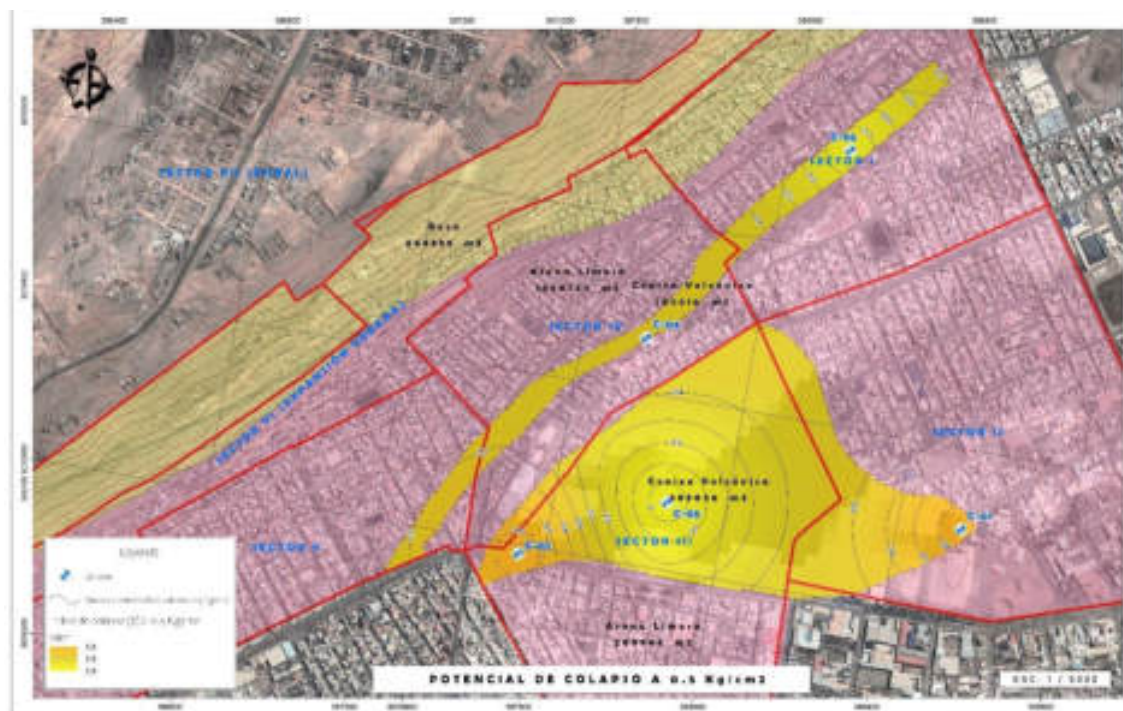
En el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 “Suelos y cimentaciones” indica que la cimentación y los pisos deben apoyarse sobre suelos NO COLAPSABLES ( $I_c \leq 6$ ).

La ceniza volcánica es considerada como un suelo POTENCIALMENTE COLAPSABLE, la cual se verifico la existencia de la colapsabilidad de suelo mediante el Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo (NTP 339.163). obteniendo un Índice de colapso ( $I_c$ ) a una carga de  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  de 2.90 a 3.9 % siendo un grado COLAPSABLE MODERADO. Y el índice de colapso ( $I_c$ ) a una carga de  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  de 3.50 a 5.20 % siendo un grado COLAPSABLE MODERADO. Ver Tabla 41

Con los resultados del índice de colapso de  $0.50$  y  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  de carga, se procedió a la realización de mapas de isovalores mediante una interpolación, teniendo el siguiente resultado. Ver Anexo N°6

#### Figura 54

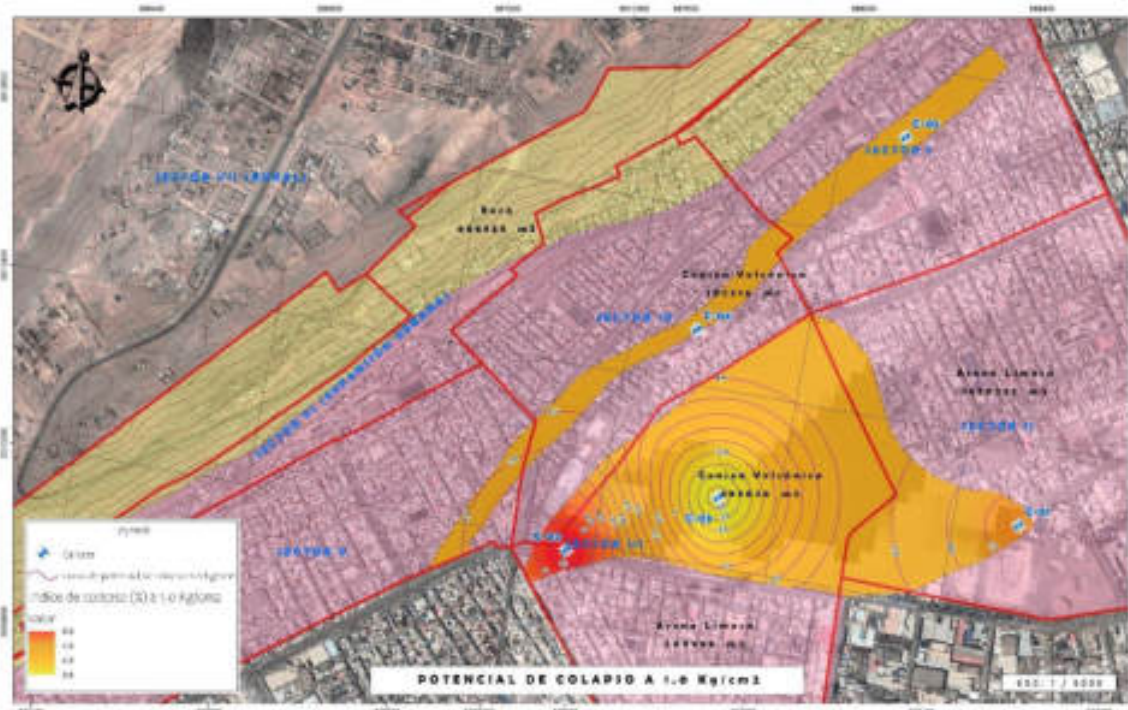
Mapa de isovalores de carga  $0.50 \text{ kg/m}^2$



*Nota:* Los resultados representa un grado de colapso moderado en toda el área del suelo derivado de la ceniza volcánica

**Figura 55**

*Mapa de isovalores de carga 1.00 kg/m<sup>2</sup>*



*Nota:* Los resultados representa un grado de colapso moderado en toda el área del suelo derivado de la ceniza volcánica

#### 4.6.4 Mejoramiento de suelos

Para el mejoramiento según el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 “Suelo y cimentaciones” es retirar en su totalidad antes de iniciar las obras de construcción y reemplazados por rellenos controlados compactados adecuadamente. Se entiende que este método no ayudara en lo suficiente debido a que la potencia del material es de 20 metros aproximadamente. Pero presentan diferentes técnicas que podrían ayudar en el mejoramiento, Ver Tabla 14.

#### 4.6.5 Correlación para la determinación del índice de colapsabilidad

La correlación que se viene realizando es por método de Pearson que es una prueba que mide la relación estadística entre variables continuas. En caso de que los elementos no se encuentran asociados no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra representado adecuadamente.



Para la ejecución del análisis estadístico se utilizó el programa “Minitab” que es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas.

#### 4.6.5.1 Datos comparativos para la correlación

Para la correlación se requiere que cumpla los siguiente: Las distribuciones de las variables deben ser semejantes y que las variables se encuentran dentro de un intervalo de confianza, la cual indicaría que tendrá un 95 % de confiabilidad. Y en caso de que alguna variable se encuentra fuera del intervalo de confianza se descartaría como dato para correlación.

El análisis de cada uno del dato que se encuentran dentro de los intervalos de confianza al 95%, por lo que no existiría problema para poder correlacionarlos.

#### 4.6.5.2 Correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio.

Se realizaron correlaciones hasta encontrar un valor igual y/o mayor a 95% de confiabilidad, Ver Anexo N°4

#### 4.6.5.3 Resultado de correlación para determinación $I_c$ (%)

En la siguiente Tabla 43, se muestran los resultados de las correlaciones con el grado de confiabilidad. Estos resultados solo podrían ser utilizados para los suelos derivadas de la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito Alto de la Alianza, lo cual se recomienda seguir investigando sobre la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito de Ciudad Nueva, Pocollay y Calana, para tener una mayor información geotécnica en la Ciudad de Tacna.

Y en la Tabla 45, estos resultados representan la exactitud que tiene la metodología para determinar las fórmulas propuestas, al comprobar la fórmula del Índice de colapso que está en función de la relación de vacíos, da una confiabilidad promedio de 99%.

## CONCLUSIONES

1. La presente investigación busco prevenir algún evento catastrófico en las edificaciones a consecuencia de los problemas especiales en la cimentación como, Suelos colapsables. El distrito Alto de la Alianza- Tacna, presento un suelo considerado como colapsable son los suelos derivados de la ceniza volcánica, la cual, mediante la caracterización, delimitación del suelo, ensayos de laboratorio para la determinación de sus propiedades físicas, mecánicas, químicas y la medición del potencial de colapso de suelo. Se determinó que el suelo derivado de la ceniza volcánica es un SUELO NO COLAPSABLE.
2. Con la ejecución de cinco (05) puntos de exploración a una profundidad de 3.00 m, se determinó la clasificación S.U.C.S., representando una Arena Limosa (SM), que está conformado por cenizas volcánicas de coloración rosácea, con presencia de piedra pómez y clastos subangulosas de origen volcánica. Y como propiedades físicas se determinó que presenta una densidad seca de 1.121 a 1.344 gr/cm<sup>3</sup> (Suelos de baja densidad). Limite liquido es 34 a 37%, y un con índice plasticidad de 1 a 3% (Suelo de plasticidad baja). En los análisis químicos de suelos se presenta un grado “SEVERO” en ataque de sulfatos, “PERJUDICIAL” para contenido de cloruros y en concentraciones de sales solubles totales, por lo que existirá un ataque químico al concreto.
3. El suelo derivado de la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito Alto de la Alianza presenta un suelo de colapso MODERADO (SUELO NO COLAPSABLE), permitiendo apoyar las cimentaciones en este tipo de suelo. Los resultados del índice de colapso a una carga de 0.50 kg/cm<sup>2</sup> (I<sub>c</sub>) es de 2.9 – 3.9 % y el índice de colapso a una carga de 1.00 kg/cm<sup>2</sup> (I<sub>c</sub>) es de 3.5 – 5.2%. Al ser estos resultados muy próximos a suelos colapsable, tener en consideración un mejoramiento de suelos.

4. Se determinó una relación entre sus propiedades físicas y su potencial de colapso, las cuales son propuestas en las siguientes formulas:  $I_c$  (%) a 0.50  $\text{kg/cm}^2 = 6.844 \times D.\text{seca} (\text{gr/cm}^3) + 0.7425 \times LL (\%) - 0.4254 \times LP (\%) - 17.34$ , encontrándose con un grado de confiabilidad de 98.13%, y  $I_c$  (%) a 1.00  $\text{kg/cm}^2 = 9.84 \times D.\text{seca} (\text{gr/cm}^3) - 0.019 \times LL (\%) + 0.209 \times LP (\%) - 14.19$ , teniendo un grado de confiabilidad de 84.08%. Estos resultados podrían ser utilizados solo para la zona de estudios.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la población del distrito Alto de la Alianza, para evitar los asentamientos diferenciales se construya vigas de cimentación, cimentaciones conectadas o considerar algún tipo de mejoramiento de suelos, a fin de contrarrestar los futuros problemas estructurales.
2. Se recomienda a la municipalidad Alto de la Alianza, difundir los resultados obtenido del análisis químico de suelo, que indica la utilización de cemento tipo V u otro equivalente superior a las características de dicho cemento, para la obtención de una resistencia mínima  $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ , para las estructuras que tengan contacto a este tipo de suelos. Es por ello, que los resultados presentados solo se utilizarán para suelos derivados de la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito.
3. Se recomienda las Universidades de la ciudad de Tacna, incentivar a ejecutar ensayos de mecánica de suelos a gran escala (insitu), lo cual esto representaría un resultado con mayor confiabilidad, ya que el ensayo normalizado de potencial de colapso en laboratorio no considera piedras mayores a 1 pulg. También se recomienda continuar con la investigación para la determinación de las características geotécnicas de suelos derivados de la ceniza volcánica que se encuentra en el distrito Ciudad Nueva, Pocollay, Calana y Pachia.
4. Se recomienda al Instituto Nacional de Defensa Civil, actualizar el “Mapa de peligros de la ciudad de Tacna”, que fue presentado en el 2004. Considerando la delimitación del suelo en el distrito Alto de la Alianza y los resultados presentados en esta investigación y a la Municipalidad Provincial de Tacna, realizar un mapeo geotécnico con fines de prevención de problemas especiales en la Ciudad de Tacna y agregar más puntos de exploración a fin de obtener una mayor confiabilidad en las fórmulas propuestas.

## REFERENCIAS

- Almendras, A. (2018). Potencial de colapso en suelos limosos. *Departamento de estructuras y ciencias de los materiales*, 14-25.
- Caceda, E. (2017). *Mejoramiento del suelo colapsable con fines de cimentación mezclando cemento diluido en agua en el Asentamiento Humano Magdalena Nueva – Chimbote 2017* [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/10222>
- Castro, L. (1957). *Estudio Hidrológico del valle de Tacna* [Folleto].
- Condori, B. (2012). *Investigación del conglomerado especial en la ciudad de Tacna*. [Tesis postgrado, Universidad Nacional de Ingeniería].  
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1307>
- Das, B. (1999). *Principios de ingeniería de cimentaciones* (4ta ed.). Thomson Learning.
- Das, B. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4ta ed.). CENGAGE Learning.
- Fernandez, E. (1998). *Investigación del conglomerado colapsable de la Cano-Vitor Arequipa*. [Tesis postgrado, Universidad Nacional de Ingeniería].  
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1423>
- Flores, A. (2017). *Determinación del tipo de suelo y potencial de colapso del suelo del puesto de salud Intiorko, Distrito de Ciudad Nueva*. [Tesis pregrado, Universidad Privada de Tacna].  
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/417>
- Hermosilla, M., & Cardenas, J. (2012). Evaluación e identificación del potencial de colapso en suelos derivados de cenizas volcánicas del Sur de Chile. *Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles*, 30-37.  
<https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/1969>

- Hermosilla, M. (28 al 30 de noviembre del 2007). *Identificación y evaluación del colapso de suelo derivados de cenizas volcánicas del Sur de Chile* [Presentacion en documento]. VI Congreso Chileno de Geotecnia 2007, Valparaiso, Chile.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Censo nacional de poblacion y vivienda-Resultados Definitivos Tomo I, Tacna*. Sistema Estadístico Nacional.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/00TOMO\\_01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/00TOMO_01.pdf)
- Isidro, A., & Cañi, A. (2017). *Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, Distrito de Calana, Departamento de Tacna*. [Tesis pregrado, Universidad Privada de Tacna].  
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/340>
- Juárez, E. (2005). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos* (2da ed.). Editorial Limusa, S.A.
- Mamani, J., & Apaza, J. (2018). *Caracterización del tipo de suelo y problemas especiales de cimentación de edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza – 2018*. [Tesis pregrado, Universidad Privada de Tacna].  
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1053>
- Mata, R. (2005). *Análisis de asentamientos de losas de fundación sobre rellenos de suelo colapsable mediante la aplicación de un modelo físico*. [Tesis pregrado, Universidad de Costa Rica].  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/1489>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *E.050 Suelos y Cimentaciones*. Reglamento Nacional de Edificaciones.  
<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/222983-406-2018-vivienda>
- Norma Técnica Peruana 339.129. (2014). *Metodo de ensayo para determinar el*

- límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos* (1era ed.). Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica Peruana 339.143. (2014). *Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena* (1era ed.). Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica Peruana 339.151. (2015). *Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelo*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica Peruana 339.152. (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica Peruana 339.163. (2015). *Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo* (1era ed.). Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica Peruana 339.177. (2002). *Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica Peruana 339.178. (2002). *Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Pérez, G. (1965). *Estudio geomorfológico del valle del caplina en el departamento de Tacna* [Folleto].
- Pérez, G. (1966). *Estudio Hidrogeológico de las Pampas de Hospicio - La Yarada en la Provincia de Tacna* [Folleto].
- Puma, M., & Aycachi, J. (2020). *Obras cimentadas sobre rellenos no controlados en los distritos Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, Tacna - 2020*. [Tesis pregrado, Universidad Privada de Tacna].  
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1562>
- Quijano, D., & Tenjo, E. (2018). *Análisis de efectividad en la estabilización de suelos colapsables en el tramo II de la transversal el bosque en el municipio de floridablanca, santander*. [Tesis pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas- Bogotá].

- Valencia, Y., Yepes-García, J., & Echeverri, O. (2015). Evaluación por diferentes métodos del potencial de colapso de algunos suelos residuales en los Valles de Aburrá y San Nicolás. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 38, 60-64.  
<https://doi.org/10.15446/rbct.n38.49026>
- Vielma, R. (2009). *Causas, daños y mitigación del fenómeno de colapso del suelo*. [Tesis pregrado, Universidad Central de Venezuela].
- Wilson, J., & Garcia, W. (1962). Geología de los cuadrangulos de Pachia y Palca (Hoja 36-v y 36-x). *Comision Carta Geológica Nacional*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/114>
- Wilson, J. J. (1963). Geologia del cuadrangulo de Huyalillas (Hoja 37-x). *Comision Carta Geológica Nacional*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/561>



## ANEXOS

## Anexo N°1. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>INTERROGANTE PRINCIPAL</b></p> <p>¿Cuál es la caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica para prevenir problemas en cimentaciones superficiales en el distrito alto de la alianza - Tacna - 2020?</p> <p><b>INTERROGANTES ESPECÍFICAS</b></p> <p>¿Cuáles son las características de suelos derivados de la ceniza volcánica?</p> <p>¿Cuál es el índice de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica?</p> <p>¿Qué relación tiene la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica con su potencial de colapso?</p>	<p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar la caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica para prevenir problemas en cimentaciones superficiales en el distrito Alto de la Alianza - Tacna – 2020</p> <p><b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica</p> <p>Determinar el índice de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica.</p> <p>Relacionar la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica con su potencial de colapso</p>	<p><b>1. HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica previene el problema en cimentaciones superficiales en el distrito Alto de la Alianza - Tacna – 2020</p> <p><b>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>La caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica es arena limosa suelta</p> <p>El índice de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica es 3% (suelo de grado moderado)</p> <p>Existe una relación lineal entre la caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica y su potencial de colapso</p>	<p><b>1. HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Variable Independiente (X)</p> <p>X1. Caracterización y evaluación del potencial de colapso de suelos derivados de la ceniza volcánica</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de colapsabilidad</li> <li>• Características físicas y química de la ceniza volcánica</li> </ul> <p>Variable Dependiente (Y)</p> <p>Y1. Problemas en cimentación superficiales</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos colapsables</li> </ul> <p><b>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>X1. Caracterización de suelos derivados de la ceniza volcánica</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulometría</li> <li>- Límites de atterberg</li> <li>- Densidad insitu</li> <li>- Clasificación SUCS</li> <li>- Sales solubles, sulfatos y cloruros</li> </ul> <p>X2. Suelo potencialmente colapsable</p> <p>Indicadores:</p> <p><b>ÍNDICE DE COLAPSABILIDAD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ninguno</li> <li>- Leve</li> <li>- Moderado</li> <li>- Moderadamente severo</li> <li>- severo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Tipo de investigación</b> Investigación básica Enfoque cuantitativa</li> <li>- <b>Diseño de la investigación</b> De corte transeccional</li> <li>- <b>Nivel de investigación</b> Predictiva</li> <li>- <b>Ámbito de Estudio</b> Los suelos derivados de la ceniza volcánica se encuentran en el distrito Alto de la Alianza, a una altitud 575 m.s.n.m</li> <li>- <b>Población</b> La población de estudio abarcar el Sector Urbana del distrito Alto de la Alianza (Sector I al VI), donde se manifiestan residencias, comercio, industria, recreación, áreas verdes y equipamiento urbano.</li> <li>- <b>Muestra</b> Las muestras se tomaron de carácter intencional, no probabilística y está constituida por cinco (05) puntos de exploración (a criterio del investigador), distribuido en el área donde del suelo derivado de ceniza volcánica en el distrito Alto de la Alianza.</li> <li>- <b>Técnicas de Recolección de datos</b> Técnicas de campo: ejecución de excavaciones Técnicas de laboratorio: ejecución de ensayos en laboratorio de suelos Técnicas de gabinete: procesamiento de información obtenida en campo y laboratorio.</li> <li>- <b>Instrumentos:</b> En campo <ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS</li> <li>- Cámara fotográfica (</li> <li>- Equipos de ensayos in situ</li> </ul> </li> <li>- En laboratorio: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamices, Copa de Casagrande</li> <li>- Balanza, horno y accesorios</li> <li>- Consolidometro</li> </ul> </li> </ul>

Anexo N°2. Ensayos de laboratorio del suelo derivado de la ceniza volcánica

## CUADRO RESUMEN (CALICATA C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5)

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO									
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CALICATA		C	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	
	UBICACIÓN / PROGRESIVA		prog	19 K 368548 / 8010213	19 K 367541 / 8009979	19 K 367862 / 8030157	19 K 367740 / 8010526	19 K 368141 / 8011039	
	ESTRATO / MATERIAL		E	E - 3	E - 2	E - 2	E - 1	E - 1	
	PROFUNDIDAD / ALTURA		Metros	De 2.50 al 3.00 metros	De 0.30 al 3.00 metros	De 0.15 al 3.00 metros	De 0.00 al 3.00 metros	De 0.00 al 3.00 metros	
	FECHA DE MUESTREO			12/05/2020	23/09/2019	30/04/2020	15/11/2020	25/11/2020	
ENSAYOS EN LABORATORIO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Porcentaje que Pasa)	TAMIZ							
		3"	75.000						
		2 1/2"	63.000						
		2"	50.000						
		1 1/2"	37.500						
		1"	25.000	-				100.00	100.00
		3/4"	19.000		100.00	100.00	100.00	99.79	99.73
		1/2"	12.500		98.83	99.61	99.51	99.76	99.52
		3/8"	9.500		96.49	99.06	99.12	99.65	99.49
		1/4"	6.250		94.94	98.55	98.71	99.33	99.20
		Nº 4	4.750		94.05	98.28	98.52	99.14	98.94
		Nº 10	2.000		91.59	96.29	93.13	95.21	95.09
		Nº 20	0.850		86.38	86.93	83.77	87.08	87.29
		Nº 40	0.425		73.45	68.00	67.01	72.16	70.48
	Nº 60	0.250		73.45	57.44	58.90	62.37	61.52	
	Nº 80	0.180		60.90	54.74	54.71	58.81	56.96	
	Nº 100	0.150		56.93	46.04	51.37	55.09	53.43	
	Nº 200	0.075		42.61	27.43	39.49	41.84	41.08	
		HUMEDAD NATURAL	%	14.77	3.93	7.63	3.49	3.00	
		LÍMITE LÍQUIDO	%	34	37	37	36	34	
	LÍMITE PLÁSTICO	%	31	35	36	34	32		
	ÍNDICE PLÁSTICO	%	3	2	1	2	2		
	PESO ESPECÍFICO GRAVA	gr/cm³	1.87	2.63	2.54	—	2.48		
	GRAVEDAD ESPECÍFICA FINO	gr/cm³	2.12	2.09	2.21	2.43	2.40		
	DENSIDAD NATURAL	gr/cm³	1.506	1.336	1.209	1.264	1.303		
	DENSIDAD MÍNIMA	gr/cm³	1.277	0.829	0.822	0.887	0.924		
	DENSIDAD MÁXIMA	gr/cm³	1.396	1.366	1.199	1.240	1.299		
	SUCS		SM	SM	SM	SM	SM		

  
 T<sup>EC</sup>. EVER NOEL CHURA CUTIPA  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreto y Pavimento



  
 Guido Gonzales Pani Americallo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 235912

# CALICATA N° C- 01

COORDENADAS : 19 K 368548 / 8010213

Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros.

---

- PERFIL ESTRATIGRAFICO.
- ESTRATO N° 01 ( Profundidad : De 0.00 a 1.30 metros )
- ESTRATO N° 02 ( Profundidad : De 1.30 a 2.50 metros )
- ESTRATO N° 03 ( Profundidad : De 2.50 a 3.00 metros )

# PERFIL ESTRATIGRAFICO

CODIGO  
**N° 001**  
FORMATO E.C.P

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

PROCEDENCIA : LE. Guillermo Aza Araez	ESTRATOS : E-1 / 0.00 a 1.30 m
UBICACIÓN : 19 K 368548 / 8010213	: E-2 / 1.30 a 2.50 m
CALICATA : C-1	: E-3 / 2.50 a 3.00 m
	PROFUNDIDAD : 3.00 m

## 2.- PERSONAL

REALIZADO : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cusi H.
FECHA DE MUESTREO : 12/Mayo/2020

## 3.- DATOS DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROFUNDIDAD (metros)	MUESTRA			DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO	PROFUNDIDAD (metros)												
	TIPO	CLASIFICACION	SIMBOLO															
0.20 m	[Diagrama de perfil]	[Diagrama de perfil]	[Diagrama de perfil]	[Diagrama de perfil]	[Panel Fotografico]	0.20 m												
0.40 m						0.40 m												
0.60 m						0.60 m												
0.80 m						0.80 m												
1.00 m						1.00 m												
1.20 m						1.20 m												
1.40 m						1.40 m												
1.60 m						1.60 m												
1.80 m						1.80 m												
2.00 m						2.00 m												
2.20 m						2.20 m												
2.40 m						2.40 m												
2.60 m						2.60 m												
2.80 m						2.80 m												
3.00 m						3.00 m												
<table border="1"> <tr> <td>[Diagrama de perfil]</td> <td>MUESTRA ALTERADA</td> <td>[Diagrama de perfil]</td> <td>MUESTRA INALTERADA</td> <td>[Diagrama de perfil]</td> <td>MUESTRA EN BLOQUE</td> <td>[Diagrama de perfil]</td> <td>MUESTRA DE AGUA</td> </tr> </table>						[Diagrama de perfil]	MUESTRA ALTERADA	[Diagrama de perfil]	MUESTRA INALTERADA	[Diagrama de perfil]	MUESTRA EN BLOQUE	[Diagrama de perfil]	MUESTRA DE AGUA					
[Diagrama de perfil]						MUESTRA ALTERADA	[Diagrama de perfil]	MUESTRA INALTERADA	[Diagrama de perfil]	MUESTRA EN BLOQUE	[Diagrama de perfil]	MUESTRA DE AGUA						

TEC. EVER CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Cusi Mandicillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912

# ESTRATO N° 03

Profundidad : De 2.50 a 3.00 metros.

