

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

## **Evaluación por diferentes tipos del potencial de colapso en suelos inestables para zonas residenciales urbanas**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Civil

Por:

Isela Nelia Choque Peralta

Yulissa Huachalla Pomari

Asesor:

Mg. Rina Luzmeri Yampara Ticona

**Juliaca, julio de 2022**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Rina Luzmeri Yampara Ticona, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“EVALUACIÓN POR DIFERENTES TIPOS DEL POTENCIAL DE COLAPSO EN SUELOS INESTABLES PARA ZONAS RESIDENCIALES URBANAS”** constituye la memoria que presentan las Bachilleres **Isela Nelía Choque Peralta** y **Yulissa Huachalla Pomari** para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 07 días del mes de julio del año 2022



---

Mg. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Asesor



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 07 día(s) del mes de Julio del año 2022 siendo las 14:00 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): Ing. Herson Duberly Pari Cusi el(la)

secretario(a): Ing. Efran Velazquez Amari y los demás miembros:

Ing. Gerardo William Pari Quispe

y el(la) asesor(a) Ing. Lina Luzmeri Jampara Eicona

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: "Evaluación por diferentes tipos del potencial de colapso en suelos inestables para zonas residenciales urbanas"

de los (las) egresados (as): a) Isela Nelia Choque Peralta

b) Yulissa Huachalla Pomari

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Civil  
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a las candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Isela Nelia Choque Peralta

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Candidato/a (b): Yulissa Huachalla Pomari

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a las candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
 Presidente/a  
[Firma]  
 Asesor/a  
[Firma]  
 Candidato/a (a)

[Firma]  
 Miembro

[Firma]  
 Secretario/a  
[Firma]  
 Miembro  
[Firma]  
 Candidato/a (b)

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
Evaluación por diferentes tipos del potencial de colapso en suelos inestables para zonas residenciales urbanas .....	7
RESUMEN:.....	7
Evaluation by different types of collapse potential in unstable soils for urban residential areas .....	8
ABSTRACT: .....	8
1 INTRODUCCIÓN.....	9
2 MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Definición de colapso en suelos.....	10
2.2 Características de los suelos colapsables .....	11
2.3 Tipos de suelo colapsable .....	11
2.4 Definición de asentamientos.....	12
3 METODOLOGÍA.....	13
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
4.1 Mapa Geológico del Distrito de Juliaca .....	18
4.2 Características del suelo.....	19
4.2.1 Características del Análisis granulométrico del suelo. ....	19
4.2.2 Características de contenido de humedad y límites de consistencia y en los suelos.....	20
4.2.3 Suelo Colapsable Norma según E-050 suelos y cimentaciones.....	22
4.2.4 Alternativa de solución.....	23
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	25
6 REFERENCIAS .....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> .....	17
Criterios reportados para la identificación de suelos colapsable .....	17
<b>TABLA 2</b> .....	19
Ensayos en laboratorio de análisis granulométrico de suelos .....	19
<b>TABLA 3</b> .....	20
Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables .....	20
<b>TABLA 4</b> .....	20
Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables .....	20
<b>TABLA 5</b> .....	20
Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables .....	20
<b>TABLA 6</b> .....	20
Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables .....	20
<b>TABLA 7</b> .....	21
Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables .....	21
<b>TABLA 8</b> .....	23
Ensayos realizados para Identificar suelos colapsables .....	23
<b>TABLA 9</b> .....	23
Criterios de colapsabilidad .....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Estructura de suelos colapsables.....	11
<i>Figura N°2.</i> Ubicación de exploración de campo.....	13
<i>Figura N°3.</i> Criterios del potencial de colapso .....	16
Figura N°4. Mapa geológico de Juliaca.....	18
Figura N°5. Leyenda del Mapa geológico de Juliaca .....	18
Figura N°6. Grafico del método priklonski 1952 .....	21
Figura N°7. Ubicación de exploración de campo.....	21
Figura N°8. Criterios del potencial de colapso .....	22

# **Evaluación por diferentes tipos del potencial de colapso en suelos inestables para zonas residenciales urbanas**

## **RESUMEN:**

El presente artículo tiene como finalidad dar a conocer el potencial de colapso mediante diversos criterios y metodologías de análisis para suelos colapsables, dentro de la metodología se realizaron ensayos normados: Granulometría (NTP 339.128 ASTM 422), Contenido de humedad (NTP 339.127 ASTM D 2216), Límites de Atterberg (NTP 339.129 ASTM D 4318), Peso específico (NTP 339.131 ASTM D854), criterios tomados de Priklonski 1952 y Feda 1964 como también la Norma E-050 Suelos y Cimentaciones, para identificar la colapsabilidad del suelo, esta investigación se lleva a cabo en la ciudad de Juliaca, Urbanización Villa Medica donde se han podido observar grietas y fisuras en las edificaciones, esto pueden ser debido a la estructura del suelo, alto contenido de humedad en los suelos, también en cuanto a los procesos de compactación muy deficientes, el aporte de esta investigación es evitar la posible colapsabilidad de edificaciones por otro lado brindar información y prevención a la población. Según los resultados obtenidos por los diversos criterios el suelo es colapsable en un grado de Bajo a medio, por ello se debe tener en cuenta este tipo de suelo para prevenir asentamientos y colapso de las viviendas.

Palabras clave: asentamiento; criterios de colapsabilidad; ensayos; potencial de colapso.

