

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS
DEL SUELO DE LA ZONA DE PIEDRA BLANCA – ASOCIACIÓN
EL CENTINELA, DISTRITO DE CALANA, DEPARTAMENTO DE
TACNA.”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. ING. ADALUZ MERY ISIDRO MAMANI

BACH. ING. ALEX FRANCES CAÑI NINA

TACNA – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS
DEL SUELO DE LA ZONA DE PIEDRA BLANCA – ASOCIACIÓN
EL CENTINELA, DISTRITO DE CALANA, DEPARTAMENTO DE
TACNA.”**

Tesis sustentada y aprobada el 06 de diciembre del 2017; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:

Mgr. Ing. Dina Marlene Cotrado Flores

SECRETARIO:

Mgr. Ing. Pedro Maquera Quispe

VOCAL:

Ing. Cesar Urteaga Ortiz

ASESOR:

Mgr. Ing. Alfonso Flores Mello

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Adaluz Mery Isidro Mamani, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 46972607.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO DE LA ZONA DE PIEDRA BLANCA – ASOCIACIÓN EL CENTINELA, DISTRITO DE CALANA, DEPARTAMENTO DE TACNA.
la misma que presento para optar:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra 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, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado 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 anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 29 de diciembre del 2017.

Firma:

Nombres y apellidos: Adaluz Mery Isidro Mamani

DNI: 46972607

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Alex Frances Cañi Nina, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 47001936.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO DE LA ZONA DE PIEDRA BLANCA – ASOCIACIÓN EL CENTINELA, DISTRITO DE CALANA, DEPARTAMENTO DE TACNA.
la misma que presento para optar:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra 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, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado 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 anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 29 de diciembre del 2017.

Firma:

Nombres y apellidos: Alex Frances Cañi Nina

DNI: 47001936

DEDICATORIA

Dedicamos la presente tesis a nuestros padres que con todo su apoyo incondicional nos brindan siempre lo mejor y han hecho lo posible para poder respaldarnos en nuestros estudios haciendo posible la culminación nuestros estudios de Pre-Grado, así mismo agradecemos a la Ing. Dina Cotrado y al Ing. Pedro Maquera que se han tomado el arduo trabajo de transmitirnos sus diversos conocimientos y por el día a día en nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTO

- Ingeniero Pedro Maquera Quispe
- Equipo técnico del Laboratorio de Mecánica de suelos, Concretos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	05
AGRADECIMIENTO	06
ÍNDICE GENERAL.....	07
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ANEXOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT WORDS	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción del problema	19
1.2. Formulación del problema	20
1.2.1. Descripción del problema general.....	20
1.2.2. Descripción del problema específicos.....	20
1.3. Justificación del problema.....	20
1.4. Objetivos	21
1.4.1. Objetivo general	21
1.4.2. Objetivos específicos	21
1.5. Hipótesis	21
1.5.1. Hipótesis general	21
1.5.2. Hipótesis específicas.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes del estudio	23
2.1.1. Ubicación y extensión de la zona de estudio.....	26
2.1.2. Condiciones climáticas y meteorológicas	27
2.1.3. Topografía.....	27
2.1.4. Geología general	27
2.1.5. Geomorfología	29
2.1.6. Sismicidad.....	30

2.1.7. Datos generales de Piedra Blanca.....	32
2.2. Bases teóricas	34
2.2.1. Propiedades físicas	34
2.2.2. Ensayos estándar	38
2.2.2.1. Densidad In Situ	38
2.2.2.2. Peso específico	38
2.2.2.3. Distribución granulométrica.....	40
2.2.2.4. Límites de Atterberg	42
2.2.2.5. Sistema de clasificación de suelos	44
2.2.2.6. Contenido de humedad.....	45
2.2.2.7. Densidad relativa.....	46
2.2.2.8. Densidad mínima.....	46
2.2.2.9. Densidad máxima.....	47
2.2.3. Ensayos especiales.....	48
2.2.3.1. Corte Directo	48
2.2.3.2. Potencial de colapso	49
2.2.3.3. Ataque químico en los suelos	51
2.3. Definición de términos	54
 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	55
3.2. Población y/o muestra de estudio	56
3.3. Operacionalización de variables.....	58
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	58
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	59
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS	
4.1. Ensayos estándar	61
4.2. Ensayos especiales	62
 CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	
5.1. Análisis de los resultados	63
 CONCLUSIONES	 66

RECOMENDACIONES..... 67

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 68

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°1 Ensayo de granulometría – tamaño de mallas	40
Tabla N°2 Clasificación del suelo por medio del ensayo de granulometría por tamizado	41
Tabla N°3 Denominación del suelo según la densidad relativa.....	46
Tabla N°4 Evaluación del potencial de colapso	50
Tabla N°5 Resumen de ensayos estándar.....	61
Tabla N°6 Resultado del ensayo de corte directo	62
Tabla N°7 Potencial de colapso - muestras	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1 Limitación de predios.....	19
Figura N°2 Vivienda en la Asociación El Centinela.....	19
Figura N°3 Arenas y limos marrones de origen aluvial.....	23
Figura N°4 Capas inclinadas de depósitos aluviales.....	23
Figura N°5 Depósitos de ceniza volcánica de tonalidad rosada.....	24
Figura N°6 Vista en plano de la zona de estudio en la Asociación El Centinela.....	25
Figura N°7 Ingreso principal a la Asociación El Centinela.....	25
Figura N°8 Ubicación de las calicatas.....	26
Figura N°9 Limitación de los distritos cercanos a la zona de estudio.....	28
Figura N°10 Horizontes de caliche.....	29
Figura N°11 Formación Moquegua.....	30
Figura N°12 Formación Huaylillas.....	30
Figura N°13 Ingreso a la Asociación El Centinela.....	33
Figura N°14 Curvas de distribución del tamaño de partículas.....	41
Figura N°15 Ensayo de Casagrande.....	43
Figura N°16 Clasificación de suelos.....	45
Figura N°17 Ensayo de corte directo.....	48
Figura N°18 Equipos para determinar la cantidad de sales solubles totales, sulfatos y cloruros.....	53

ANEXOS

- A-01. Perfil estratigráfico
- A-02. Densidad in situ
- A-03. Peso específico
- A-04. Análisis granulométrico por tamizado
- A-05. Contenido de humedad
- A-06. Densidad relativa
- A-07. Densidad mínima
- A-08. Densidad máxima
- A-09. Corte directo
- A-10. Potencial de colapso
- A-11. Sales solubles totales – sulfatos - cloruros

RESUMEN

En la presente Tesis titulada con el nombre de “Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna.”, tuvo como objetivo general determinar las propiedades físico-mecánicas en el suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela y como objetivos específicos la descripción de ubicada en el distrito de Calana, departamento de Tacna, debido a que la Asociación El Centinela se encuentra en expansión con fines de crianza pecuaria (cerdos, pollos, cuyes, conejos, etc.) y habilitación de viviendas.

En el Capítulo I se desarrolló los objetivos general y específicos tales como, la determinación de las propiedades físicas, propiedades mecánicas y tipo de cimentación del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna, considerando los antecedentes del INFORME – “MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA) – TACNA, DICIEMBRE DE 2004.”.

En el Capítulo III se desarrolló la metodología de la “Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, con fines de cimentación en edificaciones, distrito de Calana, departamento de Tacna.”, siendo un tipo de metodología explicativa debido a que se explicó el comportamiento de una variable dependiente (el suelo), permitiendo conocer, comprender e interpretar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones, así mismo el diseño de la investigación fue un diseño de laboratorio debido a que se realizaron ensayos estándar y especiales en un ambiente creado por el hombre.

En el Capítulo IV se muestran los resultados de los ensayos estándar y especiales que corresponden a corte directo, potencial de colapso y análisis químico.

Las conclusiones que se presentaron en la Tesis son respecto a las propiedades físicas, propiedades mecánicas y tipo de cimentación del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna.

Palabras clave: Ángulo de fricción interno, Asentamiento, Ataques químicos, Capacidad portante, Cimentación, Corte directo, Potencial de colapso, Relación de vacíos y Zapatas conectadas.

ABSTRACT

In this thesis entitled " Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna", aimed at determine the physical-mechanical properties in the ground of the area of Piedra Blanca – Asociación El Centinela is expanding with fines of livestock breeding (pigs, chickens, guinea pigs, rabbits, etc.) and habilitation of housing.

In Chapter I entitled The general and specific values of the accounts, the physical properties and the physical characteristics de la zona Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna, background of the INFORME - "MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA) – TACNA, DICIEMBRE DE 2004."

In Chapter III the methodology of the "Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, con fines de cimentación en edificaciones, distrito de Calana, departamento de Tacna" is analyzed of explanatory methodology due to the explanation of the behavior of a dependent variable (the soil), to know, understand and interpret why a phenomenon occurs and under what conditions, likewise the design of the research was a laboratory design because he made standard and special tests in a man-made environment.

Chapter IV shows the results of the standard and special analyzes that correspond to the direction, collapse potential and chemical analysis.

The conclusions that were presented in the Thesis about the physical properties, the mechanical properties and the type of foundation of the ground of the area of Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna.

Key words: Internal friction angle, Settlement, Chemical attacks, Freight capacity, Foundation, Direct Shear, Collapse potential, Voids relation and Connected footing.

INTRODUCCION

La variedad del comportamiento de los suelos obliga a clasificarlos en dos grupos: suelos cohesivos y no cohesivos (granulares). Los suelos granulares se definen al tener un efecto despreciable en el comportamiento mecánico ya que se tiene presencia de rocas, gravas y arenas, normalmente definidos en función de la densidad relativa, índice de vacíos y porosidad; además los suelos granulares se clasifican en materiales densos o sueltos. Sin embargo, los suelos cohesivos presentan fuerzas intergranulares las cuales tienen un efecto significativo en el comportamiento mecánico ya que existe presencia de arcillas y limos.

La presente Tesis con el título “Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna”. se realizó debido al desconocimiento de que tan segura o propensa se encuentra una vivienda frente al potencial de colapso, ataque de agentes químicos y la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre la superficie de contacto de las partículas, sin embargo, existe un informe de investigación de título “Proyecto Indeci – PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles” el cual hace referencia al estudio de las propiedades físico-mecánicas del suelo en la zona de Ciudad Nueva que se encuentra colindante a la zona de estudio siendo el único antecedente cercano y que presenta resultados de los ensayos estándar y especiales, teniendo una densidad del suelo (1.67 gr/cm – 1.69 gr/cm³), densidad relativa (54% - 55%), potencial de colapso (1.72% - 11.50%), contenido de sales solubles totales (0.1894% - 0.242%) y contenido de sulfatos (0.0346% - 0.0642%).

La metodología que se desarrolló en la presente investigación fue exploratoria debido a que se realizó excavaciones a cielo abierto (calicatas) con la finalidad de conocer sus propiedades físico-mecánicas del suelo a través de ensayos estándar y especiales, permitiendo comprender e interpretar los resultados de este tipo de suelo.

El diseño de la investigación fue un diseño de laboratorio debido a que se realizaron ensayos estándar y especiales en un ambiente creado por el hombre.