---

- CONTENIDO DE HUMEDAD.
- ANALISIS GRANULOMETRICO.
- LIMITES DE ATTERBERG.
- PESO ESPECIFICO.
- GRAVEDAD ESPECIFICA.
- DENSIDAD MINIMA.
- COMPACTACION DE SUELO EN LAB.
- DENSIDAD IN SITU
- DENSIDAD RELATIVA



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 339.127 / ASTM D-2216

COORD.  
**N° 002**  
FORMATO: E.C.P.

**PROYECTO :** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

### 1.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : I.E. GUILLERMO AUZA ARCE	ESTRATO : E-3
UBICACIÓN : 19 K 368548 / 8010213	PROFUNDIDAD : De 2.50 al 3.00 metros
CALCATA : C-2	FECHA DE MUESTREO : 12/Mayo/2020

### 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.
FECHA DE ENSAYO : 19/Mayo/2020

### 3.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		1	2	---	<b>14.77 %</b>
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	474.30	484.50	---	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	423.30	433.50	---	
4	Peso del Agua	gr	51.00	51.00	---	
5	Peso de la Tara	gr	82.4	83.8	---	
6	Peso Muestra Seca	gr	340.9	349.7	---	
7	Contenido de humedad	%	14.96	14.58	---	

### 4.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 1gr	---
Horno Eléctrico	---
---	---

### 5.- CONCLUSION

  
 TEC. EVER CHURA CUTIPA  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreto y Pavimento

  
  
 Guido Gonzalo Cañi Huarcillo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912



# ANALISIS GRANULOMETRICO

NORMA APLICABLE: NTP 398.138 / ASTM D - 422

CODIGO  
**N° 003**  
FORMATO E.C.P

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : I.E. GUILLERMO ALIZA ARCE	ESTRATO : E - 3
UBICACIÓN : 29 K 368548 / 8010213	PROFUNDIDAD : De 2.50 al 3.00 metros
CALCADA : C - 2	FECHA DE MUESTREO : 22/Mayo/2020

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cobi H.
FECHA DE ENSAYO : 19/Mayo/2020

## 3.- DATOS DEL ENSAYO

CLASIFICACION SEGUN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO MUESTRA (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	pulgadas	mm					
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3 1/2"	87.500				
		3"	75.000				
		2 1/2"	63.000				
		2"	50.000				
		1 1/2"	37.500				
	FINA	1"	25.000				
		3/4"	19.000				
		1/2"	12.500	281.6	1.17	1.17	98.83
		3/8"	9.500	563.2	2.34	3.51	96.49
		1/4"	6.250	374.0	1.55	5.06	94.94
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº4	4.750	213.4	0.89	5.95	94.05
		Nº10	2.000	20.0	2.46	8.41	91.59
		Nº20	0.850	42.5	5.22	13.62	86.38
	FINA	Nº40	0.425	105.3	12.93	26.55	73.45
		Nº60	0.250	0.0	0.00	26.55	73.45
		Nº80	0.180	102.2	12.55	39.10	60.90
		Nº100	0.150	32.3	3.97	43.07	56.93
Nº200	0.075	116.6	14.32	57.39	42.61		
LIMOS Y ARCILLAS	Base	0.074	347.00	42.61	100.00	0.00	

Arena Gruesa SM

## 4.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	14.77 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	24072.8 gr.
Peso Muestra Grava	1432.2 gr.
Peso Muestra Arena	22640.4 gr.
Peso Fraccion Fino < Nº 4	765.9 gr.
Porcentaje de Grava	5.95 %
Porcentaje de Arena	51.44 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	42.61 %

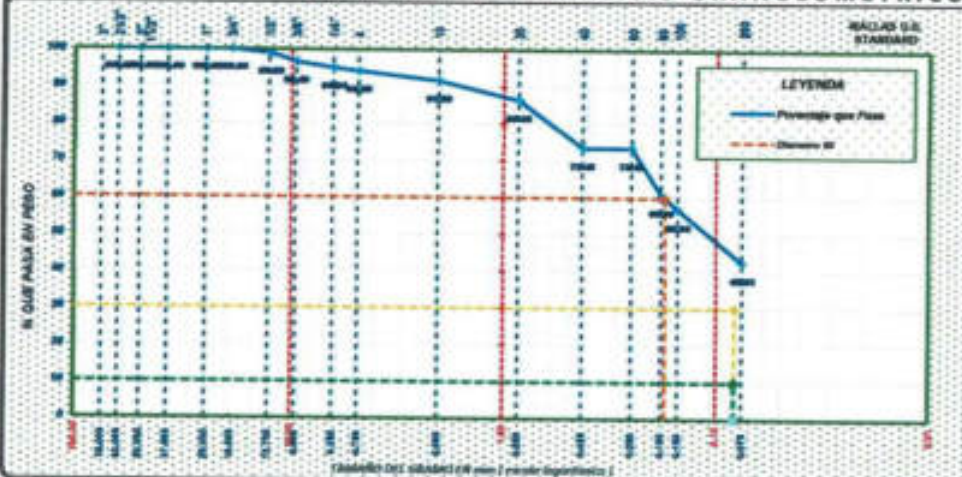
## LIMITE DE ATTERBERG

Límite Líquido	34 %
Límite Plástico	31 %
Índice de Plasticidad	3 %

## DENSIDADES

Densidad Natural	1.506 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Mínima	1.277 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	1.396 gr/cm <sup>3</sup>
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	1.874 gr/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica finos	2.124 gr/cm <sup>3</sup>

## 3.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



## TIPO DE MUESTRA

MUESTRA ALTERADA

## SUCS

SM

## DIAMETROS

Diametro 60 0.17 mm

Diametro 30

Diametro 10

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

COEFICIENTE DE CURVATURA

## 6.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 1 gr	Tamiz 2	Tamiz 3/8"	Tamiz 1/4"	Tamiz nº20
Balanza de 0.1 gr	Tamiz 1 1/2"	Tamiz 1/2"	Tamiz nº4	Tamiz nº60
Arroz Electrico	Tamiz 1"	Tamiz 3/8"	Tamiz nº10	Tamiz nº100 y 200

## 7.- CONCLUSION

TEC. EVER NOEL CHURACUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Cobi Huaricalla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912





# ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 339.129 / ASTM D-4318

CODIGO  
**N° 004**  
FORMATO EGP

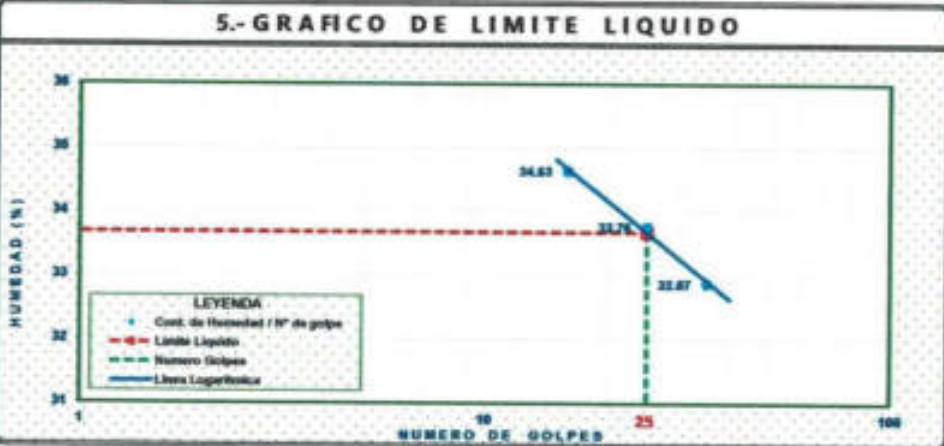
**PROYECTO :** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DATOS DE LA MUESTRA	
PROCEDENCIA : I.E. GUILLERMO AUZA ARCE	ESTRATO : E - 3
UNICADON : 19 K 368548 / 8010213	PROFUNDIDAD : De 2.50 al 3.00 metros
CALICATA : C - 1	FECHA DE MUESTREO : 12/Mayo/2020

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa	
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.	
FECHA DE ENSAYO : 19/Mayo/2020	

3.- DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO MTCE-110						
DESCIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	35	25	16	—	<b>34 %</b>
N° Tara	n°	13	15	16	—	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	28.93	28.45	30.69	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	25.86	25.32	27.14	—	
Peso del agua	gr.	3.07	3.13	3.55	—	
Peso de la tara	gr.	16.52	16.05	16.89	—	
Peso del suelo seco	gr.	9.34	9.27	10.25	—	
Contenido de humedad	%	32.87	33.76	34.63	—	

4.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO MTCE-111					
DESCIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
N° Tara	n°	8	4	—	<b>31 %</b>
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	30.29	32.67	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	28.55	28.83	—	
Peso del agua	gr.	1.74	3.84	—	
Peso de la tara	gr.	22.93	16.13	—	
Peso del suelo seco	gr.	5.62	12.7	—	
Contenido de humedad	%	30.96	30.24	—	



6.- RESULTADO	
INDICE DE PLASTICIDAD	<b>3 %</b>
INDICE DE CONSISTENCIA	<b>6 %</b>
INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ	<b>-5 %</b>

7.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO			
Balanza de 0.01 gr	Balanza	Forma N°40	Horno Eléctrico
Espectro de 1/2"	Feritas de Humedad	Casa grande	Vidrio Conesilab
—	—	—	—

**8.- CONCLUSION**

**TEC. EVER CHURA CUTIPA**  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreta y Pavimento

**Guido Cañi H.**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912



**DENSIDAD IN SITU**  
NORMA APLICABLE: ASTM D-1586 / NTP 339.143

CODIGO  
**N° 009**  
FORMATO E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO	
PROCEDENCIA	: I.E. GUILLERMO ALIZA ARCE
UBICACIÓN	: 29 K. 368548 / 8010213
CAUCATA	: C - 2

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA	: Tec. Ever Chora Cutipa
TEC. RESPONSABLE	: Ing. Guido Cati H.
FECHA DE ENSAYO	: 12/Mayo/2020

4.- DATOS DE PUNTO DE ENSAYO		
DESCRIPCION	UNIDAD	DATOS
UBICACIÓN	N°	Fondo
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Metros	3.00
PROFUNDIDAD DEL HOYO	cm	13
NUMERO DE EQUIPO DE DENSIDAD	N°	1

5.- DATOS DE LABORATORIO	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.370 gr/cm <sup>3</sup>
PESO DE ARENA EN CONO	1411.0 gr.
PESO ESPECIFICO DE GRAVA	1.874 gr/cm <sup>3</sup>

6.- DATOS DEL ENSAYO			
01	Peso de frasco + arena	gr	7128
02	Peso de frasco + arena sobrante	gr	1902
03	Peso de arena: cono + Hoyo	gr	5226
04	Peso de arena en el Hoyo	gr	3815
05	Volumen del Hoyo	cm <sup>3</sup>	2785
06	Peso Material Extraido + Tara	gr	4369
07	Peso de la Tara	gr	176
08	Peso Material Extraido Seco	gr	3742

7.- DATOS DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
<b>12.05 %</b>

DENSIDAD NATURAL HUMEDAD DE CAMPO
<b>1.506 gr/cm<sup>3</sup></b>

CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY			
12	Numero de la Tara	n°	V
13	Peso de Tara + suelo húmedo	gr	474.30
14	Peso de Tara + suelo seco	gr	423.3
15	Peso de agua	gr	51.00
16	Peso de suelo seco	gr	423.3
17	Contenido de humedad	%	12.05

DENSIDAD NATURAL SECA DE CAMPO
<b>1.344 gr/cm<sup>3</sup></b>

5.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYOS		
Balanza de 1 gr.	Horno	Tarraz N° 4
Cono de densidad	Arena Calibada	Balanza de 0.1 gr.
—	—	—

6.- CONCLUSION

 TEC. EVER CHORA CUTIPA Laboratorio de Suelos Concreto y Pavimento	  Guido Gonzalo Cati Zharicello INGENIERO CIVIL CIP N° 235912
---	---

## **CALICATA N° C- 02**

**COORDENADAS : 19 K 367541 / 8009979**

**Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros.**

---


- **PERFIL ESTRATIGRAFICO.**
- **ESTRATO N° 01 ( Profundidad : De 0.00 a 0.30 metros )**
- **ESTRATO N° 02 ( Profundidad : De 0.30 a 3.00 metros )**

# PERFIL ESTRATIGRAFICO

FORMA  
N° 011  
FORMATO E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1- DESCRIPCION DE LA CALICATA			2- PERSONAL	
PROVENIENCIA : AV. JORGE BASADRE OESTE	ESTRATOS	E-1 / 0.00 a 0.30 m	REALIZADO : Tec. Ever Chura Cutipa	
UBICACIÓN : 19 K 367541 / 80099798		E-2 / 0.30 a 3.00 m	ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.	
CALICATA : C - 2	PROFUNDIDAD : 3.00 m	FECHA DE MUESTREO : 23/Septiembre/2019		

3-DATOS DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO						
PROFUNDIDAD (metros)	MUESTRA			DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO	PROFUNDIDAD (metros)
	TIPO	CLASIFICACION	SIMBOLO			
0.20 m				E-1 Estrato de material de relleno		0.20 m
0.40 m						0.40 m
0.60 m						0.60 m
0.80 m						0.80 m
1.00 m						1.00 m
1.20 m						1.20 m
1.40 m				E-2 Muestra con una profundidad de 0.30 m a 3.00 m conformado por cenizas volcánicas de color blanco beige de matriz soportada, con poca presencia de clastos sub angulares, que varían de tamaño entre 0.5 cm a 1.5 cm de origen volcánico.		1.40 m
1.60 m		SM				1.60 m
1.80 m						1.80 m
2.00 m						2.00 m
2.20 m					2.20 m	
2.40 m					2.40 m	
2.60 m					2.60 m	
2.80 m					2.80 m	
3.00 m					3.00 m	

	MUESTRA ALTERADA		MUESTRA INALTERADA		MUESTRA EN BLOQUE		MUESTRA DE AGUA
---	------------------	---	--------------------	---	-------------------	---	-----------------

  
TEC. EVER CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



  
Guido Gonzalo Cañi Huarcillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912

# ESTRATO N° 02

Profundidad : De 0.30 a 3.00 metros.

---

- CONTENIDO DE HUMEDAD.
- ANALISIS GRANULOMETRICO.
- LIMITES DE ATTERBERG.
- PESO ESPECIFICO.
- GRAVEDAD ESPECIFICA.
- DENSIDAD MINIMA.
- COMPACTACION DE SUELO EN LAB.
- DENSIDAD IN SITU
- DENSIDAD RELATIVA



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**  
 NORMA APLICABLE: NTP-339.127 / ASTM D-2216

ORDEN  
**N° 012**  
 FORMATO ECF

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
PROCEDENCIA : AV. JORGE BASADRE OESTE	ESTRATO : E-2
UBICACIÓN : 15 K 367541 / 80099790	PROFUNDIDAD : De 0.30 al 3.00 metros
CALCATA : C-2	FECHA DE MUESTREO : 23/Setiembre/2019

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa	
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.	
FECHA DE ENSAYO : 23/Setiembre/2019	

3.- CONTENIDO HUMEDAD						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		7	2	---	3.93 %
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	317.20	314.20	---	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	305.30	302.20	---	
4	Peso del Agua	gr	11.90	12.00	---	
5	Peso de la Tara	gr	0.0	0.0	---	
6	Peso Muestra Seca	gr	305.3	302.2	---	
7	Contenido de humedad	%	3.90	3.97	---	

4.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO	
Balanza de 1gr	---
Horno Eléctrico	---
---	---

5.- CONCLUSION




TEC. EVER CHURA CUTIPA  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreto y Pavimento


 Guido Gonzalo Cañi Huarcillo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912



# ANALISIS GRANULOMETRICO

NORMA APLICABLE: NTP 358.120 / ASTM D - 422

CODIGO  
**N° 013**  
PERUANO E.C.P

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROVENIENCIA : AV. JORGE BASADRE OESTE	ESTRATO : E-2
DIRECCIÓN : 29 K 367541 / 80099780	PROFUNDIDAD : De 0.30 al 3.00 metros
CALCATA : C-2	FECHA DE MUESTREO : 23/Setiembre/2019

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cani H.
FECHA DE ENSAYO : 23/Setiembre/2019

## 3.- DATOS DEL ENSAYO

CLASIFICACION SEGUN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO MUESTRA (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	plg/pulg	mm					
GRANULOMETRIA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	CANTO BONDADO						
	3 1/2"		87.500				
	3"		75.000				
	GRUESA	2 1/2"		63.000			
		2"		50.000			
		1 1/2"		37.500			
		1"		25.000			
		3/4"		19.000			100.00
		1/2"		12.500	25.0	0.39	0.39
	FINA	3/8"		9.500	35.5	0.55	0.94
1/4"		6.250	33.0	0.51	1.45	98.55	
Nº4		4.750	17.4	0.27	1.72	98.28	
Nº10		2.000	17.0	1.99	3.71	96.29	
Nº20		0.850	79.8	9.36	13.07	86.93	
Nº40		0.425	160.6	18.84	31.91	68.09	
ARENA DE 4.75 mm hasta 4.75 mm	GRUESA						
	Nº60		0.250	90.8	10.65	42.56	57.44
	Nº80		0.180	23.7	2.71	45.26	54.74
	Nº100		0.150	74.7	8.69	53.96	46.04
	Nº200		0.075	158.7	18.61	72.57	27.43
	FINA						
LIMO Y ARCILLA							
			233.90	27.43	100.00	0.00	

Arene limosa SP

## 4.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	3.93 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	6455.0 gr.
Peso Muestra Grava	110.9 gr.
Peso Muestra Arena	6344.1 gr.
Peso Fraccion fino < Nº 4	838.0 gr.
Porcentaje de Grava	1.72 %
Porcentaje de Arena	70.85 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	27.43 %

## LIMITE DE ATTERBERG

Límite Líquido	37 %
Límite Plástico	35 %
Índice de Plasticidad	2 %

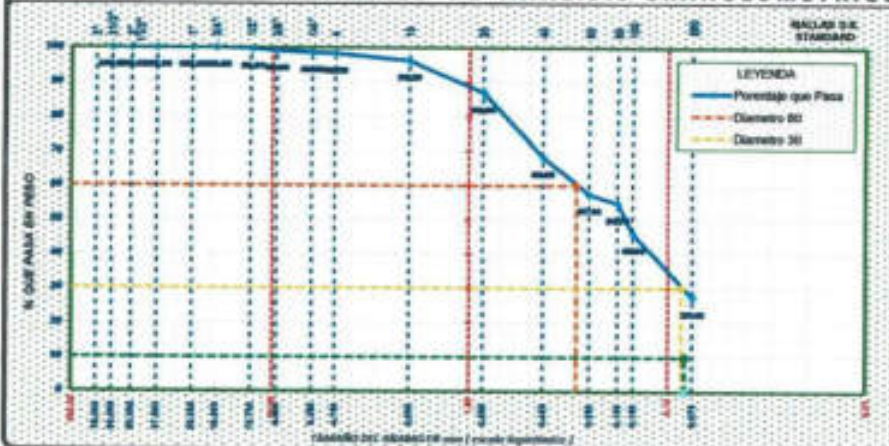
## DENSIDADES

Densidad Natural	1.336 g/cm³
Densidad Mínima	0.829 g/cm³
Densidad Máxima	1.366 g/cm³

## PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA

Peso Especifico de Grava	2.631 g/cm³
Gravedad Especifica finos	2.688 g/cm³

## 3.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



## TIPO DE MUESTRA

MUESTRA ALIADA

## SUCS

## SM

## DIAMETROS

Diametro 60	0.25 mm
Diametro 30	0.075 mm
Diametro 10	

## COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

## COEFICIENTE DE CURVATURA

## 6.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balance de 1 gr	Tamiz 7	Tamiz 30	Tamiz 100	Tamiz 200
Balance de 0.1 gr	Tamiz 100	Tamiz 150	Tamiz 40	Tamiz 60
Forma Geométrica	Tamiz 1	Tamiz 30	Tamiz 10	Tamiz 60, 100 y 200

## 7.- CONCLUSION

*Ever Chura Cutipa*  
TEC. EVER CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



*Guido Cani H.*  
Guido Gonzalo Cani H. Canicalla  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



# ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 339.129 / ASTM D-4318

CODIGO  
**N° 014**  
FORMA E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROVENIENCIA : AV. JORGE BASADRE OESTE	ESTRATO : E - 2
UBICACIÓN : 19 K 367541 / 80099798	PROFUNDIDAD : De 0.30 al 3.00 metros
CALICATA : C - 2	FECHA DE MUESTREO : 23/Setiembre/2019

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Churo Cutipo
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.
FECHA DE ENSAYO : 23/Setiembre/2019

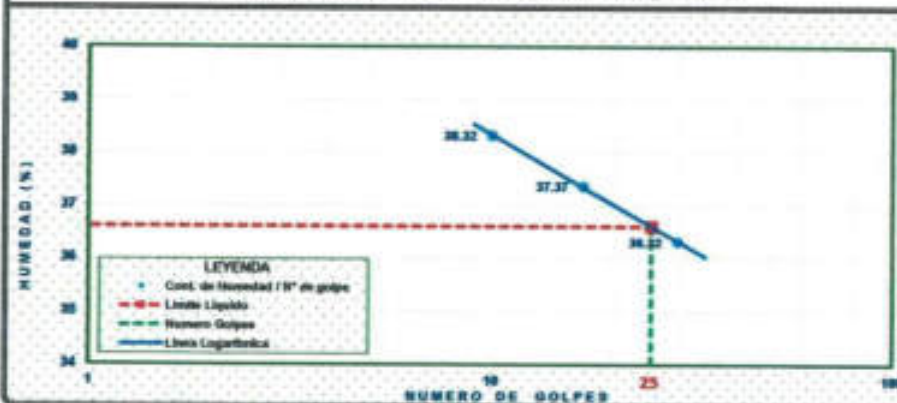
## 3.- DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO MTCE-110

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	29	17	10	—	37 %
N° Tara	n°	7	M2	X	—	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	39.00	41.85	43.45	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	35.55	37.68	37.79	—	
Peso del agua	gr.	3.45	4.17	5.66	—	
Peso de la tara	gr.	26.05	26.52	23.02	—	
Peso del suelo seco	gr.	9.50	11.16	14.77	—	
Contenido de humedad	%	36.32	37.37	38.32	—	

## 4.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO MTCE-111

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
N° Tara	n°	14	8	—	35 %
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	29.44	35.26	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	28.60	33.1	—	
Peso del agua	gr.	0.84	2.16	—	
Peso de la tara	gr.	26.17	26.96	—	
Peso del suelo seco	gr.	2.43	6.14	—	
Contenido de humedad	%	34.57	35.18	—	

## 5.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



## 6.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD

2 %

INDICE DE CONSISTENCIA

19 %

INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ

-18 %

## 7.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 0.01 gr	Receptor	Tamiz N°40	Navas (láctico)
Epstein de 1/2	Servicio de Humedad	Casa grande	Wálio Emersalati

## 8.- CONCLUSION

TEC. EVER CHURO CUTIPO  
LABORATORIO DE SUELOS  
Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Cañi Zúñiga  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912





**DENSIDAD IN SITU**  
 NORMA APLICABLE: ASTM D-1558 / NTP 339.143

CODIGO  
**N° 019**  
 FORMATO E.C.P.

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO	
PROXIMIDAD :	AV. JORGE BASADRE OESTE
UBICACIÓN :	19 K 367541 / 80099798
CALECATA :	C-2

2.- PERSONAL	
LABORANTISTA :	Tec. Ever Churo Cutipa
ESPECIALISTA :	Ing. Guido Calfi H.
FECHA DE ENSAYO :	23/Setiembre/2019

4.- DATOS DE PUNTO DE ENSAYO		
DESCRIPCION	UNIDAD	DATOS
UBICACIÓN	N°	Fondo
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Metros	3.00
PROFUNDIDAD DEL HOYO	cm	13
NUMERO DE EQUIPO DE DENSIDAD	N°	1

5.- DATOS DE LABORATORIO	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.400 gr/cm <sup>3</sup>
PESO DE ARENA EN CONO	1555.0 gr.
PESO ESPECIFICO DE GRAVA	2.631 gr/cm <sup>3</sup>

6.- DATOS DEL ENSAYO			
01	Peso de frasco + arena	gr	7310
02	Peso de frasco + arena sobrante	gr	2305
03	Peso de arena: cono + Hoyo	gr	5005
04	Peso de arena en el Hoyo	gr	3450
05	Volumen del Hoyo	cm <sup>3</sup>	2464
06	Peso Material Extraído + Tara	gr	3293
07	Peso de la Tara	gr	0
08	Peso Material Extraído Seco	gr	3191
CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY			
12	Numero de la Tara	n°	V
13	Peso de Tara + suelo húmedo	gr	864.90
14	Peso de Tara + suelo seco	gr	838.0
15	Peso de agua	gr	26.90
16	Peso de suelo seco	gr	838.0
17	Contenido de humedad	%	3.21


7.- DATOS DE LABORATORIO	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	
3.21 %	



DENSIDAD NATURAL HUMEDAD DE CAMPO	1.336 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------------------	--------------------------

DENSIDAD NATURAL SECA DE CAMPO	1.295 gr/cm <sup>3</sup>
--------------------------------	--------------------------

5.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYOS		
Balanza de 1 gr.	Nome	Tamiz N° 4
Cono de densidad	Areia Calibrada	Balanza de 0.1 gr.
---	---	---

6.- CONCLUSION	

  
 TEC. EVER NOEL CHURA CUTIPA  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreto y Pavimento

  
  
 Guido Humberto Calfi Huarcillo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

# CALICATA N° C- 03

COORDENADAS : 19 K 367862 / 8010157

Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros.

