

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**INFORME DE TESIS**

**“CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES  
DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN  
AGROPECUARIA APAZA”– 2018**

**PARA OPTAR:**

**TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. Jaime Beto Mamani Chana

Bach. Joel Joffer Apaza Coaquira

TACNA – PERU

2018

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**


FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**Tesis**

“Caracterización del Tipo de Suelo y Problemas Especiales de Cimentación de Edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza”

Tesis sustentada y aprobada el 12 de Noviembre de 2018, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
ING. MARIA ETEYINA DUARTE LIZARABURO

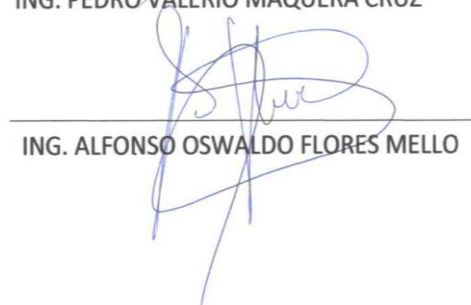
SECRETARIO:

  
\_\_\_\_\_  
ING. CESAR ARMANDO URTEAGA ORTIZ

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
ING. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Jaime Beto Mamani Chana y Joel Joffer Apaza Coaquira, en condición de: bachiller de la Escuela Profesional de ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados (a) con DNI: 43832399 Y 70689833 Manifiesto bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

"CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"

la misma que presento para lograr:

EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

2. Esta tesis no ha sido copiada ni total ni fraccionariamente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes asesoradas.

3. La tesis presentada no infringe contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido divulgada ni presentada anteriormente para alcanzar algún grado académico previo o algún otro título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son auténticos, no han sido adulterados, ni repetidos, ni plagiados. Por lo ya expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera provenir por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/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, demandas o conflictos derivados del engaño de lo manifestado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado con anterioridad; asumiré las consecuencias y penas que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

TACNA, diciembre del 2018

  
.....  
Jaime Beto Mamani Chana  
DNI:43832399

  
.....  
Joel Joffer Apaza Coaquira  
DNI:70689833

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi familia en especial a mi madre que estuvo en los buenos y malos momentos.

A mi padre que con su empeño y trabajo pudo sacar adelante a mi familia.

A mi hermana por su ejemplo y apoyo en los momentos difíciles.

Jaime Beto Mamani Chana

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi familia en especial a mi madre que estuvo en los buenos y malos momentos.

A mi padre y madre quienes con su empeño y trabajo pude finalizar mi carrera

Joel Joffer Apaza Coaquira

## AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por fortalecerme cada día y cuidar de mí y de mi familia, También quiero agradecer a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, por brindarme la oportunidad de realizar y culminar mi carrera profesional, y la presente investigación; de igual forma mi agradecimiento en forma especial al ingeniero Alfonso Flores Mello por su asesoramiento y supervisión de la presente tesis.

## INDICE GENERAL

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES.....	08
ABSTRACT KEY WORDS .....	09
INTRODUCCIÓN .....	10
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Descripción del problema .....	11
1.2. Formulación del problema .....	14
1.3. Justificación e importancia .....	14
1.4. Objetivos .....	14
1.5. Hipótesis .....	15
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes del estudio .....	16
2.2 Bases teóricas .....	19
2.3 Definición de términos .....	31
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	32
3.2 Acciones y actividades.....	33
3.3 Materiales y/o instrumentos.....	33
3.4 Población y/o muestra de estudio .....	33
3.5 Operacionalización de variables .....	33
3.6 Técnicas e instrumentos para el acopio de datos .....	34
3.7 Procesamiento y análisis de datos .....	35
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	
4.1 Resultados.....	36
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b>	
DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIONES .....	47
RECOMENDACIONES .....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
ANEXOS .....	50
Matriz de Consistencia .....	50
Ensayos de mecánica de suelos estándares.....	51
Ensayo de potencial de colapso.....	60
Prospección geofísica – método eléctrico .....	64
Ensayo químico del suelo.....	74
Panel fotográfico .....	75

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### Índice de tablas

Tabla N° 01: Ensayo de Granulometría – Tamaño de mallas.....	21
Tabla N° 02: Clasificación SUCS – Símbolos.....	23
Tabla N° 03: Valores representativos de las resistividades .....	28
Tabla N° 04: Relación de ensayos.....	35
Tabla N° 05: Resultados de densidad in-situ.....	37
Tabla N° 06: Resultados de contenido de humedad.....	38
Tabla N° 07: Relación de ensayos.....	35
Tabla N° 08: Resultado de los SEVs obtenidos.....	39
Tabla N° 09: Resultados análisis químico.....	35
Tabla N° 10: Resumen de potencial de colapso 1kg/cm2.....	41
Tabla N° 11: Resumen de potencial de colapso 2kg/cm2.....	41

### Índice de figuras

Figura N° 01: Zonificación ecológica y económica de la región Tacna .....	11
Figura N° 02: Ubicación de la Asociación Agropecuaria Apaza google mapa.....	11
Figura N° 03: Vista satelital del suelo.....	13
Figura N° 04: Viviendas colapsadas en Ciudad Nueva a causa del terremoto del 2001.....	18
Figura N° 05: Así quedo la vivienda en ciudad nueva distrito que fue muy afectado .....	19
Figura N° 06: Disposición de los electrodos de corriente (A, B) y (M, N).....	24
Figura N° 07: Curva de resistividades aparentes de 02 capas.....	26
Figura N° 08: Abaco para 02 capas.....	27
Figura N° 09: Densidad Natural Seca vs limite líquido.....	29
Figura N° 10: Clasificación de cambio de potencial de volumen para suelos arcillosos.....	30
Figura N° 11: Distribución de los SEVs .....	35
Figura N° 12: Ubicación del área de estudio.....	38
Figura N° 13: imágenes del suelo de la calicata realizadas .....	42
Figura N° 14: Resistividad del suelo máxima y mínima sev.01 sev.07 .....	43
Figura N° 15: Resistividad del suelo máxima y mínima sev.01 sev.08 .....	43
Figura N° 16: Resistividad del suelo máxima y mínima sev.01 sev.06 .....	44
Figura N° 17 Resultado de la Asociación Agropecuaria Apaza.....	45



## RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

El **Objetivo** de la presente tesis es la **caracterización** del tipo de suelo y problemas especiales de cimentación de edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza, para la cual se empleó como **Metodología** La investigación exploratoria, la cual nos permitió tener una referencia amplia del área en estudio, las referencias in-situ no solo se realizaron visualmente puesto que recopilamos información de los lugareños, tomamos muestra del suelo aplicando métodos directos e indirectos con el fin de reducir el margen de error, también tomamos datos de las construcciones precarias existentes, con el fin de enriquecer la investigación antes durante y después de los estudios de la zona, por lo que se pudo obtener **Resultados** que nos permiten identificar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo. debido a la baja densidad natural y plasticidad, se identificó que a la presión de  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  no se genera problemas de colapso, mientras que con  $2.00 \text{ kg/cm}^2$  el problema es moderado. Se obtuvo **Conclusiones** que nos permiten aseverar que la caracterización del tipo de suelos de la Asociación Agropecuaria Apaza presenta un suelo cuyas características son: Arena limosa, consolidado de color marrón claro con presencia de suelo con ceniza volcánica, clasificado en el grupo SM (arena limosa). Y que el problema especial de cimentación en la asociación mencionada, es suelos colapsables, según la norma técnica e.050 suelos y cimentaciones.

### Palabras claves:

- Arena limosa
- Colapsabilidad
- Clasificación
- Plasticidad
- Resistividad

## ABSTRACT and KEYWORDS

The **objective** of this thesis is the characterization of soil type and special problems of foundation of buildings in the Apaza Agricultural Association, for which the Exploratory Research **Methodology** was used, which allowed us to have a broad reference of the area under study, the in-situ references were not only made visually since we collected information from the locals, we took samples of the soil applying direct and indirect methods in order to reduce the margin of error, we also took data from existing precarious constructions, in order to enrich the research before and after the studies of the area, so it was possible to obtain **results** that allow us to identify the physical, mechanical and chemical properties of the soil. due to the low natural density and plasticity, it was identified that at the pressure of 1.00 kg / cm<sup>2</sup> collapse problems are not generated, while with 2.00 kg / cm<sup>2</sup> the problem is moderate. **Conclusions** were obtained that allow us to assert that the characterization of the soil type of the Apaza Agricultural Association presents a soil whose characteristics are: Loose sand, consolidated light brown with presence of soil with volcanic ash, classified in the SM group (silty sand) ). And that the special foundation problem in the aforementioned association is collapsible soils, according to the technical standard e.050 soils and foundations.

### **Keywords:**

- Loose sand
- Collapsibility
- Classification
- Plasticity
- Resistivity

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis se realizó en la Asociación Agropecuaria Apaza, ubicada en el distrito de Calana, en el departamento de Tacna, con base a ensayos in-situ y laboratorio se pudo caracterizar el tipo de suelo existente en dicha asociación y determinar el problema especial de cimentación en edificaciones que pudieran causar alteraciones a nuestras futuras edificaciones en la zona.

En esta zona se tiene proyectado la construcción de futuras viviendas en un área aproximada de dos hectáreas para los pobladores de la Asociación Agropecuaria Apaza. Por ende, se requiere determinar la caracterización del tipo de suelo y problemas especiales de cimentación de edificaciones en dicha asociación, como sabemos toda estructura debe ofrecer seguridad, para ello se requiere una cimentación adecuada para el tipo de suelo, para ello se realizó el sondeo eléctrico vertical con equipo georesistivimetro para determinar indirectamente los diferentes estratos que pudiera existir según sus resistividades y poder descartar el nivel freático en la zona hasta una profundidad de treinta metros, también se realizó 04 calicatas a cielo abierto con herramientas manuales de las cuales se obtuvo muestras para luego realizar sus respectivos ensayos estándares de mecánica de suelos según la NORMA TECNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES.

En la Asociación Agropecuaria Apaza no se tiene estudios de suelo alguno motivo por el cual es preocupante destinar áreas de terreno para la construcción de viviendas sin tener el asesoramiento adecuado de un técnico, el presente estudio permitirá conocer las características del suelo y tomar precauciones previa construcción.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años, Tacna tiene muchos problemas con el crecimiento poblacional, debido a la emigración de las zonas alto andinas, nuestra ciudad tiene un crecimiento de forma desordenada y sin ningún asesoramiento de algún especialista, por otro lado, tomando como referencia, el Plan de Desarrollo Urbano 2015”, aprobado en sesión extraordinaria N° 20 de fecha 22 de agosto del 2015 por la Municipalidad Provincial de Tacna, en dicho plan, considera a la zona pre-urbano o pecuario, en la cual se encuentra la Asociación Agropecuaria Apaza, en el distrito de Calana, provincia de TACNA, según se aprecia en la figura N°1.



Figura N°01: Zonificación ecológica y económica de la región Tacna (fuente: PDU 2015)



Figura N°02: Ubicación de la asociación agropecuaria Apaza google mapa (fuente: Google Heard)

En el año 2002 se desarrolla el Proyecto Ciudades Sostenibles, el instituto nacional de defensa civil desarrolló diversos estudios geotécnicos en la provincia de Tacna, clasificando la zona de estudio con peligro alto.

De otro lado, la tesis precedente “Determinación de los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante del Puesto de Salud Intiorko de la Asociación de vivienda 28 de Agosto - Ciudad Nueva – Tacna”, la cual está próximo a la zona de estudio de la presente tesis determinó propiedades físicas del suelo, que podrían ser típicas de suelos colapsables, recomendando la ejecución del ensayo de colapso, para determinar el potencial de colapso y el asentamiento producido por el aumento de humedad.

En base a la información revisada y debido a la elevada relación de vacíos, bajo contenido de humedad natural y con alto contenido de sales, hemos decidido realizar el presente estudio de investigación basándonos en métodos específicos y pruebas de laboratorio estándares realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de la Universidad Privada de Tacna, y pruebas in situ de sondaje eléctrico vertical y densidad insitu.

En ese sentido, se requiere analizar el suelo en la Asociación Agropecuaria Apaza, distrito de Calana, departamento de Tacna, y determinar la caracterización del suelo y problemas especiales de cimentación, con la finalidad.

### **1.1.1 GEOLOGIA**

La Asociación Agropecuaria Apaza está enmarcado en una fosa tectónica, relleno con depósitos sedimentarios correspondientes fundamentalmente a sedimentos fluvio-aluvionales del cuaternario reciente y depósitos continentales de la formación Moquegua.

En la Asociación Agropecuaria Apaza se localiza en su mayor parte depósitos aluviales del Río Caplina, en los últimos años, distrito de Calan ha crecido considerablemente, existiendo poblaciones en antiguos terrenos de cultivo y laderas de cerro, de características diferentes al centro de la ciudad. En dichas áreas existen cenizas volcánicas y arenas producto del intemperismo de los depósitos volcánicos subyacentes.



Figura N°03: Vista satelital del suelo (fuente: Google Heard)

#### SISMICIDAD DE LA ZONA:

Se puede comprobar que los peligros naturales de Calana se limitan mayormente a la sismicidad el cual es minimizado aplicando las normas de construcción correctamente para zonas de alta sismicidad y haciendo caso a las recomendaciones dadas en este estudio.

De acuerdo a la norma E.030 2016, la zona de estudio se encuentra en la zona N° 04 con valores de aceleración de 0.45g, En ese sentido, es necesario la caracterización física del suelo con fines de edificación.

#### ESTRATIGRAFÍA:

De acuerdo a la Carta Geológica Nacional, nos indica la presencia de formaciones sedimentarias y volcánicas.

Formación Calana (terciario superior), la presencia de cerros ondeados, están constituidos por la secuencia de areniscas, conglomerados, arcillas y limos.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Interrogante general:**

¿Cuál es la caracterización del tipo de suelo y que problemas de cimentación pueden ocurrir en la Asociación Agropecuaria Apaza?

### **1.2.2 Interrogante específica:**

¿Cuál es la clasificación del suelo según S.U.C.S. de la Asociación agropecuaria Apaza?

¿Qué problemas especiales de cimentación según la norma técnica E.050 suelos y cimentaciones presenta el suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Las construcciones en la zona norte de nuestra ciudad presentan problemas especiales de cimentación, esto fue notorio en el terremoto que sacudió Tacna en el 2001, el distrito próximo al área de estudio, fue la más devastada en cuanto a infraestructura por la poca estabilidad que presenta el suelo en eventos como este, es por ello la importancia del estudio para el desarrollo de nuestra ciudad, pero obedeciendo a un plan que nos permita ordenar y zonificar áreas seguras para posteriormente urbanizarla, por lo cual se deben realizar los respectivos análisis en áreas destinadas a ello.

En la ciudad de Tacna, estas asociaciones agropecuarias a los pocos años son cambiados de uso, modificando la finalidad y generalmente cambian a uso urbano, para la construcción de edificaciones, en ese sentido este cambio de uso podría afectar a la edificación debido que no se conocen las propiedades del suelo o de ser el caso, algún tratamiento especial al suelo.

Es importante la caracterización del tipo de suelo debido que podemos identificar los principales tipos de suelo: friccionantes y cohesivos, debido que, de ello se desprenden los tipos de ensayos y características mecánicas del suelo por el diseño de cimentaciones de edificaciones.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar la caracterización del tipo de suelo y problemas especiales de cimentación para edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la clasificación del suelo según S.U.C.S. en la Asociación Agropecuaria Apaza.
- Determinar los problemas especiales de cimentación según la norma técnica E.050 suelos y cimentaciones que presenta el suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza.

### **1.5 HIPÓTESIS**

#### **1.5.1 Hipótesis general**

La caracterización del tipo de suelo corresponde a arena limosa, no plástica, así mismo el problema especial de cimentación para edificaciones es el colapso del suelo.

#### **1.5.2 Hipótesis específica**

- La clasificación del suelo según S.U.C.S. es SM.
- El problema especial de cimentación según la norma técnica E.050 suelos y cimentaciones es el colapso.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

#### A.- Título:

“Proyecto Ciudades Sostenibles” 2002

#### Autor:

Instituto Nacional de Defensa Civil

#### Ensayos de laboratorio:

Calicata CC-01: Arena limosa SM, densidad insitu seca 1,36 gr/cm<sup>3</sup>, límite líquido 22.80 %, no presenta límite plástico, densidad relativa 40.91 %, potencial de colapso 1.20 % remoldeado, 1 894 Partes por millón, en adelante “ppm” de sales solubles totales, clasificándolo como zona de peligro alto.

#### B.- Título:

“Evaluación de módulos de elasticidad y determinación de asentamientos en el distrito de Ciudad Nueva” 2010

#### Autor:

Pablo César, RODRÍGUEZ VILLALOBOS

Gino Alejandro, PINEDA CÁCERES

#### Ensayos de laboratorio:

“Después de haber realizado los distintos ensayos estándar y especiales, los resultados obtenidos señalan que las muestras de suelo de la zona de estudio se clasifican como arena limosa no plástica SM, las cuales presentan un límite líquido entre 9.7 % y 32.25 % con un valor promedio de 20.98 % una densidad in situ entre 1.20 gr/cc y 1.73 gr/cc con un valor promedio de 1.47 gr/cc, una gravedad específica de los sólidos de entre 2.42 gr/cc y 2.69 gr/cc con una valor promedio de 2.56 gr/cc, con un contenido de humedad entre 0.87 % y 8.01 % con un promedio de 4.44 %, no presentan límite plástico.

Nuestra ciudad se encuentra en el cinturón de fuego, esta situación ocasiona una alta actividad sísmica, es por ello la necesidad de realizar construcciones de uso poblacional tomando las precauciones del caso.

En ese sentido estas investigaciones y estudios han beneficiado a la población y son necesarias para el correcto inicio de la construcción. Cabe destacar que sin los estudios del tipo de suelos las construcciones posiblemente colapsarían al no saber si el terreno es estable para la construcción o no, o si es necesario realizar algún tratamiento especial al suelo para prevenir los problemas especiales de cimentación previa construcción.

La tragedia del 23 de junio 2001 que enlutó a varias familias tacneñas, y afectó las viviendas del distrito cercano como: Ciudad Nueva y Alto de la Alianza aquí recordamos como se informó según los estudios de Indeci de aquel trágico suceso:

#### **Según el diario correo (2001)**

“El informe que emitió el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) luego del sismo del 23 de junio del 2001, todo el valle de Tacna está sujeto a sufrir fuertes sismos debido a la presencia de horizontes de sales y sulfatos en algunas zonas que dan valores de densidades relativamente altas, tal es el caso de Ciudad Nueva, donde se han registrado daños importantes en 2001, algo que es contraproducente.

Este comportamiento anómalo se explica por la existencia de costras de caliche, las cuales están en condiciones de humedad que causan el colapso de los suelos.

El texto señala que la mayoría de los suelos en el cono norte son arenas limosas (SM), con capacidades portantes en condiciones estáticas de 0.5 a 3.0 kg/cm<sup>2</sup>; arenas que considerando el efecto dinámico de ondas sísmicas con una aceleración de la gravedad de 0.3 g. registrada en Tacna, bajan su capacidad portante al rango de tan solo 0.5 a 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, lo que se traduce en una alta probabilidad de movimiento e inclusive de ruptura de los suelos.

En la zona de colindancia de los distritos Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, desde la ladera hacia la parte baja limitada por la geofoma del cono de deyección de la quebrada Caramolle, existe una zona de suelos con características geotécnicas malas con una densidad relativa de 15 a 45%, al

igual que en el cono de deyección de la quebrada El Diablo, y en la parte baja y sur colindante de esta, prolongación de la avenida Dos de Mayo.

