



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS
INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN
CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN
EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDUARDO CALLA APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS
INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN
CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN
EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDUARDO CALLA APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
PRIMER MIEMBRO	:	 Dr. LEONEL SUAÑACA PELINCO
SEGUNDO MIEMBRO	:	 Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
ASESOR DE TESIS	:	 Dr. ARNALDO YANA TORRES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 136-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- 002730 presentado por el (la) Bachiller: **EDUARDO CALLA APAZA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **EDUARDO CALLA APAZA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **EDUARDO CALLA APAZA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 03 de abril del 2025
- * **HORA** : 10:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Mgtr. WALTER J. LIZARRAGA ARRIAZA
DECANO (e)
CIP. 70809



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc-
Archivo
Intermediario (A)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1729-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 14811 por el señor (a): EDUARDO CALLA APAZA quien solicita REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis), el PROVEIDO - N° 1486 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 329 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): EDUARDO CALLA APAZA, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 329 - 2024 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024, Correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS), para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, presentado por el señor (a): EDUARDO CALLA APAZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como ASESOR DE INVESTIGACIÓN al (a) la), Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS Dr. MILTHON QUISPE HUANCA DECANO CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS Dr. Efraín Palillo Posca DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1456-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 013482, presentado el señor (a) **EDUARDO CALLA APAZA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1300 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 362 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **EDUARDO CALLA APAZA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 362 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área ó grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **EDUARDO CALLA APAZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Partijo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%




Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	EDUARDO CALLA APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73743832
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-3588-3630
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1AL-0womvrv0OotDF5fofXIZvA_rGeF0&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2024 - Marzo 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
[Signature]
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EDUARDO CALLA APAZA, identificado con DNI Nro. 73743832, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 23 de abril del 2025


Firma del Asesor (obligatoria)


Firma del Estudiante (obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar con este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados de mi vida, a mis padres Maximo y Fernanda por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes eh logrado llegar hasta aquí, a mi querido hermano Redeer por su apoyo moral para que culmine mi carrera profesional y sea el orgullo de ellos.



AGRADECIMIENTO

Me gustaría expresar con estas palabras mi más profundo agradecimiento a toda aquella persona que con su ayuda hizo posible la realización del presente trabajo. A mi familia, por su apoyo incondicional, su confianza y por ser mi principal fuente de fortaleza y motivación. A mis Jurados, mi Asesor de Tesis, por la orientación y seguimiento han sido pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

Mi gratitud se extiende de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, bastión de excelencia académica que ha fomentado el desarrollo de un espíritu crítico esencial para el análisis de los desafíos



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	13
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	16
1.4.1 Justificación técnica.....	16
1.4.2 Justificación económica.....	17
1.4.3 Justificación social.....	18
1.4.4 Justificación ambiental.....	18
1.5 Hipótesis de la investigación.....	19
1.5.1 Hipótesis general.....	19
1.5.2 Hipótesis específicas.....	20
1.6 Variables.....	20



1.6.1	Variable de caracterización.....	20
1.6.2	Variable de interés.....	20
1.7	Operacionalización de variables.....	21

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	22
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	24
2.1.3	Antecedentes regionales	27
2.2	Bases teóricas.....	29
2.2.1	Esfuerzo de preconsolidación.....	29
2.2.2	Asentamiento en cimentaciones	32
2.2.3	El suelo.....	34
2.2.4	Agua en el suelo.....	41
2.2.5	Cimentaciones.....	48
2.2.6	Capacidad de carga admisible.....	53
2.3	Marco conceptual	56

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación	58
3.2	Métodos de la investigación	59
3.3	Nivel y tipo de investigación	60
3.3.1	Tipo de la investigación	60
3.3.2	Nivel de la investigación	60
3.3.3	Enfoque de la investigación	60
3.4	Población y muestra de la investigación	61
3.4.1	Población.....	61
3.4.2	Muestra	61



3.5	Técnicas e instrumentos.....	63
3.5.1	Técnicas.....	63
3.5.2	Instrumentos.....	63
3.6	Validación y confiabilidad del instrumento	64
3.6.1	Validación de los instrumentos	64
3.6.2	Confiabilidad de instrumentos.....	64
3.7	Procedimiento de recolección de datos	64
3.7.1	Ensayos en laboratorio	64
3.8	Procesamiento y análisis de datos	69