---

- PERFIL ESTRATIGRAFICO.
- ESTRATO N° 01 ( Profundidad : De 0.00 a 0.15 metros )
- ESTRATO N° 02 ( Profundidad : De 0.15 a 3.00 metros )

# PERFIL ESTRATIGRAFICO

FORMA  
**N° 021**  
FORMATO E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA				2.- PERSONAL	
PROVENIENCIA : I.E.L. N° 300 SANTA MARÍA	ESTRATORIO	E-1 / 0.00 a 0.25 m E-2 / 0.25 a 3.00 m		REALIZADO : Tte. Ever Churo Cutipa	
UBICACIÓN : 29 K 367962 / 803101570	PROFUNDIDAD : 3.00 m			ESPECIALISTA : Ing. Guido Cani	
CALICATA : C-3				FECHA DE MUESTREO : 11/Mayo/2020	

3.- DATOS DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO						
PROF. (metros)	MUESTRA			CLASIFICACION SUCS	PANEL FOTOGRAFICO	PROF. (metros)
	TIPO	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN			
0.00			E-1 Material Antrópico			0.00
-0.50						-0.50
-1.00						-1.00
-1.50			E-2 Estrato de arenas limosas de color rosáceo claro perteneciente al depósito de cenizas volcánicas con fragmentos de pómez blanca. También presenta gravas angulosas con textura lisa (Roca volcánica andesita) de escasa cantidad, humedad natural media con compacidad natural media.	SM		-1.50
-2.00						-2.00
-2.50						-2.50
-3.00						-3.00

Tte. Ever Churo Cutipa  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Cani  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

# ESTRATO N° 02

Profundidad : De 0.15 a 3.00 metros.

---

- CONTENIDO DE HUMEDAD.
- ANALISIS GRANULOMETRICO.
- LIMITES DE ATTERBERG.
- PESO ESPECIFICO.
- GRAVEDAD ESPECIFICA.
- DENSIDAD MINIMA.
- COMPACTACION DE SUELO EN LAB.
- DENSIDAD IN SITU
- DENSIDAD RELATIVA



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 399.127 / ASTM D-2216

ORDEN  
**N° 022**  
PROMIJO E.C.P.

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
PROCEDENCIA : I.E.I. N° 300 SANTA MARÍA	ESTRATO : E - 2
UBICACIÓN : 19 K 357862 / 801015.78	PROFUNDIDAD : De 0.15 a 3.00 metros
CALICATA : C - 3	FECHA DE MUESTREO : 30/Abril/2020

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA : Tec. Ever Churu Cutipa	
ESPECIALISTA : Ing. Guido Coffi H.	
FECHA DE ENSAYO : 11/Mayo/2020	

3.- CONTENIDO HUMEDAD						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		1	2	---	<b>7.63 %</b>
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	895.20	945.40	---	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	830.20	880.00	---	
4	Peso del Agua	gr	65.00	65.40	---	
5	Peso de la Tara	gr	0.0	0.0	---	
6	Peso Muestra Seca	gr	830.2	880.0	---	
7	Contenido de humedad	%	7.83	7.43	---	

4.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO	
Balanza de 1gr	---
Horno Eléctrico	---
---	---

5.- CONCLUSION

  
 Ever Churu Cutipa  
 SUELOS  
 Concreto y Pavimento

  
 Guido Gonzalo Coffi Huarcilla  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912



# ANALISIS GRANULOMETRICO

NORMA APLICABLE: NTP 330.120 / ASTM D - 422

CODIGO  
**N° 023**  
FORMAFO S.C.P

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : L.E.I. N° 300 SANTA MARÍA	ESTRATO : E - 2
UBICACIÓN : 19 K 367062 / 80101570	PROFUNDIDAD : De 0.15 al 3.00 metros
CATEGORÍA : C - 3	FECHA DE MUESTREO : 30/Abril/2020

## 2.- PERSONAL

LABORANTISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.
FECHA DE ENSAYO : 11/Mayo/2020

## 3.- DATOS DEL ENSAYO

CLASIFICACION SEGUN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO MUESTRA (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)		
	pulgadas	mm						
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	CANTO REDONDO							
	GRUESA	3 1/2"	87.500					
		3"	75.000					
		2 1/2"	63.000					
		2"	50.000					
		1 1/2"	37.500					
	FINA	1"	25.000					
		3/4"	19.000				100.00	
		1/2"	12.500	38.4	0.49	0.49	99.51	
		3/8"	9.500	30.4	0.39	0.88	99.12	
1/4"		6.250	32.3	0.41	1.29	98.71		
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	FINA	Nº4	4.750	15.4	0.20	1.48	98.52	
		GRUESA	Nº10	2.000	50.2	5.38	6.87	93.13
		MEDIA	Nº20	0.850	87.3	9.36	16.23	83.77
		Nº40	0.425	156.2	16.76	32.99	67.01	
		Nº60	0.250	75.6	8.11	41.10	58.90	
		Nº80	0.180	39.1	4.19	45.29	54.71	
Nº100	0.150	31.1	3.34	48.63	51.37			
Nº200	0.075	110.8	11.89	60.51	39.49			
LIMO Y ARCILLA	Base	0.074	368.10	39.49	100.00	0.00		

Areña limosa SM

## 4.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	7.63 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	7858.8 gr.
Peso Muestra Grava	116.5 gr.
Peso Muestra Arena	7742.3 gr.
Peso Fracción Fino < Nº 4	918.4 gr.
Porcentaje de Grava	1.48 %
Porcentaje de Arena	58.03 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	39.49 %

## LIMITE DE ATTERBERG

Límite Líquido	37 %
Límite Plástico	36 %
Índice de Plasticidad	1 %

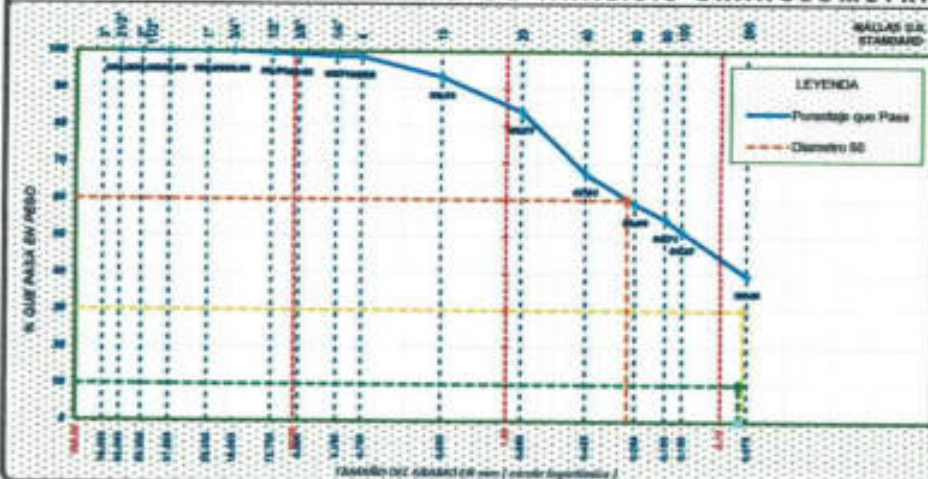
## DENSIDADES

Densidad Natural	1.209 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Mínima	0.822 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	1.199 gr/cm <sup>3</sup>

## PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA

Peso Específico de Grava	2.544 gr/cm <sup>3</sup>
Gravedad Específica Finos	2.208 gr/cm <sup>3</sup>

## 3.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



## TIPO DE MUESTRA

MUESTRA ATRAVADA

## SUCS

Grava	Grava	Grava	Grava
-------	-------	-------	-------

## DIAMETROS

Diámetro 60	0.27 mm
Diámetro 30	
Diámetro 10	

## COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

## COEFICIENTE DE CURVATURA

## 6.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 1 gr	Tamiz 2	Tamiz 4#	Tamiz 1/4	Tamiz n°20
Balanza de 0.1 gr	Tamiz 1 1/2	Tamiz 1/2	Tamiz n°4	Tamiz n°40
Forma Eléctrica	Tamiz 1	Tamiz 3/8	Tamiz n°10	Tamiz n°60, 80, 100

## 7.- CONCLUSION

TEC. EVER CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Cañi Huarcillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



# ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 330.129 / ASTM D-4318

CODIGO  
**N° 024**  
FORMATO E.C.P.

**PROYECTO :** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : I.E.I. N° 300 SANTA MARIA	ESTRATO : E-2
UBICACIÓN : 29 K 367862 / 80101578	PROFUNDIDAD : De 0.15 al 3.00 metros
CAUCATA : C-3	FECHA DE MUESTREO : 30/Abril/2020

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Calvi H.
FECHA DE ENSAYO : 11/Mayo/2020

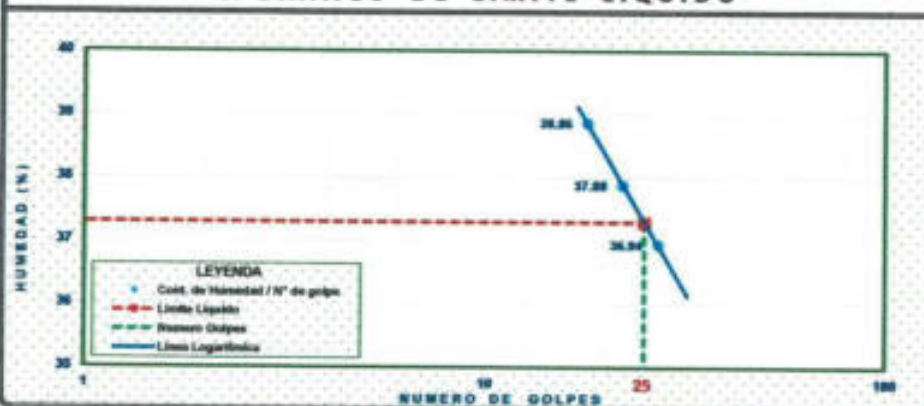
## 3.- DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO MTCE-110

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	27	22	18	—	37 %
N° Tara	n°	A	B	C	—	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	43.06	42.74	45.22	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	35.96	34.35	37.25	—	
Peso del agua	gr.	7.10	8.39	7.97	—	
Peso de la tara	gr.	16.74	12.2	16.74	—	
Peso del suelo seco	gr.	19.22	22.15	20.51	—	
Contenido de humedad	%	36.94	37.88	38.86	—	

## 4.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO MTCE-111

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
N° Tara	n°	G	H	—	36 %
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	39.80	60.30	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	36.87	57.42	—	
Peso del agua	gr.	2.93	2.88	—	
Peso de la tara	gr.	28.63	49.3	—	
Peso del suelo seco	gr.	8.24	8.12	—	
Contenido de humedad	%	35.56	35.47	—	

## 5.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



## 6.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD

1 %

INDICE DE CONSISTENCIA

17 %

INDICE DE FLUidez / LIQUIDEZ

-16 %

## 7.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 0.01 gr	Removidor	Tamiz N°40	Horno (Olivario)
Espectro de 1/2	Tarjetas de Humedad	Cazo grande	Módulo Concreto
—	—	—	—

## 8.- CONCLUSION

TÉC. EVER ANCEL CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Calvi Amarillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



**DENSIDAD IN SITU**  
 NORMA APLICABLE: ASTM D-1556 / NTP-339.143

ORDEN  
**N° 029**  
 PUNTO E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO	
PROCEDENCIA	: I.E.I. N° 300 SANTA MARIA
UBICACIÓN	: 19 K 367862 / 80101570
CAUCATA	: C-3

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA	: Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA	: Ing. Guido Cañi H.
FECHA DE ENSAYO	: 30/Abril/2020

4.- DATOS DE PUNTO DE ENSAYO		
DESCRIPCION	UNIDAD	DATOS
UBICACIÓN	N°	Fondo
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Metros	3.00
PROFUNDIDAD DEL HOYO	cm	13
NUMERO DE EQUIPO DE DENSIDAD	N°	1

5.- DATOS DE LABORATORIO	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.380 gr/cm <sup>3</sup>
PESO DE ARENA EN CONO	1535.0 gr.
PESO ESPECIFICO DE GRAVA	2.544 gr/cm <sup>3</sup>

6.- DATOS DEL ENSAYO			
01	Peso de frasco + arena	gr	6923
02	Peso de frasco + arena sobrante	gr	2664
03	Peso de arena: cono + Hoyo	gr	4259
04	Peso de arena en el Hoyo	gr	2724
05	Volumen del Hoyo	cm <sup>3</sup>	1974
06	Peso Material Extraido + Tara	gr	2570
07	Peso de la Tara	gr	183
08	Peso Material Extraido Seco	gr	2214

7.- DATOS DE LABORATORIO	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	
<b>7.83 %</b>	

CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY			
12	Numero de la Tara	n°	V
13	Peso de Tara + suelo húmedo	gr	447.60
14	Peso de Tara + suelo seco	gr	415.1
15	Peso de agua	gr	32.50
16	Peso de suelo seco	gr	415.1
17	Contenido de humedad	%	7.83

DENSIDAD NATURAL HUMEDAD DE CAMPO	
<b>1.209 gr/cm<sup>3</sup></b>	

5.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYOS		
Balanza de 1 gr.	Horno	Tamiz N° 4
Cono de densidad	Arma Calibrada	Balanza de 0.1 gr.
—	—	—

DENSIDAD NATURAL SECA DE CAMPO	
<b>1.121 gr/cm<sup>3</sup></b>	

6.- CONCLUSION	

 TEC. EVER CHURA CUTIPA Laboratorio de Suelos Concrete y Pavimento	  INGENIERO CIVIL CIP N° 235912	
---	--	--



## **CALICATA N° C- 04**

**COORDENADAS : 19 K 367748 / 8010526**

**Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros.**

---

→ **PERFIL ESTRATIGRAFICO.**

→ **ESTRATO N° 01 ( Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros )**



# ESTRATO N° 01

Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros.

---

- CONTENIDO DE HUMEDAD.
- ANALISIS GRANULOMETRICO.
- LIMITES DE ATTERBERG.
- PESO ESPECIFICO.
- GRAVEDAD ESPECIFICA.
- DENSIDAD MINIMA.
- COMPACTACION DE SUELO EN LAB.
- DENSIDAD IN SITU
- DENSIDAD RELATIVA



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 399.127 / ASTM D-2216

COORDO  
**N° 032**  
PERMISO E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

### 1.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : COMPAÑIA DE BOMBEROS- A. A.	ESTRATO : E-3
UBICACIÓN : 19 K 367748 / 8010526	PROFUNDIDAD : De 0.00 al 3.00 metros
CALCATA : C-4	FECHA DE MUESTREO : 15/Noviembre/2020

### 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Colli H.
FECHA DE ENSAYO : 17/Noviembre/2020

### 3.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		1	2	---	3.49 %
2	Peso Muestra humeda + Tara	gr	493.60	503.80	---	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	476.80	487.00	---	
4	Peso del Agua	gr	16.80	16.80	---	
5	Peso de la Tara	gr	0.0	0.0	---	
6	Peso Muestra Seca	gr	476.8	487.0	---	
7	Contenido de humedad	%	3.52	3.45	---	

### 4.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 1gr	---
Horno Eléctrico	---
---	---

### 5.- CONCLUSION

  
TEC. EVER CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



  
Guido Gonzalo Colli Huarcillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



# ANALISIS GRANULOMETRICO

NORMA APLICABLE: NTP 330.100 / ASTM D - 422

CODIGO  
**N° 033**  
PUNTAO E.C.P

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : COMPAÑIA DE BOMBEROS - A. A.	ESTRATO : E - 3
UBICACIÓN : 19 K 367408 / 8010526	PROFUNDIDAD : De 0.00 al 3.00 metros
CALCATA : C - 4	FECHA DE MUESTREO : 15/Noviembre/2020

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Churo Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cafi H.
FECHA DE ENSAYO : 17/Noviembre/2020

## 3.- DATOS DEL ENSAYO

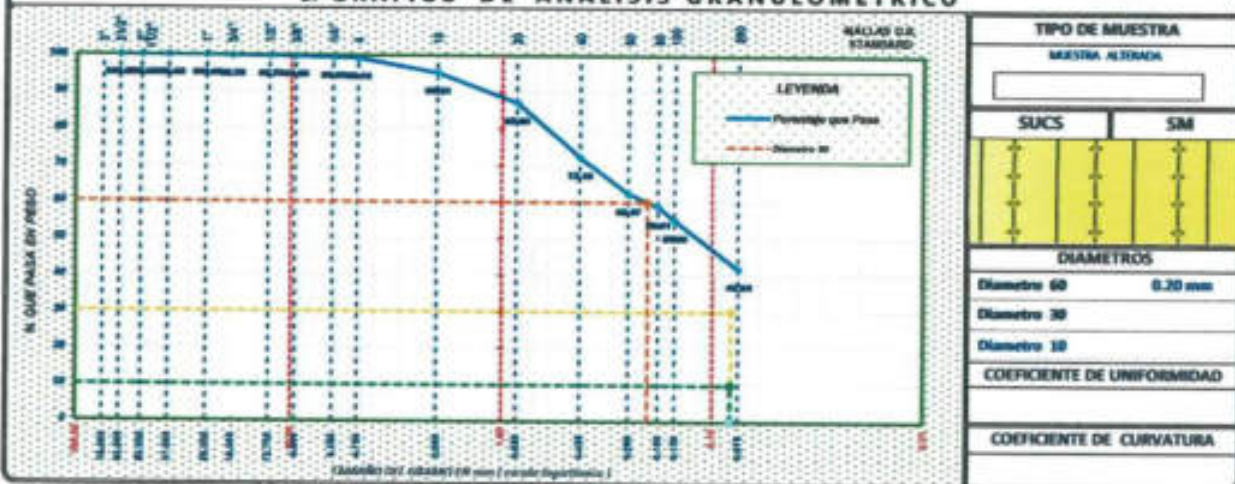
CLASIFICACION SEGUN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO MUESTRA (gr)	RETERNO PARCIAL (%)	RETERNO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	pulgadas	mm					
CANTO RODADO	3 1/2"	87.500					
ARENIA DE ALTO MAS FINEZ 15.00 mm	GRUESA	3"	75.000				
		2 1/2"	63.000				
		2"	50.000				
		1 1/2"	37.500				
		1"	25.000			100.00	
	FINA	3/4"	19.000	33.1	0.21	0.21	99.79
		1/2"	12.500	4.4	0.03	0.24	99.76
		3/8"	9.500	17.7	0.11	0.35	99.65
		1/4"	6.250	50.1	0.32	0.67	99.33
		Nº4	4.750	29.0	0.19	0.86	99.14
ARENIA DE ALTO MAS FINEZ < 4.75 mm	GRUESA	Nº10	2.000	19.3	3.93	4.79	95.21
		Nº20	0.850	40.0	8.14	12.92	87.08
	FINA	Nº40	0.425	73.3	14.92	27.84	72.16
		Nº60	0.250	48.1	9.79	37.63	62.37
		Nº80	0.180	17.5	3.56	41.19	58.81
		Nº100	0.150	18.3	3.72	44.91	55.09
LIMO Y ARCILLA	Base	Nº200	0.075	65.1	13.25	58.16	41.84
		Base	0.074	205.60	41.84	100.00	0.00

Areña Limosa SP

## 4.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	3.41 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	15882.2 gr.
Peso Muestra Grava	134.3 gr.
Peso Muestra Arena	15527.9 gr.
Peso Fraccion Fino < Nº 4	487.2 gr.
Porcentaje de Grava	0.86 %
Porcentaje de Arena	57.30 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	41.84 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Límite Líquido	38 %
Límite Plástico	34 %
Índice de Plasticidad	2 %
DENSIDADES	
Densidad Natural	1.264 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Mínima	0.887 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	1.240 gr/cm <sup>3</sup>
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica fines	2.432 gr/cm <sup>3</sup>

## 3.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



## 6.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 1 gr	Tamiz 2	Tamiz 3/8	Tamiz 1/4	Tamiz n°20
Balanza de 0.1gr	Tamiz 1 1/2	Tamiz 1/2	Tamiz n°10	Tamiz n°40
Forma Electrica	Tamiz 1	Tamiz 3/8	Tamiz n°10	Tamiz n°60, 100, 200

## 7.- CONCLUSION

TEC. EVER NOEL CHURACUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



# ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 339.129 / ASTM D-4318

CÓDIGO  
**N° 034**  
FORMATO K.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : COMPAÑIA DE BOMBEROS - A. A.	ESTRATO : E - 3
UBICACIÓN : 19 K 367748 / 8010526	PROFUNDIDAD : De 0.00 al 3.00 metros
CALCATA : C - 4	FECHA DE MUESTREO : 15/Noviembre/2020

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Colli H.
FECHA DE ENSAYO : 17/Noviembre/2020

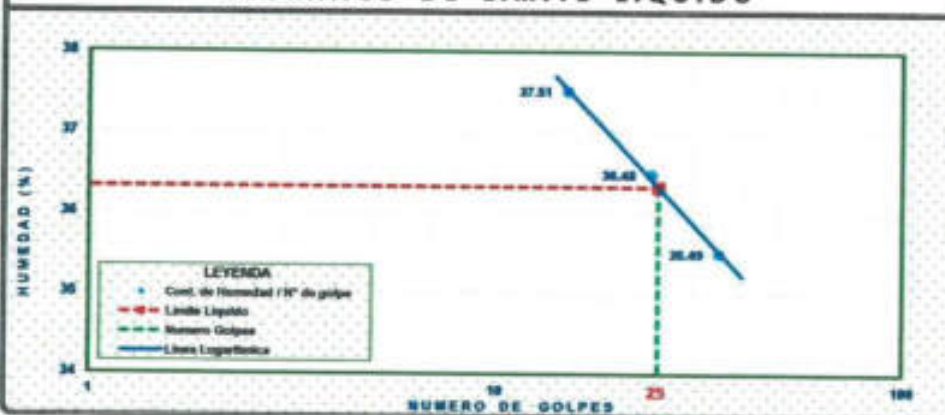
## 3.- DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO MTCE-110

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	35	24	15	—	36 %
N° Tara	n°	S	T	E	—	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	33.06	30.85	31.9	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	28.68	27.06	27.59	—	
Peso del agua	gr.	4.38	3.79	4.31	—	
Peso de la tara	gr.	16.34	16.67	16.10	—	
Peso del suelo seco	gr.	12.34	10.39	11.49	—	
Contenido de humedad	%	35.49	36.48	37.51	—	

## 4.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO MTCE-111

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
N° Tara	n°	D	—	—	34 %
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	28.09	—	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	26.80	—	—	
Peso del agua	gr.	1.49	—	—	
Peso de la tara	gr.	22.24	—	—	
Peso del suelo seco	gr.	4.36	—	—	
Contenido de humedad	%	34.17	—	—	

## 5.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



## 6.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD

2 %

INDICE DE CONSISTENCIA

15 %

INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ

-14 %

## 7.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 0.01 gr	Remecedor	Tamiz N°10	Mazo Eléctrico
Especial de US	Tarjetas de Humedad	Cazo grande	Mazo Emmerich
—	—	—	—

## 8.- CONCLUSION

TEC. EVER INDEL CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Colli Zauricillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



**DENSIDAD IN SITU**  
 NORMA APLICABLE: ASTM D-1586 / NTP 339.143

COORDINADO  
**N° 038**  
 FORMATO ECF

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	
PROCEDENCIA	: COMPAÑIA DE BOMBEROS - ALTO DE LA ALIANZA
UBICACIÓN	: 19 K 367748 / 8010526
CALCATA	: C-4

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA	: Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA	: Ing. Guido Cofi H.
FECHA DE ENSAYO	: 15/Noviembre/2020

4.- DATOS DE PUNTO DE ENSAYO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS
UBICACIÓN	N°	Fondo
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Metros	2.80
PROFUNDIDAD DEL HOYO	cm	14
NUMERO DE EQUIPO DE DENSIDAD	N°	1

5.- DATOS DE LABORATORIO	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.462 gr/cm <sup>3</sup>
PESO DE ARENA EN CONO	1532 gr.
PESO ESPECIFICO DE GRAVA	

6.- DATOS DEL ENSAYO			
01	Peso de frasco + arena	gr	8974
02	Peso de frasco + arena sobrante	gr	4402
03	Peso de arena: cono + Hoyo	gr	4572
04	Peso de arena en el Hoyo	gr	3040
05	Volumen del Hoyo	cm <sup>3</sup>	2079
06	Peso Material Extraído + Tara	gr	2638
07	Peso de la Tara	gr	8
08	Peso Material Extraído Seco	gr	2539

7.- DATOS DE LABORATORIO	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	
3.52 %	

CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY			
12	Numero de la Tara	n°	V
13	Peso de Tara + suelo húmedo	gr	493.60
14	Peso de Tara + suelo seco	gr	476.8
15	Peso de agua	gr	16.80
16	Peso de suelo seco	gr	476.8
17	Contenido de humedad	%	3.52

DENSIDAD NATURAL HUMEDAD DE CAMPO	1.264 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------------------	--------------------------

DENSIDAD NATURAL SECA DE CAMPO	1.221 gr/cm <sup>3</sup>
--------------------------------	--------------------------

5.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYOS		
Balanza de 1 gr.	Horno	Tamiz N° 4
Cono de densidad	Arena Calibrado	Balanza de 0.1 gr.
---	---	---

6.- CONCLUSION	

  
 TEC. EVER NOEL CHURA CUTIPA  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreto y Pavimento

  
  
 Guido Gonzalo Cofi Hauricallo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

## CALICATA N° C- 05

COORDENADAS : 19 K 368144 / 8011039

Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros.