## **Evaluation by different types of collapse potential in unstable soils for urban residential areas**

### **ABSTRACT:**

The present article takes as a purpose to announce the collapse potential by means of diverse criteria and methodologies of analysis for soils colapsables, inside the methodology essays were realized normados: Grain (NTP 339.128 ASTM 422), Contained of moisture (NTP 339.127 ASTM D 2216), Limits of Atterberg (NTP 339.129 ASTM D 4318), Specific gravity (NTP 339.131 ASTM D854), taken criteria of Priklonski 1952 and Feda 1964 as also the Norm E-050 Soil and Foundation, to identify the colapsabilidad of the soil, this investigation is carried out in the city of Juliaca, Urban development Town Medicates where they could have observed cracks and fissures in the buildings, this they can stem from the structure of the soil, suppressed high place of moisture in the soils, also as for the very deficient compression processes, the contribution of this investigation is to avoid the possible buildings colapsabilidad on the other hand to offer information and prevention to the population. According to the results obtained by the diverse criteria the soil is colapsable in a grade of Down to way, for it it is necessary to bear in mind this type of soil to prepare establishments and collapse of the housings.

Keywords: settlement; collapsibility criteria; essays; collapse potential.



## 1 INTRODUCCIÓN

Los suelos con tendencia al colapso o denominados metaestables, son suelos sin saturación que atraviesan una variación en su volumen cuando aumenta la cantidad de humedad o al llegar a saturarse, en ciertas ocasiones a un aumento de carga adicional. El colapso y otros problemas asociados al colapso, tales como asentamientos diferenciales, grietas en la edificaciones, derrumbes y caídas, han contribuido a graves daños a las infraestructuras que son construidas sobre suelos colapsables, incluida la pérdida de vidas humanas por ende es en ciertos escenarios el problema existente alrededor del tema.

La ciudad de Juliaca en los últimos años está en constante crecimiento y por ende las construcciones de viviendas van aumentando, las constantes precipitaciones de lluvia hacen que en la ciudad se originen inundaciones y aguas estancadas en diferentes lugares, ya que tiene una topografía plana lo cual afecta a la estructura del suelo con presencia de agua, mostrando grietas y asentamientos en las edificaciones construidas, generando una problemática de extensas áreas con humedad y suelos colapsables, frente a ello es necesario conocer las características y el comportamiento de los suelos antes de construir una edificación. El aporte de esta investigación es dar a conocer según los criterios y metodologías el análisis del potencial de colapso del suelo de la urbanización residencial Villa Medica, distrito de Juliaca, departamento de puno, evitando así la posible colapsabilidad de edificaciones. En el mismo sentido, la investigación será de utilidad para desarrollar ciertos ensayos en un laboratorio, a fin de hallar las propiedades que poseen los suelos y de esta manera, la obtención de ciertos resultados que ayuden a determinar y arribar a conclusiones sobre si el material se encuentra relacionado a las particularidades que posee un suelo con tendencia al colapso.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Definición de colapso en suelos

Los suelos limo-arenosos o limo-yesíferos pueden tener tendencia al colapso y ser metaestables. Esto debido a situaciones específicas de meta estabilidad que posee dentro de su estructura, usualmente se relacionan con el agua presente, dichos suelos están en peligro de colapso.

#### **Barden L. Madedor A. (1969):**

- Se trata de una conformación abierta, saturada con parcialidad e inestable de manera potencial.
- Con un elevado valor de tensión suficiente, ideal para generar condiciones de meta estabilidad equilibrada.
- Con un alto valor de cementación o succión, que pueda estabilizar las conexiones intergranulares, donde la humedad lleva a la reducción y posterior colapso.

#### **Zur y Wiseman (1973):**

Consideran que el colapso comprende cualquier evento donde se pierde el volumen del suelo de manera rápida, situación provocada debido al acrecentamiento de algún o todos los factores mencionados a continuación:

- Presión de poros ( $u$ )
- Grado de saturación ( $S_r$ )
- Contenido de humedad ( $w$ )
- Tensión de corte ( $\sigma$ )
- Tensión media actuante ( $\tau$ )

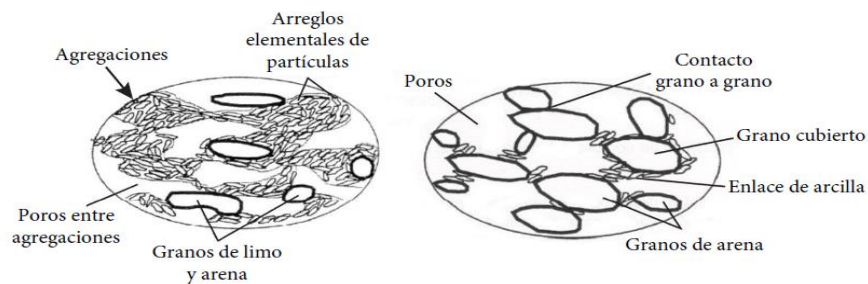
#### **Moll L. (1975):**

Estos suelos con tendencia a colapsar tienen una conformación muy porosa, con una textura abierta, y pueden soportar esfuerzos relativamente grandes en condiciones no saturadas, pero muestran una disminución repentina del volumen debido a la ruptura de la estructura en condiciones saturadas, incluso a niveles de estrés relativamente bajos.