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	70
4.1.1	Características de los suelos de fundación en el sector Chilla.....	71
4.1.2	Esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación en el sector Chilla	84
4.1.3	Tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación en el sector Chilla	105
4.2	Discusión de resultados	111
CONCLUSIONES.....		114
RECOMENDACIONES.....		116
BIBLIOGRAFÍA.....		117
ANEXOS		122



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 21

Tabla 2 Asentamiento para arcillas preconsolidadas y arcillas comúnmente consolidadas 68

Tabla 3 Hundimientos tolerables 68

Tabla 4 Humedades encontradas..... 72

Tabla 5 Limites encontrados..... 73

Tabla 6 Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m..... 74

Tabla 7 Grabación en la profundidad (0.90-1.60) m..... 75

Tabla 8 Grabación en la profundidad (1.60-2.00) m..... 76

Tabla 9 Clasificación se suelo en la Avenida Tintaya 77

Tabla 10 Humedades encontradas..... 78

Tabla 11 Limites encontrados..... 79

Tabla 12 Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m..... 80

Tabla 13 Grabación en la profundidad (0.90-1.70) m..... 81

Tabla 14 Grabación en la profundidad (1.70-2.00) m..... 82

Tabla 15 Clasificación se suelo en la Avenida Marañón 83

Tabla 16 Datos de la muestra..... 84

Tabla 17 Hallazgo de humedad 84

Tabla 18 Datos para el esfuerzo de preconsolidación 84

Tabla 19 Cargas y tiempos sometidos de las muestras a 24hrs 85

Tabla 20 Descargas y tiempos sometidos de las muestras a 1hr 85

Tabla 21 Cálculos de los esfuerzos 88

Tabla 22 Cálculo de densidad 90

Tabla 23 Cálculos..... 92

Tabla 24 Datos de la muestra..... 94

Tabla 25 Hallazgo de humedad 94



Tabla 26	Datos para el esfuerzo de preconsolidación	95
Tabla 27	Cargas y tiempos sometidos de las muestras a 24hrs	95
Tabla 28	Descargas y tiempos sometidos de las muestras a 1hr	96
Tabla 29	Calculo de esfuerzo	99
Tabla 30	Calculo de esfuerzo	101
Tabla 31	Cálculo de esfuerzo	103
Tabla 32	Tiempo de hundimiento	107
Tabla 33	Tiempo de hundimiento	110