Los resultados de las propiedades mecánicas del suelo se determinaron y discutieron, en base a los resultados de los ensayos estándar, especiales (ensayo de corte directo, ensayo de potencial de colapso y ataques químicos) con la finalidad de conocer las propiedades físico mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna.

El objetivo general de la Tesis es la determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela y tiene como objetivos específicos, determinar el tipo de suelo, determinar el potencial de colapso y evaluar la cantidad de salinidad presente en el suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna.

La presente Tesis tiene por conclusión que referente a las propiedades físicas del suelo se trata de un suelo de clasificación [SM] Arena Limosa con una coloración beige clara y partículas menores a 2"; propiedades mecánicas como potencial de colapso con valores de 1.643% a 1.857% y cantidad de sales solubles totales de 0.29% a 0.71%.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El problema de la presente investigación es el desconocimiento de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación EL Centinela que actualmente se encuentra en expansión con fines pecuarios (crianza de pollos, cerdos, cuyes, etc.) y así como habilitación urbana de viviendas, construidas sin supervisión técnica, utilizando unidades de albañilería no adecuadas como bloquetas, ladrillos pandereta, los cuales son un peligro para las edificaciones



Figura 1: Limitación de predios – fuente: Elaboración propia



Figura 2: Vivienda en la Asociación El Centinela – Fuente: Elaboración propia

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación del problema general

¿Cuáles son las propiedades físico – mecánicas del suelo en la zona de Piedra Blanca – Asociación el Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna?

1.2.2. Formulación de los problemas específicos

¿Cuál es el tipo de suelo de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna?

¿Cuál es el potencial de colapso en el suelo de la zona Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna?

¿Cuál es la cantidad de salinidad presente en el suelo de la zona Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna?

1.3. Justificación e importancia

La presente investigación permitirá conocer las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna, con la finalidad de conocer:

El tipo de suelo sobre el cual se encuentran las viviendas, que tan suelto o denso se encuentra el suelo, el potencial de colapso que se presenta, el ataque de agentes químicos y la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre la superficie de contacto de las partículas.

Los puntos antes mencionados son de suma importancia debido a que serán indispensables para realizar una edificación y teniendo en cuenta que la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela carece de supervisión técnica y

desconocimiento de lo ya antes mencionado es el porqué de la presente investigación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela.

1.4.2]. Objetivos específicos

Determinación del tipo de suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela

Determinación la severidad del potencial de colapso del suelo en la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela

Determinación de la cantidad de salinidad del suelo en la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela

1.4. Hipótesis

Hipótesis general

Las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela, corresponden a un tipo de suelo clasificado como arena limosa; con una estructura débil debido a que difícilmente se observa la agrupación de sus partículas; con una coloración beige clara; presentando un colapso moderado de 1.5% a 15% y capacidad portante menor a 1kg/cm² según el Proyecto INDECI PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles.

Hipótesis específica 1

El tipo de suelo que se encuentra en la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela corresponde a un suelo de clasificación arena limosa [SM] con presencia de partículas de 1” a 2” y coloración beige claro; según el Proyecto INDECI PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles

Hipótesis específica 2

El potencial de colapso en la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela varía entre 1.5% a 15% (moderado – muy severo) según el Proyecto INDECI PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles.

Hipótesis específica 3

La cantidad de sales solubles totales en el suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela se presentan en cantidades desde 0.0642% a 0.242% según el Proyecto INDECI PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes del estudio

La presente investigación no cuenta con antecedentes específicos de la zona de estudio, sin embargo el INFORME - (MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA), 2004) realizado por el Instituto Nacional de Defensa Civil y el PNUD PER 02/51 registro las propiedades físicas y mecánicas de suelos de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva los cuales son cercanos a la presente zona de estudio de Piedra Blanca - Asociación “El Centinela” ubicado en el distrito de Calana y refiere lo siguiente: El distrito de Alto de la Alianza, se encuentra asentado sobre depósitos aluviales (figura 1), depósitos deluviales (figura 2), depósitos de ceniza volcánica (figura 3) y depósitos de relleno o antropogénicos, de la misma manera se conoce que en el distrito de Ciudad Nueva se diferencia los depósitos de Ceniza Volcánica con los aluviales y deluviales a pesar de que los tres presentan clasificación SUCS (SM).

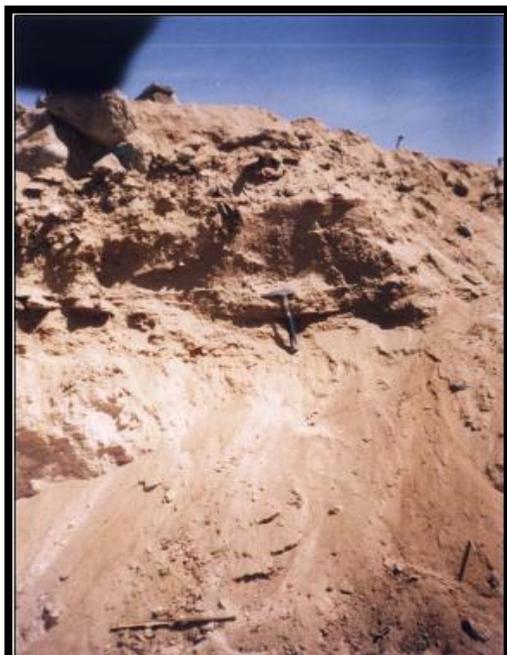


Figura 3: Arenas y Limos marrones de origen aluvial – Fuente: Proyecto Indeci PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles

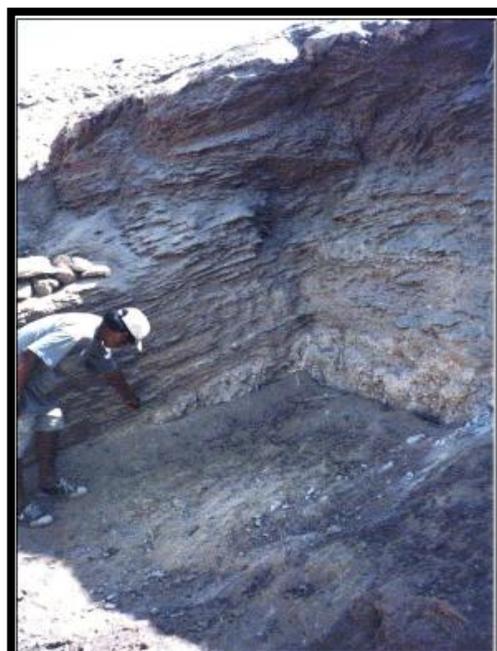


Figura 4: Capas Inclínadas de depósitos deluviales – Fuente: Proyecto Indeci PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles

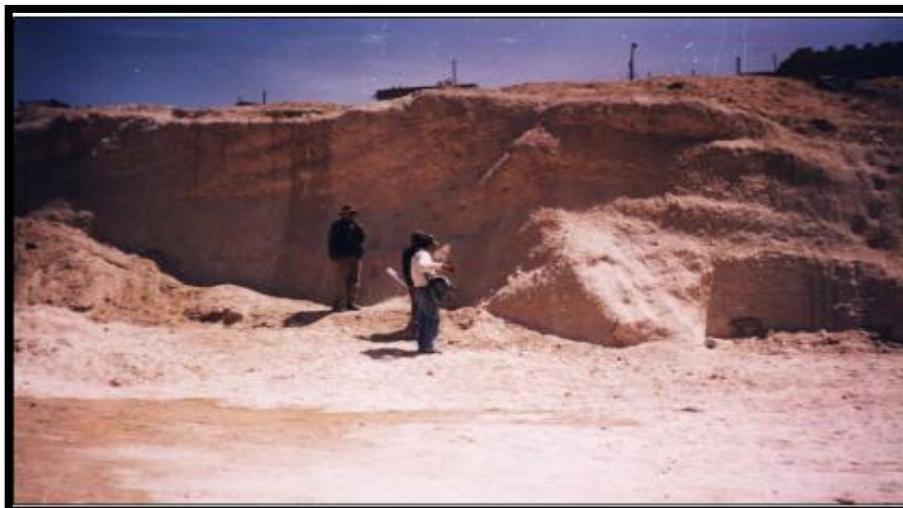


Figura 5: Depósitos de ceniza volcánica de tonalidad rosada – Fuente: Proyecto Indeci PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles

Los límites del distrito de Alto de la Alianza son muy amplios tanto así que limitan con el distrito de Ciudad Nueva, se considera su actual zona de expansión la parte alta del Cerro Intiorko, estando conformadas por roca volcánica del tipo ignimbrita. Por otro lado el distrito de Ciudad Nueva ha crecido considerablemente ya que limita con el distrito de Calana; es así que se plantea áreas de expansión urbana siendo la única zona habitable según el espacio geográfico la parte alta del cerro Intiorko, en la cual se desarrolla la presente investigación

Por medio de los ensayos estándar que se realizaron en los distritos antes mencionados sus propiedades físicas son: relación de vacíos de 0.44~0.70, densidad in situ de 1.3 gr/cm³ a 1.5 gr/cm³, densidad relativa de 40 % a 50 % de compacidad; respecto a los ensayos especiales el potencial de colapso del suelo determinó de 1% a 1.20% de colapsabilidad, la cantidad de sales solubles totales de 1800 PPM a 1900 PPM y sulfatos de 310 PPM a 346 PPM clasificándolo como zona de peligro alto. **(MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA), 2004, pág. 11)**

En la presente investigación “Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela (figura 4), con fines

de cimentación en edificaciones, Distrito de Calana, Departamento de Tacna”, se realizaron 14 perforaciones a cielo abierto dentro de la zona de estudio, debido al desconocimiento de las propiedades mecánicas del suelo (figura 5).

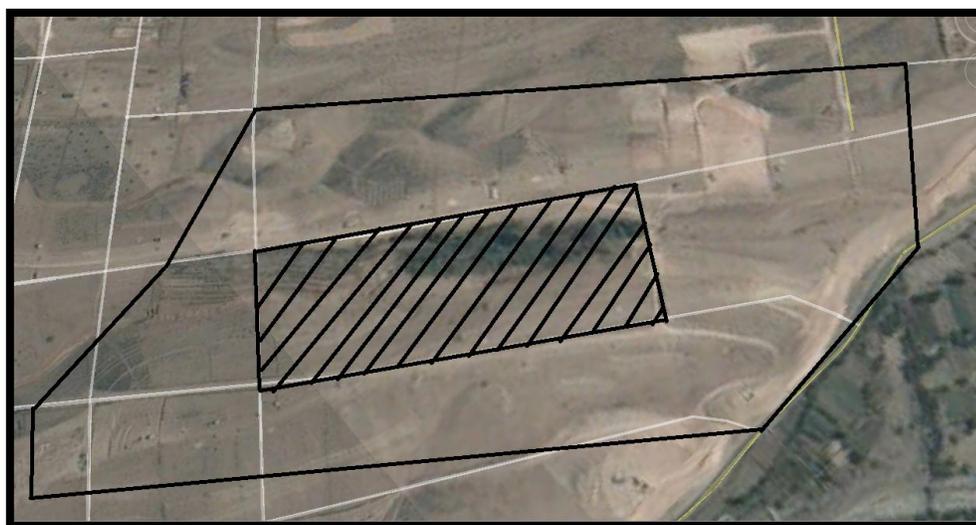


Figura 6: Vista en Plano de la Zona de estudio en la Asociación El Centinela – Fuente: Google Earth



Figura 7: Ingreso Principal a la asociación El Centinela – Fuente: Google Earth

Ubicación y Extensión de la Zona de Estudio

La zona de estudio Asociación El Centinela se encuentra aproximadamente ubicada a 3.5km de la Municipalidad Distrital de Calana – Tacna.