Geotécnicamente, el cono norte de la ciudad se encuentra asociada a estos conos de deyección, por lo que es de alto riesgo sísmico el suelo de la ladera del cerro Intiorko, la zona del colegio Cohaila Tamayo (Ciudad Nueva) y el parque Industrial. Así como el sector de la asociación de vivienda La Florida hasta la avenida industrial y la zona baja aledaña a la prolongación de la Av. Dos de mayo.

En resumen, las zonas críticas de la ciudad de Tacna se sitúan a lo largo de la ladera del Cerro Intiorko, Av. Gregorio Albarracín, desde la Av. El Sol hasta la Av. Industrial donde se encuentra ubicado la ampliación del parque industrial en el distrito de Alto de la Alianza y la prolongación de la Av. Dos de Mayo”.<sup>1</sup>



Figura N°04: Esta imagen muestra una de las tantas viviendas colapsadas en ciudad nueva des pues del terremoto del 2001. (fuente: Grupo Epena)

---

<sup>1</sup> <https://diariocorreo.pe/peru/23-de-junio-tacnenos-recuerdan-terremoto-de-24127/>



Figura N°05: así quedó la vivienda en ciudad nueva distrito que fue muy afectado (fuente: diario correo)

Por este tipo de eventos trágicos las construcciones de hoy en día requieren de estudios de suelo para realizar un análisis previo al diseño y ejecución, es muy importante que la infraestructura tenga el comportamiento más estable posible en los eventos sísmicos.

En base a la revisión efectuada, se detectó las siguientes investigaciones de suelo en zonas próximas a la Asociación Agropecuaria Apaza:

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 CIMENTACIONES**

La cimentación constituye parte importante de la estructura que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al área del suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles para la estructura. Por tanto, para realizar una correcta cimentación habrá que tener en cuenta las características geotécnicas del suelo y además dimensionar el propio cimiento. como elemento de hormigón, de modo que sea suficientemente resistente.

### **2.2.2 TÉCNICA DE EXPLORACION**

Los estudios geotécnicos en el Perú utilizan técnicas muy importantes como son la exploración en campo, los ensayos de laboratorio y los ensayos in-

situ, con base en la norma técnica peruana E.050 Suelos y cimentaciones aprobado mediante decreto supremo n.º 011-2006-VIVIENDA el 8 de mayo de 2006.

Ahora bien, el programa de investigación mínimo según la normativa peruana, consiste en:

- a) **Condiciones de frontera**, cuyo objetivo es verificar que las propiedades del suelo, se pueden suponer semejantes a los terrenos adyacentes.
- b) **Número “n” de puntos de investigación**, la cantidad de puntos de exploración o investigación está en función del tipo de edificación y área de la superficie que ocupa la edificación.
- c) **Profundidad “p” mínima a alcanzar en cada punto de investigación**, para cimentaciones superficiales, está definida como la suma de la distancia vertical desde la superficie del terreno hasta el fondo de la cimentación y 1.50 veces el ancho de la cimentación o como mínimo 3 metros según establece la NORMA TECNICA E.030 SUELOS Y CIMENTACIONES.
- d) **Distribución de puntos de investigación**, se debe tener en consideración las propiedades y dimensiones del terreno; igualmente el lugar de la estructura.
- e) **Número y tipo de muestras a extraer**, los tipos de muestras inalteradas pueden ser en bloque (Mib) y tubo de pared delgada (Mit); de otro lado las muestras alteradas pueden ser en bolsa de plástico (Mab) y en lata sellada (Mah). Es importante recalcar que en caso no sea posible obtener las muestras inalteradas, se debe sustituir por ensayos in-situ.
- f) **Ensayos a realizar “in situ” y en laboratorio**, la norma peruana detalla los ensayos de laboratorio y los ensayos in situ, considerando en este último el ensayo de densidad in situ, el cual se realizará utilizando el cono de arena, recomendado por la norma técnica peruana.

### 2.2.3. ENSAYOS IN-SITU Y LABORATORIO

#### a) DENSIDAD IN SITU

Este ensayo está regido por la norma técnica peruana, en adelante “NTP”, 339.143, American Society for Testing and Materials, en adelante “ASTM”, D 1556-64 (Cono de Arena), el cual permite determinar la densidad del suelo en el terreno (*γ<sub>hum</sub>*), obteniendo el peso de suelo húmedo de una pequeña excavación ejecutado sobre la superficie del suelo, luego para

determinar el volumen de dicho hoyo, se utiliza arena calibrada tomando en cuenta el peso de dicha arena que ingresa en el hoyo, obteniendo el volumen del hoyo.

#### b) CONTENIDO DE HUMEDAD

Este ensayo está regido por la norma NTP 339.127 ASTM D 2216, su finalidad es determinar el contenido de agua ( $w\%$ ) en el suelo en su estado natural.

El objetivo de estos dos ensayos es determinar la densidad natural seca ( $\gamma_{seca}$ ), con la siguiente ecuación:

$$\gamma_{seca} = \frac{\gamma_{hum}}{1 + w\%}$$

#### c) DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

El análisis granulométrico se realiza con base a la norma NTP 339.128 ASTM D422, el cual es realizado con 500 gramos de material en estado seco, luego el suelo es pasado por una columna de mallas en orden decrecientes, midiéndose la cantidad de suelo atrapado en cada malla y calculándose los porcentajes acumulados, posteriormente en una gráfica semi-logarítmica, se traza la curva del porcentaje que pasa del suelo y las aberturas de las siguientes mallas.

Tabla N°01: Ensayo de granulometría – Tamaño de mallas

Pulg	Abertura mm.	Malla No.	Abertura mm.
3"	76.200	<b>20</b>	0.850
2"	50.800	<b>30</b>	0.600
1 ½"	38.100	<b>40</b>	0.425
1"	25.400	<b>50</b>	0.300
¾"	19.050	<b>60</b>	0.250
⅜"	9.525	<b>80</b>	0.180
4	4.750	<b>100</b>	0.150
6	3.350	<b>140</b>	0.106
8	2.360	<b>170</b>	0.088
10	2.000	<b>200</b>	0.075
16	1.180		

Fuente: Norma técnica peruana 339.128 o ASTM D422.

Un punto importante en la distribución granulométrica es la obtención de diámetros tales como el D10, D30, D60, etc. El D se refiere al tamaño del grano o diámetro aparente de la partícula de suelo y el subíndice (10, 30, 60) denota el porcentaje de material que pasa. Se pueden determinar dos parámetros de la curva granulométrica:

**d) COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD CU:**

Un valor grande en éste parámetro Cu indica que los diámetros D60 y D10 difieren en tamaño apreciablemente, ello no asegura que no exista un vacío de gradación. Este coeficiente se determina:

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

**e) COEFICIENTE DE CONCAVIDAD CC:**

Es la forma de la curva entre del D60 y el D10 y se determina de la siguiente forma:

$$Cc := \frac{\frac{D30}{D10}}{\frac{D60}{D30}} \qquad Cc := \frac{D30^2}{D10 \cdot D60}$$

Valores de Cc muy diferentes de 1.00 indican que falta una serie de diámetros entre los tamaños correspondientes al D10 y el D60.

**f) LÍMITES DE ATTERBERG**

La mayoría de suelos son estables cuando se encuentran secos, pero cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, éste puede fluir como un semilíquido. Si este se seca en forma gradual, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de agua, por ello se ha establecidos límites que describen al suelo:

**g) LÍMITE LIQUIDO LL**

Es el porcentaje de contenido de agua con el que el suelo cambia de un estado líquido a un estado plástico. La obtención del contenido de humedad se realiza mediante la copa de Casagrande (NTP 339.129 ASTM D 4318) y se

define como el contenido de agua con el cual se obtiene un cierre en la ranura de 12.70 mm. al aplicar 25 golpes.

#### **h) LIMITE PLÁSTICO PL**

Es el porcentaje de contenido de agua con el que el suelo cambia de un estado plástico a un estado semi-sólido. Se define como el contenido de agua para el cual el suelo se desmorona al moldearlo en un rollito de 3.18 mm. de diámetro (NTP 339.129 ASTM D 4318).

#### **i) SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

La clasificación de suelos con fines de cimentación para edificaciones se basa en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS. Este usa los siguientes símbolos:

Tabla N°02 Clasificación SUCS - Símbolos

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

Fuente: Norma técnica peruana 339.134 o ASTM D2487.

La clasificación de suelo consiste en agrupar suelos que presenta un comportamiento similar. Así mismo, permite resolver muchos tipos de problemas sencillos y sirve de guía para preparar el programa de exploración y definir los ensayos necesarios.

#### **j) PROSPECCIÓN GEOFÍSICA – MÉTODO ELÉCTRICO:**

Este método geofísico se basa particularmente en el análisis de la resistencia que presenta dicho suelo, otros aplican campos eléctricos naturales y/o artificiales.

Existen métodos de prospección eléctrica en los cuales se llega a usar corriente alterna (AC) y corriente continua (DC), en el actual análisis se



desarrollará el método en corriente continua relacionado a la variante de SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL (SEV).

➤ **Método de Sondaje Eléctrico Vertical:**

El propósito del Sondaje Eléctrico Vertical, en adelante (SEV), es determinar el reparto vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado, su unidad de medida es en ohmios-metro ( $\Omega\cdot m$ ), el cual depende de las valores geotécnicos del material que atraviesa la corriente eléctrica.

Para la evaluación de la resistividad aparente ( $\rho_a$ ) de un terreno se aplica un **DISPOSITIVO** que comprende dos circuitos. Uno de emisión A y B y el otro de recepción M y N, en conjunto constituyen un cuadripolo (Figura N° 06).

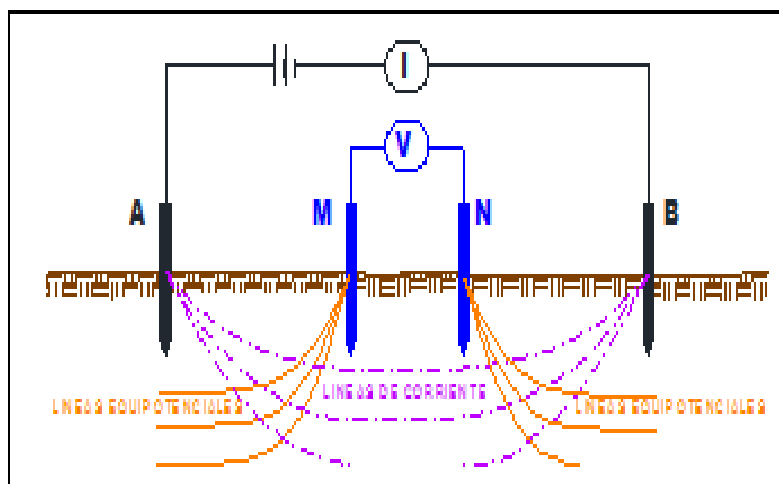


Figura N°06: Disposición de los electrodos de corriente (A, B) y de electrodos de potencial (M, N). (Fuente: Dr. Geol. Miguel Auge)

A medida que A y B se separan (Figura N° 07), la corriente va penetrando en las capas más profundas. La profundidad de penetración de la corriente eléctrica depende de la separación de los electrodos inyectores A y B, si la distancia entre los electrodos A y B aumenta, la corriente circula a mayor profundidad, pero su densidad disminuye, por tanto, no es probable fijar una profundidad límite que este por debajo de la cual el subsuelo no influye en el SEV, Si la densidad de la corriente baja en estado suave y siempre gradual, sin prohibirse nunca.

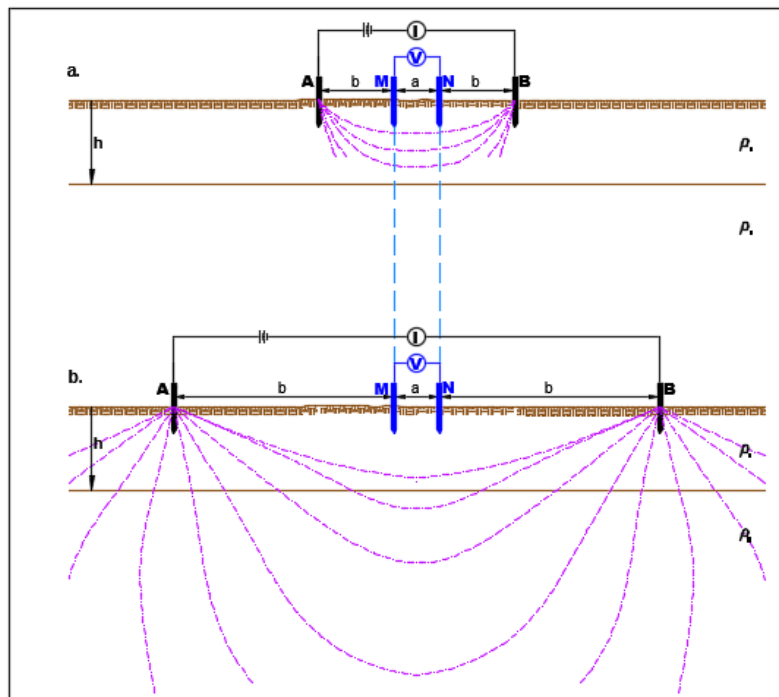


Figura N<sup>o</sup>07: (a). A menor distancia de los electrodos A y B la profundidad es menor. (b). A mayor distancia de los electrodos A y B la profundidad es mayor. (Fuente: Dr. Geol. Miguel Auge)

De acuerdo al **DISPOSITIVO** de estos cuadripolos se puede investigar un determinado lugar, en toda su heterogeneidad, en sentido vertical, para lo cual es común el uso del dispositivo georesistivímetro.

La ejecución de un SEVs con dispositivo georesistivímetro exige una serie de mediciones de resistividad aparente, que se lleva a cabo a lo largo de un dispositivo rectilíneo y simétrico con distancias A-B y M-N progresivamente crecientes. La resistividad aparente ( $\rho_a$ ) corresponde a la siguiente ecuación:

**Donde:**

$\rho_a$ : Resistividad aparente del estrato en Ohm-m.

$$\rho_a = K \frac{V}{I}$$

**K**: Constante geométrica que varía de acuerdo a la separación de electrodos

**I**: Intensidad de corriente circulante en el terreno electrodos A-B en mA.

**V**: Diferencia de potencial de los electrodos M-N en mV.

Por lo tanto, por medio de desplazamientos sucesivos de los electrodos A-B y M-N, se abarca estratos de terreno cada vez más profundos. La profundidad de estudio del subsuelo por lo general corresponde a la mitad o tercera parte de la distancia de A-B. **(Ver Figura N° 08)**

#### Equipo y materiales:

- 01 Georesistímetro WARG POWER Modelo G-1124.
- 02 Carretes de cables eléctricos de 500 m c/u para A y B.
- Cables eléctricos para M y N de 50 metros c/u.
- 10 Electrodo de acero inoxidable.
- 02 combas de 8 lb.
- 01 GPS (Sistema Posicional Geográfico).

#### ➤ Procesamiento de datos

##### Interpretación de SEVs

El objetivo de la prospección geoelectrica es establecer la conformación del subsuelo mediante la ubicación espacial de las capas resistivas (perfil geoelectrico) para posteriormente transformar el perfil geoelectrico en otro, que represente los caracteres geológicos subterráneos.

La comparación entre curvas de campo y teóricas puede realizarse en forma manual superponiendo las curvas de campo con las curvas teóricas ya establecidas según sus capas, cuando las capas involucradas son 2. Este procedimiento se usó hasta la década de 1970, mediante el empleo de catálogos de curvas teóricas de resistividad como las elaboradas por: Orellana y Mooney (1966) con 25 curvas para 2 capas.

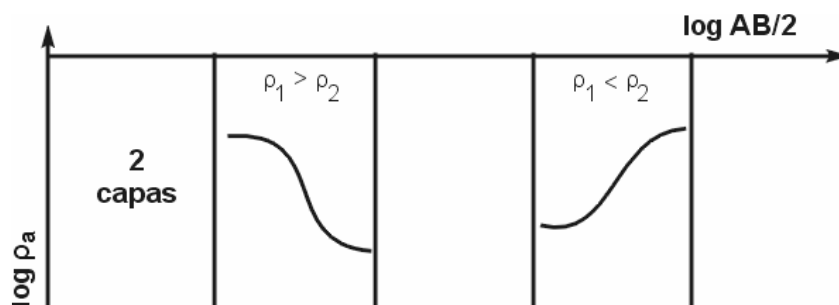


Figura N°07: curva de resistividades aparentes de 02 capas (Fuente: Dr. Geol. Miguel Auge)

Figura N°07 representa la configuración del subsuelo para 02 capas resistivas, también denominadas mesetas, que corresponden a las

resistividades aparentes y ramas inclinadas descendentes y ascendentes que unen a las mesetas.

Las ramas descendentes indican una disminución de la resistividad en profundidad y las ascendentes un aumento de resistividad aparente, esta resistividad nos permite establecer la conformación del subsuelo según su resistividad.

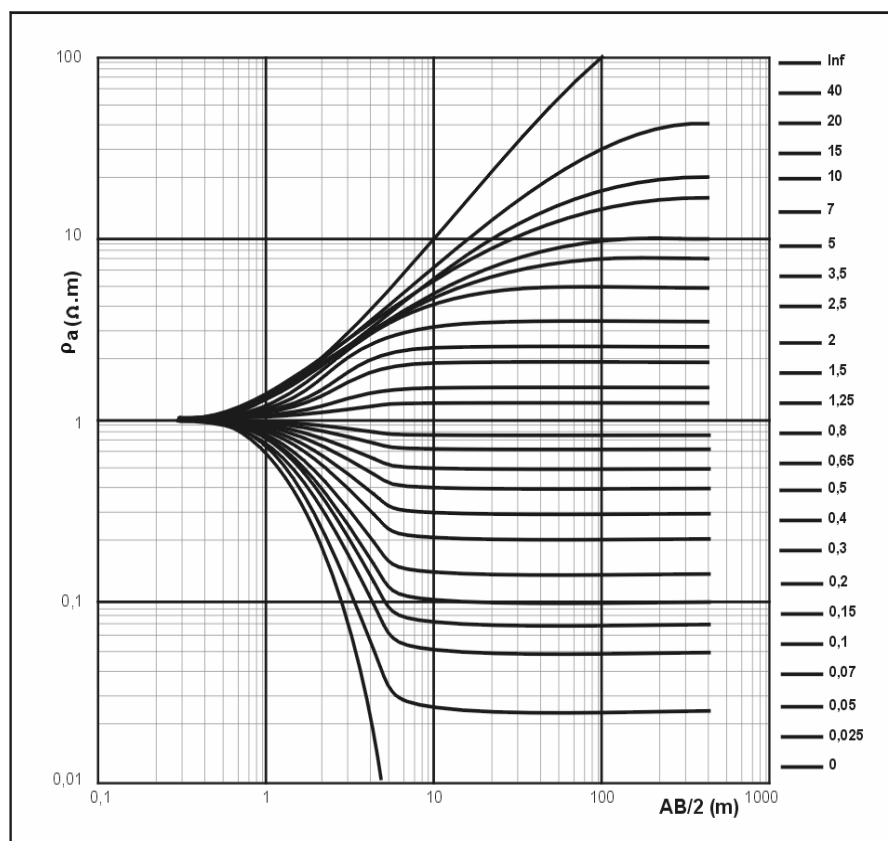


Figura N°08: Abaco para 02 capas (Fuente: Dr. Geol. Miguel Auge)

Figura N°08 nos muestra un ábaco de 02 capas, para identificar las profundidades de las capas con diferentes resistividades, deben compararse las curvas obtenidas en campo con otras confeccionadas en gabinete que se denominan curvas teóricas

La comparación entre curvas de campo y curvas teóricas se realiza de forma manual superponiendo las curvas mencionadas y proyectando los puntos de inflexión.