---

- PERFIL ESTRATIGRAFICO.
- ESTRATO N° 01 ( Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros )




# PERFIL ESTRATIGRAFICO

N° 040  
PERFIL E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA				2.- PERSONAL	
PROCEDENCIA : LOCAL COMUNAL ASOC. MILLER	ESTRATOS	: E-1 / 0.00 a 3.00 m		ENCARGADO	: Tec. Ever Chura Cutipa
UBICACIÓN : 29 K 3683-41 / 8012039	PROFUNDIDAD	: 3.00 m		ESPECIALISTA	: Ing. Guido Cañi H.
CAJONETA : C-5	FECHA DE MUESTREO : 25/Noviembre/2020				

3.- DATOS DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO							
PROF. (metros)	MUESTRA			CLASIFICACION SUCS	PANEL FOTOGRAFICO	PROF. (metros)	
	TIPO	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN				
0.00						0.00	
-0.50						-0.50	
-1.00						-1.00	
-1.50			E-1 Estrato conformado de deposito de cenizas volcanicas (arenas limosas de color rosado claro) con fragmentos de pómez blanca. También presenta gravas angulosas (Roca volcanica andesita) de escasa cantidad, humedad natural media con compactación natural media a alta.	SM		-1.50	
-2.00						-2.00	
-2.50						-2.50	
-3.00						-3.00	
	MUESTRA ALTERADA		MUESTRA INALTERADA			MUESTRA EN BLOQUE	MUESTRA DE AGUA

  
 TEC. EVER NOEL CHURA CUTIPA  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreta y Pavimento

  
 Gonzalo Cañi Desarrollo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

# ESTRATO N° 01

Profundidad : De 0.00 a 3.00 metros.

---

- CONTENIDO DE HUMEDAD.
- ANALISIS GRANULOMETRICO.
- LIMITES DE ATTERBERG.
- PESO ESPECIFICO.
- GRAVEDAD ESPECIFICA.
- DENSIDAD MINIMA.
- COMPACTACION DE SUELO EN LAB.
- DENSIDAD IN SITU
- DENSIDAD RELATIVA



# CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 338.127 / ASTM D-2216

CONFORME  
**N° 041**  
FORMATO E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

PROVENIENCIA : LOCAL COMUNAL ASOC. MILLER	ESTRATO : E - 1
UBICACIÓN : 19 K 368141 / 8011039	PROFUNDIDAD : De 0.00 al 3.00 metros
CALCATA : C - 5	FECHA DE MUESTREO : 25/Noviembre/2020

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.
FECHA DE ENSAYO : 26/Noviembre/2020

## 3.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		S	G	---	3.00 %
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	483.60	493.80	---	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	469.35	479.55	---	
4	Peso del Agua	gr	14.25	14.25	---	
5	Peso de la Tara	gr	0.0	0.0	---	
6	Peso Muestra Seca	gr	469.4	479.6	---	
7	Contenido de humedad	%	3.04	2.97	---	

## 4.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO


Balanza de 1gr	---
Horno Eléctrico	---
---	---

## 5.- CONCLUSION

--

  
 TEC. EVER NOEL CHURA CUTIPA  
 Laboratorio de Suelos  
 Concreto y Pavimento



  
 Guido Gonzalo Cañi Huaricalla  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912



# ANALISIS GRANULOMETRICO

NORMA APLICABLE: NTP 338.138 / ASTM D - 422

CODIGO  
**N° 042**  
FORMATO E.C.P

**PROYECTO :** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DATOS DE LA MUESTRA	
PROVENIENCIA : LOCAL COMUNAL ASOC. MILLER	ESTRATO : E - 2
UBICACIÓN : 19 K 368141 / 8011039	PROFUNDIDAD : De 0.00 al 3.00 metros
CALCATA : C-5	FECHA DE MUESTREO : 25/Noviembre/2020

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA : Tec. Ever Churo Cutipa	
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.	
FECHA DE ENSAYO : 26/Noviembre/2020	

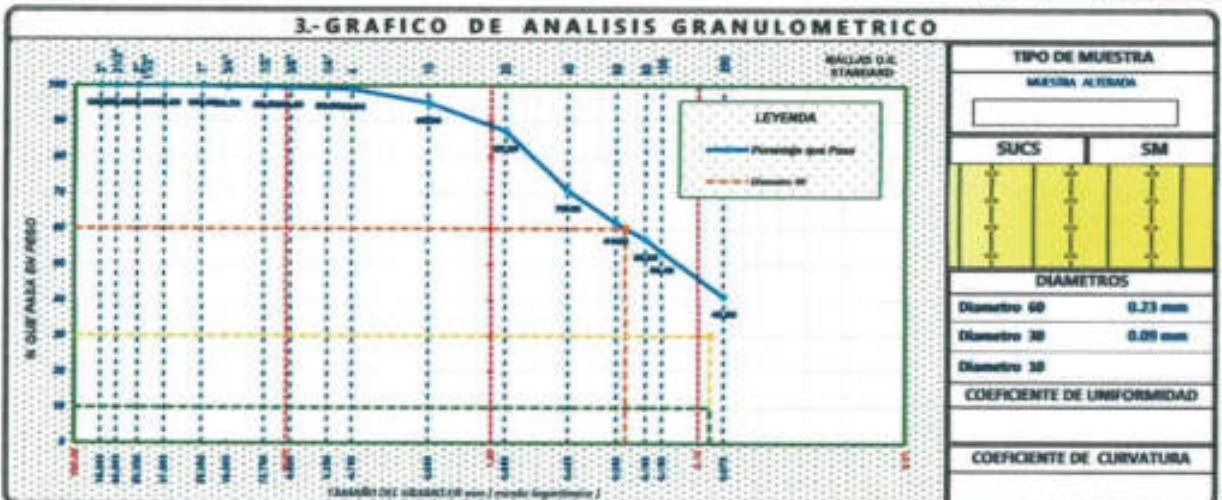
3.- DATOS DEL ENSAYO							
CLASIFICACION SEGUN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO MUESTRA (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	pulgadas	mm					
<b>CANTO BONDADO</b>							
	3 1/2"	87.500					
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3"	75.000				
		2 1/2"	63.000				
		2"	50.000				
		1 1/2"	37.500				
		1"	25.000			100.00	
	3/4"	19.000	41.3	0.27	0.27	99.73	
	FINA	1/2"	12.500	31.0	0.20	0.48	99.52
		3/8"	9.500	5.8	0.04	0.51	99.49
		1/4"	6.250	44.3	0.29	0.80	99.20
		Nº4	4.750	38.0	0.25	1.06	98.94
Nº10		2.000	23.5	3.85	4.91	95.09	
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº20	0.850	47.5	7.30	12.71	87.29
		Nº40	0.425	102.4	16.81	29.52	70.48
	FINA	Nº60	0.250	54.6	8.96	38.48	61.52
		Nº80	0.180	27.8	4.56	43.04	56.96
		Nº100	0.150	21.5	3.53	46.57	53.43
		Nº200	0.075	75.2	12.34	58.92	41.08
UNO Y ARCILLA	Base	0.074	250.30	41.08	100.00	0.00	

*Arena limosa SP*

4.- DESCRIPCION	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Porcentaje de Humedad	3.00 %
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Peso Muestra Inicial	15188.7 gr.
Peso Muestra Grava	180.3 gr.
Peso Muestra Arena	15028.5 gr.
Peso Fracción Fino < Nº 4	802.8 gr.
Porcentaje de Grava	1.06 %
Porcentaje de Arena	98.94 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	41.08 %

LIMITE DE ATTERBERG	
Límite Líquido	34 %
Límite Plástico	32 %
Índice de Plasticidad	2 %

DENSIDADES	
Densidad Natural	1.303 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Mínima	0.924 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	1.299 gr/cm <sup>3</sup>
<b>PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA</b>	
Peso Especifico de Grava	2.476 gr/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica finos	2.396 gr/cm <sup>3</sup>



6.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO				
Balanza de 1 gr	Tamiz 2	Tamiz 20	Tamiz 60	Tamiz n°20
Balanza de 0.1 gr	Tamiz 1/2	Tamiz 1/2	Tamiz n°4	Tamiz n°40
Horno Eléctrico	Tamiz 1	Tamiz 20	Tamiz n°10	Tamiz n°60, 100 y 200

7.- CONCLUSION	

 <b>TEC. EVER NOEL CHURO CUTIPA</b> Laboratorio de Suelos Concreto y Pavimento	 <b>Guido Gonzalo Cañi H.</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 235912
---	--



# ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP-339.129 / ASTM D-4318

CODIGO  
**N° 043**  
COMBATO E.C.P

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : LOCAL COMUNAL ASOC. MILLER	ESTRATO : E-1
UBICACIÓN : 19 K 368141 / 8011039	PROFUNDIDAD : De 0.00 al 3.00 metros
CALCATA : C-5	FECHA DE MUESTREO : 25/Noviembre/2020

## 2.- PERSONAL

LABORATORISTA : Tec. Ever Chura Cutipa
ESPECIALISTA : Ing. Guido Cañi H.
FECHA DE ENSAYO : 26/Noviembre/2020

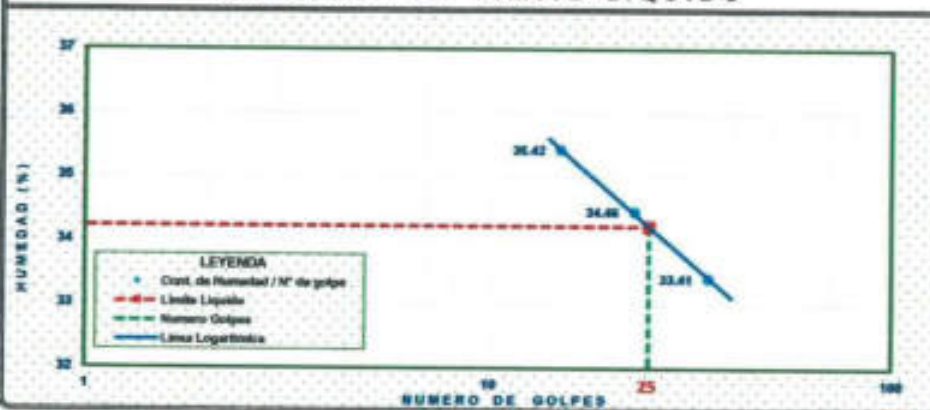
## 3.- DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO MTCE-110

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	35	23	15	—	34 %
N° Tara	n°	D	H	I	—	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	34.31	34.64	34.29	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	29.81	30.04	29.54	—	
Peso del agua	gr.	4.50	4.61	4.75	—	
Peso de la tara	gr.	16.34	16.67	16.13	—	
Peso del suelo seco	gr.	13.47	13.37	13.41	—	
Contenido de humedad	%	33.41	34.46	35.42	—	

## 4.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO MTCE-111

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
N° Tara	n°	G	—	—	32 %
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	32.79	—	—	
Peso Tara + suelo seco	gr.	30.51	—	—	
Peso del agua	gr.	2.28	—	—	
Peso de la tara	gr.	23.45	—	—	
Peso del suelo seco	gr.	7.06	—	—	
Contenido de humedad	%	32.29	—	—	

## 5.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



## 6.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD

2 %

INDICE DE CONSISTENCIA

16 %

INDICE DE FLUidez / LIQUIDEZ

-15 %

## 7.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Balanza de 0.01 gr	Reverberador	Tamiz N°40	Horno Eléctrico
Espátula de 1/2"	Tarritos de Humedad	Caja grande	Horno Emersado
—	—	—	—

## 8.- CONCLUSION

TEC. EVER CHURA CUTIPA  
Laboratorio de Suelos  
Concreto y Pavimento



Guido Gonzalo Cañi Huarcillo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



**DENSIDAD IN SITU**  
 NORMA APLICABLE: ASTM D-1556 / NTP 339.143

CÓDIGO  
**N° 048**  
 FORMATO E.C.P.

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	
PROCEDENCIA	: LOCAL COMUNAL ASOC. MILLER
UBICACIÓN	: 19 K 368141 / 8011039
CAUCUTA	: C - 5

2.- PERSONAL	
LABORATORISTA	: Tec. Ever Chara Cutipa
ESPECIALISTA	: Ing. Guido Colli H.
FECHA DE ENSAYO	: 25/Noviembre/2020

4.- DATOS DE PUNTO DE ENSAYO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS
UBICACIÓN	N°	Fondo
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Metros	1.80
PROFUNDIDAD DEL HOYO	cm	14
NUMERO DE EQUIPO DE DENSIDAD	N°	1

5.- DATOS DE LABORATORIO	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.462 gr/cm <sup>3</sup>
PESO DE ARENA EN CONO	1532 gr.
PESO ESPECIFICO DE GRAVA	

6.- DATOS DEL ENSAYO			
01	Peso de frasco + arena	gr	8858
02	Peso de frasco + arena sobrante	gr	4359
03	Peso de arena: cono + Hoyo	gr	4499
04	Peso de arena en el Hoyo	gr	2967
05	Volumen del Hoyo	cm <sup>3</sup>	2029
06	Peso Material Extraído + Tara	gr	2835
07	Peso de la Tara	gr	190
08	Peso Material Extraído Seco	gr	2567
CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY			
12	Numero de la Tara	n°	5
13	Peso de Tara + suelo húmedo	gr	483.6
14	Peso de Tara + suelo seco	gr	469.4
15	Peso de agua	gr	14.25
16	Peso de suelo seco	gr	469.4
17	Contenido de humedad	%	3.04

7.- DATOS DE LABORATORIO	
--------------------------	--

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	
<b>3.04 %</b>	

DENSIDAD NATURAL HUMEDAD DE CAMPO	
<b>1.303 gr/cm<sup>3</sup></b>	

DENSIDAD NATURAL SECA DE CAMPO	
<b>1.265 gr/cm<sup>3</sup></b>	

5.- EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ENSAYOS		
Balanza de 1 gr.	Horno	Tamiz N° 4
Cono de densidad	Arma Calibrado	Balanza de 0.1 gr.
—	—	—

6.- CONCLUSION	

 TEC. EVER NOEL CHARA CUTIPA Laboratorio de Suelos Concreto y Pavimento	  INGENIERO CIVIL CIP N° 235912
--	--

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE  
SULFATOS, CLORUROS, SALES  
DISUELTOS TOTALES**



**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SULFATOS, CLORUROS, SALES DISUELTOS TOTALES**

NORMA: *NTCE 210 / ASTM D 510 / ASTM D 512, NTP 334.148*

<b>PROYECTO</b>	CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020
<b>UBICACIÓN</b>	I.E. GUILLERMO ALIZA ARCE
<b>COORDENADAS</b>	19 K 368548 / 8010213
<b>SOLICITANTE</b>	ING. GUIDO GONZALO CAÑI HUARICALLO
<b>MUESTRA</b>	SUELO DE FUNDACIÓN, CALICATA C-01
<b>FECHA</b>	TACNA, MAYO DEL 2021.

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178 / AASHTO T 290**

MUESTRA	Descripción	RESULTADO		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-01	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.1903	1902.50	0-1000	Leve
				1000-2000	Moderado
				2000-20000	Severo
				>20000	Muy severo

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-01	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.2370	2369.70	< 1000	Sin riesgo
				1000	Máximo
				> 1000	Perjudicial

**ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-01	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.4646	4646.40	< 1500	Sin riesgo
				1500	Máximo
				> 1500	Perjudicial

ELEMENTOS QUÍMICOS	ppm	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
SULFATOS	0-1000	Leve	Alto contenido de sulfatos ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
	1000-2000	Moderado	
	2000-20000	Severo	
	>20000	Muy Severo	
CLORUROS	< 1000	Sin riesgo	Alto contenido de cloruros ocasiona problemas de corrosión de armaduras de acero.
	1000	Máximo	
	> 1000	Perjudicial	
SALES SOLUBLES TOTALES	< 1500	Sin riesgo	Alto contenido de sales disueltas totales, ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.
	1500	Máximo	
	> 1500	Perjudicial	

<b>SULFATOS</b>
MODERADO

<b>CLORUROS</b>
PERJUDICIAL

<b>SALES SOLUBLES TOTALES</b>
PERJUDICIAL

**8.- EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS**

Balanza de 0.1 gr de precisión	Recipiente plástico de 2 litros
Epatula de 1/2"	Cinta masking Tape
Agua destilada	Papel filtro

**9.- CONCLUSION**

La concentración de sulfatos es MODERADO  
 La concentración de Cloruros es PERJUDICIAL  
 El contenido de sales disueltas totales es PERJUDICIAL



Guido Gonzalo Cañi Huaricallo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

Atentamente,

*[Signature]*  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA DEL SUR  
 Contratistas Generales S.A.C.  
 RUC: 20603722729  
 Pablo Aparicio Aya Arapa





**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SULFATOS, CLORUROS, SALES DISUELTOS TOTALES**

NORMA: *MTD E 210 / ASTM D 510 / ASTM D 512, NTP 334.148*

<b>PROYECTO</b>	: CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. JORGE BASADRE OESTE
<b>COORDENADAS</b>	: 19 K 367541 / 8009979
<b>SOLICITANTE</b>	: ING. GUIDO GONZALO CAÑI HUARICALLO
<b>MUESTRA</b>	: SUELO DE FUNDACIÓN, CALICATA C-02
<b>FECHA</b>	: TACNA, MAYO DEL 2021.

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178 / AASHTO T 290**

MUESTRA	Descripción	RESULTADO		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-02	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.1933	1933.10	0-1000	Leve
				1000-2000	Moderado
				2000-20000	Severo
				>20000	Muy severo

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-02	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.2405	2404.60	< 1000	Sin riesgo
				1000	Máximo
				> 1000	Perjudicial

**ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-02	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.4715	4715.20	< 1500	Sin riesgo
				1500	Máximo
				> 1500	Perjudicial

ELEMENTOS QUÍMICOS	ppm	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES	
SULFATOS	0-1000	Leve	Alto contenido de sulfatos ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.	<b>SULFATOS</b> MODERADO
	1000-2000	Moderado		
	2000-20000	Severo		
	>20000	Muy Severo		
CLORUROS	< 1000	Sin riesgo	Alto contenido de cloruros ocasiona problemas de corrosión de armaduras de acero.	<b>CLORUROS</b> PERJUDICIAL
	1000	Máximo		
	> 1000	Perjudicial		
SALES SOLUBLES TOTALES	< 1500	Sin riesgo	Alto contenido de sales disueltas totales, ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	<b>SALES SOLUBLES TOTALES</b> PERJUDICIAL
	1500	Máximo		
	> 1500	Perjudicial		

**8.- EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS**

Balanza de 0.1 gr de precisión	Recipiente plástico de 2 litros
Espátula de 1/2"	Cinta masking Tape
Agua destilada	Papel filtro

**9.- CONCLUSION**

La concentración de sulfatos es MODERADO  
 La concentración de Cloruros es PERJUDICIAL  
 El contenido de sales disueltas totales es PERJUDICIAL



*Guido Gonzalo Cañi Huaricallo*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

Alientamente,

*Pablo Aparicio Aya Arapa*  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA DEL SUR  
 Contratistas Generales S.A.C.  
 RUC/ 2060322729  
 Pablo Aparicio Aya Arapa  
 INGENIERO QUÍMICO

## ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SULFATOS, CLORUROS, SALES DISUELTOS TOTALES

NORMA: NTC 210 / ASTM D 518 / ASTM D 512, NTP 334.140

<b>PROYECTO</b>	CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020
<b>UBICACIÓN</b>	I.E.L. N° 300 SANTA MARIA
<b>COORDENADAS</b>	19 K 367962 / 8030157
<b>SOLICITANTE</b>	ING. GUIDO GONZALO CAÑI HUARICALLO
<b>MUESTRA</b>	SUELO DE FUNDACIÓN, CALICATA C-03
<b>FECHA</b>	TACNA, MAYO DEL 2021.

### ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178 / AASHTO T 290

MUESTRA	Descripción	RESULTADO		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-03	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosado.	0.1441	1440.80	0-1000	Leve
				1000-2000	Moderado
				2000-20000	Severo
				>20000	Muy severo

### ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-03	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosado.	0.1769	1769.10	< 1000	Sin riesgo
				1000	Máximo
				> 1000	Perjudicial

### ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-03	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosado.	0.3514	3513.60	< 1500	Sin riesgo
				1500	Máximo
				> 1500	Perjudicial

ELEMENTOS QUÍMICOS	ppm	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES	
SULFATOS	0-1000	Leve	Alto contenido de sulfatos ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.	SULFATOS MODERADO
	1000-2000	Moderado		
	2000-20000	Severo		
	>20000	Muy Severo		
CLORUROS	< 1000	Sin riesgo	Alto contenido de cloruros ocasiona problemas de corrosión de armaduras de acero.	CLORUROS PERJUDICIAL
	1000	Máximo		
	> 1000	Perjudicial		
SALES SOLUBLES TOTALES	< 1500	Sin riesgo	Alto contenido de sales disueltas totales, ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de hinchazón.	SALES SOLUBLES TOTALES PERJUDICIAL
	1500	Máximo		
	> 1500	Perjudicial		

### 8.- EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

Balanza de 0.1 gr de precisión	Recipiente plástico de 2 litros
Espatula de 1/2"	Cinta masking Tape
Agua destilada	Papel filtro

### 9.- CONCLUSION

- La concentración de sulfatos es MODERADO
- La concentración de Cloruros es PERJUDICIAL
- El contenido de sales disueltas totales es PERJUDICIAL



Guido Gonzalo Cañi Huaricallo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

Atentamente,

LABORATORIO DE GEOTECNIA DEL SUR  
 Contratistas Generales S.A.C.  
 RUC: 2060322729  
 Pablo Aparicio Aya Arapa  
 INGENIERO QUÍMICO



**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SULFATOS, CLORUROS, SALES DISUELTOS TOTALES**

NORMA: *MTC E 210 / ASTM D 516 / ASTM D 512, NTP 334.148*

PROYECTO	: CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020
UBICACIÓN	: COMPAÑÍA DE BOMBERO-ALTO DE LA ALIANZA
COORDENADAS	: 19 K 367748 / 8010526
SOLICITANTE	: ING. GUIDO GONZALO CAÑI HUARICALLO
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACIÓN, CALICATA C-04
FECHA	: TACNA, MAYO DEL 2021.

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178 / AASHTO T 90**

MUESTRA	Descripción	RESULTADO		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-04	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.2137	2136.90	0-1000	Leve
				1000-2000	Moderado
				2000-20000	Severo
				>20000	Muy severo

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-04	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.2658	2657.50	< 1000	Sin riesgo
				1000	Máximo
				> 1000	Perjudicial

**ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-04	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.5212	5212.30	< 1500	Sin riesgo
				1500	Máximo
				> 1500	Perjudicial

ELEMENTOS QUÍMICOS	ppm	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
SULFATOS	0-1000	Leve	Alto contenido de sulfatos ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
	1000-2000	Moderado	
	2000-20000	Severo	
	>20000	Muy Severo	
CLORUROS	< 1000	Sin riesgo	Alto contenido de cloruros ocasiona problemas de corrosión de armaduras de acero.
	1000	Máximo	
	> 1000	Perjudicial	
SALES SOLUBLES TOTALES	< 1500	Sin riesgo	Alto contenido de sales disueltas totales, ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de hinchazón.
	1500	Máximo	
	> 1500	Perjudicial	

**SULFATOS**  
SEVERO

**CLORUROS**  
PERJUDICIAL

**SALES SOLUBLES TOTALES**  
PERJUDICIAL

**8.-EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS**

Balanza de 0.1 gr de precisión	Recipiente plástico de 2 litros
Espátula de 1/2"	Cinta masking Tape
Agua destilada	Papel filtro

**9.- CONCLUSION**

- La concentración de sulfatos es SEVERO  
 - La concentración de Cloruros es PERJUDICIAL  
 - El contenido de sales disueltas totales es PERJUDICIAL

  
 Guido Gonzalo Cañi Huaricallo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

Atentamente,  
  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA DEL SUR  
 Contratistas Generales S.A.C.  
 RUC: 20603722729  
 Pablo Aparicio Rys Arapa  
 JEFE DE LABORATORIO QUÍMICO



**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SULFATOS, CLORUROS, SALES DISUELTOS TOTALES**

NORMA: NTCE 219 / ASTM D 516 / ASTM D 512, NTP 334.148

<b>PROYECTO</b>	: CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020
<b>UBICACIÓN</b>	: LOCAL COMUNAL ASOC. MILLER
<b>COORDENADAS</b>	: 19 K 368141 / 8011039
<b>SOLICITANTE</b>	: ING. GUIDO GONZALO CAÑI HUARICALLO
<b>MUESTRA</b>	: SUELO DE FUNDACIÓN, CALICATA C-05
<b>FECHA</b>	: TACNA, MAYO DEL 2021.