## 2.2 Características de los suelos colapsables

Para (Renatto, 1977), los suelos con tendencia a colapsar poseen un conjunto de particularidades entre sí, entre las cuales tenemos:

- Índice de huecos ( $e$ ) relativamente elevado, y conformación macro porosa.
- Una granulometría mayormente fría, con arcilla y limos en su mayoría. En casi todas las ocasiones, la porción de arcilla es algo escasa; no obstante, influye de manera fundamental en la manera de reacción mecánica de la conformación intergranular.
- Posee una estructura no muy bien acomodada, acompañado de partículas con tamaño considerable aisladas debido a áreas abiertas, y enlazadas unas con otras a causa de puentes o acumulaciones de materia arcillosa en su mayoría.



**Figura 1.** Estructura de suelos colapsables

## 2.3 Tipos de suelo colapsable

### a) Depósitos aluviales

Formados sobre abanicos de naturaleza aluvial. Se depositan por inundaciones repentinas o corrientes de arena generadas durante períodos prolongados de tiempo y consisten en materiales sueltos que contienen una cantidad significativa de arcilla; estos materiales no se re saturan hasta la llegada de las próximas 50 inundaciones, lo que les hace inestables en el estado seco. La cantidad de arcilla en el suelo tiene un efecto significativo en su comportamiento. (Redolfi and Emilio Redolfi GEOTÉCNICO 2007)

### **b) Suelos residuales**

Como resultado de los distintos niveles de descomposición química; asimismo, los suelos residuales pueden contener minerales arcillosos y granos de arena procedentes de cuarzo y feldespatos, respectivamente. Los granos de arena tienen una conformación de alma abierta, por otro lado, los minerales de arcillosos actúan de tejido conectivo granular entre los primeros. Cuando el suelo está seco, simula tener mucha solidez; sin embargo, de alcanzar niveles altos de saturación, el escaso suministro de minerales de arcilla, principalmente caolinitas, la capacidad unificadora a partículas sólidas de arena se pierde. Consecuentemente, el suelo tiende a colapsar o a comprimirse significativamente.

### **c) Suelos compactados**

Cuando alcanza un nivel de humedad, se puede comportar con una tendencia a colapsar o a expandirse, fundamentalmente en función a la clase de suelo y al intervalo de carga.

### **d) Depósitos eólicos:**

- Loess
- Depósitos costeros
- Cenizas volcánicas

## **2.4 Definición de asentamientos**

Las tensiones transmitidas por las bases al suelo provocan deformaciones del suelo que dan lugar a asentamientos, traslados horizontales y movimientos de la estructura que, si son excesivos, pueden dar lugar a una pérdida de funcionalidad, la formación de fisuras, grietas u otras patologías. (Monge, 2005)

De igual manera, poseen gran importancia en cuanto a la definición de diseño estructural con relación al detrimento de la funcionalidad y apariencia de una obra, provocando simultáneamente algunos daños en la estructura de la construcción. Cabe resaltar en cuanto al diseño de estructura de un proyecto civil, es de suma importancia conseguir un conjunto de lineamiento de geotécnica a fin de diseñar de manera adecuada como se cimentará la construcción.

El asentamiento es causado principalmente por la relación indirecta con las cargas vivas y muertas de la edificación, los suelos con tendencia a colapsar

### 3 METODOLOGÍA

La investigación se centra principalmente en determinar el comportamiento del suelo de la Residencia Villa Médica, ubicada en la ciudad de Juliaca, Puno. Dentro de la metodología elegimos la Norma E-050 Suelos y Cimentaciones, asimismo criterios tomados por los investigadores Priklonski 1952 y Feda 1964. Para lo cual se realizó 5 calicatas y posteriormente se desarrollaron ensayos estándares como: Granulometría (norma NTP 339.128 ASTM 422), Contenido de humedad (norma NTP 339.127 ASTM D 2216), Límites de Atterberg (norma NTP 339.129 ASTM D 4318), Peso específico (norma NTP 339.131 ASTM D854) en el Laboratorio de Mecánica de Suelos.

#### Área de estudio

El estudio fue realizado en la Residencial villa medica del distrito de Juliaca, de lo cual se tomó 3(ha) de la parte nor-oeste de la residencial Villa Medica, como se muestra en la figura N° 2.

- Por el este: Urbanización San Julián.
- Por el norte: Urbanización San Julián.
- Por el oeste: Asociación Pro vivienda Residencial Villa Médica.
- Por el sur: Propiedad familia Condori.



**Figura 2.** Ubicación de exploración de campo

**Fuente:** Google Maps

➤ **Ensayo de contenido de humedad NTP 339.127 (D2216)**

Se trata de una propiedad física que posee el suelo, muy útil en la edificación civil, de obtención sencilla, ya que en una construcción la resistencia y el comportamiento de los suelos se rigen, de acuerdo a cuanta agua resguardan. “El cálculo de la humedad se desarrolla a fin de considerar en nivel suficiente de agua que debe recibir el material o suelo para conseguir condiciones de suelo optimas” [1]

$$w = \frac{\textit{peso del agua}}{\textit{peso de la muestra seca}} * 100$$

➤ **Ensayo de límites de consistencia NTP 339.129 (ASTM D4318)**

Si hablamos de límites, hablamos de los más importantes plásticos y líquidos que fueron empleados frecuentemente en cada región a nivel mundial, fundamentalmente para clasificar los suelos y como objetivos identificadores.