Existen estudios que determinan algunas resistividades representativas del suelo que podría brindarnos referencias según el tipo de suelos existente.

Tabla N°03 Valores representativos de las resistividades

Materiales	Resistividad (ohm-m)
<b>Arena</b>	500 - 1500
<b>Acillas, Limo saturado</b>	0 - 100
<b>Arena arcillosa</b>	200 - 500
<b>Grava</b>	1 500 - 4 000
<b>Roca intemperizada</b>	1 500 - 2 500
<b>Roca sana</b>	> 5 000

Fuente: Principios de ingeniería en cimentaciones (Braja M. Das)

## 2.2.2. PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN

### 2.2.2.1 SUELOS COLAPSABLES

Estos suelos varían bruscamente, su masa por acción compuesta o propia de las siguientes acciones:

- a) Ser expuesto a un aumento masivo de carga
- b) Ser saturado

#### ➤ Exigencia de los Estudios

Se deberá hacer estudio en lugares donde exista evidencia de hundimientos debido a la presencia de suelos colapsables, se deberá incluir en su estudio de mecánica de suelos un análisis basado en la especificación de la plasticidad del suelo NTP 339.129 (ASTM D4318), del ensayo para determinar el peso volumétrico NTP 339.139 (BS 1377), y del ensayo de humedad NTP 339.127 (ASTM D2216), con la finalidad de evaluar si el suelo es colapsable, en función del Límite Líquido (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 figura N°9.

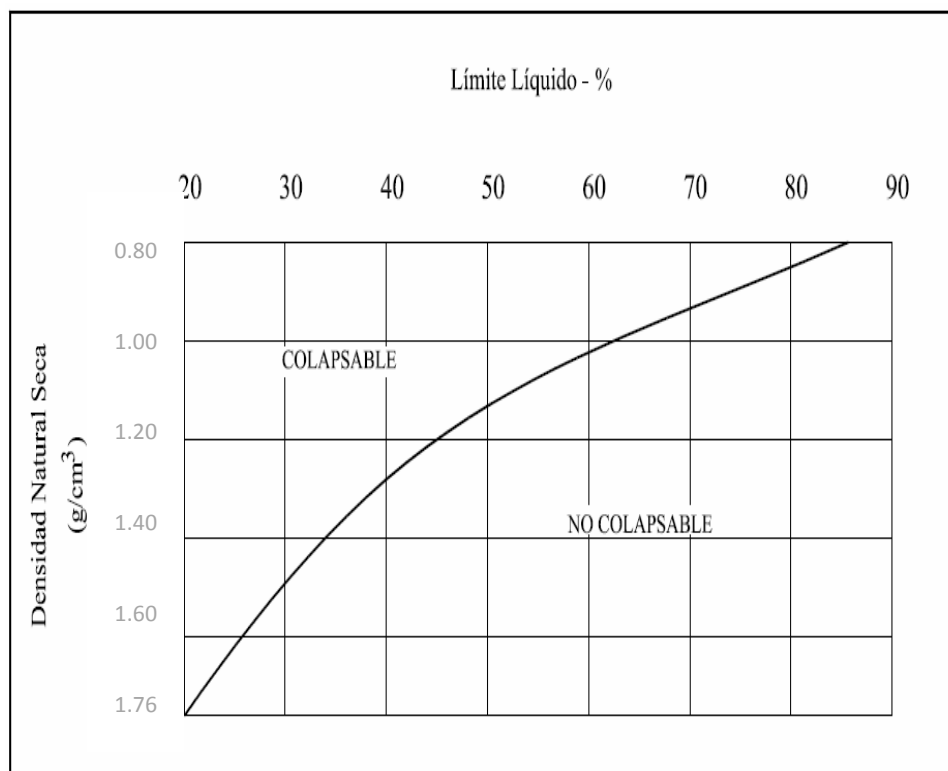


figura N°09: Densidad Natural Seca vs limite líquido. (Fuente: Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones.)

### 2.2.2.2 ATAQUE QUIMICO POR SUELOS Y AGUAS SUBTERRANEAS

Estas aguas son más violentas que los suelos al estado seco; por tanto, el empapado de un suelo seco por humedecimiento o riego, filtración de agua de lluvia, escape de tuberías o alguna otra causa probable, puede avivar a las sales del suelo.

Nuestra norma solamente observara el ataque superficial por suelos y aguas subterráneas, pero no considerara ningún otro ataque.

Se realizará ensayos en lugares con napa freática en la zona activa de la cimentación o donde se conozca o sea evidente la ocurrencia de ataque químico al concreto.

### 2.2.2.3 SUELOS EXPANSIVOS

son suelos cohesivos con bajo grado de saturación y plasticidad alta ( $LL \geq 50$ ), con la finalidad de evaluar el potencial de expansión del suelo cohesivo en función del porcentaje de partículas menores a  $2\mu m$ , del índice de plasticidad (IP) y de la actividad (A) de la arcilla. La relación entre la Expansión Potencial ( $E_p$ ) y los parámetros antes indicados se muestra en la siguiente figura:

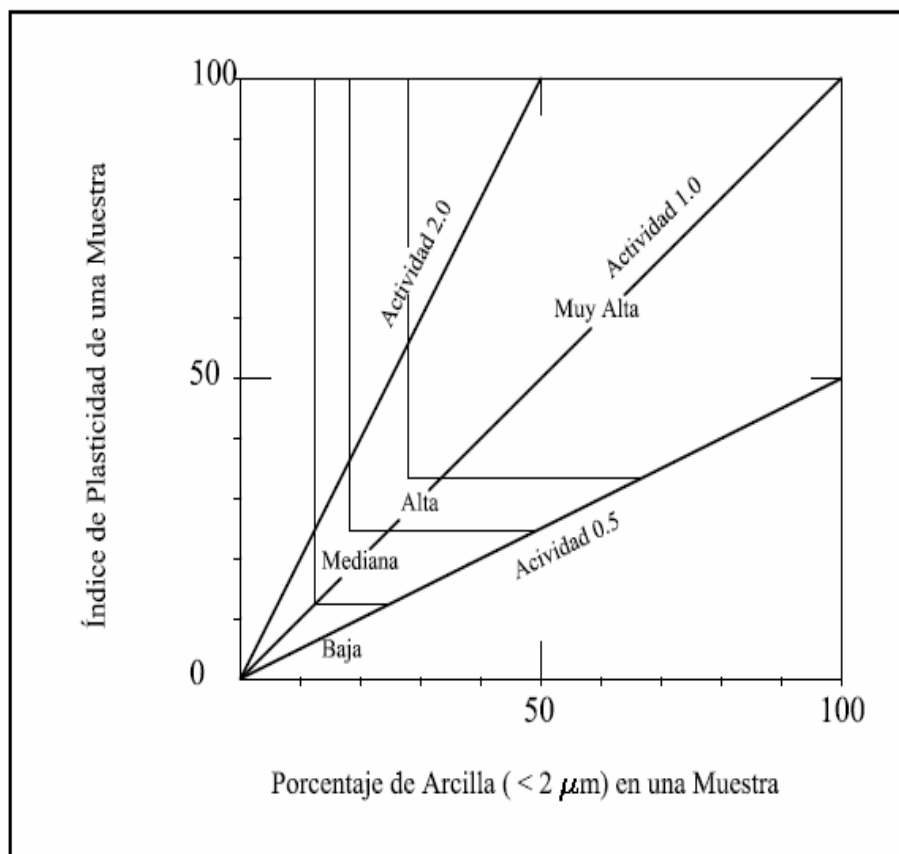


Figura N°10: Clasificación de cambio de potencial de volumen para suelos arcillosos. (Fuente: Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones.)

#### 2.2.2.4 LICUACIÓN DE SUELOS

En suelos granulares finos ubicados bajo el Nivel Freático y ciertos suelos aglutinantes, las sollicitaciones sísmicas pueden originar el fenómeno denominado disolución o licuación, el cual consiste en la pérdida temporal de resistencia al corte del suelo, como resultado de la presión de poros que se produce en el agua encerrada en sus vacíos creada por las vibraciones que produce el sismo. Por esta depresión de resistencia al corte genera la idea de grandes asentamientos en obras sobreyacentes. Para que un suelo granular sea capaz de licuarse durante un sismo, debe presentar paralelamente las características siguientes:

- Debe tener arena limosa, arena fina, limo arenoso no plástico, arena arcillosa o grava empacada en una gran matriz compuesta por ciertos materiales ya mencionados.
- Debe estar empapado o sumergido.

### 2.2.2.5 SOSTENIMIENTO DE EXCAVACIONES

Las perforaciones verticales mayores de 2m de profundidad necesarias al llegar a la rasante de los sótanos y sus cimentaciones, no deberían estar sin soporte, a no ser que la preparación hecha por el especialista resulte innecesaria a realizar estructuras de soporte o sostenimiento.

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Características del tipo de suelo: la clasificación y las características de suelos **según SUCS** son: grava (G), arena (S), limo (M), arcilla (C), orgánico (O), turba (PT).
- Problemas especiales de cimentación: según la norma técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, los problemas especiales de cimentación se presentan por los siguientes temas:
  - Sostenimiento de excavaciones.
  - Suelos probablemente colapsables.
  - Ataque químico de los suelos y aguas subterráneas.
  - Suelos expansivos.
  - Licuación de suelos.
- Potencial de colapso: relación matemática del cambio del cambio de altura y altura inicial de la muestra, realizado mediante el ensayo de NTP 339.163 o ASTM D 5333.
- Suelos colapsables: suelos que, por su composición, cambian rápidamente su volumen por acción de incremento de carga y/o incremento del contenido de humedad, debido a la disolución del agente cementante.
- Sondeo eléctrico vertical (SEV): técnica geofísica que distingue o reconoce las formaciones geológicas que se encuentran a profundidad mediante prospección eléctrica por la resistividad aparente del suelo.



## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Tipo y diseño de la investigación

#### 3.1.1 Tipo de la investigación

##### **Exploratorio:**

La investigación exploratoria, nos permitió tener una referencia visual amplia del área en estudio, las referencias in-situ no solo se realizó visualmente puesto que se recopiló información de los lugareños, tomamos muestra del suelo aplicando métodos directos e indirectos con el fin de reducir el margen de error, también se tomó datos de las construcciones existentes con el fin de enriquecer la investigación antes durante y después de los estudios de la zona.

El diseño de investigación inicia en el ámbito de búsqueda de datos que nos permitirá lograr la veracidad interna de nuestra investigación, lo que se quiere lograr aquí es generar una gran cantidad de datos fiables y conclusiones favorables que sean de objetivos establecidos.

#### 3.1.2 Diseño de la investigación:

##### **a. Investigación de campo:**

La investigación consta de muestreos en campo, se realizará 04 calicatas de 03 metros de profundidad, se tomará muestras por cada calicata, 04 muestras en total para determinar las características físicas del suelo, adicionalmente se aplicará un método indirecto con equipo de sondaje eléctrico vertical para poder tener referencias de los estratos que conforman el suelo y poder descartar el nivel freático hasta una profundidad de 30 metros.

##### **b. Investigación de laboratorio:**

Se realizará los ensayos de laboratorio estándares con la finalidad de obtener las características del suelo y poder determinar los problemas especiales de cimentación que pudiera alterar la edificación, estos ensayos se realizarán considerando la norma técnica de suelos y cimentaciones E.050.

Se realizará el ensayo químico del suelo con el fin de obtener las propiedades químicas y determinar la influencia de este sobre la cimentación.

### 3.2 Acciones y actividades

Se inició realizando visitas a campo para tener contacto con los pobladores de la zona y explicar el motivo de nuestra visita, se solicitó el permiso requerido.

Se realizó el estudio de sondaje eléctrico que nos permitió ubicar los puntos en donde se realizará las calicatas y se obtuvo las resistividades del suelo.

Se realizó las calicatas de las cuales se extrajo muestras para los ensayos de laboratorio.

Una vez extraída la muestra se realizará los ensayos de laboratorio.

### 3.3 Materiales y/o instrumentos

#### En campo:

- Equipo de sondaje eléctrico.
- Herramientas de uso manual para excavación.
- Cono de arena para la determinación de la densidad in-situ.
- Wincha métrica.

#### En laboratorio:

Los ensayos se realizarán con los equipos e instrumentos del “laboratorio de mecánica de suelos, concreto, y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna”.

### 3.4 Población y/o muestra de estudio

#### Población:

La presente investigación se realizará en la Asociación Agropecuaria Apaza, dicha asociación cuenta con un total de 10 hectáreas de terreno, de las cuales 02 hectáreas será destinada a la construcción de viviendas.

En la presente investigación aplicaremos el ensayo de sondaje eléctrico vertical (SEV), que nos permite conocer los estratos del suelo, reduciendo así los puntos de muestreo mediante calicatas, siempre en consulta y asesorado por personal técnico calificado para realizar el ensayo de SEV. Y consultado al asesor de la presente investigación.

#### Muestra:

En la determinación del número de muestra se considerarán según las normas técnicas que rigen sobre la materia y se tomará de forma intencional, lo que significa que el muestreo varía de cantidad, peso, volumen y/o frecuencia.

### 3.5 Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador
INDEPENDIENTE Caracterización del tipo de suelo de la asociación agropecuaria Apaza.	Características físicas y mecánicas del suelo que presenta determinada área en estudio	Diseño de cimentaciones para las edificaciones.	Clasificación S.U.C.S. Grupo GW y SW Grupo GP y SP Grupo GM y SM Grupo GC y SC Grupo ML, Grupo CH Grupo CL, Grupo OH Grupo OL, Grupo Pt Grupo MH
DEPENDIENTE Problemas especiales de cimentación de edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza.	Fenómenos que ocurren luego de la construcción debido al tipo de suelo y condiciones externas.	1.-Suelos colapsables. 2.-Ataque químico por suelos y aguas subterráneas. 3.-Suelos expansivos. 4.-Licuación de suelos. 5.-Sostenimiento de excavaciones.	1.- El bajo valor del Limite Líquido y bajo valor del peso volumétrico seco. 2.- Nivel de napa freática 3.-Bajo grado de saturación y plasticidad alta (LL≥50). 4.-Nivel de napa freática, clasificación S.U.C.S. y resistencia al corte del suelo. 5.Existencia de edificaciones aledañas.

### 3.6 Técnicas e instrumentos para el acopio de datos

Para el presente estudio, se tiene como antecedentes no haber realizado estudio alguno en la zona, razón por la cual desarrollamos los ensayos estándares de laboratorio, así como las pruebas in situ, en ese sentido adicionalmente se realizó el ensayo de SEV para un área de 25,600 m<sup>2</sup> aproximadamente, en dicha área se realizó 04 calicatas con ensayos de laboratorio estándares y 09 SEVs. Las cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

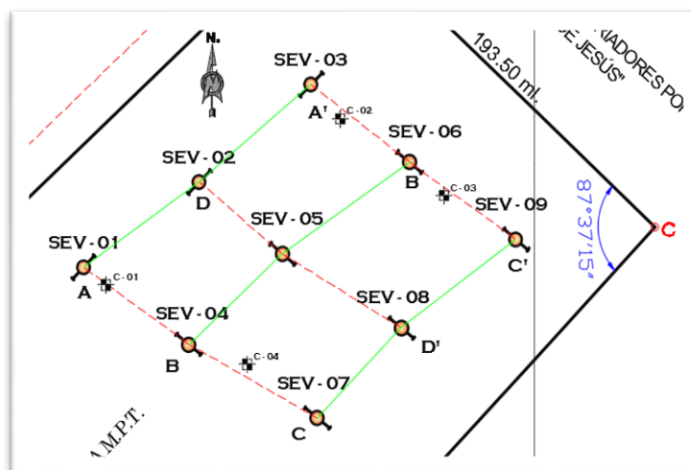


Figura N°11: Distribución de los SEVs. (Fuente: elaboración propia)

Las propiedades fueron determinadas en base a los resultados de los ensayos realizados, según las siguientes normas técnicas:

Tabla N°04. Relación de ensayos.

PROPIEDADES	ENSAYOS	NORMATIVIDAD
FISICAS Y CLASIFICACIÓN		
Humedad natural	Contenido de humedad	NTP 339.127 ASTM D2216
Peso específico	Peso específico de las partículas	NTP 339.131 ASTM D-854
Granulometría	Análisis granulométrico por tamizado	NTP 339.128 ASTM D422
Plasticidad	Límites de Atterberg	NTP 339.129 ASTM D 4318
PROSPECCIÓN GEOFÍSICA – MÉTODO ELÉCTRICO		
Sondaje Eléctrico Vertical		NRF 011 CFE 2004

Fuente: elaboración propia

### 3.7 Procesamiento y análisis de datos

El ensayo de SEV siendo un método de ensayo indirecto, nos permite reconocer los estratos según las resistividades del suelo sobre el cual se encuentra el área en estudio, para luego realizar el ensayo directo (calicatas) y comparar los resultados del sondaje con la de las calicatas, al realizar las calicatas obtendremos estratos que conforman el suelo para posteriormente describirla con sus respectivas imágenes.

En el laboratorio, al realizar los ensayos ya descritas de las muestras obtenidas lo llevaremos a gabinete para realizar los cálculos y obtener los resultados para su posterior interpretación.

## CAPÍTULO IV:

### 4.1. RESULTADOS:

➤ **Caracterización física del suelo:**

El suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza está conformado por arena limosa no plástica seca, sin nivel freático, según se resume en el siguiente cuadro que presenta la descripción de las 04 calicatas excavadas a nivel superficial y a 03 metros de profundidad.

CALICATA	PROFUNDIDAD	DENSIDAD	ESQUEMA	CARACTERÍSTICAS
C1	0.0 m	Superficial: 1.44 gr/cc		Arena limosa, suelta de color marrón claro con presencia de suelo con ceniza volcánica
	03 m	A 03 mts de profundidad: 1.551 gr/cc		Arena limosa, semi-compactada de color marrón claro con presencia de suelo con ceniza volcánica. No encontramos humedad aparente en este estrato.
C2	0.0 m	Superficial: 1.40 gr/cc		Arena limosa, suelta de color marrón claro con presencia de suelo con ceniza volcánica
	03 m	A 03 mts de profundidad: 1.504 gr/cc		Arena limosa, semi-compactada de color marrón claro con presencia de suelo con ceniza volcánica. No encontramos humedad aparente en este estrato.
C3	0.0 m	Superficial: 1.38 gr/cc		Arena limosa, suelta de color marrón claro con presencia de suelo con ceniza volcánica
	03 m	A 03 mts de profundidad: 1.506 gr/cc		Arena limosa, compactada de color beis, suelo con ceniza volcánica. No encontramos humedad aparente en este estrato.
C4	0.0 m	Superficial: 1.41 gr/cc		Arena limosa, suelta de color marrón claro con presencia de suelo con ceniza volcánica
	03 m	A 03 mts de profundidad: 1.570 gr/cc		Arena limosa, compactada de color marrón claro con presencia de Suelo con ceniza volcánica. No encontramos humedad aparente en este estrato.

Cuadro N°1: características del suelo (fuente: elaboración propia)

➤ **Densidad in-situ:**

Los resultados obtenidos en los ensayos de densidad in-situ realizados a una profundidad de 03 metros, varía según se muestra en la Tabla N° 05.

Tabla N°05. Resultados de densidad in-situ.