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178 / AASHTO T 290**

MUESTRA	Descripción	RESULTADO		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-05	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.2036	2036.70	0-1000	Leve
				1000-2000	Moderado
				2000-20000	Severo
				>20000	Muy severo

**ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-05	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.2533	2532.60	< 1000	Sin riesgo
				1000	Máximo
				> 1000	Perjudicial

**ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152**

MUESTRA	Descripción	RESULTADOS		PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES	
		%	ppm		
C-05	Suelo de fundación, ceniza volcánica, material de color rosáceo.	0.4966	4966.40	< 1500	Sin riesgo
				1500	Máximo
				> 1500	Perjudicial

ELEMENTOS QUÍMICOS	ppm	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
SULFATOS	0-1000	Leve	Alto contenido de sulfatos ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
	1000-2000	Moderado	
	2000-20000	Severo	
	>20000	Muy Severo	
CLORUROS	< 1000	Sin riesgo	Alto contenido de cloruros ocasiona problemas de corrosión de armaduras de acero.
	1000	Máximo	
	> 1000	Perjudicial	
SALES SOLUBLES TOTALES	< 1500	Sin riesgo	Alto contenido de sales disueltas totales, ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de hinchazón.
	1500	Máximo	
	> 1500	Perjudicial	

**SULFATOS**  
SEVERO

**CLORUROS**  
PERJUDICIAL

**SALES SOLUBLES TOTALES**  
PERJUDICIAL

**8.- EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS**

Balanza de 0.1 gr de precisión	Recipiente plástico de 2 litros
Espátula de 1/2"	Cinta masking Tape
Agua destilada	Papel filtro

**9.- CONCLUSION**

- La concentración de sulfatos es SEVERO
- La concentración de Cloruros es PERJUDICIAL
- El contenido de sales disueltas totales es PERJUDICIAL



Guido Gonzalo Cañi Huaricallo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912

Acreditamiento,

LABORATORIO DE GEOTECNIA DEL SUR  
 Contratistas Generales S.A.C.  
 RUC: 20683722729  
 Pablo Aparicio Aya Arapa  
 INGENIERO QUÍMICO

Anexo N°3. Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos



HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería

R.U.C. N° 2053775883 - N° de partida: 10000979

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE - 2020 **MUESTRA:** C-01 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** EC-41-21

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	23
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	679.00	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	101.50
W.Pic+Muestra+agua (Wb)	gr.	733.80	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.173

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	1	1
Diámetro, D (cm.)	6.14	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	42.93	

**HUMEDAD DE MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-10	T-10
W.m. Hum + Rec. (gr.)	110.26	131.06
W.m Seca + Rec. (gr.)	105.34	105.34
W.r (gr.)	42.93	42.93

**TIEMPO (t) LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 0.5 Kg/cm2**

Minutos	Raizde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.120	0.330	0.680	1.270
60.00	7.75	0.290	0.640	1.100	2.000
1440.00	37.95	0.330	0.680	1.270	2.040

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

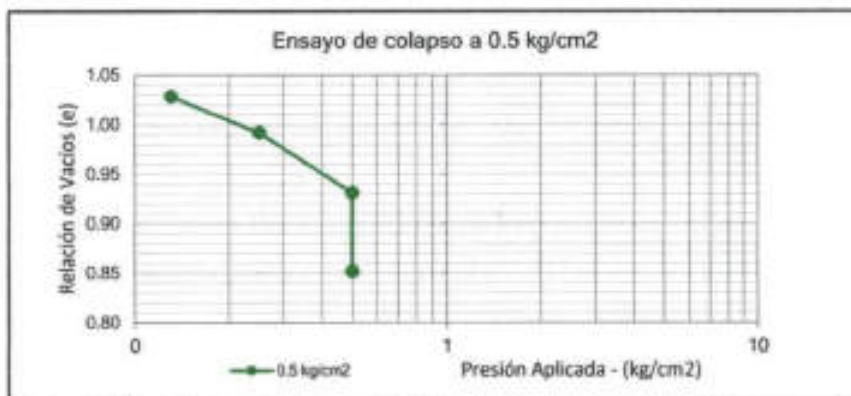
Altura	20	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.137	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.054	g/cm <sup>4</sup>
Gravedad Especifica :	2.17	(gr/cm <sup>3</sup> )

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	110.26	131.06
P. anillo+m. seca.(g)	105.34	105.34
P. anillo (g)	42.93	42.93
P. del agua (Ws)	4.92	25.72
P. suelo seco (g)	62.41	62.41
Humedad (%)	7.88	41.21

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm2)	Lectura Final (mm.)	2H (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacios (mm.) 2H - 2Ho	Relación de Vacios e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.302	1.062	0.000
0.13	0.330	19.670	19.835	9.972	1.028	1.650
0.25	0.680	19.320	19.578	9.622	0.992	3.400
0.50	1.270	18.730	19.154	9.032	0.931	6.350
0.50	2.040	17.960	18.557	8.262	0.852	10.200



Potencial de colapso para 0.5 Kg/cm2 : 3.9

HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.  
Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería

*Ignacio Suárez Mayta*  
Téc. Lab. INGENIERO CIVIL IGNACIO SUÁREZ MAYTA



*Gendo Gonzalo Lora*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

Ingeniería y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. Nº 20532702802 - Nº de partida 18069976

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**LIBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE - 2020 **MUESTRA:** C-01 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** EC-42-20

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	23
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	679.00	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	101.50
W.Pic+Muestra+agua (Wb)	gr.	733.80	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.173

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	1	1
Diámetro, D (cm.)	6.14	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	42.93	

**HUMEDAD DE MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-20	T-20
W.m. Hum + Rec. (gr.)	110.26	131.06
W.m Seca + Rec. (gr.)	105.34	105.34
W.r (gr.)	42.93	42.93

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 1.0 Kg/cm <sup>2</sup>					
Minutos	Raizde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	1.0 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO	
0	0	0.020	0.290	0.710	1.310	2.050	
60.00	7.75	0.250	0.660	1.270	2.010	2.980	
1440.00	37.95	0.290	0.710	1.310	2.050	3.010	

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

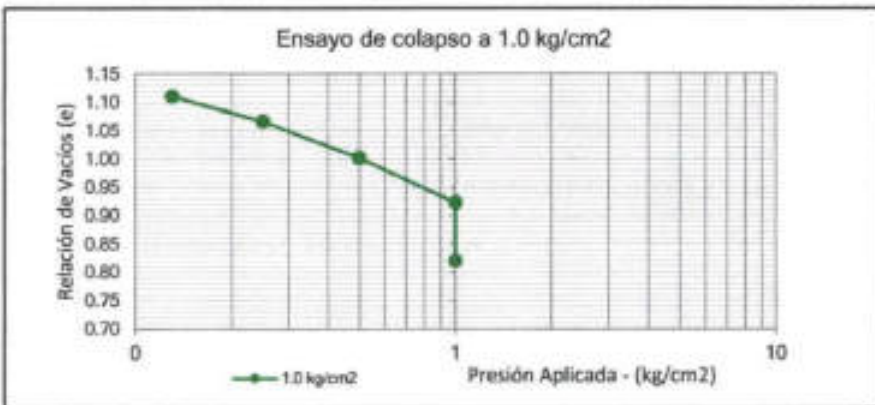
Altura	20	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.076	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.015	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.17	(gr/cm <sup>3</sup> )

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	106.64	126.23
P. anillo+m. seca.(g)	103.01	103.01
P. anillo (g)	42.93	42.93
P. del agua (Ws)	3.63	23.22
P. suelo seco (g)	60.08	60.08
Humedad (%)	6.04	38.65

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	ZH (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacíos (mm.) ZH - ZHo	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.664	1.142	0.000
0.13	0.290	19.710	19.855	10.374	1.111	1.450
0.25	0.710	19.290	19.573	9.954	1.066	3.550
0.50	1.310	18.690	19.131	9.354	1.002	6.550
1.00	2.050	17.950	18.541	8.614	0.923	10.401
1.00	3.010	16.990	18.061	7.654	0.820	15.050



Potencial de colapso para 1.0 Kg/cm<sup>3</sup> : 4.8



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.  
Ingeniería y Geotecnia para la Construcción y Minería  
*[Signature]*  
Tuc. LUIS JOSÉ IGNACIO OUSPE MAYTA

*[Signature]*  
Guillermo Gonzalo Caimi Durazuelo  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 235912



H. GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. Nº 20532783001 - Nº de partida 18089978

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE 2020 **MUESTRA:** C-02 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** EC-11-20

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	23
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	679.00	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	101.50
W.Pic.+Muestra+agua (Wb)	gr.	733.90	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.178

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	1	1
Diámetro, D (cm.)	6.14	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	42.92	

**DATOS DE RECIPIENTE Y MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-1	T-1
W.m. Hum + Rec. (gr.)	109.95	130.80
W.m Seca + Rec. (gr.)	105.54	105.54
W.r (gr.)	42.92	42.92

**TIEMPO (t) LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 0.5 Kg/cm2**

Minutos	Raízde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.000	0.260	0.540	0.930
60.00	7.75	0.230	0.510	0.900	1.630
1440.00	37.95	0.260	0.540	0.930	1.660

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

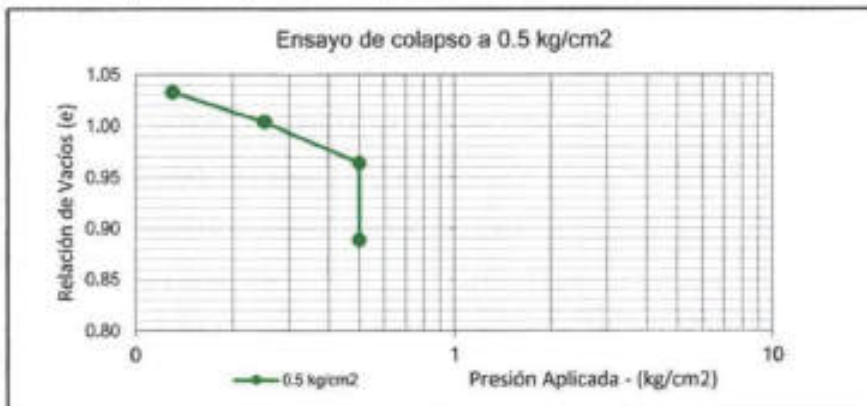
Altura	20.00	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.132	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.057	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.18	(gr/cm <sup>3</sup> )

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	109.95	130.80
P. anillo+m. seca.(g)	105.54	105.54
P. anillo (g)	42.92	42.92
P. del agua (Ws)	4.41	25.26
P. suelo seco (g)	62.62	62.62
Humedad (%)	7.04	40.34

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm2)	Lectura Final (mm.)	ZH (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacíos (mm.) ZH - ZHo	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.290	1.060	0.000
0.13	0.260	19.740	19.870	10.030	1.033	1.300
0.25	0.540	19.460	19.665	9.750	1.004	2.700
0.50	0.930	19.070	19.368	9.360	0.964	4.650
0.50	1.660	18.340	18.854	8.630	0.889	8.300



Potencial de colapso para 0.5 Kg/cm2 : 3.7



*Guido Gonzalo Cañi Plauricillo*  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP Nº 235912





**H. GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.**

Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. Nº 20532703802 - Nº de partida 10009970

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE 2020 **MUESTRA:** C-02 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** EC-12-20

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	23
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	679.00	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	101.49
W.Pic.+Muestra+agua (Wb)	gr.	733.90	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.178

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	2	2
Diámetro, D (cm.)	6.14	
Altura, H (cm.)	2.00	
W Anillo (gr.)	42.93	

**HUMEDAD DE MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-2	T-2
W.m. Hum + Rec. (gr.)	109.84	130.48
W.m. Seca + Rec. (gr.)	105.63	105.63
W.r (gr.)	42.93	42.93

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 1.0 Kg/cm <sup>2</sup>					
Minutos	Raizde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	1.0 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO	
0	0	0.000	0.300	0.540	0.870	1.320	
60.00	7.75	0.275	0.530	0.840	1.280	2.200	
1440.00	37.95	0.300	0.540	0.870	1.320	2.360	

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

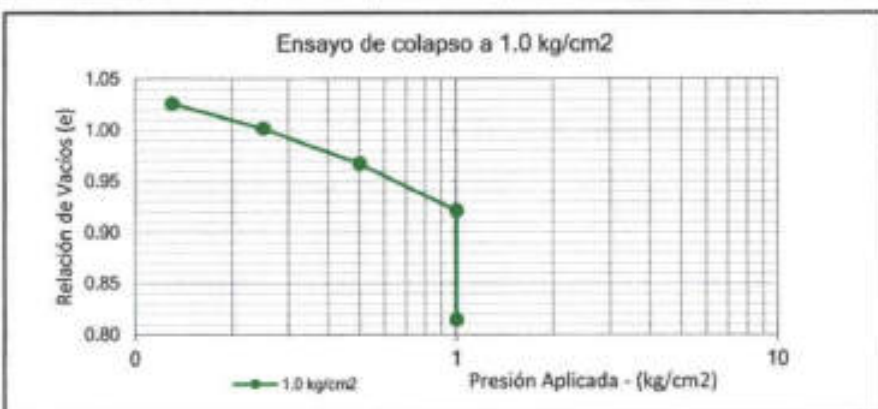
Altura	20.00	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.130	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.059	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.18	(gr/cm <sup>3</sup> )

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	109.84	130.48
P. anillo+m. seca.(g)	105.63	105.63
P. anillo (g)	42.92	42.92
P. del agua (Ws)	4.21	24.85
P. suelo seco (g)	62.71	62.71
Humedad (%)	6.71	39.63

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	2H (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacios (mm.) 2H - 2Ho	Relación de Vacios e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.277	1.057	0.000
0.13	0.300	19.700	19.850	9.977	1.026	1.500
0.25	0.540	19.460	19.655	9.737	1.001	2.700
0.50	0.870	19.130	19.393	9.407	0.968	4.350
1.00	1.320	18.680	19.036	8.957	0.921	6.701
1.00	2.360	17.640	18.516	7.917	0.814	11.800



Potencial de colapso para 1.0 Kg/cm<sup>3</sup> : 5.2



Tec. Lic. JOSE IGNACIO QUISEPAYTA



*Guillermo Gonzalo Cani Zapiricillo*  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 235912



**HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.**

Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. Nº 2051270087 - Nº de partida 10000070

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** SETIEMBRE 2020 **MUESTRA:** C-03 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** HI\_project

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	II	Temp. del ensayo (Tx)	°C	25
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	636.30	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	116.41
W.Pic.+Muestra+agua (Wb)	gr.	893.30	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm	2.208

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	1	1
Diámetro, D (cm.)	6.00	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	43.00	

**DATOS DE RECIPIENTE Y MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-1	
W.m. Hum + Rec. (gr.)	115.54	-
W.m Seca + Rec. (gr.)	110.27	-
W.r (gr.)	43.0	

**TIEMPO (t) LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>**

Minutos	Realzde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.000	0.160	0.305	0.585
60.00	7.75	0.133	0.292	0.502	0.989
1440.00	37.95	0.183	0.330	0.562	1.139

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

Altura	20.00	mm
Diámetro	60.00	mm
Área	30.00	cm <sup>2</sup>
Volumen	60.00	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.209	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.121	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.208	gr/cm <sup>3</sup>

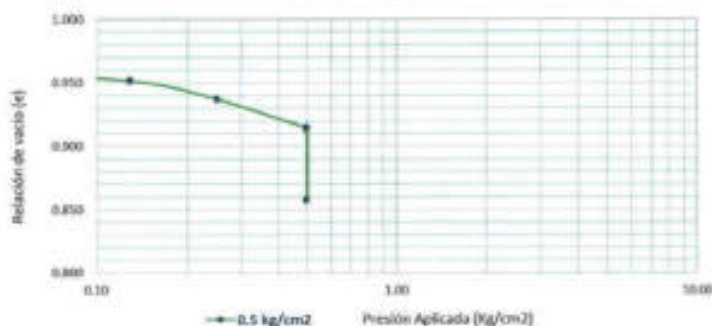
**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	111.91	-
P. anillo+m. seca.(g)	106.84	-
P. anillo (g)	42.92	-
P. del agua (Ws)	5.07	-
P. suelo seco (g)	63.92	-
Humedad (%)	7.93	-

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	2H (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacíos (mm.) 2H - 2Ho	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	-	-	0.969	-
0.13	0.182	19.817	-	-	0.951	-
0.25	0.332	19.668	-	-	0.937	-
0.50	0.562	19.438	-	-	0.914	-
0.50	1.139	18.861	-	-	0.857	-

**Ensayo de colapso a 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>**



Potencial de colapso para 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> : 2.89



Guillermo Gonzalo Cañi Zúñiga  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 235912

HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.  
Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
Toic. Ldo. JOSÉ IGNACIO CAÑI ZUÑIGA



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. Nº 20632710002 - NP de persona 15000076

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos**  
**NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020  
**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** SETIEMBRE 2020 **MUESTRA:** C-03 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** HI\_project

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	II	Temp. del ensayo (Tx)	°C	25
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	636.30	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	116.41
W.Pic.+Muestra+agua (Wb)	gr.	893.30	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm	2.208

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	1	1
Diámetro, D (cm.)	6.00	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	43.00	

**DATOS DE RECIPIENTE Y MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-1	
W.m. Hum + Rec. (gr.)	115.54	-
W.m Seca + Rec. (gr.)	110.27	-
W.r (gr.)	43.0	-

**TIEMPO (t)** **LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>**

Minutos	Raizde (t)	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.50 Kg./cm <sup>2</sup>	1.0 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.067	0.212	0.463	0.623
60.00	7.75	0.242	0.457	0.763	1.393
1440.00	37.95	0.287	0.502	0.833	1.523

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

Altura	20.00	mm
Diámetro	60.00	mm
Área	30.00	cm <sup>2</sup>
Volumen	60.00	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.209	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.121	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.208	gr/cm <sup>3</sup>

**DATOS DE HUMEDAD**

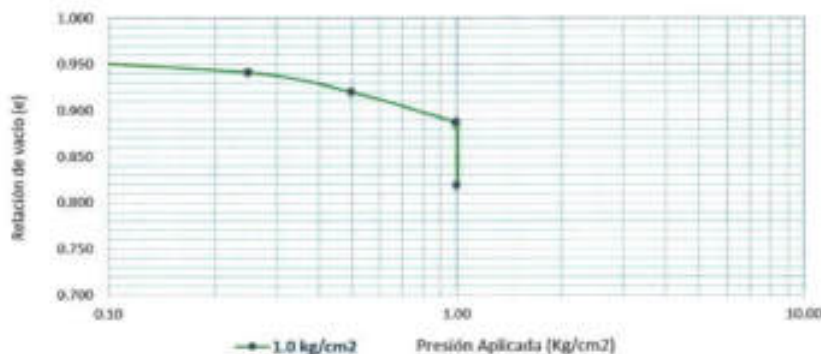
MUESTRA Nº 01	Inicial	Final *
P. anillo+m.hum.(g)	111.91	
P. anillo+m. seca.(g)	106.84	-
P. anillo (g)	42.92	-
P. del agua (Ws)	5.07	-
P. suelo seco (g)	63.92	-
Humedad (%)	7.93	-



**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	ZH (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacios (mm.)	Relación de Vacios e	Deformación Vertical %
0.00	0	20.000	-	-	0.969	-
0.25	0.287	19.713	-	-	0.941	-
0.50	0.502	19.498	-	-	0.920	-
1.00	0.833	19.167	-	-	0.887	-
1.00	1.523	18.477	-	-	0.819	-

**Ensayo de colapso a 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>**



Potencial de colapso para 1.0 Kg/cm<sup>2</sup> : 3,45



*Guillermo Conza Alvarado*  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 239912

HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.  
Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
*Jose Ignacio Quispe*  
Toc. Lab. JOSE IGNACIO QUISPE MAYTA



HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. Nº 2053273883 - Nº de partida 10000070

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE - 2020 **MUESTRA:** C-04 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** EC-21-20

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	24
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	680.00	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	101.46
W.Pic+Muestra+agua (Wb)	gr.	734.65	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.167

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	1	1
Diámetro, D (cm.)	6.14	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	42.92	

**DATOS DE RECIPIENTE Y MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-1	T-1
W.m. Hum + Rec. (gr.)	109.43	131.08
W.m Seca + Rec. (gr.)	105.45	105.45
W.r (gr.)	42.92	42.92

**TIEMPO (t) LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>**

Minutos	Raízde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.000	0.165	0.420	0.805
60.00	7.75	0.125	0.370	0.750	1.440
1440.00	37.95	0.165	0.420	0.805	1.510

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

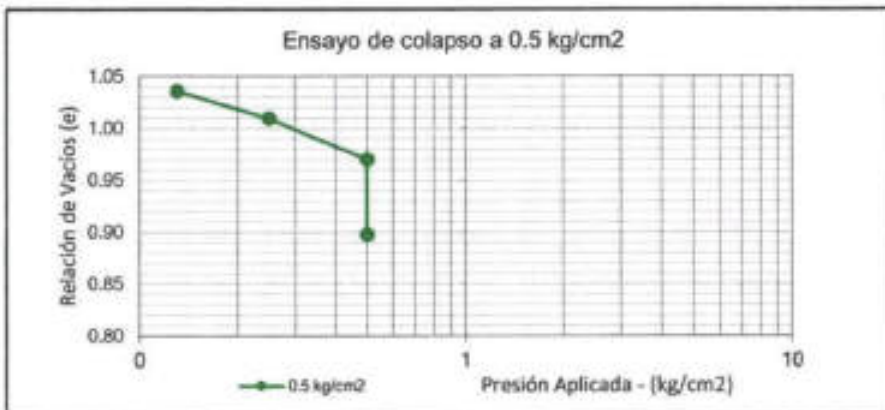
Altura	20.00	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.123	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.056	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Específica :	2.17	gr/cm <sup>3</sup>

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA N° 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	109.43	131.08
P. anillo+m. seca.(g)	105.45	105.45
P. anillo (g)	42.92	42.92
P. del agua (Ws)	3.98	25.63
P. suelo seco (g)	62.53	62.53
Humedad (%)	6.36	40.99

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	2H (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacíos (mm.) 2H - 2Ho	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.256	1.053	0.000
0.13	0.165	19.835	19.918	10.091	1.036	0.825
0.25	0.420	19.580	19.749	9.836	1.010	2.100
0.50	0.805	19.195	19.472	9.451	0.970	4.025
0.50	1.510	18.490	18.981	8.746	0.898	7.550



Potencial de colapso para 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> : 3.5



Guido Gonzalo Cusi Anuricallo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912

HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.  
Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
Tec. Lic. JOSÉ IGNACIO COSPE MAYTA



**HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.**

Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
 R.U.C. Nº 20052715802 - Nº de partida 1001970

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
 NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE - 2020      **MUESTRA:** C-04      **REMOLDEADO**      **REGISTRO:** EC-22-20

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	23
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	680.00	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	101.46
W.Pic+Muestra+agua (Wb)	gr.	734.65	Peso especifico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.167

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	2	2
Diámetro, D (cm.)	6.14	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	42.95	

**HUMEDAD DE MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-2	T-2
W.m. Hum + Rec. (gr.)	107.13	127.90
W.m Seca + Rec. (gr.)	103.27	103.27
W.r (gr.)	42.95	42.95

**TIEMPO (t)      LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>**

Minutos	Raizde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	1.0 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.000	0.220	0.430	0.720	1.090
60.00	7.75	0.180	0.385	0.675	1.020	1.860
1440.00	37.95	0.220	0.430	0.720	1.090	1.990

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

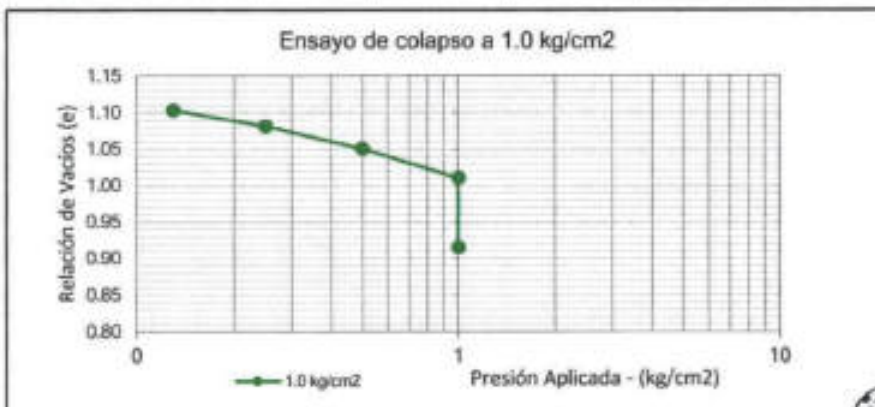
Altura	20.00	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.084	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.019	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.17	gr/cm <sup>3</sup>

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA N° 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	107.13	127.90
P. anillo+m. seca.(g)	103.27	103.27
P. anillo (g)	42.92	42.92
P. del agua (Ws)	3.86	24.63
P. suelo seco (g)	60.35	60.35
Humedad (%)	6.40	40.83

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	ZH (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacios (mm.) ZH - 2Ho	Relación de Vacios e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.596	1.127	0.000
0.13	0.220	19.780	19.890	10.376	1.103	1.100
0.25	0.430	19.570	19.730	10.166	1.081	2.150
0.50	0.720	19.280	19.505	9.876	1.050	3.600
1.00	1.090	18.910	19.208	9.506	1.011	5.511
1.00	1.990	18.010	18.758	8.606	0.915	9.950



Potencial de colapso para 1.0 Kg/cm<sup>3</sup> : 4.5



*Gonzalo Casá Zúñiga*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 235912



H. GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. N° 2053271882 - N° de partida: 10000976

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos**  
**NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE 2020 **MUESTRA:** C-05 **REMOLDEADO** **REGISTRO:** EC-31-20

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	24
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	679.50	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	301.41
W.Pic.+Muestra+agua (Wb)	gr.	734.52	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.186

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	1	1
Diámetro, D [cm.]	6.14	
Altura, H [cm.]	2.00	
W.Anillo [gr.]	42.92	

**DATOS DE RECIPIENTE Y MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-1	T-1
W.m. Hum + Rec. (gr.)	111.91	133.31
W.m. Seca + Rec. (gr.)	106.84	106.89
W.r (gr.)	42.92	42.92

**TIEMPO (t)** **LECTURA DEL DIAL - APLICACION DE CARGA 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>**

Minutos	Raíz de (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.000	0.235	0.405	0.685
60.00	7.75	0.185	0.365	0.625	1.135
1440.00	37.95	0.235	0.405	0.685	1.285