Los límites de la asociación El Centinela se dan de la siguiente manera:

Límites:

Por el Norte : Distrito de Calana.
 Por el Este : Distrito de Pocollay.
 Por el Sur : Distrito de Pocollay y Alto Bolognesi.
 Por el Oeste : Distrito de Ciudad Nueva.

Área:

Área total del terreno : 49.056 Ha. o 490560m²

Perímetro:

Perímetro del Terreno : 3135.60 m.

A continuación, se muestra la ubicación de las calicatas desarrolladas dentro de la zona de estudio (figura 12).

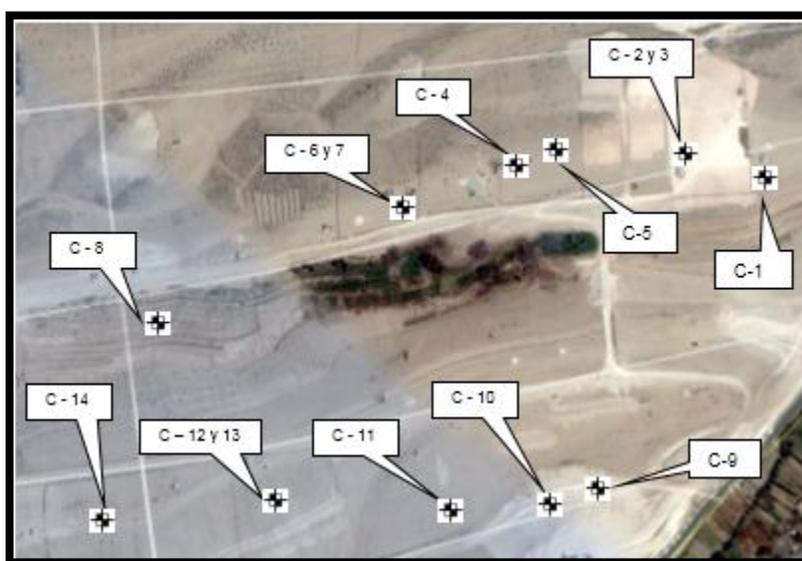


Figura8: Ubicación de calicatas – fuente: Google Earth

Condiciones Climáticas y Meteorológicas:

A lo largo del año se registra diferentes temperaturas las cuales son las siguientes:

Temperatura máxima	:	29.70°
Temperatura mínima	:	10.4°
Temperatura promedio	:	18.9°

La precipitación pluvial mínima tiene un promedio de 5.8mm y la máxima que se producen en los meses de junio – julio originados por las densas neblinas, tiene un promedio de 40mm.

Topografía

La topografía en la zona de Piedra Blanca – Asociación “El Centinela” en su mayoría es accidentada ya que se observa la presencia de cerros. Dentro de la zona se observa edificaciones tales como viviendas y la pendiente es totalmente menor aproximándose al 2.5% lo cual permite realizar alguna obra civil.

Geología General

Dentro del ámbito de la geología no se tiene presente referencia correspondiente a la zona de Piedra Blanca – asociación El Centinela por lo que se tomó como referencia el estudio realizado por el Instituto Nacional de Defensa Civil – PROYECTO INDECI – PNUD PER 02/51 CIUDADES SOSTENIBLES – Diciembre 2004, el cual hace referencia al estudio de la geología de los distritos más aproximados a la zona de estudio siendo estos Alto de la Alianza y Ciudad Nueva que se extienden hasta la zona de Calana.

Se tiene presente que por medio de los distritos ya mencionados se encontraban:

Depósitos de cenizas volcánicas

Al parecer estos depósitos conformaban una sola capa que rellenaba el Valle de Tacna antiguamente, la cual fue erosionada parcialmente por el Río Caplina, quedando en la actualidad lomas con formas de grandes lenguas a lo largo del valle (figura 13). (MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA), 2004, pág. 6)

Tienen una tonalidad rosada, contienen abundante pómez y fragmentos angulosos de rocas volcánicas andesíticas.

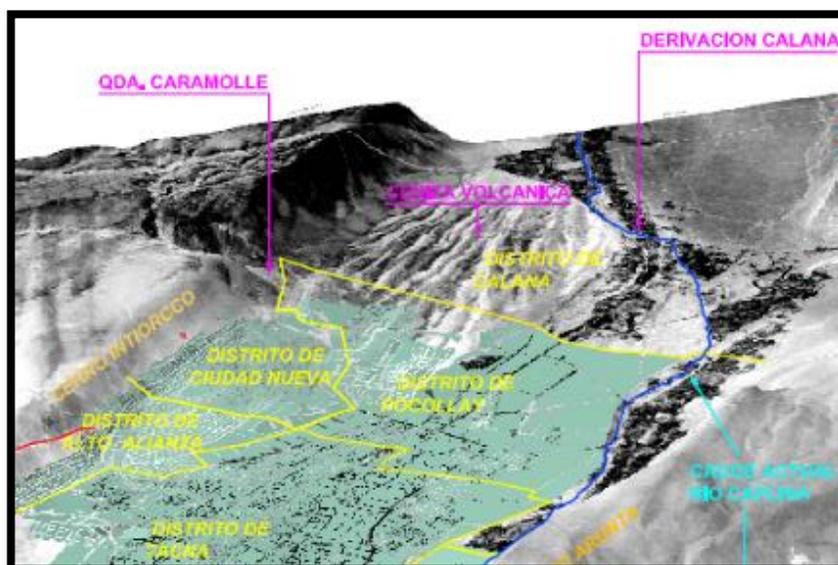
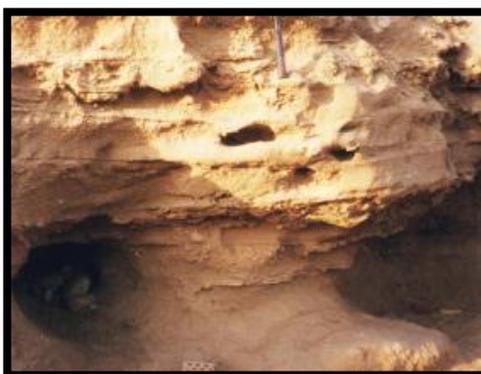


Figura 9: Limitación de los distritos cercanos a la zona de estudio – Fuente: Proyecto INDECI – PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles

Depósitos aluviales

Están compuestos por horizontes de arenas con limos coloración marrón claro más o menos compactadas. Estos tipos de depósitos aluviales por sectores en el Cono Norte presentan contenido de sales y sulfatos, las cuales se encuentran aglutinando las arenas en terrones y formando lentes de 30 – 50 cm. Muy compactos y competentes (en estado seco) conocidos como “caliche” (figura 14). (MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA), 2004, págs. 6-7)



*Figura 10: Horizontes de caliche –
Fuente: Proyecto INDECI – PNUD PER
02/051 Ciudades Sostenibles*

Depósitos deluviales

Estos depósitos se forman por la erosión de suelos y comprenden capas de suelo fino con arenas limosas con inclusiones de fragmentos pequeños a medianos de ignimbritas, que se depositan y cubren las laderas de los cerros. Estos suelos pueden alcanzar hasta 2 m. de espesor. Su mayor extensión se ubica en las laderas del Cerro Intiorko a lo largo de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Estos suelos presentan tonalidades rosadas y marrón claras y tienen alto contenido de sales y sulfatos. **(MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA), 2004, págs. 7-8)**

Geomorfología

Dentro de la zona de estudio no se logra abarcar información referente a la zona de Piedra Blanca – asociación El Centinela por lo que se optó tomar como referencia los estudios realizados por parte del Instituto Nacional de Defensa Civil – Proyecto INDECI – PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles – Diciembre 2004 y poner presente las características que comparten los distritos que se mencionan en el Proyecto Indeci con la presente investigación.

En lo que respecta a la geomorfología corresponde a las pampas costaneras, las cuales abarcan desde la Cordillera de la Costa y el frente occidental de los Andes, resultado de la acumulación de sedimentos elásticos del Grupo Moquegua, rocas volcánicas de la Formación Huaylillas y depósitos cuaternarios recientes. Se presenta

como un territorio suavemente ondulado inclinado hacia el Sur – Oeste con una pendiente aproximada de 2% a 4% aproximadamente.

La ciudad de Tacna está asentada en el Valle del Rio Caplina, a una altura de 550 m.s.n.m. en medio de los Cerros Arunta e Intiorko, que oscilan los 850 y 950 m.s.n.m. de altitud.

La superficie de estos cerros forma grandes llanuras denominadas planicies del Huaylillas. Están cubiertas por suelos residuales y arenas eólicas que les dan una tonalidad rosada – marrón clara (figura 15 y 16). Las faldas de los cerros forman laderas que tienen pendientes que fluctúan entre 40% y 64% y están cubiertas por depósitos deluviales. (MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA), 2004, pág. 9)



Figura 11: Formación Moquegua -

Fuente:

<http://www.monografias.com/trabajos67/salud-consumo-agua-dura/salud-consumo-agua-dura2.shtml>

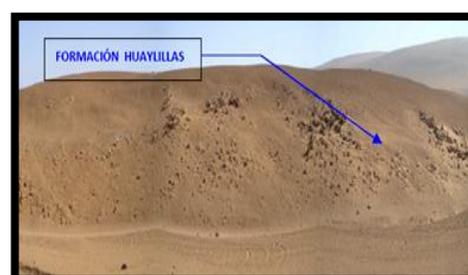


Figura 12: Formación Huaylillas -

Fuente:

http://www.munijorgebasadre.gob.pe/pagina/web_inst/prov_geo_geologia.php

Sismicidad

Analizando la secuencia de los sismos ocurridos de Norte a Sur, con una frecuencia de 6 a 10 años y considerando un período de retorno para uno como el de 1868 (150 a 250 años), prácticamente este sector de América se encuentra a puertas de un mega sismo, que tendría una magnitud superior al sismo del 23/06/2001, a continuación se da los acontecimientos con respecto a los sismos ocurridos. (**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA), 2004, pág. 11**):

a. Terremoto del 13 de agosto de 1868

Como cita en (Toribio Polo, 1904), Durante este terremoto según testigos la tierra crujía, se abrían grietas y ondulaba, siendo difícil permanecer en pie. El Dr. Toribio Polo se refiere a este terremoto como uno de los mayores que se hayan verificado en el Perú desde su conquista. Siguió a este terremoto (17:30 horas) un tsunami con olas de 12 y 16 metros que arrasó completamente los puertos de la costa tanto al Sur de Perú como al Norte de Chile. Las intensidades calculadas por los especialistas le asignan una magnitud de $M = 8 \frac{1}{2}$ $M_1 = 9$ $M_w = 9$ e intensidades de VI a IX en la escala Modificada de Mercalli.