Calicata		C1	C2	C3	C4
Densidad Húmeda	gr/cc	1.551	1.504	1.506	1.570
Densidad Seca	gr/cc	1.503	1.482	1.485	1.546

Fuente: elaboración propia

Para la cual el promedio de las densidades es:

Tabla N°06. Promedio de densidad in-situ

Densidad Húmeda	gr/cc	1.53
Densidad Seca	gr/cc	1.50

Fuente: elaboración propia

➤ **Granulometría:**

Se realizó 04 calicatas en la Asociación Agropecuaria Apaza de las cuales se tomó muestras por calicata para realizar el ensayo granulométrico, obteniendo las siguientes curvas granulométricas según muestra la Figura N°12.

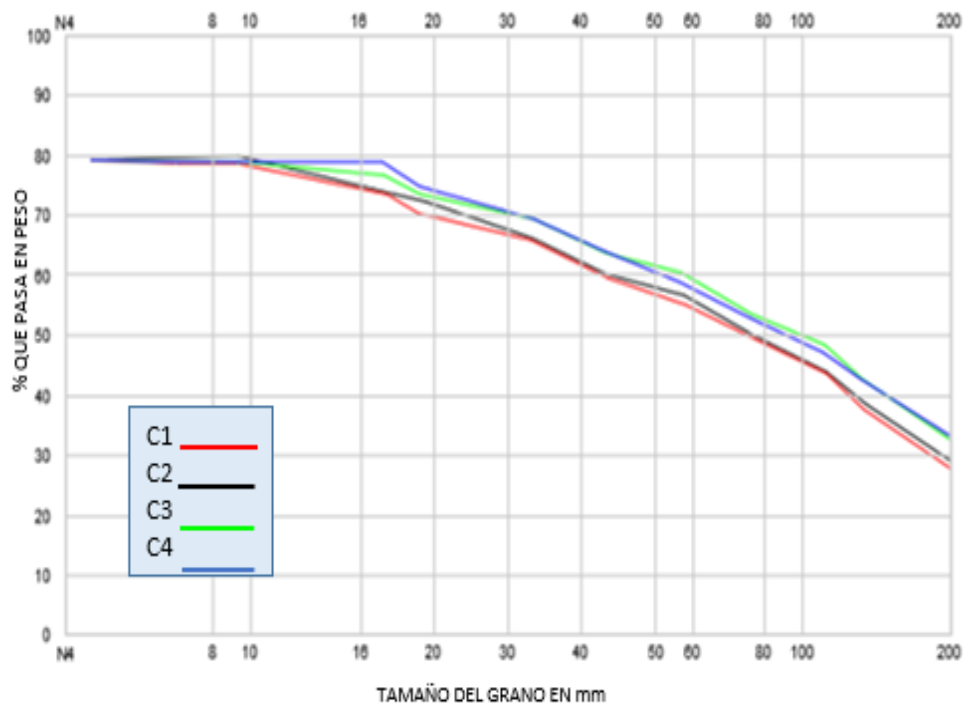


Figura N: 12 Curva granulométrica (fuente: elaboración propia)

➤ **Limite liquido:**

No presente limite liquido

➤ **Limite plástico:**

No presenta limite plástico

➤ **Contenido de humedad:**

En el ensayo de contenido de humedad se obtuvo que el suelo se encuentra seco sin presencia de nivel freático según muestra la Tabla N°10:

Tabla N° 7: Resultados del contenido de humedad

Muestra		C1	C2	C3	C4
Contenido de humedad	%	3.15	1.48	1.45	1.50

Fuete: elaboración propia

Obteniendo así un promedio de 1.89%

➤ **Clasificación SUCS:**

La clasificación sucs es: SM, arena limosa con finos no plásticos y ceniza volcánica.

➤ **Prospección Geofísica – Método Eléctrico**

**Método de Sondaje Eléctrico Vertical (SEV):**

El método SEV, se realizó en la zona destinada a edificación para viviendas (AREA DE ESTUDIO), la cual contempla una superficie de 02 hectáreas aproximadamente.

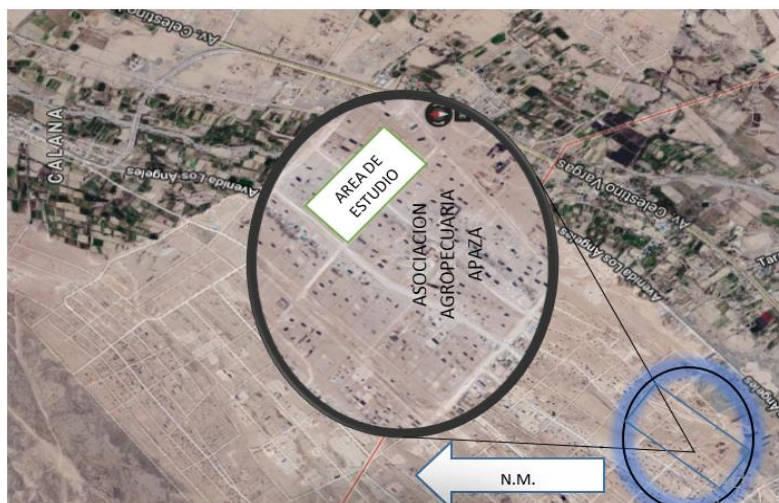


Figura N°12: Ubicación del área de estudio.(fuente: elaboración propia)

Los puntos SEVs, se distribuyeron según se muestra en la Figura N°11, la longitud de la sección A-A'=A-C=160 metros, los SEVs realizados en el perímetro de la malla tienen una separación de 80 metros entre sí, el SEV-05 se realizó en el centro de la malla de estudio, la superficie de sondeo contempla un área total de 25,600 m<sup>2</sup>.

total de 09 puntos, se utilizó el método de Orellana Y Mooney, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 08: Resultados de los SEVs obtenidos.

Tramo SEV 01		Tramo SEV 02		Tramo SEV 03	
<b>ρ1</b>	8850 Ohm-m	ρ1	5150 Ohm-m	ρ1	5000 Ohm-m
<b>H1</b>	2.15 m	H1	2.25 m	H1	2 m
<b>ρ2</b>	12500 Ohm-m	ρ2	7000 Ohm-m	ρ2	6010 Ohm-m
<b>H2</b>	6.85 m	H2	5.75 m	H2	8.8 m
<b>ρ3</b>	22936 Ohm-m	ρ3	14996 Ohm-m	ρ3	9023 Ohm-m
<b>H3</b>	∞	H3	∞	H3	∞
Tramo SEV 04		Tramo SEV 05		Tramo SEV 06	
<b>ρ1</b>	930 Ohm-m	ρ1	1150 Ohm-m	ρ1	615 Ohm-m
<b>H1</b>	2.15 m	H1	4.6 m	H1	2.15 m
<b>ρ2</b>	1600 Ohm-m	ρ2	1650 Ohm-m	ρ2	980 Ohm-m
<b>H2</b>	9.85 m	H2	12.4 m	H2	5.45 m
<b>ρ3</b>	2532 Ohm-m	ρ3	3085 Ohm-m	ρ3	4233 Ohm-m
<b>H3</b>	∞	H3	∞	H3	∞
Tramo SEV 07		Tramo SEV 08		Tramo SEV 09	
<b>ρ1</b>	675 Ohm-m	ρ1	600 Ohm-m	ρ1	680 Ohm-m
<b>H1</b>	2.2 m	H1	2.15 m	H1	4.85 m
<b>ρ2</b>	1200 Ohm-m	ρ2	1300 Ohm-m	ρ2	1250 Ohm-m
<b>H2</b>	8.8 m	H2	8.85 m	H2	7.25 m
<b>ρ3</b>	2713 Ohm-m	ρ3	3474 Ohm-m	ρ3	3116 Ohm-m
<b>H3</b>	∞	H3	∞	H3	∞

Fuente: elaboración propia

La tabla N°05 muestran los resultados donde (ρ) muestra la resistividad del estrato y (H) el espesor del estrato.

se pudo determinar 03 horizontes en cada SEV. Horizonte I (ρ1:H1), Horizonte II (ρ2:H2), Horizonte III (ρ3:H3), cada horizonte nos muestra un estrato diferente según su resistividad.

En el horizonte III (H3) presenta un espesor indeterminado que supera los 30 metros de profundidad.

Es importante precisar que la resistividad va incrementando a medida se va profundizando, esto nos indica que a mayor profundidad mayor es la dureza del suelo o a mayor profundidad presenta un suelo más compacto.



➤ **Resultados del análisis químico y físico del suelo:**

Los resultados obtenidos en nos permitirán descartar los ataques químicos que pudieran sufrir los cimientos.

Tabla N°9: resultados análisis químico

SOLIDOS SOLUBLES TOTALES	SULFATOS	CORUROS	PH
9800 ppm	0.98%	5300 ppm 0.53%	4500 0.45% 8.41

Fuente: elaboración propia

La norma E.050 de suelos y cimentaciones indica lo siguiente:

Ataque Ácido: En caso del Ph sea menor a 4,0 se deberá proponer medidas de protección adecuado, para proteger el concreto del ataque ácido.

En nuestra muestra se descarta este ataque puesto que el Ph es mucho mayor.

Ataque por Cloruros: Cuando el contenido de ión cloro sea mayor 0,2 %, y el cimiento este en contacto con el agua se debe proponer medidas de protección.

En nuestra muestra es mayor al 0.2 %, pero el suelo es compacto impermeable sin presencia de nivel freático descartando así este ataque por cloruros.

➤ **Resultados del ensayo de potencial 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, luego se satura la muestra para inducir el potencial de colapso en la muestra de suelo.

El fluido debe ser agua destilada cuando se evalúe el índice de colapso, e. 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.

El potencial de colapso, se utiliza para estimar el asentamiento que pudiera ocurrir en una capa del suelo en un lugar determinado.

El índice de colapso se determina a partir de la ecuación indicada en la norma técnica E.050, utilizando una presión vertical predeterminada y saturación de la muestra de suelo.

Tabla N°10: Resultado del ensayo de potencial de colapso 1kg/cm2

<b>Ensayo de Colapso 1 kg/cm2</b>	
<b>Carga kg/cm2</b>	<b>e</b>
<b>0.01</b>	0.653
<b>0.5</b>	0.645
<b>1</b>	0.605
<b>1</b>	0.597
<b>1.5</b>	0.583
<b>2</b>	0.570
<b>Potencial de Colapso</b>	0.51%

Fuente: elaboración propia

En el primer caso se determinó el potencial de colapso 0.51% para este resultado la norma técnica E.050 indica que el suelo no colapsa.

tabla N°11: Resultado del ensayo de potencial de colapso 2kg/cm2

<b>Ensayo de Colapso 2 kg/cm2</b>	
<b>Carga kg/cm2</b>	<b>e</b>
<b>0.01</b>	0.653
<b>0.5</b>	0.649
<b>1</b>	0.632
<b>1.5</b>	0.621
<b>2</b>	0.613
<b>2</b>	0.583
<b>Potencial de Colapso</b>	1.89%

Fuente: elaboración propia

En el segundo caso se determinó el potencial de colapso 1.89% para este resultado la norma técnica E.050 indica que el suelo presenta colapso moderado.

Podemos concluir que presenta problema por colapso moderado al incrementar el esfuerzo a 2kg/cm2 según indica la norma técnica E.050 de suelos y cimentaciones. nuestra severidad del problema se encuentra el rango de 1 a 5.

<b>CP (%)</b>	<b>Severidad del problema</b>
0 a 1	No colapsa
1 a 5	Colapso moderado
5 a 10	Colapso
10 a 20	Colapso severo
>20	Colapso muy severo

Cuadro que indica el grado de colapsabilidad del suelo

Fuente: norma técnica E.050 de suelos y cimentaciones

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

El análisis del suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza presenta un tipo de suelo uniforme en toda la expansión del área de estudio hasta la profundidad de 3 metros, tiene como características: **Suelo con ceniza volcánica, arena limosa, consolidada de color marrón claro y color beis.**

No encontramos humedad aparente en este estrato, la ceniza volcánica presenta depósito piroclástico de caída formado por partículas menores de 2 mm. presenta color beis y marrón claro.

Estos resultados son importantes puesto que nos da una visión del problema de cimentación que pudiera tener una edificación en esta área estudiada

Las calicatas realizadas presentan propiedades y características similares las cuales se describen a continuación:

- Arena limosa, semi-compactada de color marrón claro y beis con presencia de Suelo con Ceniza volcánica.
- No encontramos humedad aparente en este estrato.

Se advirtió dos estratos en la superficie suelo suelto de aproximadamente 20 cm y a mayor profundidad suelo compacto.

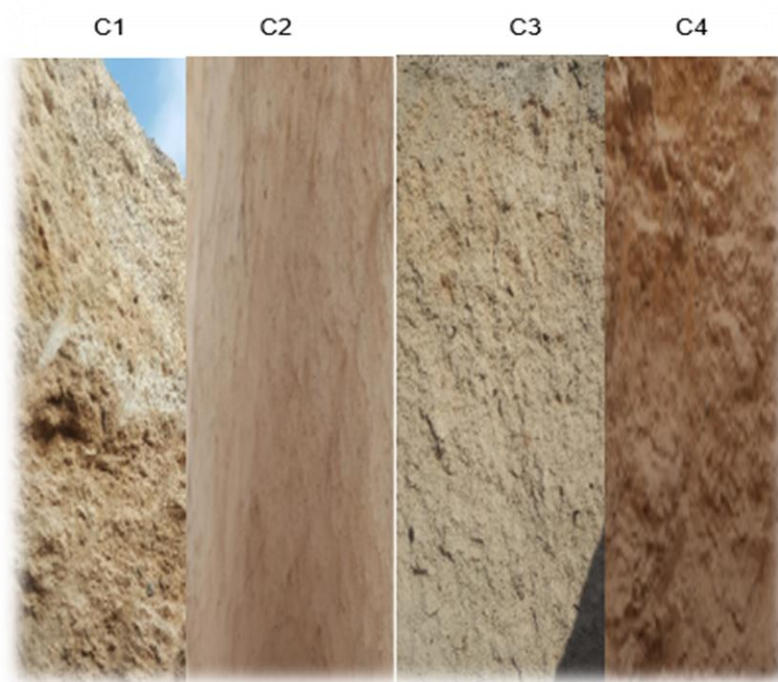


Figura N°13: imágenes del suelo de la calicata realizadas. (fuente: elaboración propia)

### Perfil geoelectrico obtenido según las resistividades.

En la gráfica se indica la resistividad y el espesor de la misma, el suelo presenta alto grado de resistividad la cual nos indica que es un suelo con bajo contenido de humedad compactado sin presencia de nivel freático.

A continuación, se indica los diferentes SEV determinados.

En cada SEV. de las secciones geoelectricas se indica la resistividad y el espesor del estrato.

#### Sección geoelectrica A – C

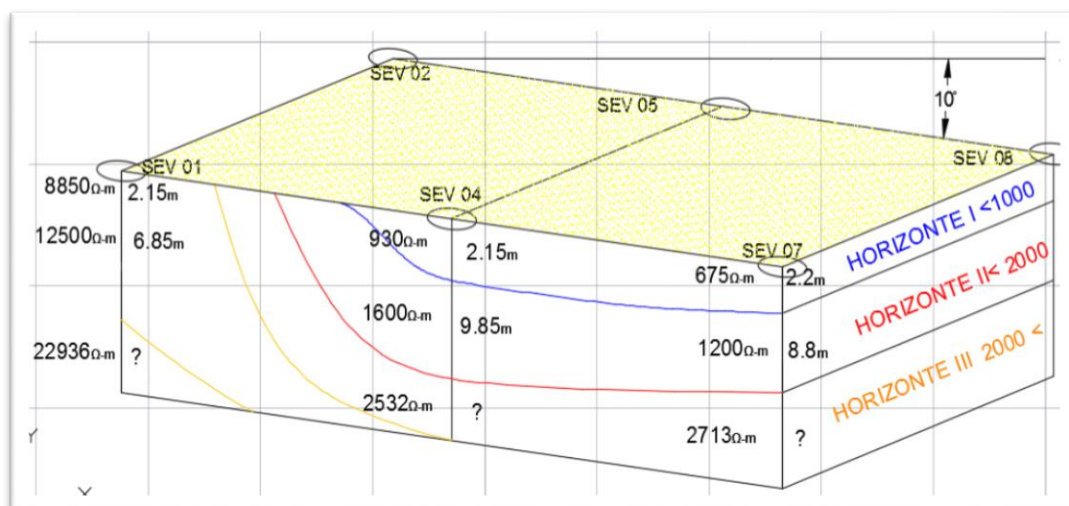


Figura N°14: Se observa los horizontes (estratos) de resistividad máxima en el sev.01 horizonte III y resistividad mínima en el sev.07 horizonte I. (fuente: elaboración propia)

#### Sección geoelectrica D – D'

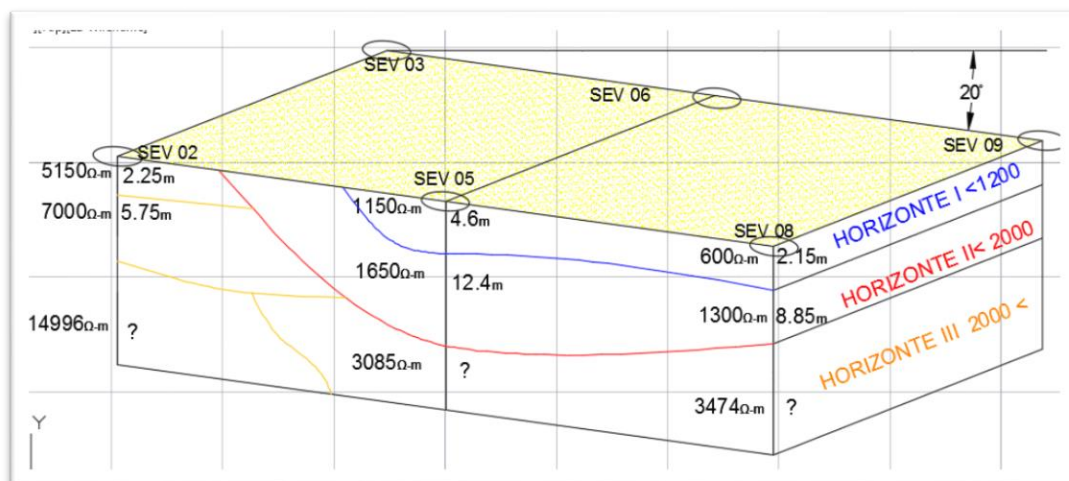


Figura N°15: Se observa los horizontes (estratos) de resistividad máxima en el sev.01 horizonte III y resistividad mínima en el sev.08 horizonte I (fuente: elaboración propia)

## Sección geoelectrica A' - C'

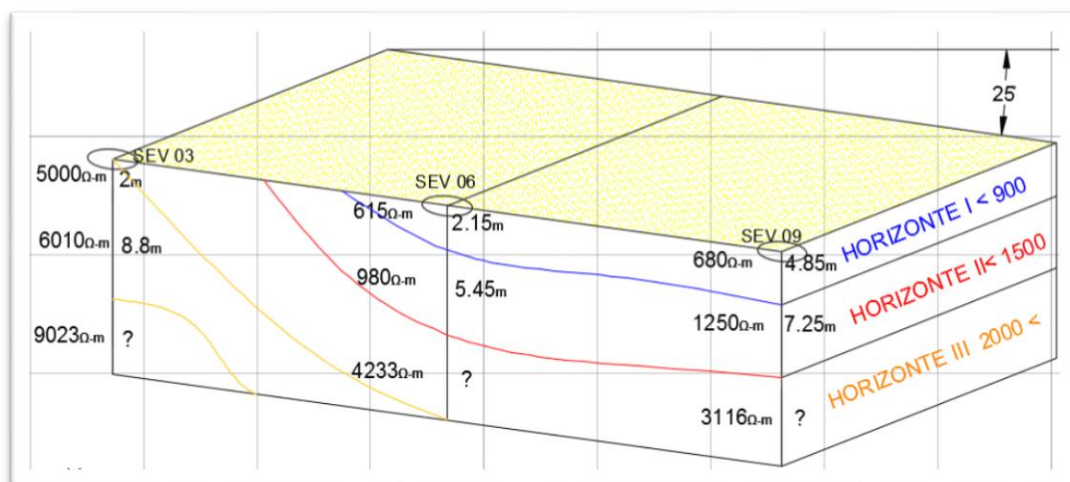


Figura N°16: Se observa los horizontes (estratos) de resistividad máxima en el sev.01 horizonte III y resistividad mínima en el sev.06 horizonte I (fuente: elaboración propia)

## RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

CALICATA	PROFUNDIDAD AD	DENSIDAD SECA	DENSIDAD HUMEDA	PESO ESPECIFICO	CONTENIDO DE HUMEDAD	SUCS	LIMITES DE CONSISTENCIA		
							LL	LP	
N°	m.	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	%		%	%	
C-1	M1	0.00	1.440	1.460	2.453	0.62	SM	np	np
	M2	3.00	1.503	1.551	2.518	0.58		np	np
C-2	M1	0.00	1.400	1.450	2.458	0.59	SM	np	np
	M2	3.00	1.482	1.504	2.491	0.47		np	np
C-3	M1	0.00	1.380	1.410	2.428	0.44	SM	np	np
	M2	3.00	1.485	1.506	2.50	0.39		np	np
C-4	M1	0.00	1.410	1.520	2.338	0.51	SM	np	np
	M2	3.00	1.546	1.600	2.371	0.45		np	np

Cuadro Resumen de los ensayos estándares realizados EMS.