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

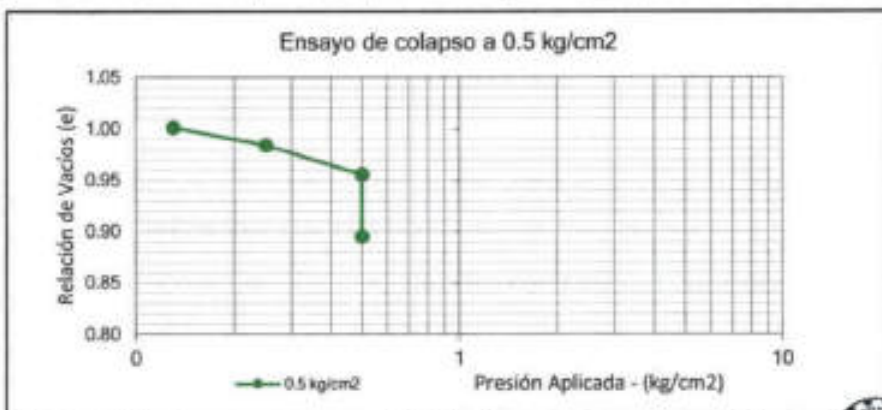
Altura	20.00	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.165	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.079	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.19	gr/cm <sup>3</sup>

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA N° 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	111.91	133.31
P. anillo+m. seca.(g)	106.84	106.89
P. anillo (g)	42.92	42.92
P. del agua (Ws)	5.07	26.42
P. suelo seco (g)	63.92	63.97
Humedad (%)	7.93	41.30

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	2H (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacíos (mm.) 2H - 2H <sub>0</sub>	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.124	1.025	0.000
0.13	0.235	19.765	19.883	9.889	1.001	1.175
0.25	0.405	19.595	19.739	9.719	0.984	2.025
0.50	0.685	19.315	19.527	9.439	0.956	3.425
0.50	1.285	18.715	19.121	8.839	0.895	6.425



Potencial de colapso para 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> : 3.0



*Guido Gonzalo Cavi Huarcallo*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 235912

H. GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.  
Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. JOSE IGNACIO QUISPE MAYTA



HI\_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería  
R.U.C. Nº 2053276882 - Nº de partida: 1000070

**Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos  
NTP 339.163:2001(revisada el 2015)**

**PROYECTO:** CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS DERIVADOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA PARA PREVENIR PROBLEMAS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2020

**UBICACIÓN:** DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA

**FECHA:** DICIEMBRE 2020      **MUESTRA:** C-05      **REMOLDEADO**      **REGISTRO:** EC-32-20

**PESO ESPECIFICO DE MUESTRA**

Datos Pic.	N°	1	Temp. del ensayo (Tx)	°C	23
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	679.50	Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	101.41
W.Pic+Muestra+agua (Wb)	gr.	734.52	Peso específico suelo (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.186

**DIMENSIONES DE LA MUESTRA**

	INICIAL	FINAL
Cámara de consolidación	2	2
Diámetro, D (cm.)	6.14	
Altura, H (cm.)	2.00	
W.Anillo (gr.)	42.95	

**HUMEDAD DE MUESTRA**

	NATURAL	FINAL
Recipiente No	T-2	T-2
W.m. Hum + Rec. (gr.)	108.01	134.96
W.m Seca + Rec. (gr.)	102.49	108.49
W.r (gr.)	42.95	42.95

**TIEMPO (t)      LECTURA DEL DIAL - APLICACIÓN DE CARGA 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>**

Minutos	Realzde (t)	0.13 Kg./cm <sup>2</sup>	0.25 Kg./cm <sup>2</sup>	0.5 Kg./cm <sup>2</sup>	1.0 Kg./cm <sup>2</sup>	INUNDADO
0	0	0.000	0.220	0.410	0.600	0.910
60.00	7.75	0.170	0.335	0.550	0.870	1.580
1440.00	37.95	0.220	0.410	0.600	0.910	1.780

**DIMENSIONES DEL ANILLO**

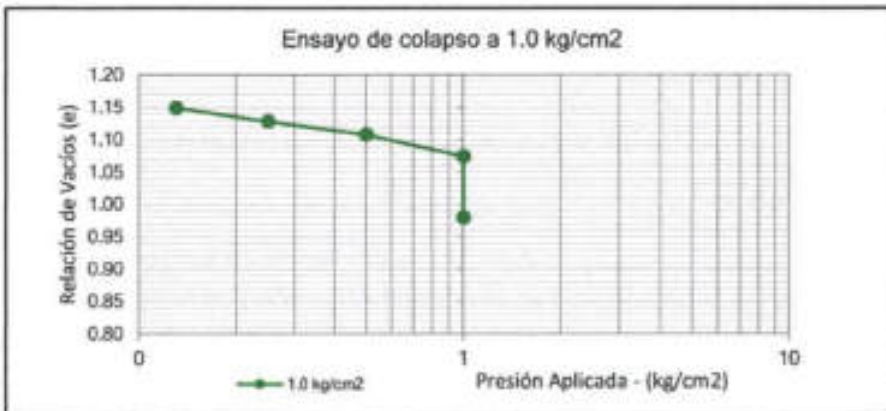
Altura	20.00	mm
Diámetro	61.40	mm
Área	29.61	cm <sup>2</sup>
Volumen	59.22	cm <sup>3</sup>
Densidad H	1.099	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.006	g/cm <sup>3</sup>
Gravedad Especifica :	2.19	gr/cm <sup>3</sup>

**DATOS DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº 01	Inicial	Final
P. anillo+m.hum.(g)	108.01	134.96
P. anillo+m. seca.(g)	102.49	108.49
P. anillo (g)	42.92	42.92
P. del agua (Ws)	5.52	26.47
P. suelo seco (g)	59.57	65.57
Humedad (%)	9.27	40.39

**ETAPA DE LA CARGA**

Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm.)	2H (mm.)	Promedio (mm.)	Altura vacíos (mm.) 2H - 2Ho	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical %
0	0	20.000	20.000	10.796	1.173	0.000
0.13	0.220	19.780	19.890	10.576	1.149	1.100
0.25	0.410	19.590	19.740	10.386	1.129	2.050
0.50	0.600	19.400	19.570	10.196	1.108	3.000
1.00	0.910	19.090	19.330	9.886	1.074	4.601
1.00	1.780	18.220	18.895	9.016	0.980	8.900



Potencial de colapso para 1.0 Kg/cm<sup>3</sup> : 4.4

*Guido Gonzalo Cami Huarcillo*  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285912

Anexo N°4. Registro de Minitab



## 1 CORRELACION PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE COLAPSABILIDAD

La correlación que se viene realizando es por método de Pearson que es una prueba que mide la relación estadística entre variables continuas. En caso de que los elementos no se encuentran asociados no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra representado adecuadamente. Para llevar a cabo la correlación de Pearson es necesario cumplir lo siguiente:

- La escala de medida debe ser una escala de intervalo o relación.
- Las variables deben estar distribuida de forma aproximada.
- La asociación debe ser lineal.
- No debe haber valores atípicos en los datos.

Intervalo de confianza, está formado por un conjunto de valores numéricos tal que la probabilidad de que este contenga al verdadero valor del parámetro. El coeficiente de correlación de Pearson tiene el objetivo de indicar cuán asociadas se encuentran las variables entre sí.

### 1.1 Datos de entrada para la correlación

**Tabla 1**

*Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio.*

PUNTOS DE EXPLORACIÓN	TIPO DE SUELOS	DENSIDAD DE CAMPO		PLASTICIDAD			ANÁLISIS QUÍMICO			INDICE DE COLAPSO	
	SUCS	Humedad (%)	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Sales solubles (ppm)	Sulfatos (ppm)	Cloruros (ppm)	Índice de colapso (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup>	Índice de colapso (%) a 1.00 kg/cm <sup>2</sup>
C-01	SM	14.77	1.344	34	31	3	4646.4	1902.5	2369.7	3.9	4.8
C-02	SM	3.93	1.295	37	35	2	4715.2	1933.1	2404.6	3.7	5.2
C-03	SM	7.63	1.121	37	36	1	3513.6	1440.8	1769.1	2.9	3.5
C-04	SM	3.49	1.221	36	34	2	5212.3	2136.9	2657.5	3.5	4.5
C-05	SM	3.00	1.265	34	32	2	4966.4	2035.7	2532.6	3.0	4.4

**Tabla 2**

*Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.*

PUNTOS DE EXPLORACIÓN	TIPO DE SUELOS	DENSIDAD DE CAMPO		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	RELACIÓN DE VACÍOS		Índice de colapso (%) a 0.50 kg/cm <sup>2</sup>	
		SUCS	Densidad humedad (gr/cm <sup>3</sup> )		Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>s</sub>		e <sub>0</sub>
C-01	SM		1.137	1.054	2.173	1.062	0.852	3.9
C-02	SM		1.132	1.057	2.178	1.060	0.889	3.7
C-03	SM		1.209	1.121	2.208	0.969	0.857	2.9
C-04	SM		1.123	1.056	2.167	1.053	0.898	3.5
C-05	SM		1.165	1.079	2.186	1.025	0.895	3.0

**Tabla 3**

*Datos de entrada para la correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.*

PUNTOS DE EXPLORACIÓN	TIPO DE SUELOS	DENSIDAD DE CAMPO		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	RELACIÓN DE VACÍOS		Índice de colapso (%) a 1.00 kg/cm <sup>2</sup>	
		SUCS	Densidad humedad (gr/cm <sup>3</sup> )		Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>s</sub>		e <sub>0</sub>
C-01	SM		1.076	1.015	2.173	1.142	0.103	4.8
C-02	SM		1.130	1.059	2.178	1.057	0.107	5.2
C-03	SM		1.209	1.121	2.208	0.969	0.068	3.5
C-04	SM		1.084	1.019	2.167	1.127	0.096	4.5
C-05	SM		1.099	1.006	2.186	1.173	0.094	4.4

Para la ejecución del análisis estadístico se utilizó el programa “Minitab” que es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos.

**Figura 1.**

*Datos de entrada en función de los ensayos de laboratorio para el software Minitab*

Hoja de trabajo 1 ***												
	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
	CALICATA	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	D. hum (gr)	D. seca (gr)	Sales s	Sulfato	Cloruros	lc (%)	lc (%) a 1.00
1	C-01	14.77	34	31	3	1.506	1.344	4648.4	1902.5	2369.7	3.9	4.8
2	C-02	3.93	37	35	2	1.336	1.295	4715.2	1933.1	2404.6	3.7	5.2
3	C-03	7.63	37	36	2	1.209	1.121	3513.6	1440.8	1789.1	2.9	3.5
4	C-04	3.49	36	34	2	1.264	1.221	5212.3	2136.9	2657.5	3.5	4.5
5	C-05	3.00	34	32	2	1.303	1.265	4966.4	2035.7	2532.6	3.0	4.4

**Figura 2.**

*Datos de entrada en función del ensayo de colapso a carga  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  para el software Minitab*

Hoja de trabajo 1 ***							
↓	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	CALICATA	D. hum (gr/cm3)	D. seca (gr/cm3)	Gs	e0	Δe	Ic (%) a 0.50
1	C-01	1.137	1.054	2.173	1.062	0.079	3.9
2	C-02	1.132	1.057	2.178	1.060	0.075	3.7
3	C-03	1.209	1.121	2.208	0.969	0.057	2.9
4	C-04	1.123	1.056	2.167	1.053	0.072	3.5
5	C-05	1.165	1.079	2.186	1.025	0.061	3.0

**Figura 3.**

*Datos de entrada en función del ensayo de colapso a carga  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  para el software Minitab*

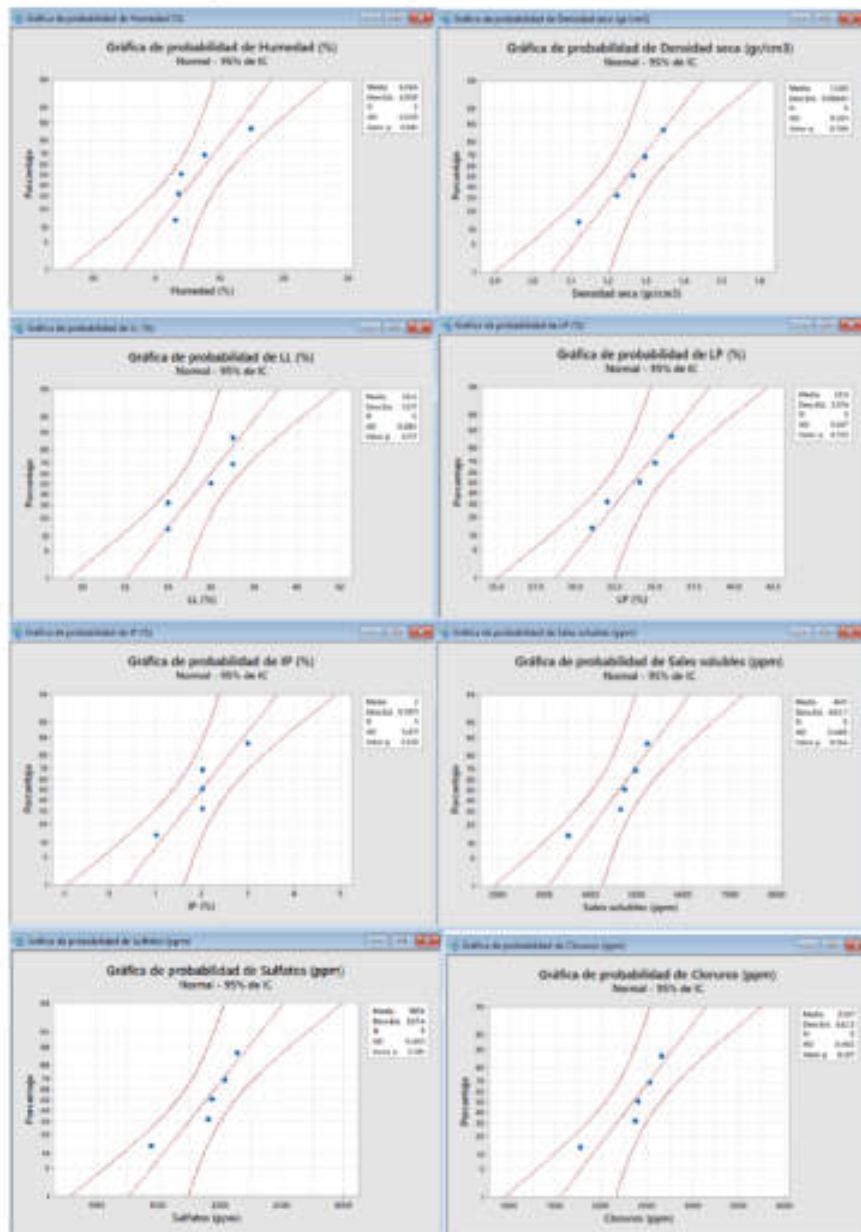
Hoja de trabajo 1 ***							
↓	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	CALICATA	D. hum (gr/cm3)	D. seca (gr/cm3)	Gs	e0	Δe	Ic (%) a 1.00
1	C-01	1.076	1.015	2.173	1.142	0.103	4.8
2	C-02	1.130	1.059	2.178	1.057	0.107	5.2
3	C-03	1.209	1.121	2.208	0.969	0.068	3.5
4	C-04	1.084	1.019	2.167	1.127	0.096	4.5
5	C-05	1.099	1.006	2.186	1.173	0.094	4.4

## 1.2 Datos comparativos para la correlación

Para la correlación se requiere que cumpla los siguiente: Las distribuciones de las variables deben ser semejantes y que las variables se encuentran dentro de un intervalo de confianza, la cual indicaría que tendrá un 95 % de confiabilidad. Y en caso de que alguna variable se encuentra fuera del intervalo de confianza se descartaría como dato para correlación.

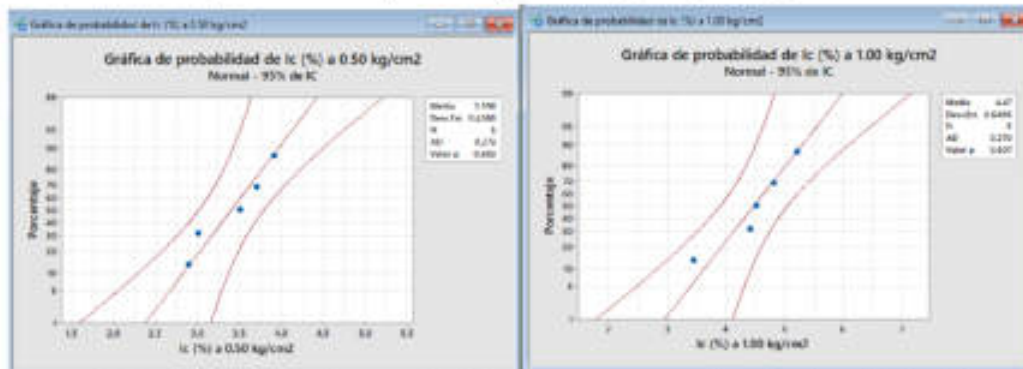
**Figura 4.**

*Intervalos de confianza de ensayos de laboratorio*



**Figura 5.**

*Intervalos de confianza del ensayo de colapso a carga 0.5 y 1.0 kg/cm<sup>2</sup>*



El análisis de cada uno del dato que se encuentran dentro de los intervalos de confianza al 95%, por lo que no existiría problema para poder correlacionarlos.

1.3 Correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio.

Se estuvo realizando correlaciones hasta encontrar un valor igual y/o mayor a 95% de confiabilidad, obteniendo los siguientes resultados:

• ANÁLISIS DE REGRESIÓN:

Ic (%) a 0.50 kg/cm<sup>2</sup> vs. LL (%); D. seca(gr/cm<sup>3</sup>); LP (%)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	0.766474	0.255491	70.86	0.087
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1	0.623935	0.623935	173.04	0.048
LL (%)	1	0.229414	0.229414	63.62	0.079
LP (%)	1	0.144906	0.144906	40.19	0.100
Error	1	0.003606	0.003606		
Total	4	0.770080			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0600478	99.53%	<b>98.13%</b>	39.63%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-17.34	1.86	-9.34	0.068	
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	6.844	0.520	13.15	0.048	2.14
LL (%)	0.7425	0.0931	7.98	0.079	21.20
LP (%)	-0.4254	0.0671	-6.34	0.100	18.97

Ecuación de regresión

$$\text{Ic (\%)} \text{ a } 0.50 \text{ kg/cm}^2 = -17.34 + 6.844 \text{ D. seca (gr/cm}^3\text{)} + 0.7425 \text{ LL (\%)} - 0.4254 \text{ LP (\%)}$$

- ANÁLISIS DE REGRESIÓN:

Ic (%) a 0.50 kg/cm<sup>2</sup> vs. D. seca (gr/cm<sup>3</sup>); LL (%); IP (%)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	0.75569	0.25190	17.50	0.174
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1	0.22748	0.22748	15.81	0.157
LL (%)	1	0.20549	0.20549	14.28	0.165
IP (%)	1	0.13412	0.13412	9.32	0.202
Error	1	0.01439	0.01439		
Total	4	0.77008			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.119961	98.13%	<b>92.53%</b>	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-11.87	3.17	-3.75	0.166	
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	4.69	1.18	3.98	0.157	2.76
LL (%)	0.2292	0.0607	3.78	0.165	2.25
IP (%)	0.568	0.186	3.05	0.202	2.24

Ecuación de regresión

$$\text{Ic (\%)} \text{ a } 0.50 \text{ kg/cm}^2 = -11.87 + 4.69 \text{ D. seca (gr/cm}^3\text{)} + 0.2292 \text{ LL (\%)} + 0.568 \text{ IP (\%)}$$

- ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Ic (%) a 1.00 kg/cm<sup>2</sup> vs. LL (%); LP (%); D.seca (gr/cm<sup>3</sup>)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	1.62082	0.54027	8.04	0.252
LL (%)	1	0.00014	0.00014	0.00	0.971
LP (%)	1	0.03496	0.03496	0.52	0.602
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1	1.29109	1.29109	19.22	0.143
Error	1	0.06718	0.06718		
Total	4	1.68800			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.259191	96.02%	<b>84.08%</b>	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-14.19	8.01	-1.77	0.327	
LL (%)	-0.019	0.402	-0.05	0.971	21.20
LP (%)	0.209	0.290	0.72	0.602	18.97
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	9.84	2.25	4.38	0.143	2.14

Ecuación de regresión

$$Ic (\%) \text{ a } 1.00 \text{ kg/cm}^2 = -14.19 - 0.019 \text{ LL } (\%) + 0.209 \text{ LP } (\%) + 9.84 \text{ D. seca (gr/cm}^3)$$



1.4 Correlación método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

• ANÁLISIS DE REGRESIÓN:

Ic (%) a 0.50 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e0; Δe

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0.768583	0.384292	513.55	0.002
e0	1	0.004551	0.004551	6.08	0.133
Δe	1	0.172194	0.172194	230.11	0.004
Error	2	0.001497	0.000748		
Total	4	0.770080			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0273552	99.81%	<b>99.61%</b>	98.25%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1.842	0.675	2.73	0.112	
e0	-2.132	0.865	-2.47	0.133	6.12
Δe	54.66	3.60	15.17	0.004	6.12

Ecuación de regresión

$$Ic (\%) \text{ a } 0.50 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1.842 - 2.132 e0 + 54.66 \Delta e$$

- ANÁLISIS DE REGRESIÓN:

Ic (%) a 0.50 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e0; Δe; D. seca (gr/cm<sup>3</sup>)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	0.770030	0.256677	5163.44	0.010
e0	1	0.000698	0.000698	14.04	0.166
Δe	1	0.128204	0.128204	2579.01	0.013
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1	0.001447	0.001447	29.11	0.117
Error	1	0.000050	0.000050		
Total	4	0.770080			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0070506	99.99%	<b>99.97%</b>	99.36%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-15.34	3.19	-4.81	0.131	
e0	5.08	1.35	3.75	0.166	226.23
Δe	52.27	1.03	50.78	0.013	7.52
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	9.21	1.71	5.40	0.117	190.43

Ecuación de regresión

$$Ic (\%) \text{ a } 0.50 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = -15.34 + 5.08 e0 + 52.27 \Delta e + 9.21 \text{ D. seca (gr/cm}^3\text{)}$$

1.5 Correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.

• ANÁLISIS DE REGRESIÓN:

Ic (%) a 1.00 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e0; Δe

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	1.58319	0.79160	329.28	0.003
e0	1	0.04873	0.04873	20.27	0.046
Δe	1	1.16471	1.16471	484.48	0.002
Error	2	0.00481	0.00240		
Total	4	1.58800			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0490312	99.70%	<b>99.39%</b>	96.21%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	2.048	0.340	6.01	0.027	
e0	-1.794	0.398	-4.50	0.046	1.76
Δe	46.94	2.13	22.01	0.002	1.76

Ecuación de regresión

$$Ic (\%) \text{ a } 1.00 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 2.048 - 1.794 e0 + 46.94 \Delta e$$

• ANÁLISIS DE REGRESIÓN:

Ic (%) a 1.00 (kg/cm<sup>2</sup>) vs. e0; Δe; D. seca (gr/cm<sup>3</sup>)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	1.58592	0.528639	253.85	0.046
e0	1	0.00066	0.000663	0.32	0.673
Δe	1	0.49113	0.491126	235.83	0.041
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1	0.00273	0.002726	1.31	0.457
Error	1	0.00208	0.002083		
Total	4	1.58800			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0456344	99.87%	<b>99.48%</b>	84.23%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-9.21	9.85	-0.94	0.521	
e0	1.77	3.14	0.56	0.673	125.85
Δe	49.88	3.25	15.36	0.041	4.71
D. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	6.79	5.93	1.14	0.457	153.17

Ecuación de regresión

$$Ic (\%) \text{ a } 1.00 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = -9.21 + 1.77 e0 + 49.88 \Delta e + 6.79 \text{ D. seca (gr/cm}^3\text{)}$$

## 1.6 Resultado de correlación para determinación $I_c$ (%)

Tabla 4

*Formulas propuestas mediante correlación con método Pearson en función de los ensayos de laboratorio.*

DATOS CORRELATIVOS	FORMULAS PROPUESTAS	CONFIABILIDAD
$I_c$ (%) a $0.50 \text{ kg/cm}^2$ vs. LL (%) ; LP (%) D. seca ( $\text{gr/cm}^3$ )	$6.844 \text{ D. seca (gr/cm}^3) + 0.7425 \text{ LL (%) - 0.4254 LP (%) - 17.34}$	98.13%
$I_c$ (%) a $0.50 \text{ kg/cm}^2$ vs. LL (%) ; IP (%) ; D. seca ( $\text{gr/cm}^3$ )	$4.69 \text{ D. seca (gr/cm}^3) + 0.2292 \text{ LL (%) + 0.568 IP (%) - 11.87}$	92.53%
$I_c$ (%) a $1.00 \text{ kg/cm}^2$ vs. LL (%) ; LP (%) ; D. seca ( $\text{gr/cm}^3$ )	$9.84 \text{ D. seca (gr/cm}^3) - 0.019 \text{ LL (%) + 0.209 LP (%) - 14.19}$	84.08%

Elaboración: Propia

Estos resultados representan la exactitud que tiene la metodología para determinar las fórmulas propuestas, al comprobar la fórmula del Índice de colapso que está en función de la relación de vacíos, da una confiabilidad promedio de 99%.