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pozos de observación 44

Figura 2 Piezómetro..... 45

Figura 3 Muestra 62

Figura 4 Perfil geotécnico de la muestra DPL N°1 71

Figura 5 Humedades encontradas 72

Figura 6 Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m 74

Figura 7 Grabación en la profundidad (0.90-1.60) m 75

Figura 8 Grabación en la profundidad (1.60-2.00) m 76

Figura 9 Perfil geotécnico de la muestra DPL N°2 77

Figura 10 Humedades encontradas 78

Figura 11 Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m 80

Figura 12 Grabación en la profundidad (0.90-1.70) m 81

Figura 13 Grabación en la profundidad (1.70-2.00) m 82

Figura 14 Esfuerzo efectivo en los puntos a, b, c y d 86

Figura 15 Consolidación unidimensional 89

Figura 16 Cálculo de hundimientos 90

Figura 17 Esfuerzos efectivos en los puntos a, b, c y d 97

Figura 18 Consolidación unidimensional 100

Figura 19 Cálculo de hundimiento 101

Figura 20 Relación entre el factor tiempo y el grado consolidación 108

Figura 21 Relación entre el factor tiempo y el grado consolidación 110



RESUMEN

En el presente estudio titulado "Evaluación del esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca 2024", se investigó el comportamiento de los suelos de fundación en términos de su esfuerzo de preconsolidación y su capacidad para soportar asentamientos. Este trabajo empleó una metodología no experimental con un nivel descriptivo, orientado a evaluar las propiedades mecánicas y de consolidación de los suelos. Los resultados obtenidos muestran que, en el sector Chilla de Juliaca, los suelos de la Avenida Tintaya presentan alta plasticidad en las capas superficiales, con un (IP) de 20.69% y (LL) de 44.16%. A medida que se profundiza, la plasticidad disminuye, y el suelo se clasifica como CL (suelo limoso o arcilloso de baja plasticidad). Por otro lado, los suelos de la Avenida Marañón tienen una plasticidad más baja, con un LL de 41.33% y un IP de 15.89% en las capas superficiales, disminuyendo a un LL de 16.12% en las capas profundas, donde no se detectaron valores de LP o IP. En cuanto al esfuerzo de preconsolidación, los suelos en ambas avenidas muestran un estado de consolidación normal, con un esfuerzo de preconsolidación de 0.36 kg/cm² y un índice de compresión (Cc) de 0.296 en la Avenida Tintaya, y un esfuerzo de 0.34 kg/cm² en la Avenida Marañón. El hundimiento observado fue de 2 cm en la calicata de la Avenida Tintaya, dentro de los límites tolerables, y de 2.1 cm en la de la Avenida Marañón. Finalmente, los tiempos de asentamiento estimados indican que, en la Avenida Tintaya, es aproximadamente 3 meses y 4 días, mientras que, en la Avenida Marañón, este tiempo se reduce a 1 mes y 14 días, lo que refleja un asentamiento relativamente rápido debido a las condiciones de drenaje limitadas.

Palabras Clave: Esfuerzo de preconsolidación, Asentamientos en cimentaciones, Suelos de fundación y Consolidación de suelos.



ABSTRACT

In the present study entitled "Evaluation of the preconsolidation stress in unstable soils for the calculation of settlements in foundations of self-built houses in the Chilla sector of the city of Juliaca 2024", the behavior of foundation soils was investigated in terms of their preconsolidation stress and their capacity to support settlements. This work employed a non-experimental methodology with a descriptive level, aimed at evaluating the mechanical and consolidation properties of the soils. The results obtained show that, in the Chilla sector of Juliaca, the soils of Avenida Tintaya have high plasticity in the surface layers, with a (IP) of 20.69% and (LL) of 44.16%. As one goes deeper, plasticity decreases, and the soil is classified as CL (low plasticity silty or clayey soil). On the other hand, the soils of Avenida Marañón have a lower plasticity, with an LL of 41.33% and an IP of 15.89% in the superficial layers, decreasing to an LL of 16.12% in the deep layers, where no LP or IP values were detected. Regarding the preconsolidation stress, the soils in both avenues show a normal consolidation state, with a preconsolidation stress of 0.36 kg/cm² and a compression index (Cc) of 0.296 in Avenida Tintaya, and a stress of 0.34 kg/cm² in Avenida Marañón. The observed subsidence was 2 cm in the Tintaya Avenue test pit, within tolerable limits, and 2.1 cm in the Marañón Avenue test pit. Finally, the estimated settlement times indicate that, in Avenida Tintaya, it is approximately 3 months and 4 days, while in Avenida Marañón, this time is reduced to 1 month and 14 days, which reflects a relatively fast settlement due to the limited drainage conditions.

Keywords: Preconsolidation stress, Foundation settlement, Foundation soils and Soil consolidation.



INTRODUCCIÓN

La calidad y estabilidad de las cimentaciones de las viviendas son fundamentales para garantizar la seguridad estructural y la habitabilidad a largo plazo. En muchas regiones del mundo, y especialmente en áreas en desarrollo, es común que las viviendas se construyan de manera autoconstruida, es decir, sin la participación directa de profesionales de la ingeniería civil. Este tipo de construcciones, aunque representan una solución rápida y económica ante la necesidad de vivienda, a menudo se enfrentan a serios problemas relacionados con la estabilidad de los suelos sobre los cuales se erigen. En particular, los suelos inestables, aquellos que presentan baja resistencia a la compresión o que están sujetos a procesos de consolidación a lo largo del tiempo, representan un reto significativo para las cimentaciones, ya que pueden generar asentamientos indeseados y potencialmente peligrosos.