(Fuente elaboración propia)

## PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA

### ➤ SUELOS COLAPSABLES

Tomando en cuenta las características físicas del suelo siguiendo la NORMA TECNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, que nos indica los problemas especiales de cimentación y un minucioso análisis, se determinó cualitativamente que el suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza es

colapsable, debido básicamente a la no presencia DE plasticidad (límite líquido) y densidad natural seca reducida.

En ese sentido, el suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza podría sufrir colapso.

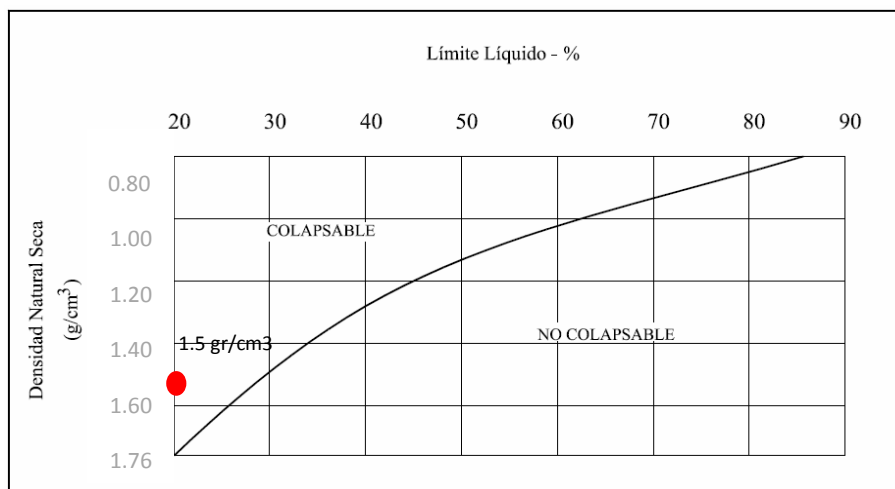


Figura N° 17: Resultado de la Asociación Agropecuaria Apaza (Fuente: Norma técnica E.050 Suelos y Cimentaciones)

Se determinó que la severidad del potencial de colapso en el primer caso es 0.51% el cual indica ningún problema.

En el segundo caso el potencial de colapso es 1.89% la cual presenta un problema moderado de colapsabilidad.

#### ➤ ATAQUE QUIMICO POR SUELOS Y AGUAS SUBTERRANEAS

Se realizó el estudio de sondaje eléctrico para descartar el nivel freático y así también descartar la presencia de aguas subterráneas, siendo estas las más agresivas en suelos con las características ya antes mencionadas, en ese sentido siendo un suelo con alto grado de resistividad, indicativo de su alto grado de permeabilidad por la dureza, descartamos algún problema de cimentación por ataque químico por suelos y aguas subterráneas.

#### ➤ SUELOS EXPANSIVOS

El suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza no presenta límite líquido, ni límite plástico, ahora bien, la NORMA TÉCNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, indica que los suelos expansivos deben tener el límite plástico mayor a 50, en ese sentido debido que el suelo es arena limo no plástico se descarta este problema de cimentación

➤ LICUACIÓN DE SUELOS

Al respecto, la NORMA TECNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACION, indica que este fenómeno de licuación ocurre al disminuir la resistencia al corte del suelo, es decir al incrementarse la presencia de poros debido a los eventos sísmicos y niveles freáticos en la superficie; por lo tanto, se descarta este problema de cimentación.

➤ SOSTENIMIENTO DE EXCAVACIONES

Se descarta este problema de cimentación, por el hecho de no existir construcción alguna que pudiera causar problema de este tipo.

## CONCLUSIONES

1.- Las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza, departamento de Tacna, contribuye en el potencial de colapso moderado, debido que:

- Se identificó visualmente y químicamente material cementante.
- La densidad natural seca, contenido de humedad y límite líquido son bajos.
- El potencial de colapso no sobrepasa el 5% permitido por la norma técnica E.050.

2.- La caracterización del tipo de suelo de la Asociación Agropecuaria Apaza presenta un suelo: Arena limosa (SM), consolidada de color marrón claro y beis con presencia de Suelo con Ceniza volcánica.

3.- Presenta problemas especiales de cimentación por colapso de suelos, teniendo un potencial de colapso de 1.89 % e indicándonos una severidad del problema dentro del rango de 1% a 5% siendo un problema moderado.

4.- Con el sondaje eléctrico vertical se descarta la presencia del nivel freático hasta la profundidad de 30 metros.

## RECOMENDACIONES

1.- A las entidades pertinentes e investigadores realicen estudios complementarios en cimentaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza desarrollando el ensayo de colapso in situ, con el fin de determinar el potencial de colapso y el asentamiento in situ producido por el aumento de humedad, debido que para realizar los ensayos de laboratorio no se ha podido contar con muestras inalteradas y representativas.

2.- Al instituto nacional de defensa civil (INDECI) e investigadores Realicen mayores ensayos de prospección geofísica, como refracción, técnica de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW), u otros, para determinar las velocidades de ondas P y S, necesarias para clasificar el tipo de suelo con la norma E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE.

3.- A las entidades pertinentes realizar ensayos especiales o complementarios como corte directo y/o triaxial.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JUÁREZ BADILLO (1992), Libro de mecánica suelos tomo I
- CARLO C. VILLALAZ (1970), mecánica de suelos y cimentaciones.
- BADILLO y RODRIGUEZ, Mecánica suelos tomo I y Tomo II. (1985) Editorial Limusa.
- CONDORI QUISPE, BETTY MARÍA, Tesis: Investigación del conglomerado especial en la Ciudad de Tacna, 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DEFENSA CIVIL y PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – Ciudades Sostenibles, 2002.
- SILVA A. y BERRIOS M., “Estudio de suelos para hallar cimentaciones en edificaciones del Norte de la Ciudad de Tacna” Tesis. Tacna-Perú.
- JUÁREZ BADILLO (2005), mecánica de suelos tomo II
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GOOHMANN y PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – “Estudio Mapas de Peligro para la Ciudad de Tacna y Locumba” 1998
- NORMA TÉCNICA PERUANA E.050 Suelos y cimentaciones, 2006.
- NORMA TÉCNICA PERUANA E.030 Diseño Sismorresistente 2016
- ALVARES Y PICCARDO, Estudio de arenas colapsables de la región industrial de Matanzas. (1988).
- FERNANDEZ SIXTO, ERASMO ALEJANDRO, Tesis: Investigación del conglomerado colapsable de la Cano-Vitor Arequipa, 1998.
- TACNA, PLAN DE DESARROLLO URBANO (2015) MAPEO DE LAS FUTURAS ZONAS URBANAS, recuperado de [http://www.munitacna.gob.pe/msottac/descargaspy/archivos/1188550200\\_1405987265.pdf](http://www.munitacna.gob.pe/msottac/descargaspy/archivos/1188550200_1405987265.pdf)
- FLORES MELLO, ALFONSO OSWALDO, Tesis: “Determinación de los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante del Puesto de Salud Intiorko de la Asociación de vivienda 28 de Agosto - Ciudad Nueva – Tacna”, 2010.
- FLORES KUONG, EMMANUEL HUGO y ROSPIGLIOSI RENGIFO, RAUL

GERMAN, Tesis: "Influencia del contenido de sales solubles totales en los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del limo arenoso en la institución educativa. Cesar Augusto Cohaila Tamayo N° 42250 del distrito de Ciudad Nueva - provincia de Tacna", 2015.

- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GOOHMANN y PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – "Estudio Mapas de Peligro para la Ciudad de Tacna y Locumba" 1998
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL y PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – Ciudades Sostenibles, 2002.
- LAMBE, Ingeniería de cimentaciones. Editorial Limusa.
- NORMA TÉCNICA PERUANA E.050 Suelos y cimentaciones, 2006.
- PECK, HANSON y THORNBURN, Ingeniería de cimentaciones. (2002) Editorial Limusa.
- REDOLFI, EMILIO, Suelos colapsables, (2007).
- SILVA A. y BERRIOS M., "Estudio de suelos para cimentaciones en edificaciones del cono norte de la Ciudad de Tacna" Tesis. Tacna-Perú.

## ANEXOS

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento de problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Indicador	Método	Estadística
Cuál es la caracterización del tipo de suelo y que problemas de cimentación pueden ocurrir en la Asociación Agropecuaria Apaza	La caracterización del tipo de suelo corresponde a arena limosa y no plástica, así mismo el problema especial de cimentación para edificaciones es el colapso del suelo.	1.-Determinar las características tipo de suelo en la Asociación Agropecuaria Apaza. 2.-Determinar los problemas especiales de cimentación para edificaciones en la Asociación Agropecuaria Apaza.	1.- Caracterización del tipo de suelo de la asociación agropecuaria Apaza. 2.-Problemas especiales de cimentación de edificaciones en la asociación agropecuaria Apaza.	1.- Clasificación SUCS 2.- Sostentimiento de excavaciones. 3.-Suelos colapsables 4.-Ataque químico por suelos y aguas subterráneas 5.-Suelos expansivos 6.Licueción de suelos	NTP 339.134 o ASTM D 2487 NTP 339.129 o ASTM D4318 NTP 339.139 NTP 339.127 o ASTM D2216 NTP 339.163 o ASTM D 5333 NTP 339.129 o ASTM D4318 NTP 339.128 o ASTM D 422 NTP 339.170 o ASTM D 4648	N.P.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA  
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**



**ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS ESTANDARES**

**DESCRIPCIÓN PRELIMINAR**

**1. PROSPECCIÓN DE CAMPO**

Con el objetivo de cumplir la investigación de la tesis “CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA”, se realizó 04 calicatas con las siguientes dimensiones:

<b>CALICATA</b>	
<b>LADOS</b>	1.5 m x 1.5 m
<b>PROFUNDIDAD</b>	3.0 m

**2. DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DE LAS CALICATAS REALIZADAS**

Las calicatas fueron excavaciones manuales, las cuales se realizaron con la finalidad de obtener muestras del suelo para poder realizar los ensayos de laboratorio obtenido los siguientes resultados.

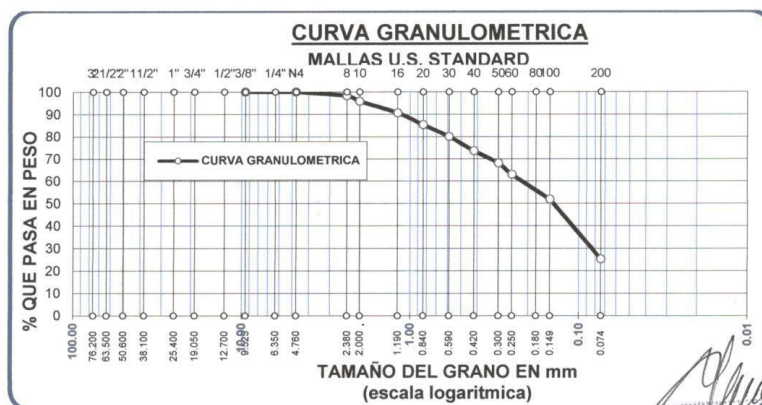


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					CALICATA N° 04 Estrato N° 01 Profundidad = 0.00 a 3.00 m. Límites de Consistencia : LL = n.p) LP = N.P IP = N.P
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350					
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
No8	2.380	8.90	1.75	1.75	98.25	
No10	2.000	12.40	2.44	4.19	95.81	
No16	1.190	26.30	5.17	9.36	90.64	
No20	0.840	27.10	5.33	14.68	85.32	
No30	0.590	26.80	5.27	19.95	80.05	
No40	0.420	32.80	6.45	26.40	73.60	
No 50	0.300	28.10	5.52	31.92	68.08	
No60	0.250	25.40	4.99	36.91	63.09	
No80	0.180					
No100	0.149	56.90	11.18	48.09	51.91	
No200	0.074	135.60	26.65	74.74	25.26	
BASE		128.50	25.26	100.00	0.00	
TOTAL		508.80	100.00			
% PERDIDA						



RIGOBERTO MARTÍNEZ LANQUI  
 I.C. LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

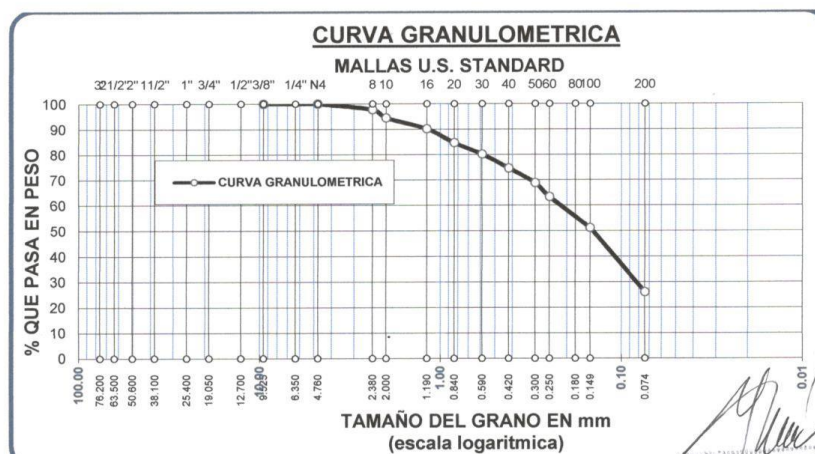


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					<b>CALICATA N° 03</b> <b>Estrato N° 01</b> Profundidad = 0.00 a 3.00 m. Límites de Consistencia : LL = n.p LP = N.P IP = N.P  Clasificación S.U.C.S. (SM) Arena limosa con finos no plásticos  Peso de la Muestra: 519.00 gms
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350					
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
No8	2.380	11.60	2.24	2.24	97.76	
No10	2.000	16.80	3.24	5.47	94.53	
No16	1.190	22.50	4.34	9.81	90.19	
No20	0.840	28.70	5.53	15.34	84.66	
No30	0.590	23.40	4.51	19.85	80.15	
No40	0.420	28.60	5.51	25.36	74.64	
No 50	0.300	30.10	5.80	31.16	68.84	
No60	0.250	28.60	5.51	36.67	63.33	
No80	0.180					
No100	0.149	63.40	12.22	48.88	51.12	
No200	0.074	129.90	25.03	73.91	26.09	
<b>BASE</b>		135.40	26.09	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		519.00	100.00			
<b>% PERDIDA</b>						



*[Handwritten Signature]*  
 MICHAEL P. LLANQUI  
 LABORATORISTA  
 Laboratorio de Suelos, Cimentación y Pavimentos

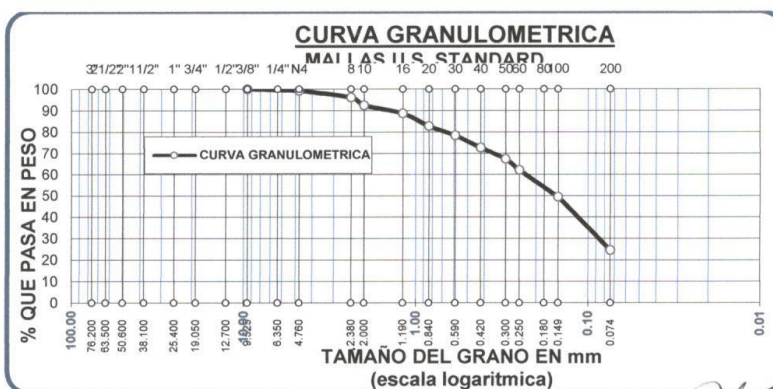


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					CALICATA N° 02 Estrato N° 01 Profundidad = 0.00 a 3.00 m. Límites de Consistencia : LL = n.p LP = N.P IP = N.P  Clasificación S.U.C.S. (SM) Arena limosa con finos no plásticos  Peso de la Muestra: 509.50 gms
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350					
No4	4.760	3.50	0.69	0.69	99.31	
No8	2.380	16.20	3.18	3.87	96.13	
No10	2.000	18.50	3.63	7.50	92.50	
No16	1.190	19.40	3.81	11.31	88.69	
No20	0.840	30.20	5.93	17.23	82.77	
No30	0.590	22.60	4.44	21.67	78.33	
No40	0.420	28.90	5.67	27.34	72.66	
No 50	0.300	27.40	5.38	32.72	67.28	
No60	0.250	26.50	5.20	37.92	62.08	
No80	0.180					
No100	0.149	64.50	12.66	50.58	49.42	
No200	0.074	126.30	24.79	75.37	24.63	
<b>BASE</b>		125.50	24.63	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		509.50	100.00			
<b>% PERDIDA</b>						



*Michael A. Martínez Llanqui*  
 MICHAEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 INGENIERO CIVIL LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

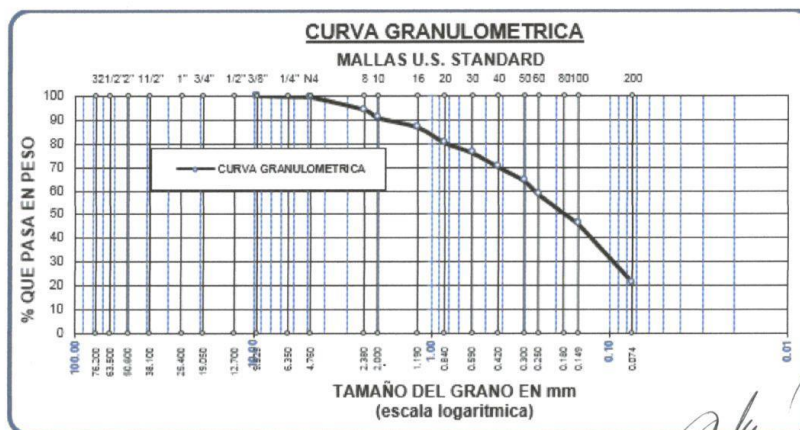


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					<b>CALICATA N° 01</b> <b>Estrato N° 01</b> Profundidad = 0.00 a 3.00 m. Límite de Consistencia : LL = <b>n.p</b> LP = <b>N.P</b> IP = <b>N.P</b>  Clasificación S.U.C.S. (SM) Arena limosa con finos no plásticos  Peso de la Muestra: 499.10 <b>gms</b>
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350					
No4	4.760	2.30	0.46	0.46	99.54	
No8	2.380	26.50	5.31	5.77	94.23	
No10	2.000	16.70	3.35	9.12	90.88	
No16	1.190	20.30	4.07	13.18	86.82	
No20	0.840	32.30	6.47	19.66	80.34	
No30	0.590	21.10	4.23	23.88	76.12	
No40	0.420	30.10	6.03	29.91	70.09	
No 50	0.300	29.50	5.91	35.82	64.18	
No60	0.250	27.50	5.51	41.33	58.67	
No80	0.180					
No100	0.149	63.50	12.72	54.06	45.94	
No200	0.074	121.40	24.32	78.38	21.62	
BASE		107.90	21.62	100.00	0.00	
TOTAL		499.10	100.00			
% PERDIDA						