b. Terremoto del 9 de mayo de 1877

Como cita en (Minster y Jordan, 1978), El último terremoto que afectó las zonas costeras Sur de Perú y Norte de Chile ocurrió el 9 de Mayo de 1877, con una magnitud 8.5 Richter y la extensión de ruptura fue de 500 Km aproximadamente desde Tacna hasta el Norte de Antofagasta. A la fecha (2004) han transcurrido 127 años, considerando la velocidad de movimiento de 8 a 10 cm/año, se espera un desplazamiento de 10 metros

c. Terremoto del 30 de mayo de 1970

Ocurrió aproximadamente a las 13.24 horas, con epicentro en Chimbote y efectos dramáticos en los pueblos de la Costa y Callejón de Huaylas, por el desprendimiento de una parte del nevado del Huascarán, cuyo lodo sepultó al pueblo de Yungay con sus veinte mil habitantes.

d. Terremoto del 12 noviembre de 1996 (Informe del IGP)

Como cita en (Tavera 1998), Ocurrió con una magnitud 7.7Mw, produciendo una ruptura de 120 Km que afectó principalmente a la localidad de Nazca, Departamento de Ica. Con epicentro localizado por el Instituto Geofísico del Perú a 135 km al Sur-Oeste de la localidad de Nazca, fue seguido por 150 réplicas durante las primeras 24 horas causando alarma en las localidades de Nazca, Palpa, Ica, Acarí y Yauca, las mismas que soportaron intensidades máximas de VII (MM) durante el terremoto principal. El Sistema de Defensa

Civil (INDECI) reportó 17 personas muertas, 1500 heridos y 100,000 damnificados. En cuanto a infraestructura más de 5,000 viviendas fueron destruidas, 12,000 afectadas. El costo económico de pérdidas fue del orden de 42 millones de dólares.

e. *Terremoto del 23 junio 2001*

Este sismo ocurrió el 23 – 06 – 01 a las 15 horas 36 minutos, con una magnitud de Mw 8.2 e intensidad de VII a VIII en la ciudad de Tacna. El epicentro fue ubicado entre las coordenadas de 16.08° S, 73.77° W; esto es a 82 km al NW de la localidad de Ocoña, departamento de Arequipa. Las réplicas más fuertes fueron ubicadas frente a Camaná, Mollendo (6.3 Ms) y Punta de Bombón, como muestra las isosistas de la figura fig. 2 El sismo se inició con un ruido suave y movimiento lento, después de 10 segundos la energía eléctrica se cortó, instante en que se incrementó el ruido y el movimiento, es cuando la mayoría de la gente corre a las calles desesperadamente, a los 18 segundos aproximadamente aumentó el movimiento y el ruido fue ensordecedor. Después de 35 a 40 segundos de iniciado el movimiento, se experimentó el movimiento más fuerte, y es cuando las paredes de los edificios se movían a manera de un péndulo invertido cual amenazante para venirse encima de la población atemorizada. Los que se encontraban viajando dentro de los buses urbanos no se explicaban por qué la gente corría a las calles, también observaron como el piloto del bus no podía controlar al vehículo, de que era un sismo y fueron presa del pánico, abandonando el vehículo y correr hacia sus casas. La tierra tembló por espacio de 100 a 120 segundos y fue un tiempo de toda una eternidad, durante ese instante el comportamiento humano fue de diferentes maneras, el patrón general fue ubicarse en las calles, para así ponerse a salvo en las zonas de seguridad.

Datos Generales de la asociación Piedra Blanca – asociación El Centinela

La zona se encuentra ubicada en el distrito de Calana, Provincia de Tacna, departamento de Tacna. Se creó dicha asociación alrededor del año 2005 en el mes de octubre y desde entonces viene en crecimiento contando con 36 miembros dentro de la asociación con aspectos de formalizar la zona con fines pecuarios contando con 49.056 hectáreas de terreno la cual está dividida en 36 lotizaciones

correspondientes para cada usuario de la asociación, estando la mayoría de los lotes conformados por un área de 4000m² (figura 17).



*Figura 13: Ingreso a la Asociación El Centinela –
Fuente: Elaboración propia*

Se conoce que en la zona no existe conexión de red de agua potable, así como tampoco cuenta un sistema de excretas, pero si con un reservorio de aguas residuales, por lo que vendría a ser uno de los principales objetivos, regularizar las líneas de conducción de agua y desagüe para su progreso correspondiente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Propiedades físicas

Se debe tener en cuenta que un suelo está compuesto por materiales sólidos, agua y aire, partiendo de ello se conocerán sus propiedades físicas tales como su textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, consistencia. **(Grisales Simbasica, 2014, pág. 2)**

a) Textura:

Se determinará por la proporción del tamaño de las partículas que constituyen a este. La textura del suelo se conforma por tres fases, sólida, líquida y gaseosa.

La fase sólida abarca mayor volumen, en algunas ocasiones el 50% de los suelos superficiales y está compuesta por una mezcla de partículas inorgánicas y orgánicas cuyos tamaños y formas pueden variar.

La textura de un suelo se considera una propiedad básica debido a que la proporción relativa de los grupos por tamaños varían considerablemente entre los suelos, pero no se alteran fácilmente en un determinado suelo. **(Grisales Simbasica, 2014, pág. 2)**

b) Estructura:

Grados de estructura del suelo:

(Grisales Simbasica, 2014, pág. 5). El grado de estructura es la intensidad de agregación y expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y la adhesividad entre ellos. Debido a que estas propiedades varían según el contenido de humedad del suelo, el grado de estructura se determinará cuando el suelo no esté demasiado húmedo o seco. Existen cuatro grados fundamentales de estructura que se califican entre 0 y 3, de la manera siguiente.

- Sin estructura: condición en la que no existen agregados visibles o bien no hay un ordenamiento natural de líneas de debilidad, tales como:
 - Estructura de aglomerado (coherente) donde todo el horizonte del suelo aparece cementado en una gran masa;

- Estructura de grano simple (sin coherencia) donde las partículas individuales del suelo no muestran tendencia a agruparse, como la arena pura;
- Estructura débil: está deficientemente formada por agregados indistintos apenas visibles. Cuando se extrae del perfil, los materiales se rompen dando lugar a una mezcla de escasos agregados intactos, muchos quebrados y mucho material no agregado;
- Estructura moderada: se caracteriza por agregados bien formados y diferenciados de duración moderada, y evidentes aunque indistintos en suelos no alterados. Cuando se extrae del perfil, el material edáfico se rompe en una mezcla de varios agregados enteros distintos, algunos rotos y poco material no agregado;
- Estructura fuerte: se caracteriza por agregados bien formados y diferenciados que son duraderos y evidentes en suelos no alterados. Cuando se extrae del perfil, el material edáfico está integrado principalmente por agregados enteros e incluye algunos quebrados y poco o ningún material no agregado.

Clases de estructura del suelo:

(Grisales Simbasica, 2014, pág. 5). La clase de estructura describe el tamaño medio de los agregados individuales. En relación con el tipo de estructura de suelo de donde proceden los agregados, se pueden reconocer, en general, cinco clases distintas que son las siguientes:

- Muy fina o muy delgada
- Fina o delgada
- Mediana
- Gruesa o espesa
- Muy gruesa o muy espesa

c) *Color:*

El color del suelo depende de sus componentes y pueden ser usados como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican

presencia de cuarzo, yeso y caolín; y el negro y marrón indican materia orgánica. Cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica. **(Grisales Simbasica, 2014, pág. 6)**

d) Permeabilidad:

Es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire, es una de las propiedades más importantes a considerarse. Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración.

El suelo puede estar constituido por varios estratos, y que, generalmente, cada uno de ellos tiene propiedades físicas y químicas diferentes. Para determinar la permeabilidad del suelo en su totalidad, se debe estudiar cada estrato por separado.

La permeabilidad del suelo se relaciona con su textura y estructura

El tamaño de los poros del suelo reviste gran importancia con respecto a la tasa de filtración (movimiento del agua hacia dentro del suelo) y a la tasa de percolación (movimiento del agua a través del suelo). El tamaño y el número de los poros guardan estrecha relación con la textura y la estructura del suelo y también influyen en su permeabilidad. **(Grisales Simbasica, 2014, pág. 8).**

e) Porosidad:

Los poros en el suelo se distinguen en: macroscópicos y microscópicos.

Los macroscópicos son de notables dimensiones y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Los microscópicos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares.

Los terrenos arenosos son ricos en macro poros, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en micro poros y pueden manifestar una elevada capacidad de retención del agua. **(Grisales Simbasica, 2014, pág.**

9)

f) Consistencia:

La consistencia: es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto.

Dichas fuerzas dependen del contenido de humedad, por esta razón es que la consistencia se debe expresar en términos de seco, húmedo y mojado.

Las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas; se pueden definir como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada.- Las fuerzas que causan la consistencia son: cohesión y adhesión.

(Grisales Simbasica, 2014, pág. 10):

Cohesión

Esta fuerza es debida a la atracción molecular en razón, a que las partículas de arcilla presentan carga superficial, por una parte y la atracción de masas por las fuerzas de Van der Waals, o por otra (Gavande, 1976).... Además de estas fuerzas, otros factores tales como compuestos orgánicos, carbonatos de calcio, óxidos de hierro y aluminio, son agentes que integran el mantenimiento conjunto de las partículas.

La cohesión, es la atracción entre partículas de la misma naturaleza.

Adhesión:

Se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las partículas por lo cual depende de la proporción Agua/Aire. De acuerdo a lo anteriormente expuesto se puede afirmar que la consistencia del suelo posee dos puntos máximos; uno cuando está en estado seco debido a cohesión y otro cuando húmedo que depende de la adhesión.

2.2.2. Ensayos estándar

2.2.2.1. *Densidad in situ*

Este ensayo está regido por la norma NTP 339.143 ASTM D 1556-64 (Cono de Arena)

El presente ensayo permitió determinar la densidad del suelo correspondiente, realizando primero que nada un hoyo en el fondo de nuestro único estrato con una profundidad de 10 cm. a 15 cm dentro de la sección de la base porta cono, para luego determinar el volumen del hoyo teniendo como referencia el peso de la arena calibrada que entra en el hoyo y su densidad obteniendo así el volumen del mismo.

Materiales y equipos:

- Cono de Arena
- Base porta cono
- Arena normalizada calibrada
- Envase (recipiente con tapa)
- Accesorios (picota, cincel, combo, brocha, etc.)
- Bolsas herméticas
- Balanza Digital
- Estaca
- Mayas #10 y #20
- Muestra representativa del suelo

2.2.2.2. *Peso específico de los sólidos*

Este ensayo se rige por la norma NTP 339.139 – ASTM D854 (Gravedad específica de los sólidos)

Se determinará el peso del aire dentro de las partículas sólidas del suelo y se logró tomando una muestra representativa tamizada correspondientemente según la NTP 339.139 – ASTM D854, vertiéndola dentro de una fiola con la ayuda de un embudo y añadiendo agua destilada hasta aproximadamente la mitad de la fiola, una vez realizado dicho proceso se procedió a remover el aire atrapado calentando la suspensión levemente durante un periodo mínimo de 10 minutos, rotando ocasionalmente la fiola, una vez pasado el tiempo establecido y

verificándose que no exista presencia de aire atrapado en la muestra, se dejó enfriar hasta una temperatura ambiente.