➤ **Ensayo de limite liquido**

El límite líquido se trata de la cantidad de agua de un material que determina la división existente entre los estados plástico y al borde de líquido que posee el suelo.

El cálculo del límite liquido se ejecuta mediante el aparato estandarizado casa grande. A fin de definir los valores predeterminados que puedan ser reproducidos, en cuanto a los límites, el límite liquido fue propuesto para definirlo de manera arbitraria como la cantidad de humedad a la cual un material del suelo húmedo colocado dentro de un envase hecho de bronce, dividida en un par de partes debido a un componente, y dejado caer desde 1cm de altura, de presentar fallas o cierres de la ranura a 12.7mm de longitud luego de haberla sometido a 25 caídas, la clase de herramienta utilizada para realizar la ranura (bien recomendada por la ASTM o bien llamada tipo casa grande).

$$LL = W^n * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Donde:

**W<sup>n</sup>** = Contenido de humedad del suelo

**N** = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

➤ **Ensayo de limite plástico**

Atterberg definió el límite plástico como la división existente entre el suelo semisólido y los estados plásticos. Para un laboratorio, el límite se define por la cantidad de humedad presente, en rollitos de 3mm de diámetro aproximadamente que inicialmente evidencian agrietamiento y desmoronamiento. Es de suma importancia recalcar que Terzagui propuso el diámetro que poseen los rollitos, puesto que Atterberg en ningún momento se atrevió a mencionar un parámetro exacto.

$$LP = \frac{\textit{peso del agua}}{\textit{peso de la muestra secado al horno}} * 100$$

➤ **Índice de plasticidad**

Este índice nace de la diferencia resultado de los valores Límite Plástico y el Límite Líquido. De presentarse un índice inferior de plasticidad, se interpreta como un ligero aumento de cantidad de humedad en el suelo, transformándolo en líquido de la condición semisólida anterior, en otras palabras, presenta gran sensibilidad ante las alteraciones de la humedad. En cambio, de presentarse un índice superior de plasticidad, se interpreta que un suelo puede pasar de su estado semisólido a líquido, debemos añadir grandes proporciones de líquido. [1]

$$LL - LP = IP$$

➤ **Ensayo de granulometría NTP 339.128 (ASTM 422)**

“Comprende la acción de distribuir partículas del suelo tomando en cuenta sus dimensiones, que son determinadas a través del tamizado o del paso por mallas del agregado de proporciones diferentes hasta el N°200 de tamiz (0.074mm de diámetro), se considera como la materia que atraviesa la malla completamente. De tener intenciones de conocer la distribución granulométrica inferior al tamiz, se realiza un ensayo de sedimentación. La evaluación granulométrica se desprende de la curva granulométrica, en la cual se plotea el porcentaje almacenado que retiene o pasa el mismo contra el diámetro de tamiz, conforme al empleo que se desee otorgar al agregado” [1].

➤ **Ensayo de peso específico NTP 339.131 (ASTM D854)**

Un suelo y su peso determinado, la interrelación entre su volumen y peso, un índice que depende de los huecos de aire, el peso específico y la humedad de las partículas con solidez.

$$K\% = \left( \frac{(A - F)}{F} \right) * 100$$

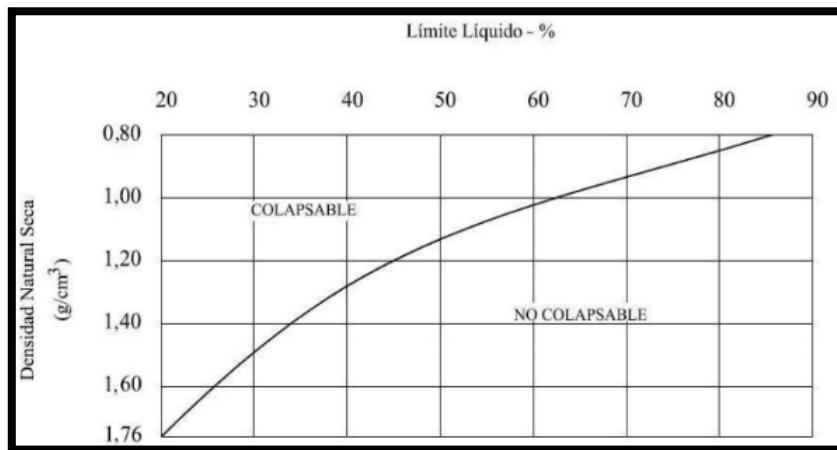
**A** = peso del material saturado superficialmente seco

**F** = peso del material seco

➤ **Norma E-050 suelos y cimentaciones**

**SUELOS COLAPSABLES** Se trata de aquellos que fluctúan de forma violenta su volumen debido a la acción individual o combinada de las acciones a continuación:

- a) Al someterse a un aumento de carga
- b) Al saturarse o humedecerse



**Figura 3.** Criterios del potencial de colapso

**Fuente:** NTP 0-050 Suelos y cimentaciones



**TABLA 1**

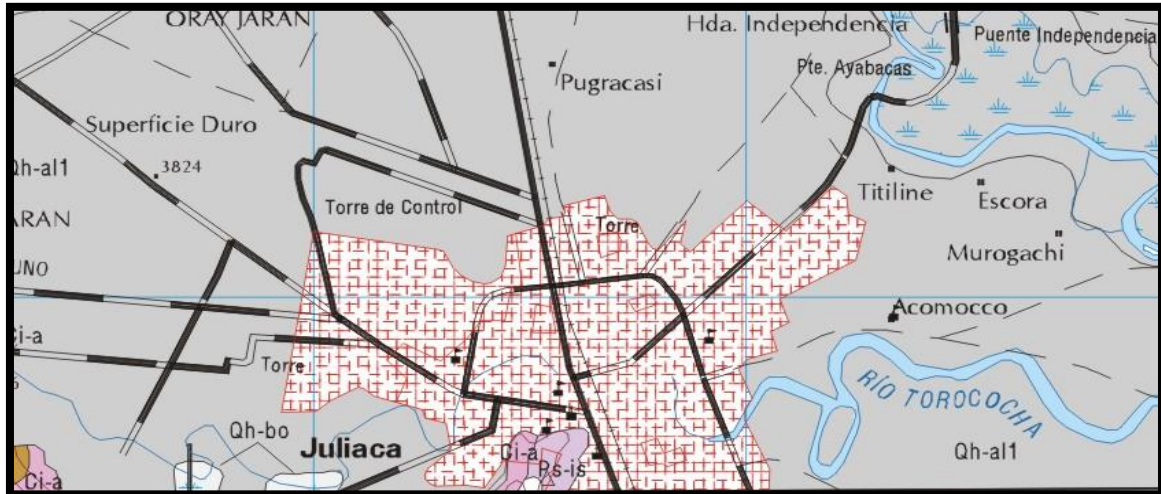
*Criterios reportados para la identificación de suelos colapsable*

INVESTIGADOR	CRITERIO
<p><b>Denisov 1951</b></p>	<p>Coeficiente de hundimiento:</p> $K = \frac{\text{Relacion de vacios en el limite liquido}}{\text{Relacion de vacios natural}}$ <p>K = 0.50 a 0.75 muy colapsable. K = 1.00 marga no colapsable. K = 1.50 a 2.00 suelos no colapsables.</p>
<p><b>Cleveger 1985</b></p>	<p>Si el peso específico seco es menor que 12.60 kN/m<sup>3</sup>, (1.28 gr/cm<sup>3</sup>) el asentamiento será grande; si el peso específico seco es mayor que 14 kN/m<sup>3</sup>, (1.43 gr/cm<sup>3</sup>) el asentamiento será pequeño</p>
<p><b>Priklonski 1952</b></p>	$K = \frac{(\text{Contenido de agua natural} - \text{limite plastico})}{\text{Indice de plasticidad}}$ <p>KD &lt; 0 Suelo muy colapsables. KD &gt; 5 Suelo no colapsables. KD &gt; 1 suelo expansivos.</p>
<p><b>Gibbs 1961</b></p>	$K = \frac{\text{Contenido de humedad en saturacion}}{\text{limite liquido}}$
<p><b>Código Soviético 1962</b></p>	<p>Si es mayor a 1, el suelo colapsa</p> $K = \frac{e_0 - e_L}{1 + e_0}$ <p><b>e<sub>0</sub></b>: relación de vacíos natural, <b>e<sub>L</sub></b>: Relación de vacíos en el límite líquido. Para un grado de saturación natural menor que 60%, si L &gt; -0.10, se trata de un suelo colapsable.</p>
<p><b>Feda 1964</b></p>	$K_L = \frac{W_0}{S_r} = \frac{LP}{IP}$ <p>W<sub>0</sub>: Contenido de humedad natural, S<sub>r</sub>: Grado natural de saturación, LP: Límite plástico e IP: Índice plástico. Para S<sub>r</sub> &lt; 100%, si K<sub>L</sub> &gt; 0.85, se trata de un suelo que puede hundirse.</p>

Fuente: Principios de cimentaciones Braja M. Das

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Mapa Geológico del Distrito de Juliaca



**Figura 4.** Mapa geológico de Juliaca

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

LEYENDA			
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS			
Depósito de bofedal		Qh-bo	Arcillas, limos y materia orgánica
Depósito coluviales		Qh-co	Fragmentos heterométricos, subangulosos, en matriz arenosa
Depósito aluviales 2		Qh-al2	Gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimososa
Depósito aluviales 1		Qh-al1	Gravas y arenas en matriz arenolimososa
Depósito fluvioglaciares		Qh-fg	Bloques y gravas de origen volcánico y sedimentario, de forma angulosa a subangulosa, en matriz arenolimososa
Depósitos morrenicos		Qpl-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas volcánicas, diámetro variable en matriz limoarenosa

**Figura 5.** Leyenda del Mapa geológico de Juliaca

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

### Análisis 1

Para ejecutar este trabajo investigativo se recopiló la información disponible de Mapas geológicos a través del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) del Perú, en donde el Distrito de Juliaca se encuentra en el cuadrángulo 31 V zona en la que se emplaza el área de este trabajo investigativo. En la figura N°4 es posible observar la zona de estudio en donde el suelo corresponde a Depósitos de Bofedales (Qh-bo): Arcillas, limos

y materia orgánica, estos depósitos se caracterizan por la presencia de suelos con humedades permanentes.

## 4.2 Características del suelo

Para esto, se ha efectuado ensayos de laboratorio:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico.
- Límite Líquido.
- Límite plástico
- Peso Específico.