*Miguel Martínez Llanqui*  
 MIGUEL MARTINEZ LLANQUI  
 LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos





**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

<b>MUESTRA N° 1</b>		<b>ESTRATO N° 01</b>	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	82.5	76.2
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	612.8	685.4
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	598.2	665.0
Peso del Agua	gr.	14.6	20.4
Peso de la muestra seca neta	gr.	515.7	588.8
Porcentaje de humedad	%	2.83	3.46
Promedio	%	3.15	
<b>MUESTRA N° 2</b>		<b>ESTRATO N° 01</b>	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	97.2	88.1
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	584.4	657.9
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	578.5	648.2
Peso del Agua	gr.	5.9	9.7
Peso de la muestra seca neta	gr.	481.3	560.1
Porcentaje de humedad	%	1.23	1.73
Promedio	%	1.479	
<b>MUESTRA N° 3</b>		<b>ESTRATO N° 01</b>	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	100.2	99.6
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	542.5	621.3
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	535.8	614.3
Peso del Agua	gr.	6.7	7.0
Peso de la muestra seca neta	gr.	435.6	514.7
Porcentaje de humedad	%	1.54	1.36
Promedio	%	1.45	
<b>MUESTRA N° 4</b>		<b>ESTRATO N° 01</b>	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	97.5	105.3
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	548.2	528.9
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	541.3	522.9
Peso del Agua	gr.	6.9	6.0
Peso de la muestra seca neta	gr.	443.8	417.6
Porcentaje de humedad	%	1.55	1.44
Promedio	%	1.50	

**Conclusiones:**

El promedio del contenido de humedad es:  
 $W (\%) = (3.15 + 1.48 + 1.45 + 1.50) / 4$   
 $W (\%) = 1.895$

MIGUEL MARTÍNEZ LLANQUI  
 TEG. LABORATORISTA  
 Laboratorio de Suelos Consolidados y Partículas



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE DENSIDAD INSITU

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

Progresiva		C-1	C-2	C-3	C-4
Profundidad	cm	14.0	14.0	14.0	14.0
Lado		Eje	Eje	Eje	Eje
Peso de la muestra Humeda + Lata	gr.	4,887.0	4,865.0	4,789.0	4,680.0
Peso de la lata	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de la muestra humeda neta	gr.	4,887.0	4,865.0	4,789.0	4,680.0
Peso de la Arena + frasco	gr.	7,634.0	7,583.0	7,650.0	7,618.0
Peso de la Arena q' queda en frasco	gr.	955.0	821.0	1,125.0	1,185.0
Peso de la Arena en el embudo	gr.	1,850.0	1,850.0	1,850.0	1,850.0
Peso de la Arena en el hoyo	gr.	4,829.0	4,912.0	4,675.0	4,583.0
Densidad de la Arena	gr/cc.	1.45	1.45	1.45	1.45
Volumen del hoyo	cc.	3,330.3	3,387.6	3,224.1	3,160.7
Porcentaje de Grava	%				
Humedad	%	3.2	1.48	1.45	1.55
Densidad Humeda	gr/cc	1.467	1.436	1.485	1.481
Densidad Seca	gr/cc	1.422	1.415	1.464	1.458

  
 MIGUEL A. MARTÍNEZ LLANQUI  
 TEC. LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE DENSIDAD IN SITU**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

Calicata		C-1	C-2	C-3	C-4
Profundidad	cm.	14.0	14.0	14.0	14.0
Lado		Eje	Eje	Eje	Eje
Peso de la muestra Húmeda + Lata	gr.	5,165.0	5,094.0	4,856.0	4,962.0
Peso de la lata	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de la muestra húmeda neta	gr.	5,165.0	5,094.0	4,856.0	4,962.0
Peso de la Arena + frasco	gr.	7,634.0	7,583.0	7,650.0	7,618.0
Peso de la Arena q' queda en frasco	gr.	955.0	821.0	1,125.0	1,185.0
Peso de la Arena en el embudo	gr.	1,850.0	1,850.0	1,850.0	1,850.0
Peso de la Arena en el hoyo	gr.	4,829.0	4,912.0	4,675.0	4,583.0
Densidad de la Arena	gr/cc.	1.45	1.45	1.45	1.45
Volumen del hoyo	cc.	3,330.3	3,387.6	3,224.1	3,160.7
Porcentaje de Grava	%				
Humedad	%	3.2	1.48	1.45	1.55
Densidad Húmeda	gr/cc	1.551	1.504	1.506	1.570
Densidad Seca	gr/cc	1.503	1.482	1.485	1.546

Los resultados obtenidos en los ensayos de densidad in-situ a una profundidad de 3 metros.

**Promedio de las densidades**

Después de haber realizado el ensayo se obtuvo una densidad promedio de las calicatas la cual presentamos a continuación

Calicata		C-1	C-2	C-3	C-4
Densidad Húmeda	gr/cc	1.55	1.50	1.51	1.57
Densidad Seca	gr/cc	1.50	1.48	1.49	1.55
Prom. Densidad húmeda		1.53			gr/cc
Prom. Densidad seca		1.51			gr/cc

  
 MIGUEL A. MARTÍNEZ LLAVQUI  
 T.E.C. LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA - TACNA  
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2017

**Peso específico superficial**

MUESTRA N°		E-1	E-2	E-3	E-4
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	854.0	855.2	855.6	849.6
Peso de la fiola + Agua	gr.	656.8	656.7	656.7	656.7
Peso de la muestra	gr.	332.9	334.6	338.2	337.1
Volumen desplazado	cc.	135.7	136.1	139.3	144.2
Peso específico	gr/cc.	2.453	2.458	2.428	2.338
PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO	gr/cc.	2.40			

**Peso específico a 3 metros de profundidad**

MUESTRA N°		E-1	E-2	E-3	E-4
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	859.9	855.2	859.6	851.6
Peso de la fiola + Agua	gr.	656.8	656.7	656.7	656.7
Peso de la muestra	gr.	336.9	331.6	338.2	337.1
Volumen desplazado	cc.	133.8	133.1	135.3	142.2
Peso específico	gr/cc.	2.518	2.491	2.500	2.371
PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO	gr/cc.	2.48			

  
 MIQUELA MARTINEZ LLANQUI  
 T.E.C. LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**POTENCIAL DE COLAPSO**

Proyecto: CARACTERIZACION DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACION DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA - 2018

Ubicación: Distrito de Calana

Descripción del suelo:

Humedad natural:

Fecha de muestro: 11 de Diciembre 2017

Fecha de ensayo: 13 de Diciembre 2017

Muestra				
Densidad Natural	1.53	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	1.92	%	Diámetro	50 mm
Peso específico solidos	2.48	gr/cm <sup>3</sup>	Altura	20 mm
Densidad Seca	1.50	gr/cm <sup>3</sup>	Área	1963.50 mm <sup>2</sup>
Peso de solidos	1.50	gr/cm <sup>3</sup>	Volumen total	39269.91 mm <sup>3</sup>
Volumen de Solidos	0.605	gr/cm <sup>3</sup>	Relación de vacíos e	0.653
Volumen de vacíos	0.395	gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de solidos	23751.96 mm <sup>3</sup>
Relación de vacíos e	0.653		Volumen de vacíos	15517.95 mm <sup>3</sup>

A continuación, se utilizará el siguiente método para determinar el grado de colapsabilidad del suelo en estudio, el cual contará con parámetros en 1 kg/cm<sup>2</sup> y 2 kg/cm<sup>2</sup>

**Método de simple edómetro - Houston 1988**

Los ensayos especiales que se realizaron fueron: colapso unidireccional en 1.00 kg/cm<sup>2</sup> y 2.00 kg/cm<sup>2</sup>.

En el primer caso se determinó el potencial de colapso 0.51 %, es decir, según la norma peruana E050 la severidad del problema es catalogado como "Ningún Problema" al ser menor al 1%; por lo que, el presente suelo con esta magnitud de esfuerzo aplicado es no colapsable, según se aprecia:

Ensayo de Colapso 1 kg/cm<sup>2</sup>

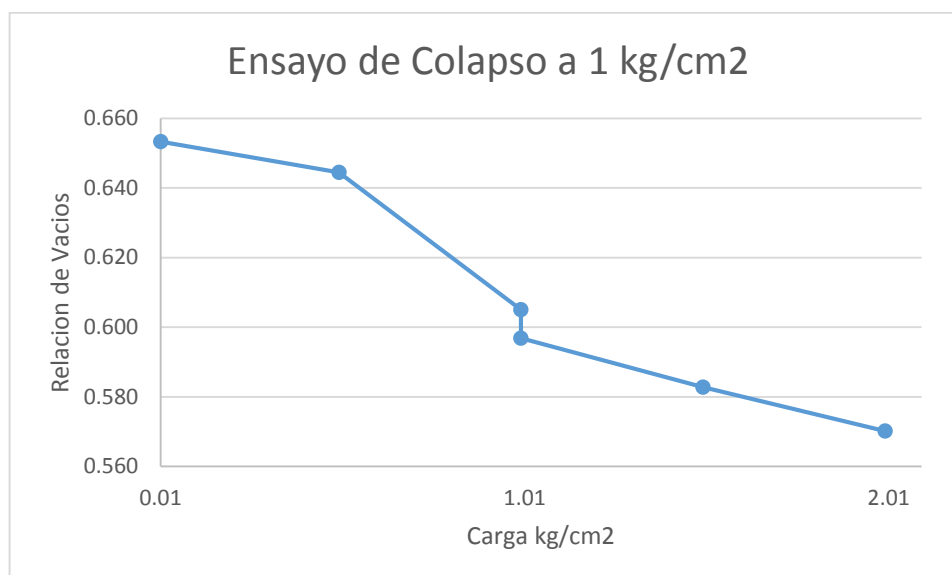
Tiempo Sec	Carga kg/cm <sup>2</sup>							
	0.5				1			
	Lectura	Lectura mm	Deformacion	e	Lectura	Lectura mm	Deformacion	e
0	45	0.11430	0.00000	0.653	82	0.20828	0.09398	0.646
5	56	0.14224	0.02794	0.651	179	0.45466	0.34036	0.625
10	60	0.15240	0.03810	0.650	185	0.46990	0.35560	0.624
15	61	0.15494	0.04064	0.650	186	0.47244	0.35814	0.624

30	62	0.15748	0.04318	0.650	187	0.47498	0.36068	0.624
60	63	0.16002	0.04572	0.650	190	0.48260	0.36830	0.623
120	64	0.16256	0.04826	0.649	192	0.48768	0.37338	0.622
240	66	0.16764	0.05334	0.649	194	0.49276	0.37846	0.622
480	70	0.17780	0.06350	0.648	200	0.50800	0.39370	0.621
900	77	0.19558	0.08128	0.647	204	0.51816	0.40386	0.620
1800	82	0.20828	0.09398	0.646	215	0.54610	0.43180	0.618
3600					232	0.58928	0.47498	0.614
86400					270	0.68580	0.57150	0.606
Tiempo Sec	<b>Carga kg/cm2</b>							
	<b>1</b>				<b>1.5</b>			
	<b>Lectura</b>	<b>Lectura mm</b>	<b>Deformacion</b>	<b>e</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura mm</b>	<b>Deformacion</b>	<b>e</b>
0	270	0.68580	0.57150	0.606	306	0.77724	0.66294	0.599
5	271	0.68834	0.57404	0.606	324	0.82296	0.70866	0.595
10	271	0.68834	0.57404	0.606	326	0.82804	0.71374	0.594
15	271	0.68834	0.57404	0.606	326	0.82804	0.71374	0.594
30	272	0.69088	0.57658	0.606	327	0.83058	0.71628	0.594
60	273	0.69342	0.57912	0.605	329	0.83566	0.72136	0.594
120	274	0.69596	0.58166	0.605	333	0.84582	0.73152	0.593
240	275	0.69850	0.58420	0.605	336	0.85344	0.73914	0.592
480	277	0.70358	0.58928	0.605	340	0.86360	0.74930	0.591
900	278	0.70612	0.59182	0.604	341	0.86614	0.75184	0.591
1800	279	0.70866	0.59436	0.604	344	0.87376	0.75946	0.591
3600	299	0.75946	0.64516	0.600	376	0.95504	0.84074	0.584
86400	306	0.77724	0.66294	0.599				
Tiempo Sec	<b>Carga kg/cm2</b>							
	<b>2</b>							
	<b>Lectura</b>	<b>Lectura mm</b>	<b>Deformacion</b>	<b>e</b>				
0	376	0.95504	0.84074	0.584				
5	384	0.97536	0.86106	0.582				
10	384	0.97536	0.86106	0.582				
15	385	0.97790	0.86360	0.582				
30	386	0.98044	0.86614	0.582				
60	388	0.98552	0.87122	0.581				
120	390	0.99060	0.87630	0.581				
240	394	1.00076	0.88646	0.580				
480	395	1.00330	0.88900	0.580				
900	399	1.01346	0.89916	0.579				
1800	422	1.07188	0.95758	0.574				
3600	425	1.07950	0.96520	0.574				
86400	436	1.10744	0.99314	0.571				

Ensayo de Colapso 1 kg/cm <sup>2</sup>	
Carga kg/cm <sup>2</sup>	e
0.01	0.653
0.5	0.645
1	0.605
1	0.597
1.5	0.583
2	0.570
Potencial de Colapso	0.51%

Formula:

$$CP(\%) = \frac{0.605 - 0.597}{1 + 0.605} * 100 = 0.51\%$$



En el segundo caso, al humedecer (colapso) el suelo durante la carga de 2.00 kg/cm<sup>2</sup>, se determinó que el potencial de colapso es 1.89 %, norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones, corresponde a “Problema Moderado”; por lo que, para la presente carga de esfuerzo, el suelo es colapsable, según se aprecia:

Muestra				
<b>Densidad Natural</b>	1.53	gr/cm <sup>3</sup>		
<b>Contenido de humedad</b>	1.92	%	Diámetro	50 mm
<b>Peso específico solidos</b>	2.48	gr/cm <sup>3</sup>	Altura	20 mm
<b>Densidad Seca</b>	1.50	gr/cm <sup>3</sup>	Área	1963.50 mm <sup>2</sup>
<b>Peso de solidos</b>	1.50	gr/cm <sup>3</sup>	Volumen total	39269.91 mm <sup>3</sup>

<b>Volumen de Sólidos</b>	0.605 gr/cm <sup>3</sup>	Relación de vacíos e	0.653
<b>Volumen de vacíos</b>	0.395 gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de sólidos	23751.96 mm <sup>3</sup>
<b>Relación de vacíos e</b>	0.653	Volumen de vacíos	15517.95 mm <sup>3</sup>

Ensayo de Colapso 2 kg/cm<sup>2</sup>

Tiempo Min	Carga kg/cm <sup>2</sup>							
	0.5				1			
	Lectura	Lectura mm	Deformación	e	Lectura	Lectura mm	Deformación	e
0	10	0.02540	0.00000	0.653	31	0.07874	0.05334	0.649
5	20	0.05080	0.02540	0.651	98	0.24892	0.22352	0.635
10	23	0.05842	0.03302	0.651	103	0.26162	0.23622	0.634
15	24	0.06096	0.03556	0.650	105	0.26670	0.24130	0.633
30	25	0.06350	0.03810	0.650	107	0.27178	0.24638	0.633
60	27	0.06858	0.04318	0.650	109	0.27686	0.25146	0.633
120	28	0.07112	0.04572	0.650	110	0.27940	0.25400	0.632
240	30	0.07620	0.05080	0.649	112	0.28448	0.25908	0.632
480	31	0.07874	0.05334	0.649	113	0.28702	0.26162	0.632
Tiempo Min	Carga kg/cm <sup>2</sup>							
	1.5				2			
	Lectura	Lectura mm	Deformación	e	Lectura	Lectura mm	Deformación	e
0	113	0.28702	0.26162	0.632	165	0.41910	0.39370	0.621
5	154	0.39116	0.36576	0.623	192	0.48768	0.46228	0.615
10	156	0.39624	0.37084	0.623	194	0.49276	0.46736	0.615
15	157	0.39878	0.37338	0.622	195	0.49530	0.46990	0.614
30	159	0.40386	0.37846	0.622	196	0.49784	0.47244	0.614
60	160	0.40640	0.38100	0.622	198	0.50292	0.47752	0.614
120	162	0.41148	0.38608	0.621	199	0.50546	0.48006	0.614
240	163	0.41402	0.38862	0.621	201	0.51054	0.48514	0.613
480	165	0.41910	0.39370	0.621	202	0.51308	0.48768	0.613
Saturación a 2kg/cm <sup>2</sup> , después de 24 horas					347	0.88138	0.85598	0.583
Ensayo de Colapso 2 kg/cm <sup>2</sup>								
Carga kg/cm <sup>2</sup>					e			
0.01					0.653			
0.5					0.649			
1					0.632			
1.5					0.621			
2					0.613			
2					0.583			
Potencial de Colapso					1.89%			

Formula:

$$CP(\%) = \frac{0.613 - 0.583}{1 + 0.613} * 100 = 1.89\%$$



**HOJA DE DATOS OBTENIDOS EN CAMPO**  
**METODO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA - SONDAJE ELECTRICA VERTICAL**  
**DISPOSITIVO SCHLUMBERGER SIMETRICO**

  
-----  
Alejandro P. Mita Ticona  
INGENIERO GEOFISICO  
CIP: 173693

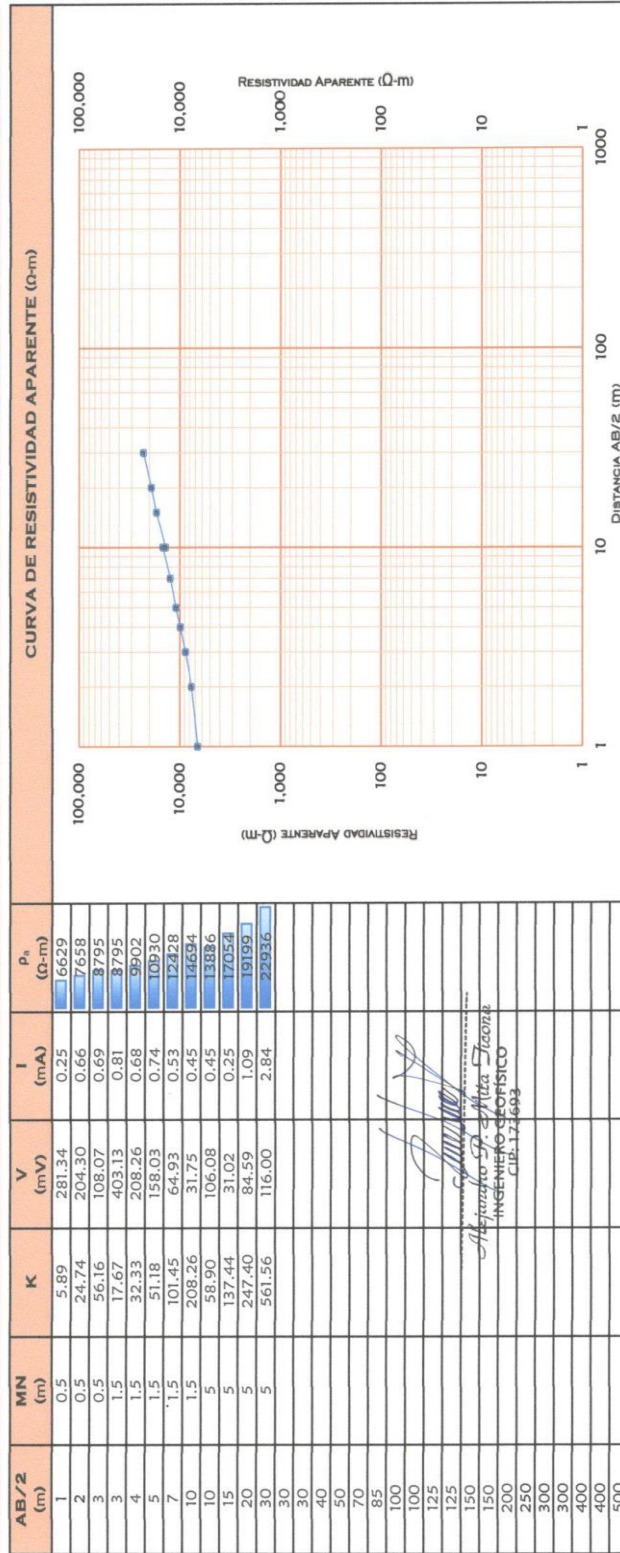
**HOJA DE CAMPO**  
**SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL**  
**SEV 01**