Materiales y equipos:

- Balanza
- Recipientes
- Franelas
- Fiolas
- Olla
- Cocina
- Tamiz #4
- Agua destilada
- 200 gr. de muestra del suelo

Adicionalmente al peso específico de los sólidos del suelo se puso presente la siguiente fórmula para hallar la relación de vacíos, que tendrá importancia en el ensayo de Potencial de Colapso, según la NTP 339.139 – ASTM D854.

Relación de vacíos

En las siguiente formula se tomó en cuenta los valores del peso de la muestra húmeda y peso de la muestra seca del ensayo del contenido de humedad, así como también la densidad in situ y peso específico, cada uno de ellos pertenecientes a su respectiva calicata.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Donde:

e = relación de vacíos

V_v = volumen de vacíos

$V_v = V_m - V_s$

V_m = volumen de la muestra

V_s = volumen de la muestra seca

$$V_m = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda}}{\text{Densidad In Situ}}$$

$$V_s = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso específico}}$$

2.2.2.3. Distribución granulométrica

El siguiente ensayo se rige por la norma NTP 339.128 - ASTM D422

El presente ensayo se realizó tomando una muestra representativa de 500 gr. como mínimo de nuestro suelo en estado seco, luego de ello se procedió al lavado de la muestra utilizando la malla #200 hasta que el agua que pase la malla sea de color claro consecuentemente se procedió al secado de la muestra para luego ser pasado por un conjunto de mallas en orden descendente tal y como se muestra en la tabla n°1 (ensayo de granulometría – tamaño de mallas) de tal manera que se pueda obtener una cantidad representativa del suelo retenida en cada malla y calculándose posteriormente los porcentajes acumulados para finalmente representarlo en una hoja semi-logarítmica.

Tabla 1
Ensayo de Granulometría - tamaño de mallas

Tamices	Abertura (mm)	Tamices	Abertura (mm)
3"	76.2	No. 10	2
2 1/2"	63.5	No. 16	1.19
2"	50.6	No. 20	0.84
1 1/2"	38.1	No. 30	0.59
1"	25.4	No. 40	0.42
3/4"	19.05	No. 50	0.3
1/2"	12.7	No. 60	0.25
3/8"	9.525	No. 80	0.177
1/4"	6.35	No. 100	0.149
No.4	4.76	No. 200	0.074
No. 8	2.38		

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.128 - ASTM D422

Materiales y equipos:

- Juego de tamices normalizados
- Tamiz N° 200 para el lavado.
- Balanza electrónica de 0.1 gr. de precisión
- Cocina eléctrica.
- Guantes
- Taras
- Espátula
- 500 gr. de muestra del suelo

A continuación se pone presente la clasificación del suelo mediante la tabla n°2 (clasificación del suelo bajo el ensayo de granulometría por tamizado).

Tabla 2
Clasificación del suelo por medio del ensayo de granulometría (por tamizado)

EL MATERIAL SE CONSIDERA GRUESO SI SE RETIENE MÁS DEL 50%		N°200 EL MATERIAL SE CONSIDERA FINO SI PASA MÁS DEL 50%
GRAVA	ARENA	PASA
Si más del 50% de la fracción gruesa queda retenida en el tamiz N°04	Si más del 50% de la fracción gruesa pasa el tamiz N°4	LIMO o ARCILLA. El suelo fino es limo, arcilla o material orgánico

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Unificado_de_Clasificaci%C3%B3n_de_Suelos

Mencionar que la representación gráfica de la curva granulométrica se presenta en escala semi-logarítmica, teniendo en cuenta que el porcentaje que pasa (%) se ubica en el eje de las ordenadas y el tamaño de partículas se ubica en el eje de las abscisas. La forma de la curva da una idea de la distribución granulométrica del suelo, cuando está constituida por partículas de un solo tamaño, esta representara una línea vertical (figura 10).

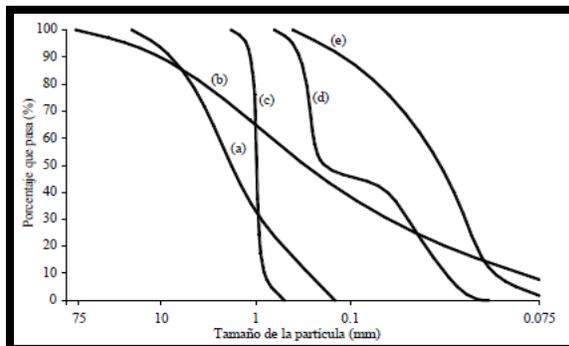


Figura 14: Curvas de distribución del tamaño de partículas –
Fuente: (<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/01/suelos-de-grano-grueso.html>)

Curvas de distribución del tamaño de partículas de cinco suelos. **(a)** Suelo de grano grueso (grava y arena). **(b)** Suelo bien gradado con una amplia variedad de tamaños de partícula. **(c)** Suelo de grano grueso con una reducida variedad de tamaños de partícula. **(d)** Suelo con gradación hueca, no contiene un cierto rango de tamaños de partícula. **(e)** Suelo compuesto de partículas finas (limo y arcilla). **(Coduto, 1999)**

Como una medida simple de la uniformidad del suelo se denota el coeficiente de uniformidad de la siguiente manera. **(Hazen, 1902)**

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Dentro de coeficientes la letra “D” se refiere al tamaño del grano o diámetro aparente de la partícula del suelo y el subíndice (60, 10, etc.) denota el porcentaje más fino.

En otras palabras denota un coeficiente de no-uniformidad, pues su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta. Aquellos suelos con el coeficiente ($C_u < 3$) se consideran muy uniformes. El coeficiente de gradación del suelo se define por la siguiente ecuación:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

En el caso de suelos bien graduados el valor de C_c estará alrededor de 1 a 3 y en aquellos suelos mal graduados no lo estarán a su vez que su curva de distribución será sinuosa o uniforme como se observó en la (figura 10).

2.2.2.4. Límites de Atterberg

Los siguientes ensayos tales como límite líquido y límite plástico se rigen bajo la norma NTP 339.129 D4318

El presente ensayo de Límite líquido se realizó teniendo en cuenta una muestra representativa de 150 gr. a 200 gr. que haya sido pasado por el

tamiz N°40 y se haya mezclado completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándose, amasándose y tajándose con una espátula en forma alterna y repetida dentro de una vasija de porcelana, incrementándose de 1 ml. a 3 ml. de agua cada cierto tiempo de tal forma que la muestra se encuentre humedecida en su totalidad. Luego se colocó una porción de mezcla en la taza de bronce y se comprimió hacia debajo de tal forma que se extienda en la base para luego realizar una ranura limpia con el menor número de pasadas posibles con el acanalador (figura 11), luego se procedió a girar la manija de la taza de bronce y saber el número de golpes necesarios para que se junte la abertura que se formó con el acanalador, lo cual ocurrió al tercer golpe permitiendo conocer que en la presente investigación no existe presencia de límite líquido.

Materiales y equipos:

- Cuchara de Casagrande
- Acanalador
- Recipientes o taras
- Tamiz N° 40
- Balanza con precisión de 0,01g
- Herramientas y accesorios: espátula, brochas etc.
- 200 gr. de muestra del suelo

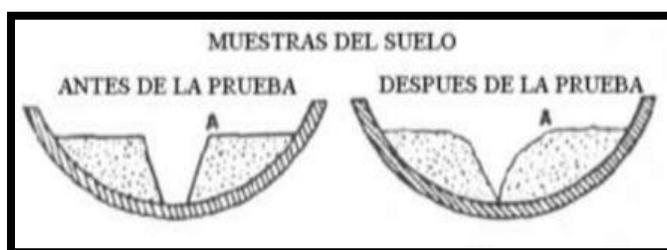


Figura 15: Ensayo de Casagrande - Fuente: (<https://es.slideshare.net/DiegoDelgadoTorres/determinación-del-limite-liquido-y-limite-plastico-ok>)

El ensayo de Límite plástico se realizó teniendo en cuenta una muestra representativa de 20 gr. que pasó por el tamiz n°40, que luego se mezcló con agua destilada, de tal manera que este humedecida para formar una esfera, de la cual se tomó 2 gr. con la finalidad de moldear la muestra y formar un elipsoide, rodando la muestra con los dedos sobre una superficie lisa (vidrio poroso) hasta llegar a un diámetro de 3.2 mm. sin que se desmorone, en la presente investigación no se pudo concretar este ensayo por lo que se determinó que no existía presencia de límite plástico.

Materiales y equipos:

- Un pedazo de vidrio (vidrio poroso)
- Tara
- Balanza con aproximación a 0.01 gr.
- Depósito
- Tamiz N°40
- Agua destilada
- Espátula
- 20 gr. de muestra del suelo.

2.2.2.5. *Sistemas de clasificación de suelos*

El siguiente ensayo se rige por la norma NTP 339.134 – ASTM D2487

En el presente ensayo se realizó la clasificación según el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S). Se puede realizar esta clasificación con los datos obtenidos de los ensayos de granulometría y límites de atterberg. Este sistema divide los suelos en dos grandes grupos gruesos y finos. Si los granos que se retienen en malla N° 200 son más del 50 % de la muestra se consideran suelos gruesos. Pero si más del 50 % pasa la malla N° 200 se consideran suelos finos (figura 8).

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION			
SUELOS DE GRANOS GROSOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para GW no se cumplen Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.			
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos				
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo				
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla				
	ARENAS Mas del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	GRAVAS CON FINOS	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.		
			SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos			
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo			
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla			
			ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas			
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla			
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
		LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos			
			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
	DH		Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media				
	Suelos altamente orgánicos				PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488

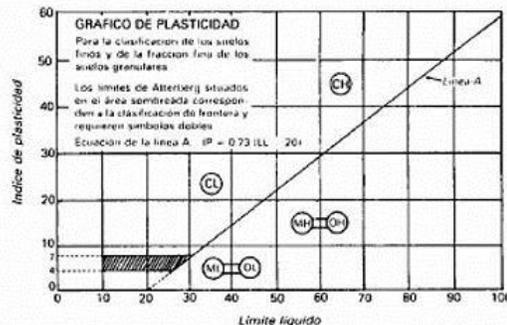


Figura 16: Clasificación de suelos -

Fuente: http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Clasificaci%C3%B3n_ASTM

2.2.2.6. Contenido de humedad

Este ensayo se rige por la siguiente norma NTP 339.127 – ASTM D2216. El presente ensayo permitió determinar el contenido de humedad en porcentaje del suelo en estudio obteniendo primero que nada una muestra representativa de 200 gr. de cada una de las calicatas mediante bolsas herméticas para luego obtener su peso en estado seco mediante el uso del horno en el cual se deja reposar la muestra durante 24 horas para luego tomar nota de su nuevo peso en estado seco el cual permitió que por medio de diferencia se obtenga el contenido de humedad (%).

Materiales y equipos:

- Horno de secado
- Recipientes (enumerados)
- Balanza con precisión al 0.01 gr.
- 200 gr. de muestra del suelo

- Otros utensilios

2.2.2.7. *Densidad relativa*

Esta norma se rige por la siguiente norma NTP 339.138 – ASTM D2049 – 69.