Tabla 5

*Formulas propuestas mediante correlación con método Pearson en función del ensayo de colapso a carga  $0.50$  y  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ .*

DATOS CORRELATIVOS	FORMULAS PROPUESTAS	CONFIABILIDAD
$I_c$ (%) a $0.50 \text{ (kg/cm}^2)$ vs. $e_0$ ; $\Delta e$	$54.66 \Delta e - 2.132 e_0 + 1.842$	99.61%
$I_c$ (%) a $0.50 \text{ (kg/cm}^2)$ vs. $e_0$ ; $\Delta e$ ; D. seca ( $\text{gr/cm}^3$ )	$52.27 \Delta e + 5.08 e_0 + 9.21 \text{ D. seca (gr/cm}^3) - 15.34$	99.97%
$I_c$ (%) a $1.00 \text{ (kg/cm}^2)$ vs. $e_0$ ; $\Delta e$	$46.94 \Delta e - 1.794 e_0 + 2.048$	99.39%
$I_c$ (%) a $1.00 \text{ (kg/cm}^2)$ vs. $e_0$ ; $\Delta e$ ; D. seca ( $\text{gr/cm}^3$ )	$49.88 \Delta e + 1.77 e_0 6.79 \text{ D. seca (gr/cm}^3) - 9.21$	99.48%

Elaboración: Propia

Anexo N°5. Registro de SENAMHI - estación UNJBG 2019-2021

**PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCÁNICA CON FINES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -2020".**

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

\* Datos sin control de calidad.

\* S/D = Sin Datos.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

\* T = Trazas (Precipitación < 0,1 mm/día).

Estación : JORGE BASADRE									
Departamento :		TACNA		Provincia :		TACNA		Distrito : TACNA	
Latitud :		18°1'36.8"		Longitud :		70°15'5.5"		Altitud : 500 msnm.	
Tipo :		MAP - Meteorológica		Código :		118094		valores = 5 mn/día	
DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL	DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL
	MAX	MIN				MAX	MIN		
Ene-19					Feb-19				
1/01/2019	27.6	16.2	70.0	0.0	1/02/2019	30.2	20.4	73.8	0.0
2/01/2019	25.6	16.8	72.8	0.0	2/02/2019	38.5	26.2	74.3	0.0
3/01/2019	26.8	18.4	72.3	0.0	3/02/2019	29.3	20.0	74.1	0.0
4/01/2019	27.6	18.0	68.2	0.0	4/02/2019	29.8	20.3	76.3	0.0
5/01/2019	29.2	17.6	69.9	0.0	5/02/2019	30.0	20.0	77.8	0.0
6/01/2019	27.4	18.0	72.6	2.0	6/02/2019	30.2	19.2	74.1	0.0
7/01/2019	21.6	18.0	89.1	T	7/02/2019	30.4	20.0	73.7	3.1
8/01/2019	27.8	17.0	77.2	0.0	8/02/2019	29.2	20.2	81.6	3.1
9/01/2019	27.2	17.4	74.7	0.0	9/02/2019	29.8	19.6	82.1	0.0
10/01/2019	26.8	19.0	79.4	0.0	10/02/2019	29.6	20.0	77.8	0.0
11/01/2019	29.2	18.4	72.8	0.0	11/02/2019	28.6	18.4	76.9	0.0
12/01/2019	27.8	17.4	72.4	0.0	12/02/2019	27.8	19.4	78.4	2.1
13/01/2019	28.4	18.6	74.1	0.0	13/02/2019	26.6	19.6	79.9	0.0
14/01/2019	27.2	17.4	72.1	0.0	14/02/2019	29.0	18.0	73.9	0.0
15/01/2019	25.8	17.6	71.3	0.0	15/02/2019	28.8	18.2	71.2	0.0
16/01/2019	27.2	16.0	70.0	0.0	16/02/2019	29.0	19.4	71.4	0.0
17/01/2019	26.4	16.4	71.0	0.0	17/02/2019	28.8	17.6	72.9	0.0
18/01/2019	26.2	17.0	69.6	0.0	18/02/2019	27.8	18.0	74.8	0.0
19/01/2019	28.4	17.2	71.3	0.0	19/02/2019	30.2	17.2	72.8	0.0
20/01/2019	28.8	17.8	70.3	0.1	20/02/2019	31.6	18.8	66.4	0.0
21/01/2019	28.2	18.0	69.4	0.0	21/02/2019	29.8	20.2	65.3	0.0
22/01/2019	29.0	18.8	69.6	T	22/02/2019	28.8	19.8	71.8	0.0
23/01/2019	29.2	17.4	70.4	0.1	23/02/2019	28.8	17.0	73.7	0.0
24/01/2019	30.2	17.0	72.3	T	24/02/2019	28.4	18.2	79.9	0.0
25/01/2019	28.4	18.2	75.3	0.0	25/02/2019	29.2	18.2	71.6	3.0
26/01/2019	28.6	18.6	75.9	T	26/02/2019	28.9	18.4	68.3	0.0
27/01/2019	29.8	19.6	75.7	0.0	27/02/2019	28.6	17.6	79.0	0.0
28/01/2019	29.4	19.2	75.1	2.0	28/02/2019	28.8	17.4	79.6	0.0
29/01/2019	29.2	20.0	74.8	9.0					
30/01/2019	28.8	19.8	81.0	0.1					
31/01/2019	30.4	20.0	74.2	0.0					
Mar-19					Abr-19				
1/03/2019	28.2	16.2	73.9	0.0	1/04/2019	24.0	15.4	78.5	0.0
2/03/2019	28.8	17.2	74.7	0.0	2/04/2019	25.8	15.2	71.6	0.0
3/03/2019	27.6	16.4	74.6	0.0	3/04/2019	27.8	17.0	67.8	0.0
4/03/2019	27.9	18.8	76.3	0.0	4/04/2019	27.6	17.8	79.9	0.0
5/03/2019	28.0	18.2	72.8	0.0	5/04/2019	28.0	17.4	77.4	0.0
6/03/2019	28.2	17.0	73.8	0.0	6/04/2019	27.2	17.2	75.8	0.0
7/03/2019	28.4	17.6	70.6	0.0	7/04/2019	26.4	16.6	73.3	0.0
8/03/2019	29.6	16.6	68.2	0.0	8/04/2019	25.8	15.4	79.5	0.0
9/03/2019	28.6	17.0	73.5	0.0	9/04/2019	23.2	17.2	81.8	0.0
10/03/2019	28.8	18.4	74.9	0.0	10/04/2019	22.8	16.2	81.6	0.0
11/03/2019	29.0	17.8	72.8	0.0	11/04/2019	24.4	13.8	76.4	0.0
12/03/2019	28.0	17.6	76.3	0.0	12/04/2019	25.4	13.6	75.2	0.0
13/03/2019	27.4	19.1	75.1	0.0	13/04/2019	25.8	13.8	78.8	0.0
14/03/2019	27.8	17.4	74.0	0.0	14/04/2019	25.2	14.4	81.4	0.0
15/03/2019	28.0	18.6	72.1	0.0	15/04/2019	26.4	13.8	78.4	0.0
16/03/2019	26.8	16.8	75.2	0.0	16/04/2019	24.4	14.2	82.1	0.0
17/03/2019	26.8	15.1	74.1	0.0	17/04/2019	24.2	15.6	79.9	0.0
18/03/2019	27.8	16.0	79.2	0.0	18/04/2019	24.4	15.4	78.1	0.0
19/03/2019	26.6	17.2	78.7	0.0	19/04/2019	24.4	16.0	80.9	0.0
20/03/2019	26.2	15.2	78.8	0.0	20/04/2019	23.8	16.2	79.7	0.0
21/03/2019	27.4	15.0	77.5	0.0	21/04/2019	24.0	13.8	77.0	0.0
22/03/2019	26.8	14.8	77.7	0.0	22/04/2019	22.8	14.4	82.6	0.0
23/03/2019	27.8	15.2	79.1	0.0	23/04/2019	24.8	13.6	78.3	0.0
24/03/2019	26.2	15.4	80.0	0.0	24/04/2019	25.0	16.0	79.6	0.0
25/03/2019	27.2	15.2	76.6	0.0	25/04/2019	24.8	16.2	81.3	0.0
26/03/2019	27.4	15.0	77.8	0.0	26/04/2019	25.2	15.6	84.4	0.2
27/03/2019	27.8	15.4	82.4	0.0	27/04/2019	23.8	15.2	82.1	0.0
28/03/2019	25.2	16.4	82.7	T	28/04/2019	22.2	15.6	81.7	0.0
29/03/2019	26.2	16.6	81.1	0.0	29/04/2019	23.0	15.4	82.2	0.0
30/03/2019	26.6	15.6	80.4	0.0	30/04/2019	23.2	14.2	77.4	0.0
31/03/2019	28.0	18.4	81.2	0.0					

**PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCÁNICA CON FINES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -2020".**

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

\* Datos sin control de calidad.

\* S/D = Sin Datos.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

\* T = Trazas (Precipitación < 0,1 mm/día).

Estación: JORGE BASADRE									
Departamento :		TACNA		Provincia : TACNA		Distrito : TACNA			
Latitud :		18°1'38.8"		Longitud : 70°15'5.5"		Altud : 560 msnm.			
Tipo :		MAP - Meteorológica		Código : 118004		valores = 5 mm/día			
DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN				MAX	MIN		
May-19				Jun-19					
1/05/2019	23.6	13.0	79.3	0.0	1/06/2019	20.0	12.4	84.0	T
2/05/2019	23.1	13.2	77.4	0.0	2/06/2019	20.0	11.4	83.8	0.0
3/05/2019	23.4	13.0	79.2	0.0	3/06/2019	20.8	10.6	87.9	0.0
4/05/2019	24.2	12.2	78.8	0.0	4/06/2019	20.4	11.0	83.4	0.0
5/05/2019	24.4	11.8	77.9	0.0	5/06/2019	20.2	12.8	85.2	0.6
6/05/2019	26.8	12.2	83.0	0.0	6/06/2019	18.8	12.6	93.8	-887.8
7/05/2019	24.6	13.6	84.7	T	7/06/2019	18.8	12.8	87.7	0.0
8/05/2019	20.0	14.6	87.3	0.0	8/06/2019	21.0	13.0	84.0	0.0
9/05/2019	20.2	15.6	85.1	0.0	9/06/2019	21.2	9.8	84.2	0.0
10/05/2019	20.0	15.0	84.9	0.0	10/06/2019	23.6	12.4	79.6	T
11/05/2019	22.8	14.2	88.7	0.0	11/06/2019	22.7	12.0	91.0	0.0
12/05/2019	22.9	14.2	88.4	0.0	12/06/2019	19.0	12.2	89.4	0.0
13/05/2019	24.2	11.8	78.0	0.0	13/06/2019	25.0	12.0	82.0	0.0
14/05/2019	24.2	11.8	82.7	0.0	14/06/2019	17.8	12.4	85.0	T
15/05/2019	22.8	12.0	82.3	0.0	15/06/2019	15.8	12.6	91.8	T
16/05/2019	23.2	12.8	88.7	T	16/06/2019	18.2	12.4	87.1	0.1
17/05/2019	20.0	12.4	83.9	0.1	17/06/2019	19.8	11.2	88.4	T
18/05/2019	19.8	13.4	84.1	0.0	18/06/2019	20.4	10.8	87.1	0.0
19/05/2019	21.2	13.8	81.6	T	19/06/2019	19.6	10.2	88.4	0.1
20/05/2019	19.6	11.8	86.1	0.0	20/06/2019	21.0	11.4	85.8	0.0
21/05/2019	19.0	13.4	86.8	T	21/06/2019	21.4	10.0	86.1	T
22/05/2019	19.8	13.2	84.9	0.0	22/06/2019	18.6	11.2	89.2	0.1
23/05/2019	22.8	12.2	83.9	0.0	23/06/2019	18.4	12.0	86.8	0.0
24/05/2019	20.2	12.4	87.3	0.3	24/06/2019	19.6	12.2	82.4	0.0
25/05/2019	19.0	13.0	87.5	0.0	25/06/2019	19.6	10.0	81.8	T
26/05/2019	19.6	13.4	83.1	0.0	26/06/2019	20.4	11.4	85.5	0.0
27/05/2019	21.8	13.6	83.8	0.0	27/06/2019	21.6	11.2	82.7	0.0
28/05/2019	22.4	10.8	83.8	0.0	28/06/2019	20.8	11.6	88.5	0.0
29/05/2019	21.8	11.4	83.2	0.0	29/06/2019	18.6	11.4	89.2	0.2
30/05/2019	20.4	11.6	83.2	0.0	30/06/2019	17.5	12.4	90.4	0.0
31/05/2019	20.4	12.2	84.4	0.0					
Jul-19				Ago-19					
1/07/2019	21.6	11.0	89.5	0.1	1/08/2019	18.8	9.6	89.8	0.0
2/07/2019	16.4	12.4	93.5	1.0	2/08/2019	20.0	9.4	89.1	0.0
3/07/2019	15.8	11.6	95.2	0.4	3/08/2019	18.7	9.6	89.9	0.0
4/07/2019	17.4	11.8	95.9	0.2	4/08/2019	22.0	6.4	84.2	0.0
5/07/2019	21.0	11.4	88.9	0.3	5/08/2019	21.8	8.8	85.4	0.0
6/07/2019	19.8	10.8	89.0	T	6/08/2019	17.6	10.8	91.2	T
7/07/2019	18.8	11.0	88.3	T	7/08/2019	17.8	10.6	92.2	T
8/07/2019	18.8	11.2	88.3	0.0	8/08/2019	16.8	10.4	90.2	0.3
9/07/2019	19.4	11.4	87.1	T	9/08/2019	17.4	10.0	83.5	T
10/07/2019	18.0	10.8	87.8	0.0	10/08/2019	18.4	10.8	83.1	T
11/07/2019	20.0	11.1	83.4	T	11/08/2019	18.6	11.0	83.6	0.0
12/07/2019	18.4	9.6	84.9	0.0	12/08/2019	22.0	8.2	82.9	T
13/07/2019	18.2	10.8	87.5	0.0	13/08/2019	20.0	9.8	93.3	0.0
14/07/2019	18.1	10.8	82.3	0.0	14/08/2019	22.0	9.4	90.9	0.0
15/07/2019	19.8	11.2	87.2	0.0	15/08/2019	21.4	8.0	89.3	0.0
16/07/2019	19.0	11.6	87.8	0.0	16/08/2019	17.4	8.2	82.1	T
17/07/2019	18.6	11.2	85.6	0.0	17/08/2019	19.2	10.6	89.6	0.0
18/07/2019	19.8	11.8	82.9	0.0	18/08/2019	18.4	10.2	91.7	0.0
19/07/2019	19.6	10.8	84.3	0.0	19/08/2019	19.8	9.2	84.8	T
20/07/2019	18.4	11.8	84.1	0.0	20/08/2019	20.8	11.0	84.3	T
21/07/2019	19.0	11.0	83.8	0.2	21/08/2019	21.0	11.4	84.2	T
22/07/2019	16.6	11.8	93.0	1.0	22/08/2019	20.4	10.2	85.0	0.0
23/07/2019	15.6	11.2	96.0	1.2	23/08/2019	22.2	11.8	81.8	0.0
24/07/2019	13.4	11.2	98.5	1.8	24/08/2019	20.4	10.4	86.4	0.0
25/07/2019	16.4	10.4	91.0	-887.9	25/08/2019	20.8	10.0	83.4	0.0
26/07/2019	18.1	9.5	99.0	0.0	26/08/2019	22.0	8.2	87.9	T
27/07/2019	16.7	9.2	98.6	0.0	27/08/2019	21.2	8.6	91.6	0.0
28/07/2019	18.5	8.2	87.5	0.0	28/08/2019	19.8	8.8	91.0	0.0
29/07/2019	18.4	8.2	88.2	0.0	29/08/2019	21.4	10.8	88.2	0.0
30/07/2019	18.8	9.0	85.3	0.0	30/08/2019	20.2	10.2	90.7	T
31/07/2019	19.0	10.4	90.7	0.0	31/08/2019	19.0	11.8	92.4	0.0



**PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCÁNICA CON FINES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -2020",**

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

\* Datos sin control de calidad.

\* S/D = Sin Datos.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : JORGE BASADRE									
Departamento :		TACNA		Provincia : TACNA		Distrito : TACNA			
Latitud :		18°1'36.8"		Longitud : 70°15'5.5"		Altitud : 560 msnm.			
Tipo :		MAP - Meteorológica		Código : 118034		valores > 5 mm/día			
DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL		MAX	MIN		TOTAL
Set-19					Oct-19				
1/09/2019	19.5	11.2	90.6	0.0	1/10/2019	18.2	12.2	85.8	1.0
2/09/2019	22.4	11.0	86.7	0.0	2/10/2019	21.0	11.2	81.7	T
3/09/2019	21.8	11.2	85.9	0.0	3/10/2019	22.2	12.5	75.9	0.3
4/09/2019	22.0	12.2	87.1	0.7	4/10/2019	19.6	12.0	87.1	1.5
5/09/2019	21.6	12.8	93.4	0.5	5/10/2019	20.2	11.2	86.9	0.3
6/09/2019	21.2	12.4	91.3	0.6	6/10/2019	19.0	11.6	86.7	0.0
7/09/2019	20.2	12.1	92.1	1.0	7/10/2019	22.4	11.4	83.6	0.0
8/09/2019	15.4	12.0	100.0	1.1	8/10/2019	21.6	9.0	85.1	0.0
9/09/2019	19.0	11.2	92.4	0.5	9/10/2019	21.4	10.4	83.6	0.0
10/09/2019	18.0	11.6	94.7	0.1	10/10/2019	21.2	10.6	80.7	0.0
11/09/2019	17.0	11.4	96.7	0.0	11/10/2019	22.2	11.2	80.4	0.0
12/09/2019	18.8	10.2	96.6	0.0	12/10/2019	23.2	10.6	78.4	T
13/09/2019	22.0	10.0	96.3	0.0	13/10/2019	24.0	11.8	83.4	0.0
14/09/2019	20.8	11.2	97.9	0.0	14/10/2019	23.4	12.0	75.2	T
15/09/2019	20.4	11.0	90.2	0.0	15/10/2019	24.4	12.2	77.3	0.0
16/09/2019	20.4	11.8	88.3	0.0	16/10/2019	21.8	13.0	77.6	0.0
17/09/2019	19.4	12.0	88.6	T	17/10/2019	22.4	13.8	75.8	0.0
18/09/2019	18.4	11.2	93.2	0.3	18/10/2019	21.0	13.0	86.9	0.0
19/09/2019	20.4	11.0	86.1	T	19/10/2019	21.6	12.6	78.4	T
20/09/2019	20.8	9.8	86.3	0.0	20/10/2019	22.4	12.6	78.4	0.0
21/09/2019	22.8	11.2	87.4	0.0	21/10/2019	22.8	12.8	80.4	0.0
22/09/2019	23.4	11.8	75.0	0.0	22/10/2019	24.0	9.4	77.8	0.0
23/09/2019	21.2	12.2	80.4	0.0	23/10/2019	23.6	12.2	78.0	0.0
24/09/2019	20.6	11.6	84.2	0.0	24/10/2019	24.7	12.4	74.0	0.0
25/09/2019	22.4	9.8	76.9	0.0	25/10/2019	22.8	12.6	78.7	0.0
26/09/2019	19.0	10.4	84.1	0.0	26/10/2019	23.6	12.4	86.8	0.0
27/09/2019	20.8	10.6	84.3	0.0	27/10/2019	24.0	12.0	80.3	0.0
28/09/2019	21.8	10.4	80.7	0.0	28/10/2019	23.7	12.6	88.0	0.0
29/09/2019	22.8	10.2	77.9	0.0	29/10/2019	23.0	11.2	71.9	0.0
30/09/2019	22.0	11.0	74.9	0.0	30/10/2019	24.0	13.4	73.5	0.0
					31/10/2019	23.8	14.6	72.5	0.0
Nov-19					Dic-19				
1/11/2019	25.0	12.8	71.1	0.0	1/12/2019	26.4	15.0	67.7	0.0
2/11/2019	24.2	14.6	74.0	0.0	2/12/2019	26.2	16.0	81.3	0.0
3/11/2019	24.4	13.5	72.7	0.0	3/12/2019	26.4	17.0	76.0	T
4/11/2019	22.8	13.8	82.2	0.0	4/12/2019	25.2	16.2	77.9	0.0
5/11/2019	23.0	13.4	78.0	0.0	5/12/2019	26.8	15.4	77.2	0.0
6/11/2019	25.4	11.4	78.0	0.0	6/12/2019	26.4	15.0	75.8	0.0
7/11/2019	24.4	13.8	79.4	0.4	7/12/2019	27.6	17.6	75.7	0.0
8/11/2019	22.8	14.0	83.4	T	8/12/2019	26.2	16.8	75.9	0.0
9/11/2019	20.8	13.8	87.6	T	9/12/2019	26.4	16.8	88.2	0.0
10/11/2019	25.2	13.6	79.2	0.0	10/12/2019	26.8	17.6	88.7	0.0
11/11/2019	25.0	14.2	74.4	0.0	11/12/2019	26.6	17.2	70.8	0.0
12/11/2019	24.2	14.8	74.9	0.0	12/12/2019	25.8	17.0	80.7	0.0
13/11/2019	25.0	16.2	72.2	0.0	13/12/2019	26.6	16.4	87.6	0.0
14/11/2019	24.0	15.2	73.8	0.0	14/12/2019	27.2	14.2	83.5	0.0
15/11/2019	23.8	15.4	71.9	0.0	15/12/2019	25.6	14.8	69.9	0.0
16/11/2019	25.8	13.8	86.8	0.0	16/12/2019	27.8	16.6	88.5	0.0
17/11/2019	25.8	13.6	88.7	0.0	17/12/2019	27.6	16.0	70.5	0.0
18/11/2019	26.2	14.8	75.5	0.0	18/12/2019	27.8	16.2	70.1	0.0
19/11/2019	25.8	14.4	76.4	0.0	19/12/2019	27.2	15.4	67.0	0.0
20/11/2019	26.6	16.0	71.9	0.0	20/12/2019	27.4	14.8	70.2	0.0
21/11/2019	26.2	17.2	74.4	0.0	21/12/2019	26.6	16.0	72.7	0.0
22/11/2019	25.9	17.0	74.3	0.0	22/12/2019	26.8	15.8	72.2	0.0
23/11/2019	25.4	16.8	72.9	T	23/12/2019	27.0	16.0	88.1	0.0
24/11/2019	23.2	16.4	81.2	0.5	24/12/2019	26.2	16.4	86.2	0.0
25/11/2019	25.2	15.6	71.8	0.0	25/12/2019	26.8	18.0	84.8	0.0
26/11/2019	25.6	13.6	86.1	0.0	26/12/2019	27.6	15.8	87.5	0.0
27/11/2019	27.0	13.8	70.8	0.0	27/12/2019	27.4	17.8	89.1	0.0
28/11/2019	25.0	16.2	72.9	0.0	28/12/2019	27.8	15.8	83.2	0.0
29/11/2019	26.6	16.6	67.7	0.0	29/12/2019	27.2	18.6	72.6	0.0
30/11/2019	26.2	16.0	74.3	0.0	30/12/2019	28.0	15.8	79.5	0.0
					31/12/2019	26.6	16.0	74.4	0.0

**PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCÁNICA CON FINES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -2020".**

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

\* Datos sin control de calidad.

\* S/D = Sin Datos.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

\* T = Trazas (Precipitación < 0,1 mm/día).

Estación : JORGE BASADRE									
Departamento :		TACNA		Provincia : TACNA		Distrito : TACNA			
Latitud :		18°1'36.8"		Longitud : 70°15'5.5"		Altitud : 500 msnm.			
Tipo :		MAP - Meteorológica		Código : 118004		valores > 5 mm/día			
DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN				MAX	MIN		
Ene-20					Feb-20				
1/01/2020	26.4	17.0	72.2	0.4	1/02/2020	26.1	17.2	70.7	0.0
2/01/2020	27.8	17.8	71.0	T	2/02/2020	29.8	19.8	68.5	0.0
3/01/2020	26.2	18.0	71.8	0.0	3/02/2020	26.0	17.0	68.1	0.0
4/01/2020	27.8	17.8	74.2	0.0	4/02/2020	26.4	18.6	66.9	0.0
5/01/2020	27.6	19.0	73.2	0.0	5/02/2020	27.8	16.8	64.8	0.0
6/01/2020	30.6	17.2	69.7	0.0	6/02/2020	29.4	17.6	67.5	0.0
7/01/2020	26.4	18.0	67.9	0.0	7/02/2020	27.0	18.0	67.7	0.0
8/01/2020	29.4	17.2	64.3	0.0	8/02/2020	28.2	17.0	67.9	T
9/01/2020	27.6	16.4	69.7	0.0	9/02/2020	27.6	18.2	66.5	0.0
10/01/2020	27.4	16.8	73.6	0.0	10/02/2020	29.0	18.0	66.9	0.0
11/01/2020	27.6	16.8	69.8	0.0	11/02/2020	29.0	17.4	68.5	0.0
12/01/2020	27.4	18.2	69.4	0.0	12/02/2020	28.8	16.0	65.9	1.5
13/01/2020	26.8	17.0	72.6	0.0	13/02/2020	27.8	18.8	77.7	687.6
14/01/2020	26.3	13.8	63.8	0.0	14/02/2020	29.0	19.2	70.3	0.0
15/01/2020	26.4	18.0	68.2	T	15/02/2020	29.4	19.0	67.7	0.0
16/01/2020	26.2	17.8	65.7	0.0	16/02/2020	28.6	18.8	71.2	0.0
17/01/2020	30.0	18.8	68.0	0.0	17/02/2020	29.2	19.0	68.5	0.0
18/01/2020	29.8	18.0	68.6	T	18/02/2020	29.4	18.6	72.7	0.0
19/01/2020	28.6	19.6	72.4	0.0	19/02/2020	29.2	19.8	66.5	0.0
20/01/2020	28.6	20.2	65.1	T	20/02/2020	28.8	20.0	68.0	0.0
21/01/2020	30.0	20.0	66.2	0.0	21/02/2020	27.6	19.6	77.3	25.8
22/01/2020	28.0	20.4	79.6	3.0	22/02/2020	28.0	19.8	78.8	0.6
23/01/2020	27.2	20.2	77.6	16.4	23/02/2020	30.0	20.2	73.5	0.0
24/01/2020	25.0	18.2	92.0	6.5	24/02/2020	30.4	20.8	72.3	0.0
25/01/2020	27.8	18.8	66.1	0.2	25/02/2020	29.6	19.6	72.5	0.0
26/01/2020	26.4	20.2	60.0	T	26/02/2020	29.0	19.2	71.8	0.0
27/01/2020	26.8	20.8	76.8	0.0	27/02/2020	28.2	18.2	70.9	0.0
28/01/2020	28.0	21.0	75.0	0.0	28/02/2020	28.6	19.8	71.0	0.0
29/01/2020	27.0	20.6	74.8	0.0	29/02/2020	29.2	20.8	70.6	0.0
30/01/2020	29.4	20.4	72.8	0.0					
31/01/2020	29.2	19.6	67.3	0.0					
Mar-20					Abr-20				
1/03/2020	29.4	18.4	68.8	0.0	1/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
2/03/2020	29.4	17.6	72.0	0.0	2/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
3/03/2020	26.2	17.4	73.2	0.0	3/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
4/03/2020	27.8	18.4	71.5	0.0	4/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
5/03/2020	27.2	18.2	76.5	0.0	5/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
6/03/2020	29.0	17.0	71.0	0.0	6/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
7/03/2020	26.6	18.0	79.6	0.0	7/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
8/03/2020	26.0	18.4	72.5	0.0	8/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
9/03/2020	26.2	19.4	79.8	0.0	9/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
10/03/2020	28.0	19.2	75.8	0.0	10/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
11/03/2020	28.6	18.2	73.2	0.0	11/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
12/03/2020	28.8	18.8	71.9	0.0	12/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
13/03/2020	29.2	20.2	75.8	0.0	13/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
14/03/2020	27.8	19.8	78.2	0.0	14/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
15/03/2020	26.4	20.0	78.0	0.0	15/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
16/03/2020	26.6	19.2	68.0	T	16/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
17/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	17/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
18/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	18/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
19/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	19/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
20/03/2020	S/D	S/D	S/D	-699.0	20/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
21/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	21/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					22/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					23/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					24/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					25/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					26/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					27/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					28/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					29/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
					30/04/2020	S/D	S/D	S/D	S/D

**PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCÁNICA CON FINES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -2020".**

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

\* Datos sin control de calidad.