CLIENTE  
FECHA  
SECCION  
DATUM  
COORD. UTM

TESTISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"- 2017  
17 de Diciembre del 2017  
A-A  
WGS 84 - ZONA 19S  
371576 E - 8012780 N

REGION  
PROVINCIA  
DISTRITO  
ZONA

TACNA  
CALANA  
ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA



*[Signature]*  
**Asociación Agraria Mita Tacna**  
**INGENIERO GEODÉSICO**  
 CIP: 174693

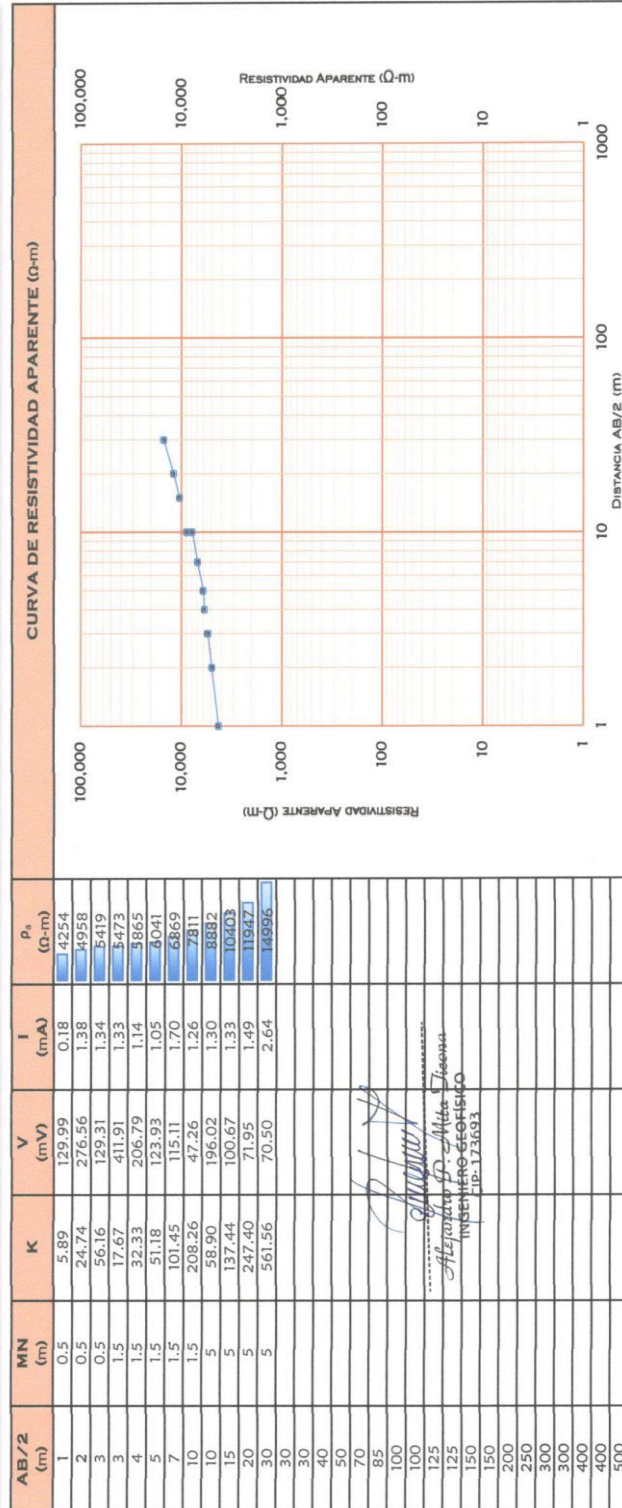
ANEXO - A: Hojas de Campo de Sondaje Eléctrico Vertical

**HOJA DE CAMPO**  
**SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL**  
**SEV 02**

CLIENTE :  
FECHA :  
SECCION :  
DATUM :  
COORD. UTM :

TESTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
17 de Octubre del 2017  
A-B  
WGS 84 - ZONA 19S  
371623 E - 8012824 N

REGION : TACNA  
PROVINCIA : TACNA  
DISTRITO : CALANA  
ZONA : "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"



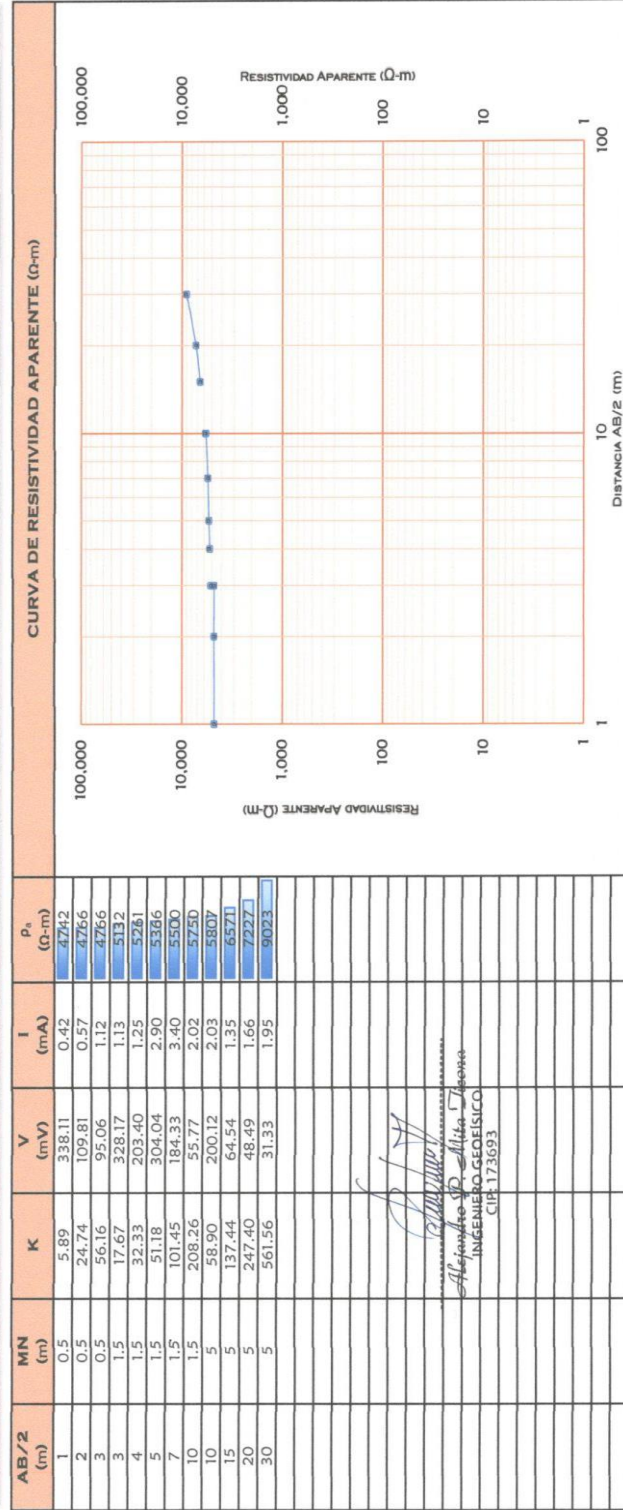
  
**Alejandro P. Mita**  
 INGENIERO GEOFÍSICO  
 CIP-173693

Operador: Ing. A. MITA T.

### HOJA DE CAMPO SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL SEV 03

CLIENTE  
FECHA  
SECCIÓN  
DATUM  
COORD. UTM

TESISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
 : TACNA  
 : TACNA  
 : TACNA  
 : CALANA  
 : "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
 : TACNA  
 : TACNA  
 : CALANA  
 : "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"

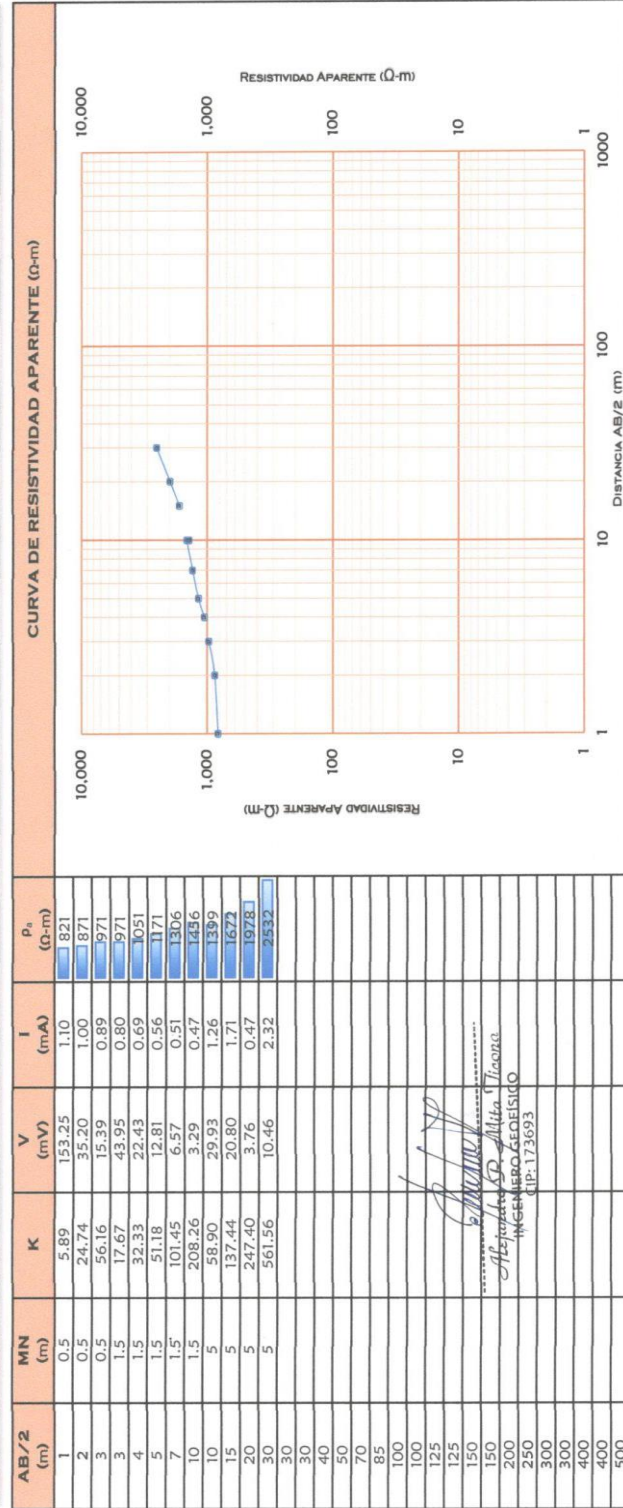


  
 Alejandro P. Mita Tzuc  
 INGENIERO GEODÉSICO  
 CIP: 173693

**HOJA DE CAMPO**  
**SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL**  
**SEV 04**

CLIENTE: TESISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
 FECHA: 17 de diciembre de 2017  
 SECCION: B-A  
 DATUM: WGS 84 - ZONA 19S  
 COORD. UTM: 371614 E - 8012742 N

REGION: TACNA  
 PROVINCIA: CALANA  
 DISTRITO: "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
 ZONA:

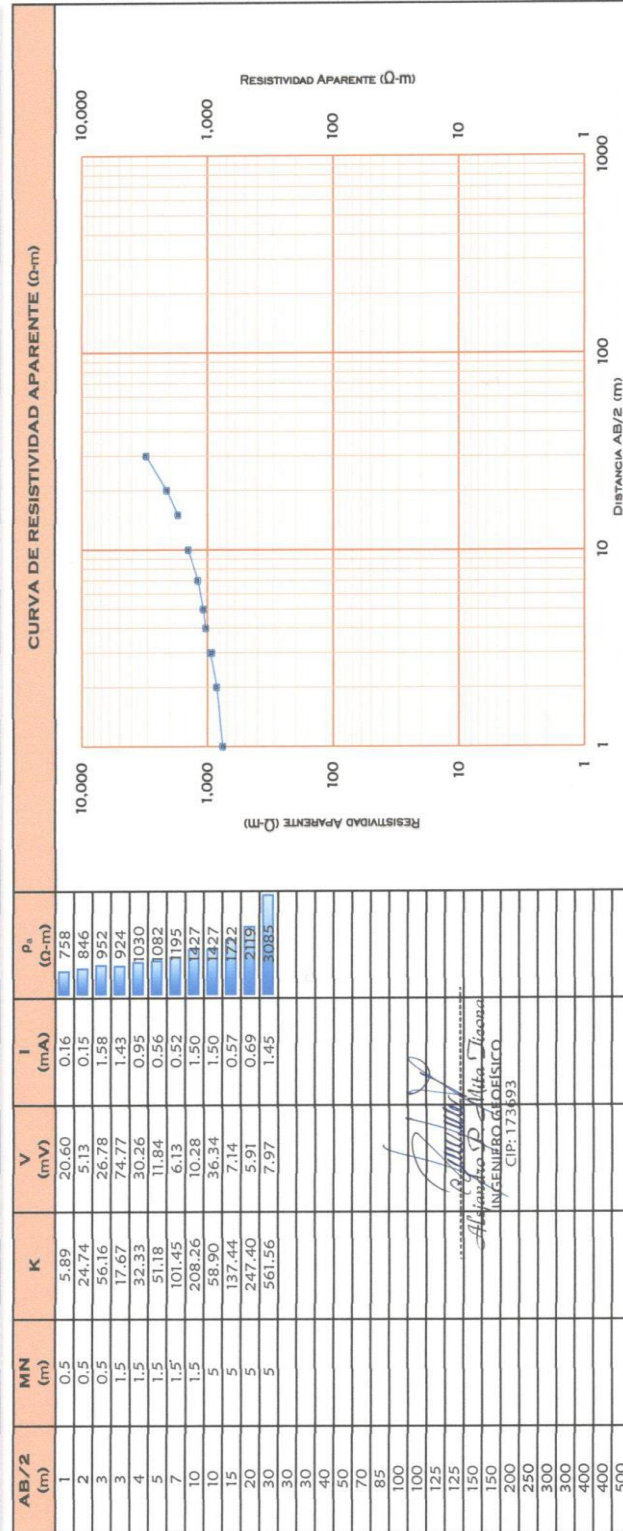


*[Signature]*  
 Ing. A. Mita T.  
 INGENIERO GEODÉSICO  
 (I.P.: 173693)

**HOJA DE CAMPO**  
**SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL**  
**SEV 05**

CLIENTE : TESISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
 FECHA : 17 de Diciembre del 2017  
 SECCIÓN : B-B'  
 DATUM : WGS 84 - ZONA 19S  
 COORD. UTM : 371660 E - 8012788 N

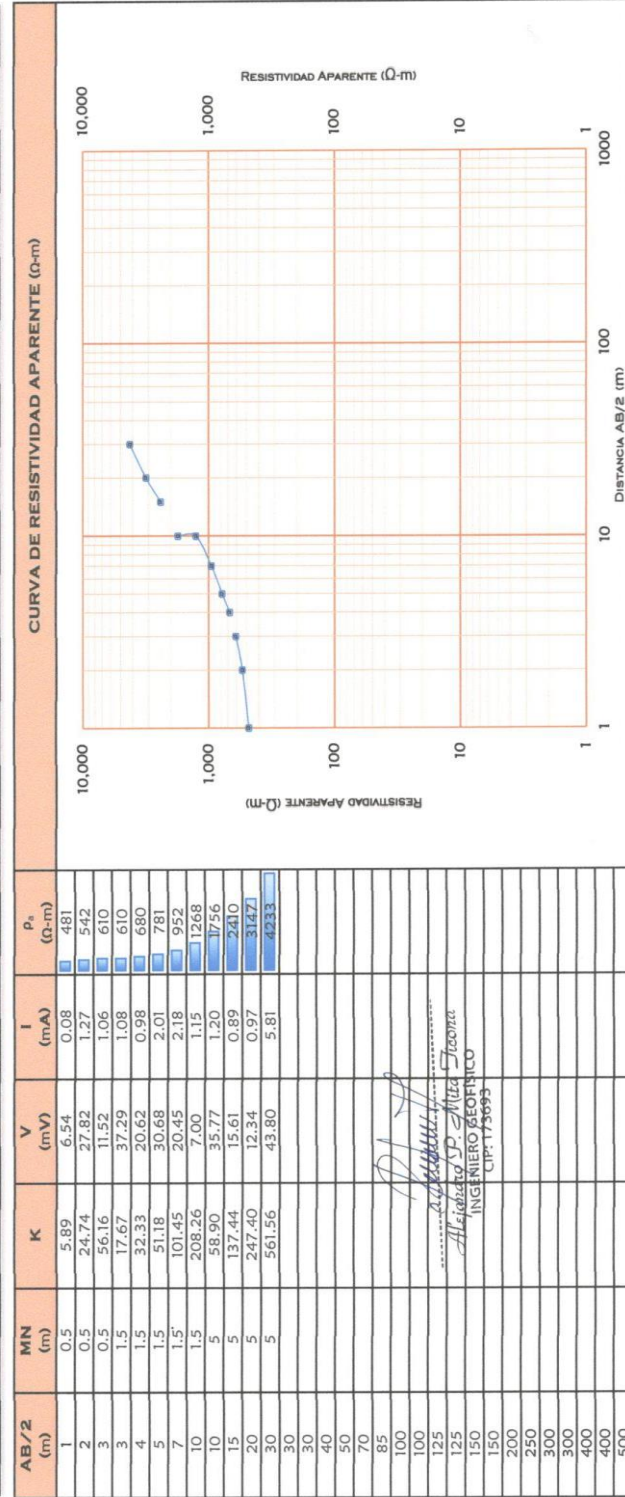
REGIÓN : TACNA  
 PROVINCIA : TACNA  
 DISTRITO : CALANA  
 ZONA : "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"



**HOJA DE CAMPO**  
**SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL**  
**SEV 06**

**CLIENTE** : TESISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
**FECHA** : 12 de Diciembre del 2017  
**SECCIÓN** : B-C  
**DATUM** : WGS 84 - ZONA 19S  
**COORD. UTM** : 371691 E - 8012819 N