### 4.2.1 Características del Análisis granulométrico del suelo.

Por lo cual se ha considerado tres muestras del suelo, donde se evidencian profundidades distintas, los resultados se observan en la siguiente tabla:

**TABLA 2**

*Ensayos en laboratorio de análisis granulométrico de suelos*

NUMERO	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	PROFUNDIDAD (ml)
1	SM	A-1-a (0)	1:50
2	SC-SM	A-2-4 (0)	1:40
3	SC	A-7-6 (5)	1:35

Fuente: Elaboración propia

### Análisis 2

En la Tabla 2 las muestras se extrajeron en diferentes profundidades ya que el nivel freático está por los 1.50m. Según las clasificaciones AASHTO y SUCS se obtuvieron los siguientes resultados:

Según la clasificación **SUCS**, los resultados son:

- Los suelos SC en este tipo, las arenas arcillosas
- El conjunto SM constituye los suelos de arena limosa, materiales finos con o sin plasticidad

Según la clasificación **AASHTO**, los resultados son:

- A-1-a Suelos granulados de arena o grava con granulometría gruesa, incluyendo bajo porcentaje de finos.
- A-2-4 Suelos granulados arcillosos o barrosos. Arenas y gravas con un alto contenido de finos.

- A-7-6 Arcillas de alta compresión y cambio de volumen.

#### 4.2.2 Características de contenido de humedad y límites de consistencia y en los suelos.

Para ello se ha tomado 5 muestras, según los ensayos realizados de límites de consistencia y cantidad de humedad, obtuvimos los siguientes resultados:

##### Calicata 01

**TABLA 3**

*Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables*

<b>METODOS</b>	<b>W%</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>Kp</b>	<b>OBS</b>
<b>PRIKLONSKI 1952</b>	16.95	30.26	16.75	13.51	0.01	SUELO MUY COLAPSABLE
<b>FEDA 1964</b>	16.95	30.26	16.75	13.51	1.24	SUELO COLAPSABLE

Fuente: Elaboración propia

##### Calicata 02

**TABLA 4**

*Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables*

<b>METODOS</b>	<b>W%</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>Kp</b>	<b>OBS</b>
<b>PRIKLONSKI 1952</b>	28.37	32.27	26.62	5.66	0.31	SUELO MUY COLAPSABLE
<b>FEDA 1964</b>	28.37	32.27	26.62	5.66	4.71	SUELO COLAPSABLE

Fuente: Elaboración propia

##### Calicata 03

**TABLA 5**

*Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables*

<b>METODOS</b>	<b>W%</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>Kp</b>	<b>OBS</b>
<b>PRIKLONSKI 1952</b>	33.59	42.28	26.79	15.49	0.44	SUELO MUY COLAPSABLE
<b>FEDA 1964</b>	33.59	42.28	26.79	15.49	1.73	SUELO COLAPSABLE

Fuente: Elaboración propia

##### Calicata 04

**TABLA 6**

*Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables*

<b>METODOS</b>	<b>W%</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>Kp</b>	<b>OBS</b>
<b>PRIKLONSKI 1952</b>	15.67	33.20	15.43	17.77	0.01	SUELO MUY COLAPSABLE
<b>FEDA 1964</b>	15.67	33.20	15.43	17.77	0.87	SUELO COLAPSABLE

Fuente: Elaboración propia

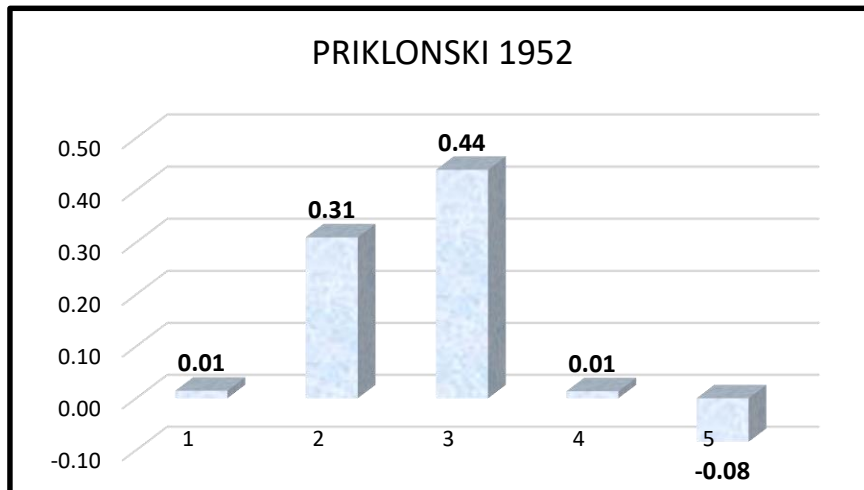
**Calicata 05**

**TABLA 7**

*Métodos realizados para la identificación de suelos colapsables*

<b>METODOS</b>	<b>W%</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>Kp</b>	<b>OBS</b>
<b>PRIKLONSKI 1952</b>	17.11	27.12	17.88	9.24	-0.08	SUELO MUY COLAPSABLE
<b>FEDA 1964</b>	17.11	27.12	17.88	9.24	1.94	SUELO COLAPSABLE