Se determinará el grado de compactación del suelo en estudio teniendo en cuenta primero que nada que se hayan realizado los ensayos de densidad mínima y densidad máxima así mismo los valores del ensayo de densidad in situ de cada punto de estudio correspondientemente fueron necesarios para poder determinar si nuestro suelo es suelto o denso en porcentaje (%) y se determina por la siguiente tabla n°3.

*Tabla 3
Denominación del suelo según la densidad relativa*

DENSIDAD RELATIVA (%)	DENOMINACION
0 - 15	Muy Suelta
15 - 35	Suelta
36 - 65	Media
65 - 85	Compacta
85 - 100	Muy Compacta

Fuente: Lambe-Whitman, mecánica de suelos (1994)

2.2.2.8. *Densidad Mínima*

El siguiente ensayo se rige por la norma NTP 339.138 D4254

Se determinara la densidad mínima del suelo en investigación para lo cual fue necesario un molde de densidad mínima, del cual se tomaron sus medidas para poder hallar su volumen así como también su peso utilizando una balanza y luego de ello se procedió a verter poco a poco la muestra con la que se contaba, alrededor de (20kg) apoyándonos con una taza plástica para hacer descender el material dentro del molde a una altura cercana a la base y cada cierto tiempo se verifico que la muestra se desplace en la totalidad del molde hasta cubrir el molde en su totalidad, Luego de ello se necesitó ayuda de una regla para enrasar la muestra

que sobraba en el molde ya que se superaba su capacidad del mismo, finalmente se registró el peso del molde más la muestra obteniendo así el peso de la muestra para obtener la densidad mínima

Se repitió el ensayo 3 veces por calicata respectivamente y se registró el valor más bajo de cada ensayo.

Materiales y equipos:

- Molde de ensayo de densidad mínima.
- Muestra representativa del suelo
- Regla de acero
- Balanza con registro mayor a 5 kg
- 1 wincha

2.2.2.9. Densidad máxima

El siguiente ensayo se rige por la norma NTP 339.138 D4253

Se determinará la densidad máxima del suelo en estudio teniendo en cuenta un molde de densidad máxima del cual se tomaron sus medidas y en el cual se vertió la muestra con la que se contaba, (alrededor de 20kg) pero se distribuyó en 3 capas y cada vez que se completó una capa se procedió a realizar 50 golpes con un martillo Marshall con la finalidad de compactar la muestra de suelo de tal manera hasta culminar las 3 capas para luego pesar la muestra y el molde obteniendo el peso de la muestra y así poder determinar la densidad máxima.

Materiales y equipos:

- Balanza con registro mayor a 5 kg.
- Molde
- Brocha
- Regla de acero
- Martillo Marshall
- Muestra representativa del suelo
- 1 wincha

2.2.3. *Ensayos Especiales:*

En el presente estudio las muestras analizadas con respecto al ensayo de contenido de humedad han sido muestras inalteradas. Los ensayos de corte directo fueron realizados con muestras de manera alterada debido a que no se podía obtener un bloque compacto e inalterado de igual manera en los ensayos de potencial de colapso y ataques químicos fueron muestras alteradas.

A continuación se describe los ensayos especiales realizados:

2.2.3.1. *Resistencia al esfuerzo cortante (Corte Directo):*

Este ensayo se rige por la siguiente norma NTP 339.171 - ASTM D3080. Con este ensayo se obtienen dos parámetros del suelo, la cohesión y ángulo de fricción interna. Se usa el aparato de corte directo, que consiste en una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una Carga Vertical de confinamiento (Esfuerzo Normal) y luego una Carga Horizontal (Esfuerzo Cortante) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra (figura9).



Figura 17: Ensayo de Corte Directo – Fuente: Elaboración Propia

El ensayo induce la falla a través de un plano determinado. Sobre este plano de falla actúan dos esfuerzos:

- Un esfuerzo Normal (σ_n), aplicado externamente debido a la carga vertical (Pv)
- Un esfuerzo Cortante (τ), debido a la aplicación de la Carga Horizontal.

2.2.3.2. Relaciones esfuerzo deformación (Potencial de Colapso):

El siguiente ensayo se rige a la Norma NTP 339.154 – ASTM D2435
 Jennings y Knight (1975) pertenecieron al grupo de personas que comenzaron a realizar investigaciones sobre suelos colapsables, estos sugirieron un procedimiento para describir el potencial de colapso de un suelo, tomando una muestra de suelo inalterado con su contenido de humedad natural en un anillo de consolidación. Se aplican cargas escalonadas hasta la presión de 200 kN/m² (2 kg/cm²), luego se inunda la muestra de suelo hasta saturarla y se deja reposar 24 horas. Determinándose las relaciones de vacíos antes y después de la saturación, e_1 y e_2 , calculando el potencial de colapso C_p , respecto a la relación de vacíos inicial e_0 , con la siguiente ecuación:

$$C_p = \Delta e = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_0}$$

El potencial de colapso fue resumido por Clemence y Finbarr (1981) y se resume a continuación:

$$CP(\%) = \frac{\Delta e}{1 + e_0} * 100 \quad o \quad CP(\%) = \frac{\Delta H_0}{H_0}$$

Donde:

Δe : Cambio en la relación de vacíos debido al colapso bajo humedecimiento

e_0 : Relación de vacíos inicial

ΔH_0 : Cambio de altura de la muestra

H_0 : Altura inicial de la muestra

Según el resultado que se obtuvo se determinó la colapsabilidad mediante

los siguientes criterios.

Tabla 4
Evaluación del potencial de colapso

CP(%)	Severidad del problema
0 a 1	No Colapsa
1 a 5	Colapso moderado
5 a 10	Colapso
10 a 20	Colapso severo
>20	Colapso muy severo

Fuente: Norma E 0,50 Suelos y Cimentaciones

De manera complementaria, pueden utilizarse pruebas de carga en estado seco y humedecido según la norma ASTM1194. El objetivo de las mismas será realizar un análisis comparativo del comportamiento del suelo en su condición natural, con relación a su comportamiento en condición húmeda. En caso se verifique la colapsabilidad del suelo, se deberá formular las recomendaciones correspondientes a fin de prevenir su ocurrencia. **(Norma E 0.50 Suelos y Cimentaciones, 2016, pág. 43)**

Cimentaciones en áreas de suelos colapsables

Las cimentaciones construidas sobre suelos que colapsan ($CP > 5$) están sometidas a grandes fuerzas causadas por el hundimiento violento del suelo, el cual provoca asentamiento, agrietamiento y ruptura, de la cimentación y de la estructura. Por lo tanto no está permitido cimentar directamente sobre suelos colapsables. La cimentación y los pisos deberán apoyarse sobre suelos no colapsables. Los pisos no deberán apoyarse directamente sobre suelos colapsables. **(Norma E 0.50 Suelos y Cimentaciones, 2016, pág. 43)**

Reemplazo de un suelo colapsable

Cuando se encuentren suelos que presentan colapso moderado, poco profundos, éstos serán retirados en su totalidad antes de iniciar las obras de construcción y serán reemplazados por Rellenos Controlados

compactados adecuadamente de acuerdo al Artículo 21 (21.1) (RNE E 0.50 SUELOS Y CIMENTACIONES). Rellenos controlados o de ingeniería de la presente Norma. **(Norma E 0.50 Suelos y Cimentaciones, 2016, pág. 43)**

2.2.3.3. Ataques químico en los suelos:

El siguiente ensayo se rige bajo la siguiente norma NTP 339.152 – NTP 339.178 AASHTO T290 - NTO 339.177 AASHTO291

La agresividad de los suelos a las estructuras de concreto o fierro enterradas puede ser naturaleza: química, efectos químico o físico, considerándose los siguientes parámetros:

- **Resistividad**
Es un indicador de la capacidad que tiene el suelo para conducir la electricidad. Depende del tipo y contenido de sales existentes, así como del contenido de humedad. Es el parámetro más indicativo para determinar la agresividad a estructuras de fierros.
- **Humedad**
Es el agente que activa las sustancias agresivas contenidas en el suelo.
- **Radical Ph**
Los suelos con $Ph < 7$ son ácidos y son muy agresivos al concreto y fierro.
- **Contenido de Cloruros**
Favorecen la corrosión del fierro.
- **Contenido de Sulfatos**
Son muy agresivos al concreto, reaccionan con el aluminato tucalcico del cemento formando un compuesto expansivo denominado ETRINGITA.
- **Materia Orgánica**
Los suelos con fuertes contenidos de Materia Orgánica son ácidos.
- **Sulfuros**
Se pueden transformar en sulfatos que afectan al concreto, también en ácido sulfúrico – que pueden afectar al fierro.

- **Contenido de Magnesio**

El ataque es similar a los sulfatos.

Causas de salinidad en los suelos

En un suelo pueden existir diferentes tipos de sales, las principales son las formadas por calcio, magnesio y sodio, y que aportan unas características u otras a cada tipo de suelo dependiendo de su concentración. Cuando las acumulaciones del suelo son de calcio o de magnesio, se dice que se produce un fenómeno de salinización del suelo; sin embargo, si lo que se acumula en el suelo es el sodio, se produce una alcalinización.

La acumulación de sales en los suelos se produce cuando hay una mala circulación de agua, de manera que las sales no se distribuyen de una manera homogénea.

Determinación del contenido de sales

El objetivo de esta norma es describir un procedimiento de ensayo que permite determinar el contenido de las sales de los suelos mediante el tratamiento con agua destilada y la correspondiente disolución (figura 10). La determinación del contenido de sales de los suelos se determina pesando el residuo, obtenido por evaporación, de una cantidad proporcional de mezcla acuosa del mismo suelo.

Equipo y materiales:

- Un frasco de vidrio – con boca ancha, graduado cada 100 ml.
- Agua destilada
- Dos capsulas – debidamente enumeradas y pesadas.
- Equipo de filtración – con papel filtro de poro fino.
- Balanza – con precisión a la décima de gramo (0.01 g)
- Estufa, de desecación, que mantenga una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Matraces
- Muestra de suelo.