\* S/D = Sin Datos.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación: JORGE BASADRE									
Departamento :		TACNA		Provincia :		TACNA		Distrito : TACNA	
Latitud :		18°1'36.8"		Longitud :		70°15'5.5"		Altitud : 560 msnm.	
Tipo :		MAP - Meteorológica		Codigo :		118094		valores > 5 mm/día	
DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN				MAX	MIN		
May-20					Jun-20				
1/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	1/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
2/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	2/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
3/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	3/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
4/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	4/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
5/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	5/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
6/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	6/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
7/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	7/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
8/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	8/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
9/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	9/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
10/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	10/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
11/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	11/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
12/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	12/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
13/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	13/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
14/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	14/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
15/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	15/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
16/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	16/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
17/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	17/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
18/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	18/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
19/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	19/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
20/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	20/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
21/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	21/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
22/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	22/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
23/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	23/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
24/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	24/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
25/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	25/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
26/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	26/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
27/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	27/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
28/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	28/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
29/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	29/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
30/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D	30/06/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
31/05/2020	S/D	S/D	S/D	S/D					
Jul-20					Ago-20				
1/07/2020	19.0	S/D	79.0	0.0	1/08/2020	20.4	9.2	82.8	-999.0
2/07/2020	19.6	10.4	79.7	0.0	2/08/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
3/07/2020	20.0	9.6	81.7	T	3/08/2020	24.6	11.8	86.0	0.0
4/07/2020	18.2	9.4	85.8	0.0	4/08/2020	25.2	10.2	83.3	0.0
5/07/2020	19.1	8.8	80.3	0.0	5/08/2020	18.0	10.0	85.8	0.0
6/07/2020	19.4	9.0	81.0	T	6/08/2020	20.2	9.8	79.8	0.0
7/07/2020	19.6	8.8	82.8	0.0	7/08/2020	20.0	10.4	83.0	0.0
8/07/2020	19.0	11.2	83.5	0.0	8/08/2020	21.4	8.8	82.7	-999.0
9/07/2020	20.2	10.8	82.1	T	9/08/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
10/07/2020	19.0	10.4	81.5	0.0	10/08/2020	20.2	9.4	86.0	0.0
11/07/2020	18.2	10.0	82.5	0.0	11/08/2020	19.8	10.8	92.3	0.0
12/07/2020	18.8	8.8	84.2	0.0	12/08/2020	19.8	10.2	97.3	0.0
13/07/2020	21.4	8.9	88.5	0.0	13/08/2020	19.4	11.4	97.3	0.0
14/07/2020	23.6	10.8	85.3	0.0	14/08/2020	18.4	12.0	97.3	0.0
15/07/2020	20.8	11.4	72.6	0.0	15/08/2020	20.0	11.8	97.3	-999.0
16/07/2020	19.2	9.6	84.4	0.0	16/08/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
17/07/2020	18.0	9.0	84.1	0.0	17/08/2020	19.8	11.4	96.8	0.4
18/07/2020	18.6	10.0	83.3	0.0	18/08/2020	18.8	10.2	95.3	0.3
19/07/2020	19.0	10.8	82.5	0.0	19/08/2020	18.0	9.8	96.7	T
20/07/2020	20.0	11.2	84.1	0.0	20/08/2020	19.8	9.4	95.9	0.0
21/07/2020	18.8	11.2	83.7	T	21/08/2020	20.0	8.0	88.8	0.0
22/07/2020	18.0	11.8	85.2	0.0	22/08/2020	21.4	8.0	86.9	-999.0
23/07/2020	17.8	12.2	84.5	0.0	23/08/2020	S/D	S/D	S/D	1.4
24/07/2020	17.4	11.2	85.8	0.0	24/08/2020	19.8	9.6	96.9	T
25/07/2020	20.0	10.8	81.3	0.0	25/08/2020	20.4	8.2	88.7	0.4
26/07/2020	19.2	10.4	84.3	0.0	26/08/2020	20.8	9.2	87.5	T
27/07/2020	18.4	9.8	84.3	0.0	27/08/2020	19.8	8.0	87.4	0.0
28/07/2020	19.6	9.6	82.0	0.0	28/08/2020	20.0	8.2	86.7	0.0
29/07/2020	20.0	8.2	83.8	0.0	29/08/2020	18.0	6.0	96.0	S/D
30/07/2020	21.2	7.8	84.9	0.0	30/08/2020	14.4	7.2	S/D	S/D
31/07/2020	22.0	9.0	83.5	0.0	31/08/2020	18.0	S/D	91.2	0.0

PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCÁNICA CON FINES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -2020".

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

\* Datos sin control de calidad.

\* S/D - Sin Datos.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : JORGE BASADRE									
Departamento :		TACNA		Provincia : TACNA		Distrito : TACNA			
Latitud :		18°1'36.8"		Longitud : 70°10'5.5"		Altitud : 560 msnm.			
Tipo :		MAP - Meteorológica		Código : 118804		valores > 5 mm/día			
DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN				MAX	MIN		
Set-20					Oct-20				
1/09/2020	17.4	9.8	89.7	0.1	1/10/2020	22.0	12.8	85.0	0.0
2/09/2020	17.2	10.6	89.5	0.0	2/10/2020	20.6	13.0	87.7	0.0
3/09/2020	16.8	10.2	84.8	0.0	3/10/2020	22.4	13.2	84.3	0.0
4/09/2020	19.8	10.0	83.5	0.0	4/10/2020	22.2	13.0	87.0	0.0
5/09/2020	20.0	10.0	83.8	0.0	5/10/2020	19.8	11.8	88.9	0.4
6/09/2020	19.2	10.4	84.8	0.0	6/10/2020	24.2	12.4	85.1	0.0
7/09/2020	19.0	10.2	86.2	0.2	7/10/2020	22.4	12.8	81.0	0.0
8/09/2020	20.2	10.6	84.4	0.0	8/10/2020	23.5	11.0	85.2	0.0
9/09/2020	20.4	10.4	86.4	0.0	9/10/2020	23.6	12.2	84.0	T
10/09/2020	21.3	11.0	82.9	0.0	10/10/2020	23.8	12.4	85.5	0.0
11/09/2020	20.6	11.2	85.1	0.0	11/10/2020	25.0	13.0	85.1	0.0
12/09/2020	21.6	11.0	84.1	0.0	12/10/2020	23.0	13.2	88.9	0.0
13/09/2020	20.6	11.0	84.8	0.0	13/10/2020	22.8	13.8	86.8	0.7
14/09/2020	21.8	12.2	86.1	0.0	14/10/2020	19.6	13.4	91.9	0.0
15/09/2020	21.6	12.4	88.0	0.3	15/10/2020	23.8	13.2	84.5	0.0
16/09/2020	18.4	12.2	91.7	0.0	16/10/2020	24.4	12.4	84.5	0.0
17/09/2020	21.2	12.0	84.8	0.0	17/10/2020	24.2	14.0	84.1	0.0
18/09/2020	21.0	11.8	85.1	0.0	18/10/2020	22.6	13.8	85.6	0.2
19/09/2020	22.8	12.0	83.0	0.0	19/10/2020	22.8	13.2	86.3	0.1
20/09/2020	23.2	10.2	85.1	0.0	20/10/2020	22.8	13.0	86.2	0.0
21/09/2020	22.5	10.8	86.0	0.0	21/10/2020	21.2	13.2	88.7	0.0
22/09/2020	22.9	11.2	85.9	0.0	22/10/2020	22.8	12.8	85.9	0.0
23/09/2020	23.2	12.0	85.6	T	23/10/2020	23.2	13.8	85.7	0.0
24/09/2020	22.8	10.4	87.9	0.0	24/10/2020	23.0	13.6	87.5	0.2
25/09/2020	20.2	11.0	84.0	0.0	25/10/2020	22.4	13.8	87.7	0.0
26/09/2020	20.6	11.8	85.2	0.0	26/10/2020	23.6	13.6	84.7	0.0
27/09/2020	20.4	11.6	85.8	0.0	27/10/2020	23.8	14.0	81.9	0.0
28/09/2020	22.0	11.8	84.0	0.0	28/10/2020	23.4	13.8	83.8	0.0
29/09/2020	22.3	12.0	84.8	0.0	29/10/2020	24.2	13.8	83.8	0.0
30/09/2020	22.6	12.4	86.0	0.0	30/10/2020	25.4	12.4	84.2	0.0
					31/10/2020	23.2	11.4	85.1	0.0
Nov-20					Dic-20				
1/11/2020	24.4	13.2	84.8	0.0	1/12/2020	25.2	14.6	79.1	0.0
2/11/2020	24.2	13.0	85.2	0.0	2/12/2020	25.8	14.4	77.0	0.0
3/11/2020	23.0	13.0	87.0	T	3/12/2020	25.4	16.0	79.0	0.0
4/11/2020	25.6	13.8	80.3	0.0	4/12/2020	26.0	16.2	77.9	0.0
5/11/2020	24.4	12.0	82.0	0.0	5/12/2020	5/0	14.0	5/0	0.0
6/11/2020	23.2	13.4	85.0	0.0	6/12/2020	26.4	8/0	75.5	0.0
7/11/2020	23.8	13.0	84.2	0.0	7/12/2020	26.2	14.4	75.8	0.0
8/11/2020	24.4	13.2	85.0	0.0	8/12/2020	27.0	16.2	78.5	0.0
9/11/2020	23.2	13.8	81.5	0.0	9/12/2020	25.4	12.8	76.0	0.0
10/11/2020	24.0	14.4	78.4	0.0	10/12/2020	26.4	13.0	75.1	0.0
11/11/2020	23.8	12.0	77.6	0.0	11/12/2020	26.2	13.8	78.4	0.0
12/11/2020	25.0	14.2	78.2	0.0	12/12/2020	26.6	14.2	74.3	0.0
13/11/2020	24.4	11.8	77.0	0.0	13/12/2020	26.2	14.8	77.1	0.0
14/11/2020	23.6	13.6	79.9	0.0	14/12/2020	26.4	16.0	80.4	0.0
15/11/2020	23.4	13.4	76.8	0.0	15/12/2020	25.8	16.4	80.2	0.0
16/11/2020	24.2	11.6	77.5	0.0	16/12/2020	26.4	16.6	78.8	0.0
17/11/2020	24.8	12.4	75.7	0.0	17/12/2020	26.2	15.6	78.7	0.0
18/11/2020	25.0	12.2	80.4	0.0	18/12/2020	26.8	16.6	76.3	0.0
19/11/2020	24.8	12.0	75.1	0.0	19/12/2020	27.0	16.2	77.5	0.0
20/11/2020	25.2	11.2	78.2	0.0	20/12/2020	26.0	17.2	77.0	0.0
21/11/2020	25.5	10.8	80.1	0.0	21/12/2020	26.6	15.6	77.0	0.0
22/11/2020	24.0	13.2	80.5	0.0	22/12/2020	26.2	15.8	78.1	T
23/11/2020	23.2	13.0	77.6	0.0	23/12/2020	26.6	16.8	79.7	0.0
24/11/2020	24.4	13.2	80.1	0.0	24/12/2020	27.0	17.4	77.6	0.0
25/11/2020	25.0	13.6	79.2	0.0	25/12/2020	26.8	16.4	76.7	0.0
26/11/2020	25.4	14.0	77.4	0.0	26/12/2020	27.0	17.0	74.3	0.2
27/11/2020	26.2	13.2	75.5	0.0	27/12/2020	27.6	17.6	77.8	1.7
28/11/2020	25.6	14.6	78.5	0.0	28/12/2020	24.2	17.0	80.9	7.8
29/11/2020	25.6	15.2	82.8	0.0	29/12/2020	26.6	17.2	82.4	0.4
30/11/2020	25.8	15.2	80.0	0.0	30/12/2020	26.4	17.0	79.4	0.0
					31/12/2020	26.8	18.0	82.3	0.0

PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCÁNICA CON FINES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA -2020".

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

\* Datos sin control de calidad.

\* S/D = Sin Datos.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

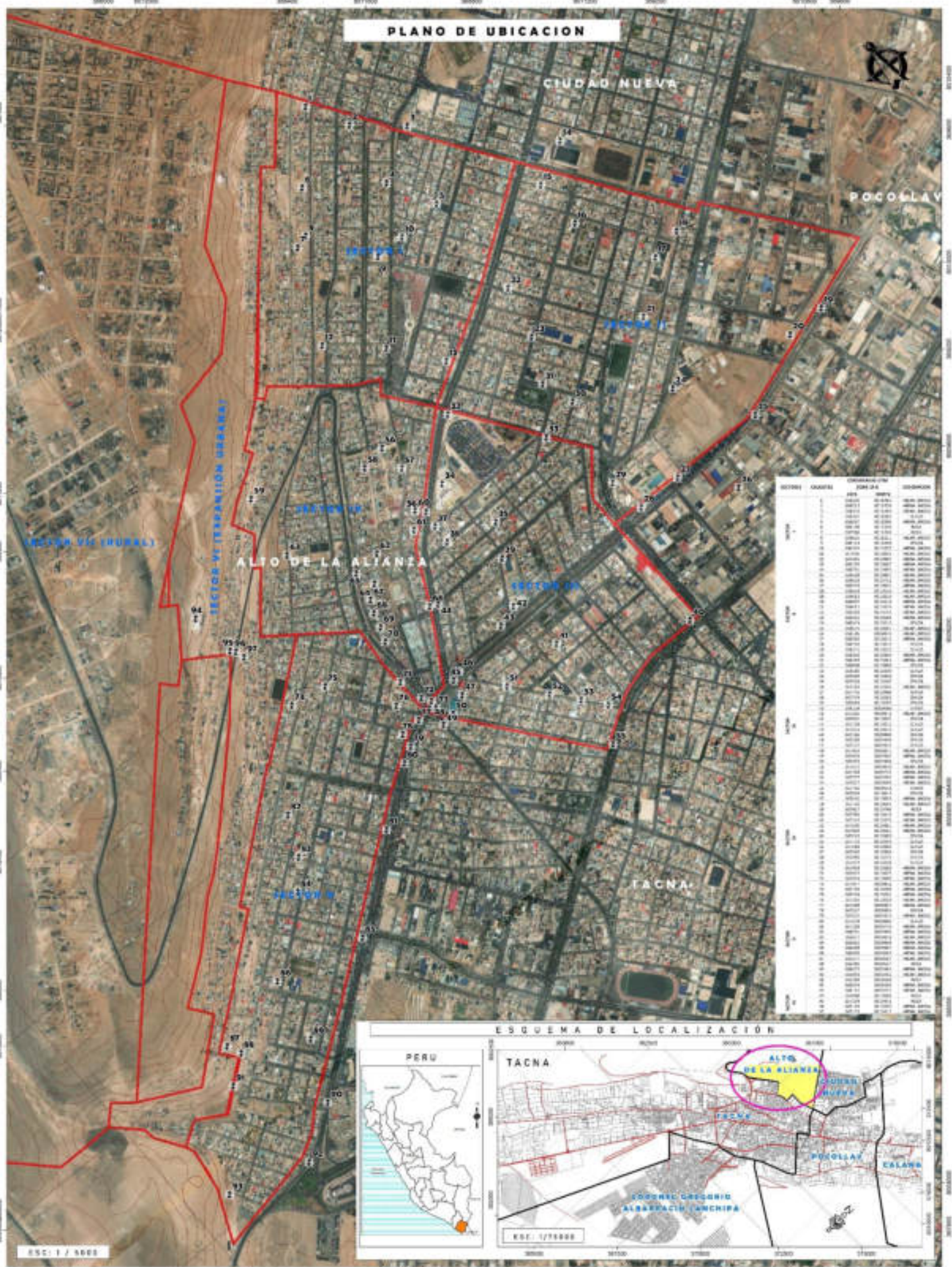
\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación: JORGE BASADRE											
Departamento:		TACNA			Provincia:			TACNA		Distrito:	TACNA
Latitud:		18°1'36.8"			Longitud:			70°15'5.5"		Altitud:	580 msnm.
Tipo:		MAP - Meteorológica			Código:			118094		valores > 5 mm/día	
DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL	DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL		
	MAX	MIN				MAX	MIN				
Ene-21					Feb-21						
1/01/2021	27.6	18.0	81.9	0.0	1/02/2021	26.6	17.4	80.0	0.0		
2/01/2021	28.0	18.2	79.1	0.0	2/02/2021	27.2	17.8	80.4	0.0		
3/01/2021	27.6	18.6	80.1	0.0	3/02/2021	27.4	17.0	82.2	T		
4/01/2021	28.0	19.2	76.7	0.0	4/02/2021	27.6	16.6	82.0	0.0		
5/01/2021	27.8	16.8	76.3	0.0	5/02/2021	27.2	17.0	84.1	0.0		
6/01/2021	28.4	16.6	76.1	0.0	6/02/2021	28.0	17.8	79.3	0.0		
7/01/2021	27.0	17.2	79.0	0.0	7/02/2021	29.2	19.0	78.3	0.0		
8/01/2021	27.4	17.4	79.9	0.0	8/02/2021	28.4	18.0	78.8	0.0		
9/01/2021	27.2	16.4	78.5	0.0	9/02/2021	27.4	17.0	80.0	0.0		
10/01/2021	26.6	16.8	80.8	0.0	10/02/2021	28.6	16.0	82.4	0.0		
11/01/2021	27.0	17.8	79.6	0.0	11/02/2021	28.8	17.8	81.5	0.0		
12/01/2021	27.2	17.2	77.8	0.0	12/02/2021	28.6	18.2	76.6	0.0		
13/01/2021	26.8	16.6	79.8	0.0	13/02/2021	28.8	19.8	78.7	0.0		
14/01/2021	26.8	17.2	78.9	0.0	14/02/2021	28.0	18.2	82.3	0.0		
15/01/2021	26.6	17.4	77.1	0.0	15/02/2021	28.4	16.4	80.3	0.0		
16/01/2021	27.2	17.8	77.0	0.0	16/02/2021	29.6	17.4	76.9	0.0		
17/01/2021	29.0	17.9	74.7	0.0	17/02/2021	28.8	18.6	78.9	0.0		
18/01/2021	27.6	17.2	78.0	0.0	18/02/2021	28.6	16.8	83.1	0.0		
19/01/2021	27.2	16.6	76.9	0.0	19/02/2021	26.7	15.8	80.8	0.0		
20/01/2021	27.4	16.8	76.6	0.0	20/02/2021	25.8	16.4	87.5	0.0		
21/01/2021	28.2	16.4	77.9	0.0	21/02/2021	26.0	17.2	85.2	0.0		
22/01/2021	26.1	15.6	85.3	1.3	22/02/2021	26.6	17.8	84.5	0.0		
23/01/2021	27.2	16.8	80.9	0.0	23/02/2021	26.8	18.4	84.3	0.0		
24/01/2021	27.6	16.6	82.5	0.0	24/02/2021	27.0	18.2	83.7	0.0		
25/01/2021	27.8	16.4	78.3	0.0	25/02/2021	26.8	16.4	84.1	0.0		
26/01/2021	27.8	16.6	78.1	0.0	26/02/2021	28.3	17.2	83.0	0.0		
27/01/2021	27.8	15.8	79.9	0.0	27/02/2021	27.8	18.6	83.0	0.0		
28/01/2021	28.0	17.4	77.7	0.0	28/02/2021	27.7	17.8	84.2	0.0		
29/01/2021	27.8	15.6	76.0	0.0							
30/01/2021	27.6	16.6	80.6	0.0							
31/01/2021	26.8	17.8	82.2	0.0							
Mar-21					Abr-21						
1/03/2021	28.2	17.6	84.5	0.0	1/04/2021	24.4	16.4	92.1	0.0		
2/03/2021	28.8	17.4	83.2	0.0	2/04/2021	25.0	14.6	91.0	0.0		
3/03/2021	28.8	19.0	83.6	0.0	3/04/2021	23.2	15.2	93.5	0.0		
4/03/2021	28.6	17.8	84.0	0.0	4/04/2021	26.3	16.0	91.4	0.0		
5/03/2021	29.0	18.8	86.5	0.0	5/04/2021	26.4	17.0	91.8	0.0		
6/03/2021	28.2	18.0	87.0	0.0	6/04/2021	25.2	15.8	92.8	0.0		
7/03/2021	28.4	17.0	86.1	T	7/04/2021	23.6	16.8	93.0	0.0		
8/03/2021	27.8	18.0	86.9	0.0	8/04/2021	23.0	15.8	S/D	-999.0		
9/03/2021	27.4	17.0	84.9	0.0	9/04/2021	S/D	S/D	S/D	S/D		
10/03/2021	28.2	17.2	85.2	0.0	10/04/2021	S/D	S/D	S/D	S/D		
11/03/2021	27.8	17.8	87.1	0.0	11/04/2021	S/D	S/D	S/D	S/D		
12/03/2021	28.0	17.2	84.9	0.0	12/04/2021	24.4	S/D	92.7	0.0		
13/03/2021	29.3	18.0	85.7	0.0	13/04/2021	24.0	14.4	93.2	0.0		
14/03/2021	27.5	17.2	86.5	0.0	14/04/2021	23.8	15.2	92.5	0.0		
15/03/2021	28.2	18.0	88.4	0.0	15/04/2021	23.0	15.0	95.4	0.0		
16/03/2021	27.4	16.4	88.3	0.0	16/04/2021	25.6	15.0	92.5	0.0		
17/03/2021	26.2	16.6	88.6	0.0	17/04/2021	24.4	14.8	93.7	0.0		
18/03/2021	26.0	16.0	89.6	0.0	18/04/2021	23.4	15.0	94.1	0.0		
19/03/2021	28.4	18.2	91.3	0.0	19/04/2021	24.3	13.8	95.0	0.0		
20/03/2021	25.8	16.0	87.1	0.0	20/04/2021	24.8	13.0	90.8	0.0		
21/03/2021	26.0	15.2	89.4	T	21/04/2021	22.8	14.0	92.3	0.0		
22/03/2021	27.2	16.8	89.8	0.0	22/04/2021	22.2	15.8	93.5	0.0		
23/03/2021	27.2	15.8	90.4	0.0	23/04/2021	23.3	16.0	91.7	0.0		
24/03/2021	26.8	15.4	88.0	0.0	24/04/2021	23.2	14.6	92.2	0.0		
25/03/2021	26.0	15.2	89.1	0.0	25/04/2021	23.8	12.6	91.4	0.0		
26/03/2021	25.8	14.8	91.0	0.0	26/04/2021	23.4	11.6	92.8	0.0		
27/03/2021	25.4	14.6	91.0	0.0	27/04/2021	21.6	12.4	92.1	0.0		
28/03/2021	26.0	15.0	90.1	0.0	28/04/2021	22.8	13.2	94.0	0.0		
29/03/2021	25.2	14.4	89.3	0.0	29/04/2021	23.4	14.2	92.4	0.0		
30/03/2021	24.8	14.2	91.0	0.0	30/04/2021	22.0	14.0	93.3	0.0		
31/03/2021	25.0	14.8	S/D	0.0							

Anexo N°6. Planos

- Plano de ubicación
- Mapeo geotécnico
- Mapa de isovalores de colapsabilidad

**PLANO DE UBICACION**



SECTOR	CALLE	COORDENADAS	SECTOR
1	...	...	1
2	...	...	2
3	...	...	3
4	...	...	4
5	...	...	5
6	...	...	6
7	...	...	7

**ESQUEMA DE LOCALIZACION**



ESC. 1 / 5000



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 ESCUELA DE POSTGRADO  
 MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN GEOTECNIA  
 PROYECTO: CARACTERIZACION Y EVALUACION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE LA CENIZA VOLCANICA CON FINES DE OBTENCION SUPERFICIAL EN EL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2021  
 PARA: PLANO DE UBICACION  
 TERCERA RESPONSABLE: ING. GUIDO SONZALO CAÑI HUARICALLO  
 ESCALA: TACNA  
 INDICADA: JUNIO - 2021 | UTM WGS84 - 19 S

**P-1**