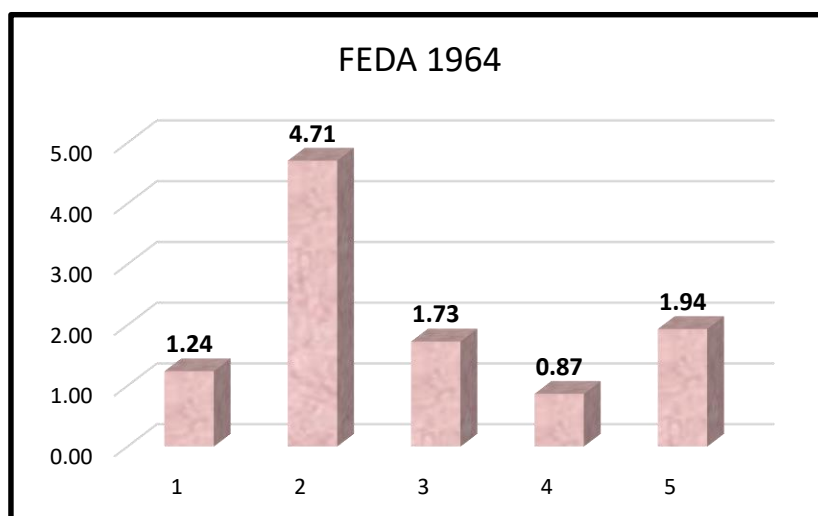
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.** Grafico del método priklonski 1952

Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos de las 5 muestras, mediante la metodología de Priklonski 1952 los resultados son menores a cero, lo cual nos indica que son suelos muy colapsables.



**Figura 7.** Ubicación de exploración de campo

Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos de las 5 muestras, mediante la metodología de FEDA 1964 los resultados son mayores a 0.85, lo cual nos indican que se trata de suelos colapsables.

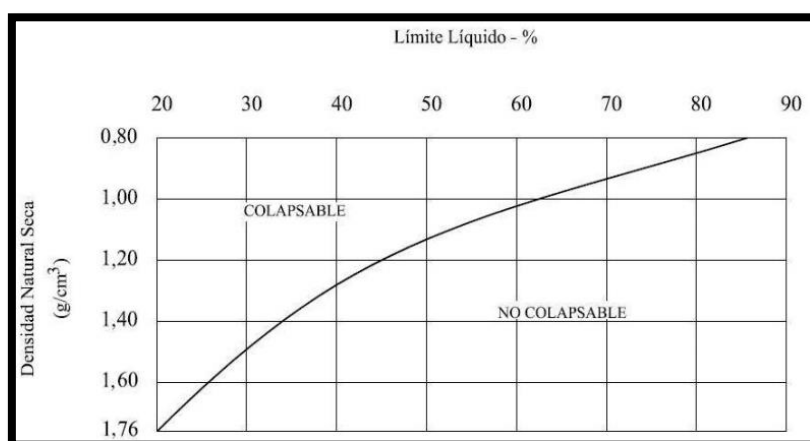
### Análisis 3

Dos criterios fueron evaluados a fin de identificar si los suelos tienen o no tendencia a colapsar, estos fueron propuestos por: prinklonski 1952 y Feda 1964, obtenido los resultados del suelo en cuestión posee peculiaridades propias de un suelo con tendencia a colapsar.

Es posible resumir, basándonos en los estudios pasados, que el suelo presente en el área a estudiar tiene una clasificación de limite liquido con una proporción inferior al 50%, y con un límite plástico inferior al 30%

#### 4.2.3 Suelo Colapsable Norma según E-050 suelos y cimentaciones.

Según la Norma E-050 es un curso de estudio obligatorio en sitios en los cuales se sabe o es visible la erosión a causa de la presencia de suelos con tendencia a colapsar, el PR debe considerar un análisis basado en la determinación de la plasticidad del suelo NTP 339.129:1999, la prueba de determinación del peso volumétrico NTP 339.139:1999, y la prueba de determinación de la humedad NTP 339.127:1998 en su EMS, con el fin de determinar el potencial de que el suelo pueda colapsar basado en el peso volumétrico ( $\gamma_d$ ) y límite liquido (LL). La siguiente figura ilustra la relación entre las estructuras colapsables y no colapsables y los parámetros mencionados:



**Figura 8.** Criterios del potencial de colapso

Fuente: NTP 0-050 Suelos y cimentaciones

Por ello se realizó ensayos de peso específico y limite líquido de 5 muestras de suelo, sus particularidades se evidencian en la siguiente tabla:

**TABLA 8***Ensayos realizados para Identificar suelos colapsables*

Muestra	Limite Liquido (%)	Densidad Seca (gr/cm3)
1	30.26	1.32
2	32.27	1.30
3	42.28	1.22
4	33.20	1.25
5	27.12	1.31

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 9***Criterios de colapsabilidad*

GRADO DE COLAPSO	PESO ESPECIFICO (KN/m3)
Bajo	>14,0
Bajo a medio	12,0 – 14,0
Medio a alto	10,0 – 12,0
Alto a muy alto	< 10,0

Fuente: Elaboración propia

Para la verificación del suelo estudiado se ha corroborado mediante la Norma E-050 Suelos y cimentaciones.