**REGION** : TACNA  
**PROVINCIA** : TACNA  
**DISTRITO** : CALANA  
**ZONA** : "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"

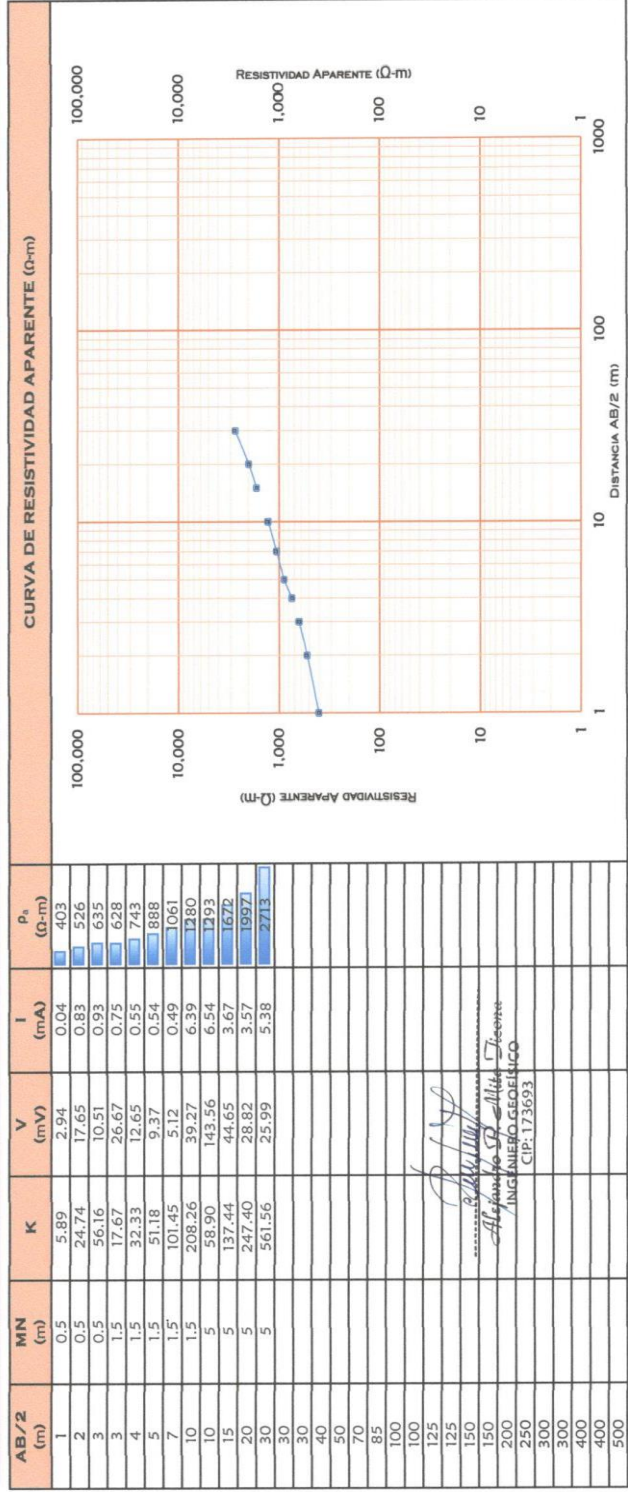


  
**Alejandro P. Mita Diaz**  
 INGENIERO GEOFÍSICO  
 CIP: 173693

**HOJA DE CAMPO**  
**SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL**  
**SEV 07**

CLIENTE : TESTISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
 FECHA : 17 de Diciembre de 2017  
 SECCIÓN : C.A.  
 DATUM : WGS 84 - ZONA 19S  
 COORD. UTM : 371656 E - 8012715 N

REGION : TACNA  
 PROVINCIA : TACNA  
 DISTRITO : CALANA  
 ZONA : "ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA"



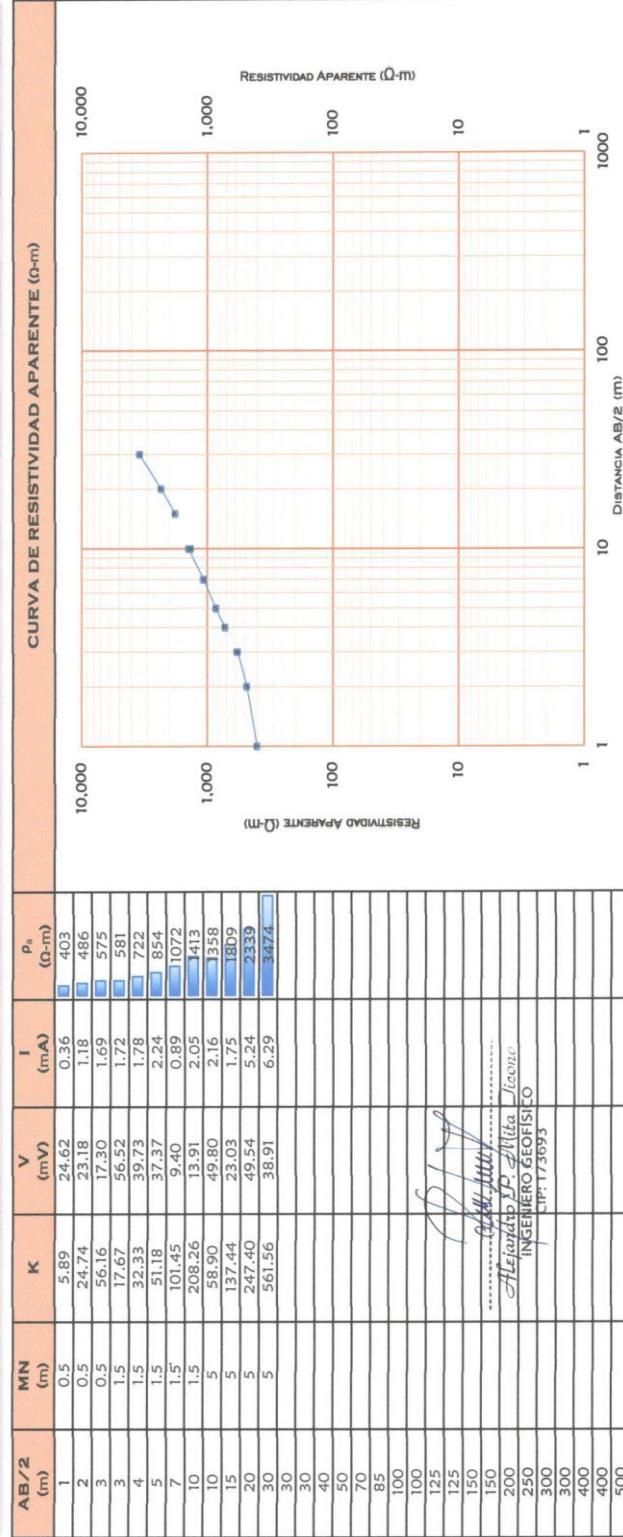
*[Signature]*  
 ALFONSO SP - Milla Cienega  
 INGENIERO GEOLÓGICO  
 CIP: 173693



**HOJA DE CAMPO**  
**SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL**  
**SEV 08**

CLIENTE : TESISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
 FECHA : 17 de Septiembre del 2017  
 SECCION : C-B'  
 DATUM : WGS 84 - ZONA 19S  
 COORD. UTM : 371698 E - 8012744 N

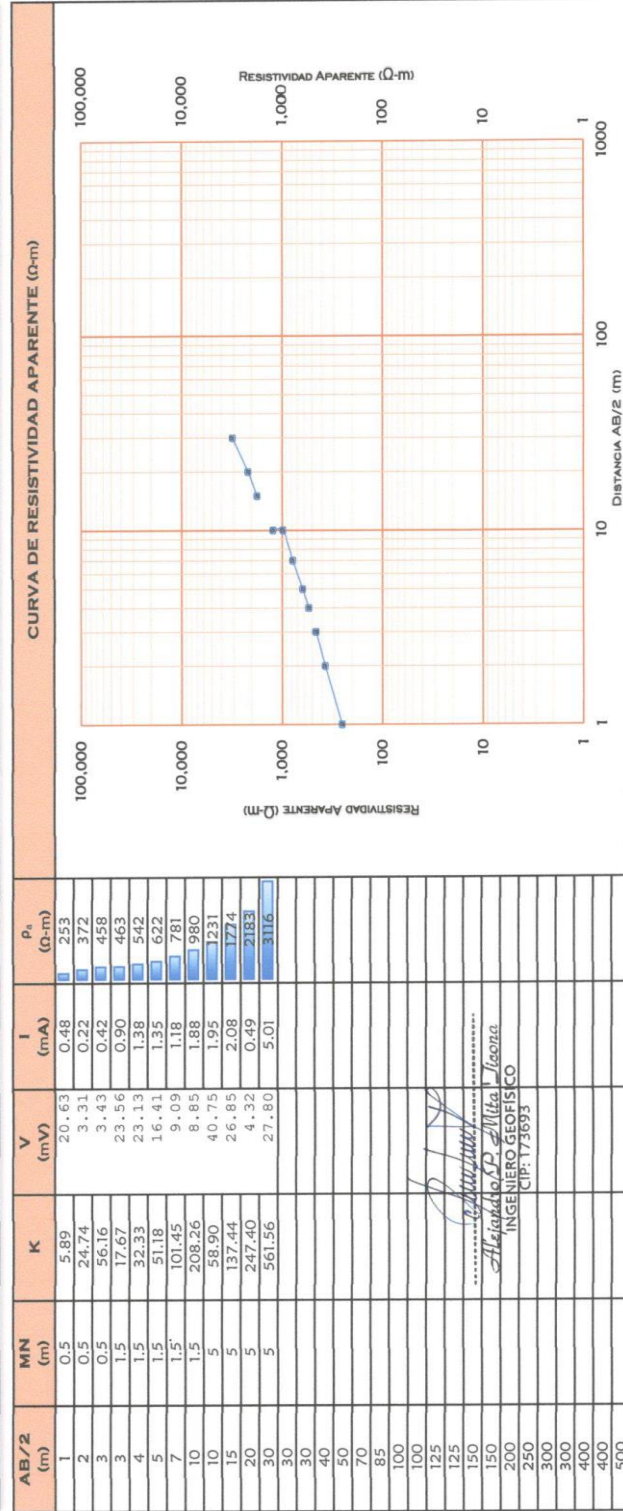
REGION : TACNA  
 PROVINCIA : CALANA  
 DISTRITO : ASOCIACION AGROPECUARIA APAZA  
 ZONA :



**HOJA DE CAMPO  
SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL  
SEV 09**

**CLIENTE** : TESISTAS UPT "CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"  
**FECHA** : 17 de Diciembre del 2017  
**SECCIÓN** : C-C'  
**DATUM** : WGS 84 - ZONA 19S  
**COORD. UTM** : 371761 E - 8012764 N

**REGION** : TACNA  
**PROVINCIA** : TACNA  
**DISTRITO** : CALANA  
**ZONA** : "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA APAZA"



## **ENSAYO QUÍMICO REALIZADO EN LABORATORIO**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA**

**ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE MUESTRA ALCANZADA:**

INFORME DE TESIS : CARACTERIZACION DE TIPO DE SUELO Y PROBLEMAS  
 ESPECIALES DE CIMIENTO DE EDIFICACIONES EN LA ASOC.  
 AGROPECUARIA APAZA - 2018

UBICACIÓN : DISTRITO DE CALANA ; PROV. TACNA ; REGION DE TACNA.

SOLICITA : BACH. JAIME BETO MAMANI CHANA  
 BAHC. JOEL JOFFER APAZA COAQUIRA

MUESTRA | : SUELO DE FUNDACION - GENIZA VOLCANICA

FECHA : TACNA , 18 DE JUNIO DEL 2018

Luego del análisis químico, se arribó al siguiente resultado:

MUESTRA	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES		SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )		CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )		PH
TERRENO NATURAL C-1	9800 ppm	0.980 %	5300 ppm	0.530 %	4500 ppm	0.450 %	8.41

**OBSERVACION:** las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Atentamente,



*Pablo Aparicio Aya Árapa*  
 Pablo Aparicio Aya Árapa  
 INGENIERO QUÍMICO  
 Reg. Colegio de Ing. 37121

**PANEL FOTOGRAFICO**

Foto n° 01: Vista de la calicata 01



Foto n° 02: Vista de la profundidad y obtención de muestras 02



Foto n° 03: Vista del estrato de la calicata 03.

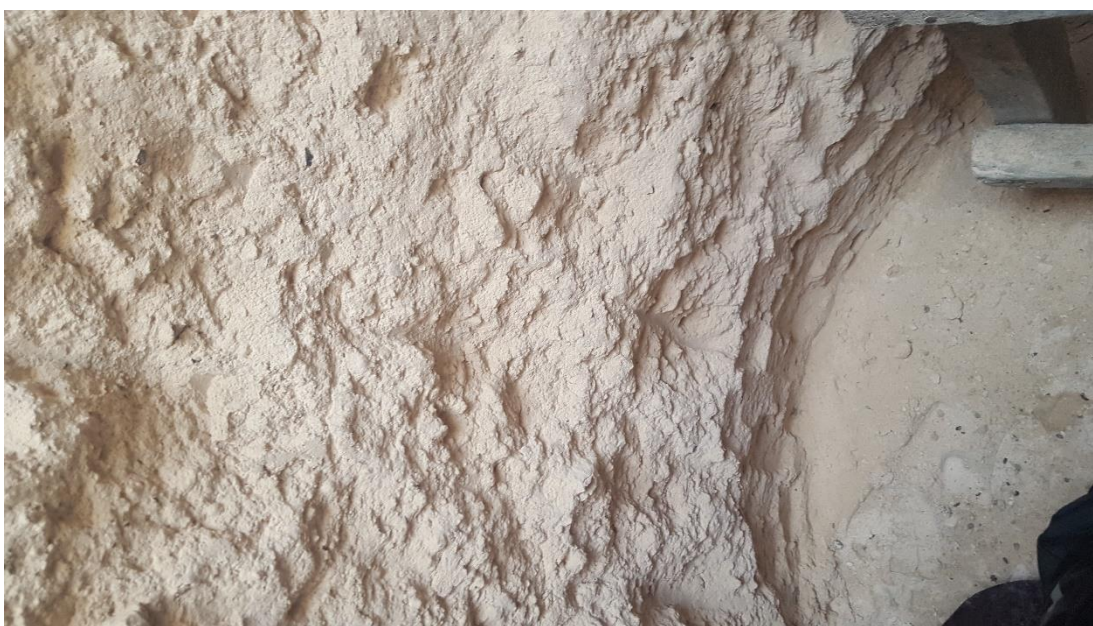


Foto n° 04: Vista del estrato de la calicata 04.



Foto n° 05: Vista del perfil de la calicata realizada.



Foto n° 06: Inspección visual del estrato de la calicata.



Foto n° 07: Selección de la tara para realizar el ensayo de contenido de humedad.



Foto n° 08: Colocación al horno para determinar el contenido de humedad de la muestra.





Foto n° 09: Determinar relación peso volumen.



Foto n° 10: Pesado de la tara para determinar relación peso volumen.



Foto n° 11: Pesado de la muestra determinar relación peso volumen.



Foto n° 12: Muestra para determinar el limite líquido.



Foto n° 13: Lavado de la muestra.



Foto n° 14: Lavado de la muestra retenida en la malla #200.



Foto n° 15: Preparando muestra para realizar el ensayo de plasticidad



Foto n° 16: Equipo de laboratorio para realizar el ensayo de limite líquido.

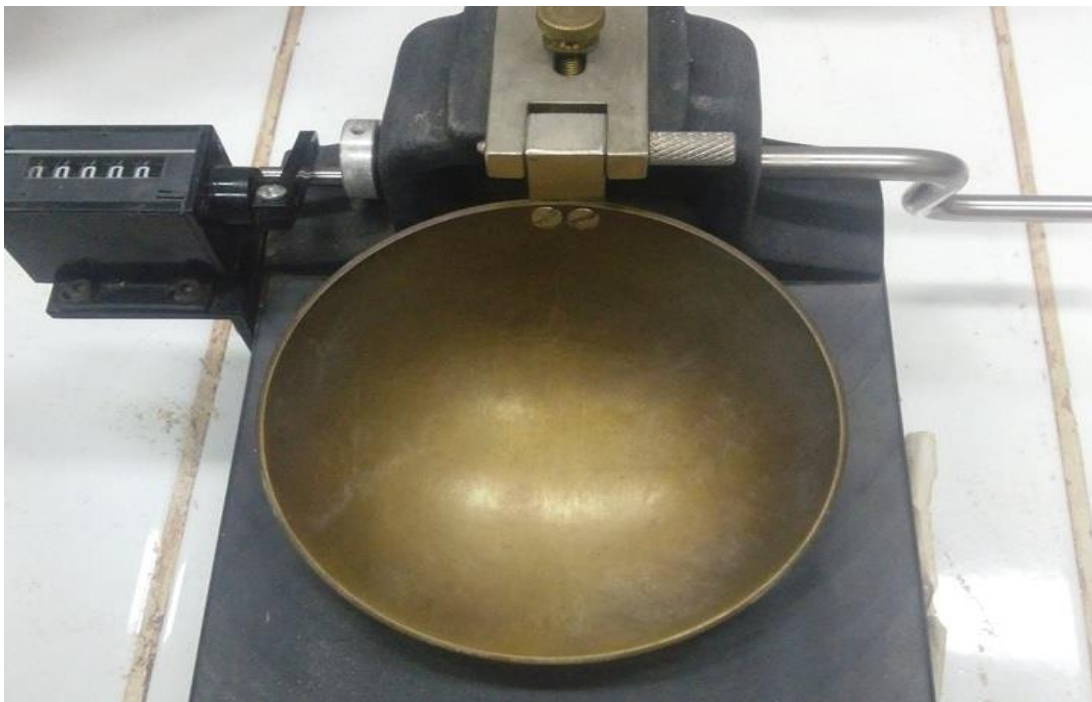


Foto n° 17: Equipo de laboratorio copa de Casagrande.



Foto n° 18: Equipo de laboratorio copa de Casagrande realizando el ensayo.



Foto n° 19: Equipo de laboratorio copa de Casagrande realizando el ensayo.



Foto n° 20: Equipos y herramientas para elaborar el ensayo de densidad in-situ.



Foto n° 21: Preparando el área para realizar el ensayo.



Foto n° 22: Preparando el equipo de ensayo.



Foto n° 23: Realizando el ensayo de densidad in-situ.



Foto n° 24: Realizando el ensayo de densidad in-situ.





Foto n° 25: Realizando el agujero para extraer la muestra de densidad in-situ.



Foto n° 26: Realizando el ensayo de densidad in-situ a 3m de profundidad.

## ENSAYO DE SONDAJE ELECTRICO



Foto n° 27: Personal, equipos y herramientas utilizados para el ensayo.



Foto n° 28: Preparando los cables para iniciar el ensayo.



Foto n° 29: Preparando los cables para iniciar el ensayo.



Foto n° 30: Preparando las estacas para iniciar el ensayo.



Foto n° 31: Sev acabado.



Foto n° 32: Equipo empleado para realizar las descargas.



Foto n° 33: Tomando apuntes de los datos requeridos para el cálculo de gabinete.



Foto n° 34: Realizando el clavado de las estacas con las herramientas requeridas.



Foto n° 35: Realizando el humedecimiento del suelo.



Foto n° 36: Descargas emitidos.



Foto n° 37: Cable requerido y conectado a las estacas para emitir las descargas.



Foto n° 38: Realizando el clavado de las estacas con las herramientas requeridas.



Foto n° 39: Realizando el clavado de las estacas con las herramientas requeridas.



Foto n° 40 Finalizando el sev