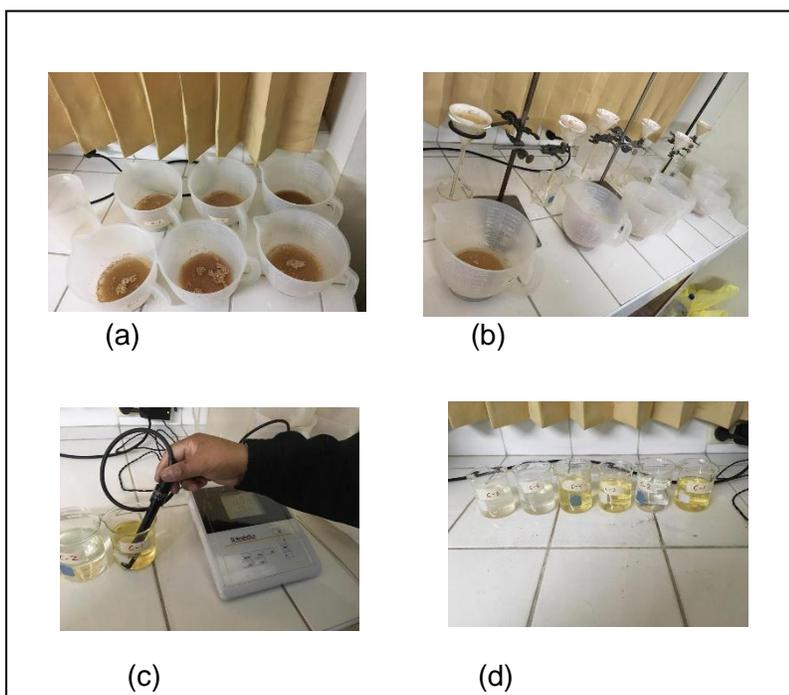


Figura 18-19-20-21: Equipos para determinar la cantidad de SST, Sulfatos y Cloruros - Fuente: Elaboración propia

Descripción del ensayo

El contenido total de sales solubles de un suelo se determina en un extracto acuoso preparado usando una relación suelo – agua de 1:5 para la mezcla. A continuación se menciona el procedimiento a seguir:

Se pesó 100 gr. de la muestra de suelo preparada para el análisis (secada al aire o a no más de 60 °C y pasada por el tamiz N° 10, de 2 mm) en un frasco Erlenmeyer de 500 ml.

Se añadió 300 ml de agua destilada para luego tapar el frasco y ponerlo en agitación mecánica por 1 hora y dejarlo sedimentar o decantar por otra hora.

Al día siguiente se filtró la suspensión del filtro de microfibras de papel de 110 mm de diámetro en el embudo Buchner.

El extracto acuoso correctamente filtrado es la solución del ensayo en el cual se determinó la cantidad de sales solubles totales mediante el aparato especial capaz de determinar las sales, luego se pudo hallar la cantidad de cloruros y sulfatos por medio de cálculos respectivos.

Para la obtención de la cantidad de sales solubles totales se aplicó la siguiente fórmula:

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) \times D}{E} \times 10^6$$

Dónde:

SS : Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)

(m₂-m₁) : Peso del residuo de evaporación, en g

D : Relación de la mezcla suelo: agua ejemplo: si la mezcla es de 1:3; D=3

E : Volumen de extracto acuoso evaporado, m_l

2.3. Definición de términos

- **Angulo de fricción interno**

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad.

- **Asentamiento**

Es la deformación vertical que se da en el suelo debido a estar sometido a cargas verticales.

- **Ataques químicos**

Son aquellos que se presentan en suelos salinos y atacan al elemento que se encuentre en contacto aumentando el potencial del deterioro del elemento,

- **Capacidad Portante**

Es la máxima presión en contacto entre la cimentación y el terreno de forma que no se produzca una falla por cortante del suelo o un asentamiento diferencial.

- **Cimentación**

Es la base de toda edificación la cual se encarga de transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados en este al suelo.

- **Corte Directo**
Consiste en realizar un corte de una muestra del suelo deslizándose desde un lado respecto al otro a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento.
- **Potencial de colapso**
Es el riesgo que existe en una inadecuada edificación al verse sometida a demasiadas cargas, asentamientos, eventos sísmicos, etc.
- **Relación de vacíos**
Es la relación entre el volumen de vacíos y el de sólidos, mientras mayor sea la relación, más suelto será el suelo.
- **Zapatas conectadas**
Son aquellas que se encuentran unidas mediante una viga de cimentación permitiendo una mayor rigidez y soporte de los muros portantes.

Capítulo III: Marco Metodológico

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

En la presente investigación el tipo de investigación que se procede a realizar es una **investigación explicativa**, en donde la obtención de resultados se conoció a partir de ensayos normados según la NTP - E 0.50 Suelos y cimentaciones.

3.1.2. Diseño de investigación

La presente investigación se encuentra bajo la modalidad de **diseño de laboratorio** debido a que los resultados fueron obtenidos en un ambiente creado por el hombre (laboratorio de mecánica de suelos).

En la actualidad los accidentes o catástrofes ocurridas en diferentes países han reafirmado de manera alarmante que no todos los problemas de mecánica de suelos están resueltos.

Actualmente existe la tendencia a descuidar los estudios geotécnicos, lo cual ocasiona grandes dificultades, obligando a hacer modificaciones de último momento en las especificaciones de los proyectos estudiados y en los montos de los costos y plazos de ejecución de obras. La geotecnia utiliza para la investigación de suelos dos técnicas muy importantes, la exploración de campo, los ensayos de laboratorio y ensayos de campo.

La exploración de campo conlleva a definir un programa de trabajo que involucra necesariamente la revisión de información existente, el conocimiento de las necesidades del proyecto, formular hipótesis y también fórmulas para el análisis mecánico de los suelos. Estas fórmulas requieren parámetros que son determinados en los ensayos de laboratorio y de campo los cuales conducen a determinar las propiedades mecánicas del suelo.

La metodología aplicada para la determinación del tipo de suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela fue por medio de los ensayos estándar los cuales permitieron determinar las propiedades físicas y características del tipo de suelo en estudio.

La metodología aplicada para la determinación de la severidad de colapso fue por medio del ensayo especial Potencial de Colapso la cual permitió conocer que tan colapsable es el suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela según la N.T.P. 339.163 – D5333.

La metodología aplicada para la determinación de salinidad del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación El Centinela fue por medio del ensayo de contenido de sales solubles totales según la N.T.P. 339.152.

3.2. Población y/o muestra de estudio

Cuando se habla de un estudio de suelos es imprescindible contar con una exploración de campo ya que de esta manera se puede obtener muestras que serán objeto de estudio para poder determinar las diferentes propiedades de la mecánica del suelo. En todo estudio de mecánica de suelos se deberá tener cuidado en los

diferentes procesos de los ensayos que se llevan a cabo ya sea en laboratorio o en campo ya que algún error que se pueda cometer podría alterar los resultados.

La obtención de muestras se llevó a cabo mediante perforaciones en el suelo conocidas también con el nombre de calicatas o pozos a cielo abierto los cuales fueron un total de 14 perforaciones con profundidad de 3 metros con una sección de 2 m. x 2 m. con la finalidad de conocer sus propiedades mecánicas se tomaron muestras representativas de cada calicata y fueron llevadas a laboratorio para su estudio según (E. Bowles, 1981).

Para la determinación de los puntos de estudio se tomó indicaciones según la Norma E 0.50 Suelos y Cimentaciones donde especifica que la cantidad de perforaciones que se realiza en una zona de urbanización para viviendas es de 3 calicatas por 1 hectárea y la zona de estudio abarca 49 hectáreas lo que haría un total de 147 calicatas, debido a la topografía que se presentó, el total de perforaciones a realizar fueron 14 pero se procedieron a realizar ensayos estándar y especiales solo de 9 de ellas, tal decisión se tomó por la homogeneidad del suelo y por qué la distancia que existía entre las 5 calicatas restantes es que se encontraban en cercanía de las estudiadas, las cuales son:

C-1, C-3, C-5, C-7, C-8, C-9, C-11, C-12 y C-14.

En el anexo 1 se visualiza el perfil estratigráfico típico de la zona de estudio.

3.3. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Determinación del Tipo de Suelo	Determinación de todas las características físicas del suelo que se puedan apreciar, color, tamaño, etc. Así como formaciones de rocas que se puedan presentar en él.	Conocimiento de las características físicas del suelo	Arena Limosa con presencia de partículas menores a 2"
Determinación del Potencial de Colapso	Permite conocer la severidad de colapso del suelo y saber si una edificación podría ser vulnerable.	Conocimiento de las propiedades mecánicas del suelo	No Colapsa Colapso Moderado Colapso Severo Colapso muy severo
Determinación de sales solubles totales	Determinar qué tan salino es el suelo en estudio.	Conocimiento de las propiedades mecánicas del suelo	Despreciable Moderado Severo Muy Severo

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Durante la exploración de campo se planteó el número de calicatas a realizar de acuerdo al área correspondiente de la zona de estudio por lo que se optó por seguir las indicaciones de la (Norma E 0.50 Suelos y Cimentaciones, 2016), teniendo en cuenta lo mencionado en el punto anterior se llegó al estudio de 9 calicatas y lo requerido para poder realizar el estudio de suelos se detalla a continuación:

- 01 Ing. Asesor de Tesis
- 06 Grupos de 5 alumnos de Mecánica de Suelos I
- 02 Peones
- 08 Barretas de acero corrugado de 1"
- 03 Lampas
- 03 Picotas
- 02 Winchas de 5 mts

- 01 Wincha de 50 mts
- 01 Camioneta
- 42 Bolsas herméticas
- 14 Sacos de nylon
- 02 Mamelucos
- 02 Pares de zapatos de seguridad
- 01 Escalera de 3 metros
- 01 Libreta de campo
- 02 Plumones resaltadores de códigos
- 01 Equipo completo de densidad de campo
- 01 Equipo de DPL

Como resultado final del estudio se recolectaron las muestras necesarias para ser sometidas a los ensayos estándar y ensayos especiales tales como corte directo, potencial de colapso, contenido de sales solubles totales – sulfatos y cloruros, mencionar que todas las muestras extraídas correspondían a un mismo estrato ya que se encontraron en su totalidad en un terreno homogéneo.

Todas las muestras se encontraban dentro de un saco de nylon y fueron selladas e identificadas con sus respectivos números de calicatas, así como el material correspondiente al ensayo de contenido de humedad estuvo en bolsas herméticas para que la muestra no fuera afectada.

Para el estudio del problema se tomó en consideración las siguientes variables:

3.5. Procesamiento y análisis de datos

En la presente investigación se realizó ensayos estándar y especiales los cuales fueron clasificados de la siguiente manera estadística.

Unidad Experimental	: Suelo de Piedra Blanca – Asoc. El Centinela
Tratamientos	: Ensayos estándar
Factores fijos	: Normas técnicas correspondientes
Variable de Respuesta	: Propiedades mecánicas del suelo en estudio

Unidad Experimental	: Suelo de Piedra Blanca – Asoc. El Centinela
Tratamientos	: Ensayos especiales
Factores fijos	: Normas técnicas correspondientes
Variable de Respuesta	: Propiedades mecánicas del suelo en estudio

Capítulo IV: Resultados

Una vez concluido de realizar los ensayos se ha procedido a dividirse en dos grupos, los cuales son: ensayos estándar, ensayos especiales en los cuales se llevó a cabo su interpretación y discusión.

4.1. Ensayos estándar

A continuación se hace presente un resumen de los resultados de los ensayos estándar realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, se realizó el estudio de 9 calicatas debido a su homogeneidad y la cercanía existente entre las perforaciones realizadas.