La ciudad de Juliaca, ubicada en la región sur de Perú, es un ejemplo de urbanización acelerada sobre terrenos cuya estabilidad geotécnica es variable. El sector Chilla, una de las áreas con un rápido crecimiento residencial, enfrenta problemas recurrentes relacionados con suelos de baja capacidad portante y su tendencia a sufrir asentamientos a lo largo del tiempo. Esta situación es especialmente grave en el caso de las viviendas autoconstruidas, donde los métodos de cimentación utilizados no siempre están diseñados para soportar los esfuerzos generados por los suelos inestables, lo que aumenta el riesgo de fallos estructurales.

El esfuerzo de preconsolidación es un parámetro crucial en la ingeniería geotécnica para evaluar el comportamiento de los suelos bajo cargas y prever posibles asentamientos. Este esfuerzo representa la carga máxima que un suelo puede soportar sin sufrir consolidación adicional, lo que es esencial para el cálculo de los asentamientos esperados bajo la acción de las cargas de las cimentaciones. Dada la relevancia de este factor, la



evaluación del esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables es una herramienta fundamental para diseñar cimentaciones adecuadas que eviten fallos estructurales en las viviendas de la región.

Esta investigación es de vital importancia, ya que proporcionará herramientas para mejorar la calidad de las cimentaciones de viviendas en un sector vulnerable a los riesgos derivados de suelos inestables. Además, contribuirá a la mejora de las prácticas de construcción en áreas urbanas en desarrollo, promoviendo la seguridad y el bienestar de los habitantes.

Capítulo I: Se establecen las bases de la investigación, definiendo variables, objetivos y justificación del estudio. También se presentan las hipótesis de trabajo.

Capítulo II: Se construye el marco teórico, analizando estudios previos y destacando las lagunas de conocimiento que la investigación abordará.

Capítulo III: Se detallan los métodos y procedimientos utilizados, incluyendo la selección de muestras y la estrategia metodológica para la recolección y análisis de datos.

Capítulo IV: Se presentan y analizan los resultados, organizados en tablas y gráficos, y se comparan con hallazgos previos.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel mundial, los problemas asociados con la estabilidad de los suelos y los asentamientos de las cimentaciones son una preocupación constante en el ámbito de la ingeniería geotécnica. En particular, en regiones con suelos inestables, como aquellos compuestos por arcillas expansivas o suelos saturados, el comportamiento de estos terrenos bajo cargas estructurales puede ser impredecible y generar riesgos para la infraestructura construida. Los asentamientos excesivos son una de las principales causas de fallos estructurales en edificaciones, especialmente en viviendas y edificaciones de bajo costo. Este fenómeno es común en muchas ciudades en desarrollo, donde el rápido crecimiento urbano se enfrenta a una falta de planificación adecuada y un diagnóstico geotécnico insuficiente. Un claro ejemplo de la magnitud de este problema es el caso de países de África y Asia, donde los asentamientos debido a suelos inestables han ocasionado daños significativos a viviendas y otras infraestructuras. En países como India, Nigeria y Sudáfrica, se han reportado múltiples incidentes donde los asentamientos del terreno han comprometido la estabilidad de viviendas de bajo costo construidas sobre terrenos con suelos altamente plásticos y compresibles. A pesar de los avances en la



tecnología geotécnica, muchos de estos problemas persisten debido a la falta de estudios adecuados y el desconocimiento de las técnicas de prevención y corrección de estos defectos en las cimentaciones.

Perú enfrenta desafíos importantes relacionados con la urbanización acelerada en áreas rurales y periurbanas, especialmente en regiones con terrenos de baja calidad geotécnica. El rápido crecimiento de la población en ciudades como Juliaca, ubicada en el altiplano peruano, ha llevado a una expansión desordenada y sin planificación adecuada, especialmente en sectores de autoconstrucción. Este fenómeno se intensifica por la carencia de estudios de suelo previos a la edificación y la falta de normativas locales que regulen las prácticas de construcción en terrenos con características inestables. El Perú es un país con una gran diversidad geotécnica, lo que implica que diferentes regiones tienen problemas específicos relacionados con la calidad de los suelos. En áreas como los Andes y el altiplano, los suelos tienden a ser inestables debido a la presencia de arcillas expansivas y suelos saturados, los cuales, al no ser tratados adecuadamente en términos de diseño estructural, pueden provocar asentamientos que afectan la seguridad de las construcciones. El estudio de estos suelos es crucial, ya que las viviendas de autoconstrucción son una parte significativa del mercado de la vivienda, y muchas de estas viviendas no cuentan con las condiciones óptimas para resistir los esfuerzos de consolidación del terreno.