- Según la tabla N° 8 los valores de densidad seca oscilan entre 1,22 y 1,32 gramos por centímetro cúbico, lo que hace entender los valores extremadamente bajos. Y de los valores del límite líquido inferiores al 50% los datos obtenidos superan la curva establecida, concluyendo que el suelo estudiado es un suelo colapsable.
- Según los resultados obtenidos en la tabla 9, a profundidad 1.50m el grado de colapso se encuentra en Bajo a medio
- Según los resultados obtenidos el método más confiable para la determinación de un suelo colapsable es de acuerdo al Reglamento Nacional de edificaciones, en la Norma E-050 suelos y cimentaciones

#### 4.2.4 Alternativa de solución.

Los suelos no deben estar directamente sostenidos por los suelos colapsables.

**Reemplazo de un suelo colapsable:** De haber suelos que muestran un moderado colapso, en opinión del PR, profundos, se eliminarán completamente antes del inicio de la construcción y se sustituirán por rellenos controlados adecuadamente compactados. Según Norma, es necesario un relleno de control o ingeniería.

**Mejoramiento:** Se trata de extinguir o reducir significativamente cuan susceptible es el suelo a la caída, ya sea mediante la reducción de la naturaleza porosa del suelo (compactación) o la mejora de la resistencia de la estructura. (R. Redolfi, 2007, p.23).

Si se esperan grandes asentamientos, se deben considerar cimentaciones con pilotes y pilas perforadas. Estos tipos de cimentaciones pueden transferir la carga a un estrato de soporte de carga más resistente. Las cimentaciones continuas pueden ser más seguras que las aisladas sobre suelos colapsables ya que pueden minimizar efectivamente el asentamiento diferencial. Se recomienda emplear zapatas corridas y vigas longitudinales de soporte de carga.

Según Investigaciones, se ha establecido que si es posible mejorar el suelo colapsado añadiendo una mezcla de cemento-agua en las proporciones adecuadas, también es posible mejorar las propiedades del suelo, ya que queremos añadir un elemento cementante capaz de absorber la humedad y conseguir la impermeabilidad, a través de pruebas de compactación del suelo modificado.



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las construcciones de viviendas en la urbanización residencial Villa Médica, se efectuó sobre terrenos húmedos y con bastante contaminación química, lo cual daña significativamente al concreto y aceros de la cimentación de las viviendas construidas.

La presencia de agua es un factor determinante en el fenómeno de colapso ya sea por el ascenso del nivel freático, filtraciones de agua en el suelo, estancamientos de aguas pluviales, o por rotura de tubería (acueductos, drenajes), las características de un suelo colapsable son: cantidad de humedad alto y límite líquido disminuido.

De las 3(ha) de la Residencial Villa Medica de la ciudad de Juliaca, departamento de Puno. Según las muestras realizadas obtenidos por los dos métodos de Priklonski 1952, Feda 1964 y Norma E-050, a una profundidad de 1.50 el suelo es colapsable en un grado de Bajo a medio, por ello se debe tener en cuenta este tipo de suelo para prevenir asentamientos y colapso de las viviendas.

El método más adecuado según los ensayos realizados es la Norma E-050 Suelos y Cimentaciones, ya que nos ayuda a conocer el grado de colapsabilidad del suelo. Por ello es importante conocer los diversos métodos y criterios para complementar en la determinación del suelo colapsable.

Recomendamos extender los estudios expuestos en esta investigación, ya que el suelo es colapsable a una profundidad de 1:50. En consecuencia, es crítico llevar a cabo un estudio geotécnico exhaustivo, independientemente de si se trata de una gran estructura o de una casa unifamiliar.

Las cimentaciones continuas pueden ser más seguras que las aisladas sobre suelos colapsables ya que pueden minimizar efectivamente el asentamiento diferencial. Se recomienda emplear zapatas corridas y vigas longitudinales de soporte de carga.

Se debe tener mucho cuidado al construir estructuras pesadas sobre suelos colapsables. Si se esperan grandes asentamientos, se deben considerar cimentaciones con pilotes y pilas perforadas. Estos tipos de cimentaciones pueden transferir la carga a un estrato de soporte de carga más resistente.

### **Agradecimientos**

A nuestra asesora por brindarnos su apoyo y conocimientos, a nuestros padres por su apoyo incondicional y a todos aquellos que nos ayudaron para el desarrollo de esta investigación.

## 6 REFERENCIAS

Gama-Castro, Jorge E. et al. 2012. "Arquitectura de Tierra: El Adobe Como Material de Construcción En La Época Prehispánica." Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 64(2): 177–88.

Saneamiento, M. d. (2006). E-050 suelos y cimentaciones.

Hermosilla, M., and J. Cardenas. 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 - RIOC 1: 30–37.

Ministerio de vivienda, c. y. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones.

Oswaldo, Alfonso, and Flores Mello. 2018. "Puesto De Salud Intiorko Distrito De Ciudad Nueva , Departamento De Determination of the Soil and Potential Type of Soil Collapse of the Intiorko Health." 7(1): 877–89.

Renatto. (1977). Suelos colapsables.

Redolfi, DrEmilio R, and Ing R Emilio Redolfi GEOTÉCNICO. 2007. "Univesidad Nacional De Cordoba – Argentina Facultad Ciencias Exactas Físicas Y Naturales Area Geotecnia – Suelos Colapsables Suelos Colapsables."

agua, c. n. (2007). geotecnia en suelos inestables, 195.

Monge, R. m. (2005). analisis de asentamientos de losas de fundacion sobre rellenos de suelo colapsable mediante la aplicacion de un modelo fisico. 217.

Quispe, J. V., & Portugal, A. R. (2015). Diseño de pavimento asfaltico de la via paucarpata. arequipa.