Tabla 5
Resumen de Ensayos Estándar

Calicatas	Profundidad	SUCS	Densidad Natural (gr/cm ³)	Contenido de Humedad (%)	Densidad Mínima (gr/cm ³)	Densidad Máxima Seca (gr/cm ³)	Dr (%)	Relación de vacíos (e)	Limite Líquido	Limite Plástico	Peso Específico (gr/cm ³)	Sales Solubles Totales (PPM)
C-01	3.00	SM	1.68	0.43	1.54	1.87	47.22	0.52	NP	NP	2.55	6880.00
C-03	3.00	SM	1.66	0.48	1.56	1.82	42.17	0.38	NP	NP	2.29	4480.00
C-05	3.00	SM	1.64	0.46	1.56	1.87	29.43	0.41	NP	NP	2.31	7097.60
C-07	3.00	SM	1.61	0.38	1.55	1.86	22.36	0.47	NP	NP	2.38	7097.60
C-08	3.00	SM	1.66	0.52	1.57	1.87	33.80	0.59	NP	NP	2.65	2681.60
C-09	3.00	SM	1.67	0.39	1.56	1.88	38.70	0.33	NP	NP	2.22	4492.80
C-11	3.00	SM	1.68	0.41	1.54	1.90	43.98	0.49	NP	NP	2.51	3520.50
C-12	3.00	SM	1.63	0.41	1.55	1.89	27.28	0.50	NP	NP	2.46	2905.70
C-14	3.00	SM	1.63	0.36	1.56	1.88	25.23	0.50	NP	NP	2.46	4551.70

Fuente: Elaboración Propia

Así como se observó el cuadro resumen de los ensayos estándar se sabe que el suelo es típico, tal y como se detalla en los perfiles estratigráficos de las exploraciones en campo realizadas, se presenta 3 metros de profundidad en el cual se observa presencia de grumos aproximadamente hasta 2" compuesto de arena, limo y sales que según la clasificación SUCS es arena limosa (SM) no plástica.

4.2. Ensayos especiales

Los ensayos especiales que se realizaron fueron: corte directo con 03 especímenes, obteniendo como resultado los siguientes valores máximos:

Tabla 6
Resultados del Ensayo de Corte Directo

Corte Directo en Estado Natural		
Calicatas	\emptyset (°)	C (kg/cm ²)
C-1	21.03	0.020
C-3	21.65	0.023
C-5	21.15	0.019
C-7	21.99	0.020
C-8	20.46	0.026
C-9	20.84	0.028
C-11	21.71	0.017
C-12	20.29	0.012
C-14	21.49	0.031

Fuente: Elaboración propia

El Potencial de Colapso con el equipo de consolidación unidimensional se realizó con 2 muestras como se muestra en la tabla N°11.

Tabla 11
Potencial de Colapso – Muestras

Cuadro de Datos					
Descripción	Densidad natural	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
Muestra I	1.65 gr/cm ³	0.5 kg/cm ²	1 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²	saturación
Muestra II	1.65 gr/cm ³	1 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²	2 kg/cm ²	saturación

Fuente: Elaboración propia

Las muestras fueron remodeladas iniciando el ensayo con muestras de 0.5 kg/cm² a 2 kg/cm² luego siguió los pasos según la Tabla N°11. El potencial de colapso que se obtuvo en los 2 casos fue de 1.84% y 1.65% (véase el Anexo A-11) es decir que según lo indicado en la norma peruana E 0.50 suelos y cimentaciones, la severidad del colapso es catalogado como “colapso moderado” por lo que se deberá tener un especial cuidado en el diseño de cimentación tal y como indica la norma peruana E 0.50 suelos y cimentaciones.

Capítulo V: Discusión

5.1. Análisis de resultados

Propiedades físicas:

En la investigación realizada con respecto a las propiedades físicas se debe mencionar que el tipo de suelo según la clasificación SUCS era de arena limosa en los 9 puntos de estudio, presentando una coloración beige claro y con presencia sus partículas de 0.080 mm.

Se encontró presencia de material cementante que tomó algo de tiempo en conseguir la separación de sus partículas para el desarrollo de diferentes ensayos estándar y que se pudo lograr debido a que existe una baja presencia de cohesión, así mismo mencionar que la adhesión de las partículas no se manifiestan debido a que el suelo no retiene líquidos, esto fue determinado por medio del ensayo de Límite plástico (NTP 339.129 D4318)

En todos los puntos de estudio (calicatas) la coloración era similar (beige claro).

Respecto a su consistencia se observó que en todos los puntos de estudio presentaba consistencia seca debido a que las partículas del suelo no retienen líquidos

La densidad in situ del suelo varía entre ($\gamma = 1.60 \text{ gr/cc} - \gamma = 1.68 \text{ gr/cc}$)

Ensayos estándar:

Los resultados de los ensayos de contenido de humedad rondan de 0.36% a 0.52% lo que indica que no existe mucha humedad en el suelo, el ensayo de peso específico de los sólidos varía entre 2.22 a 2.55 gr/cm² permitiendo conocer que estaba dentro de los valores que se planteaba en un principio de la investigación.

Se observó presencia de grumos con un volumen de 1" a 2" pero no interfirió en ningún momento con la realización de las calicatas.

Se presentó arenas de coloración beige oscuro, así mismo zonas donde la

coloración era un poco más oscura y en algunas ocasiones tendiendo a ser más claras pero todo ello fue solo superficial ya que solo contaba con una capa de hasta 5 cm. y luego los metros restantes eran de una sola coloración (beige oscuro)

Los valores de los ensayos de límite líquido y límite plástico no fueron posible ser hallados debido a que el suelo no tenía presencia de ellos.

Según el ensayo de granulometría se conoció la clasificación del suelo que era arena limosa (SM) en todos los puntos de estudio (9 calicatas) y que el grosor de las partículas era menor a 2", por lo tanto el tipo de suelo arena limosa [SM] corresponde a los antecedentes mencionados en el Capítulo 2 poniendo presente que la hipótesis específica 1 es cierta.

Ensayos especiales:

Tanto los ensayos estándar como los ensayos especiales mantienen una similitud de resultados en las diferentes calicatas esto debido a la homogeneidad del terreno a causa de su textura, poca variación en la cantidad de material encontrado.

Los valores del ángulo de fricción así como la cohesión se mantuvieron en un valor cercano respecto a los puntos de estudio (9 calicatas) permitiendo conocer que la variación de resultados era mínima.

Se hizo el ensayo de corte directo, se tomó 03 muestras por calicata, las cuales fueron sometidas a cargas de 18 kg. , 36 kg. y 54 kg. respectivamente y en los cuales se halló el ángulo de fricción y la cohesión, cabe mencionar que el promedio de los mismos eran de 22° y 0.012 kg/cm², las muestras que se obtuvieron para dicho ensayo fueron alteradas debido a que el suelo era compuesto en su totalidad de arena suelta por lo cual es imposible tomar muestras inalteradas.

El ensayo de potencial de colapso pudo ser determinado tomando 2 muestras representativas del suelo las cuales pasaron por un largo proceso

permitiendo conocer la consolidación máxima de vacíos a una determinada carga en las diferentes muestras permitiendo conocer valores entre 1.643% y 1.857% los cuales están dentro del rango de los antecedentes mencionados en el Capítulo 2

El ensayo de contenido de sales solubles totales corresponde a valores de 0.29% a 0.71% correspondiente a una clasificación de salinidad severa y según los antecedentes los valores obtenidos en la zona de estudio están un poco más elevados de lo mencionado en el Capítulo 2 lo cual conlleva a tener presente este incremento de salinidad cuando se lleve a cabo la cimentación de alguna obra civil.

Conclusiones

1. Las propiedades físicas del suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela son:

De acuerdo a su textura: Está compuesto por granos de arena suelta con presencia de material cementante que varía mayormente entre 1" a 2"

De acuerdo a su estructura: Presenta una estructura débil a causa de la baja cohesión existente

De acuerdo a su color: El color varía al contenido de humedad y el suelo al presentar un bajo contenido de humedad presenta una coloración beige clara.

De acuerdo a su porosidad: Presenta macro poros debido a que permite un rápido pasaje del agua ya que tienen una baja capacidad de retenerla.

De acuerdo a su consistencia: Presenta una consistencia seca debido a que no hay una adhesión entre sus partículas y así mismo no retiene líquidos.

2. El severidad de colapso del suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela obtenidos del ensayo de Potencial de Colapso en el laboratorio de suelos son: Muestra 1 = 1.857% y muestra 2 = 1.643% las cuales determinaron un colapso moderado.

3. Las cantidades de sales solubles totales en el suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela son: C-1= 0.69%, C-3= 0.45%, C-5= 0.71%, C-7= 0.71%, C-8= 0.27%, C-9= 0.45%, C-11= 0.35%, C-12= 0.29% y C-14= 0.46%

Recomendaciones

1. Para la determinación de las propiedades físicas del suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela se recomienda :

Realizar el ensayo de permeabilidad in situ NTP 339.147 – D2434 que permitirá conocer que tan permeable es el suelo y que tiempo demora el transporte de líquidos.

2. Para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela se recomienda :

Realizar el ensayo Compresión Triaxial NTP 339.164 – D2850

Realizar ensayos in situ tales como Prueba de carga en placa NTP 339.153 – ASTM D1194, así como el Ensayo de penetración estándar ASTM D1586.

3. Para la recomendación de una cimentación del suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela se recomienda :

Realizar un ejemplo en el que el suelo soporta cargas reales y así mismo realizar el cálculo estructural del mismo mediante algún software.

Referencias bibliográficas

- 1 ALVA HURTADO, Diseño de cimentaciones superficiales
- 2 BADILLO y RODRIGUEZ, Mecánica de suelos tomo I y Tomo II. (1985)
- 3 BRAJA M. DAS, Cimentaciones. (2001) Editorial THOMSON (Física).
- 4 CRESPO V., Mecánica de suelos y cimentaciones. (2004) Editorial Limusa. (Física).
- 5 SILVA A. y BERRIOS M., “Estudio de suelos para cimentaciones en edificaciones del cono norte de la Ciudad de Tacna” Tesis. Tacna-Perú. (Física)
- 6 CIUDADES SOSTENIBLES 2002 (Virtual), Instituto Nacional de Defensa Civil y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- 7 JOSEP E. BOWLES, Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil
- 8 ALFONSO FLORES MELLO, Determinación del potencial de colapso del suelo del Puesto de Salud Intiorko, distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna,2004)
- 9 GRISALES SIMBASICA JAMES 2014, Propiedades físicas de los suelos

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento de problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Indicador	Método
¿Cuál es el tipo de suelo en la zona de Piedra Blanca - Asociación Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna?	El suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación Centinela, corresponde a una clasificación de suelos [SM] con partículas menores a 2”.	Determinación del tipo de suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna	Propiedades físicas	Densidad In Situ Peso Específico Limites de Atterberg Densidad Relativa Granulometría	Exploración en campo y ensayos de laboratorio de suelos
¿Cuál es la severidad de colapso del suelo de Piedra Blanca – Asociación Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna?	El potencial de colapso del suelo de Piedra Blanca – Asociación Centinela, es 1.5% a 15% (moderado – muy severo).	Determinación del potencial de colapso del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna.	Propiedades Mecánicas	Potencial de Colapso	Ensayos Especiales
¿Cuál es la cantidad de sales solubles totales en el suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación Centinela, distrito de Calana, departamento de Tacna?	La cantidad de sales solubles totales del suelo de Piedra Blanca – Asociación Centinela es de 0.0642% a 0.242%.	Determinar de la cantidad de sales solubles totales del suelo de la zona de Piedra Blanca – Asociación Centinela distrito de Calana, departamento de Tacna.	Propiedades Mecánicas	Cantidad de Sales solubles totales	Ensayos Especiales