A nivel local, el sector Chilla en la ciudad de Juliaca, en la región de Puno, presenta características geotécnicas que agravan el problema de los asentamientos de las cimentaciones. Esta zona ha experimentado un crecimiento urbano desmesurado en los últimos años, con la construcción de viviendas de autoconstrucción que no siempre cuentan con el asesoramiento adecuado de profesionales en ingeniería civil. Los terrenos en esta área están compuestos por suelos inestables, principalmente arcillas de alta plasticidad, que no tienen la capacidad de soportar cargas estructurales sin sufrir importantes asentamientos.

La ciudad de Juliaca se encuentra a gran altitud, lo que implica condiciones climáticas extremas que contribuyen a la alteración de los suelos, especialmente en lo que respecta a la expansión y contracción de arcillas. La falta de estudios geotécnicos previos y el uso de técnicas de cimentación inadecuadas agravan los riesgos de fallos estructurales, lo que pone en peligro la seguridad de las viviendas autoconstruidas y, por ende, la seguridad de sus habitantes.

En particular, el sector Chilla presenta una alta densidad poblacional de viviendas de autoconstrucción, muchas de ellas construidas sin un adecuado análisis del tipo de suelo en el que se asientan. Esto provoca que las viviendas sufran asentamientos que pueden llegar a ser significativos, lo que no solo compromete la seguridad de la edificación, sino que también incrementa los costos de mantenimiento y genera un malestar social debido a la falta de confianza en las condiciones de habitabilidad. Además, la falta de políticas públicas eficaces que regulen la construcción en estas áreas y la ausencia de estudios geotécnicos adecuados en las fases iniciales de las obras agravan aún más el problema.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca 2024?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca?

- b. ¿Cuál es el esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca?
- c. ¿Cuál es el tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar las propiedades de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca.
- b. Determinar el esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca.
- c. Estimar el tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La justificación técnica de esta investigación radica en la necesidad de desarrollar soluciones geotécnicas adecuadas para abordar el comportamiento de los suelos inestables en zonas de autoconstrucción. El estudio del esfuerzo de preconsolidación en suelos de baja capacidad portante permite una comprensión más profunda de los mecanismos de asentamiento que afectan las cimentaciones de viviendas, un aspecto

esencial para mejorar el diseño y la seguridad estructural. Sin una evaluación adecuada de los esfuerzos de preconsolidación y el cálculo preciso de los asentamientos, el diseño de cimentaciones se realiza sin los criterios técnicos necesarios para garantizar la estabilidad a largo plazo de las estructuras.

Este estudio permitirá aplicar métodos geotécnicos avanzados que no solo mejorarán la seguridad de las edificaciones, sino que también proporcionarán información crucial para el diseño de cimentaciones más eficientes y resistentes, adaptadas a las condiciones específicas de los suelos en esta región.

Además, el uso de la tecnología y de herramientas geotécnicas de vanguardia contribuirá al desarrollo de una metodología técnica replicable que podría ser aplicada en otras zonas de Perú con características geológicas similares.

1.4.2 Justificación económica

Desde una justificación económica, este estudio es esencial para la optimización de recursos en la construcción de viviendas en áreas urbanas de expansión rápida como el sector Chilla. La construcción de cimentaciones inadecuadas debido a la falta de estudios previos sobre el comportamiento de los suelos genera un alto costo económico debido a la necesidad de reparaciones y refuerzos estructurales a lo largo del tiempo. Los asentamientos excesivos pueden afectar la funcionalidad de las viviendas y hacer que los propietarios enfrenten gastos adicionales para estabilizar sus estructuras.

Si se implementan diseños de cimentaciones más adecuados y se considera el esfuerzo de preconsolidación en las fases iniciales del proyecto, se podrían reducir significativamente los costos de reparación y mantenimiento a largo plazo, además de mejorar la eficiencia en el uso de los materiales. Al garantizar cimentaciones que respondan adecuadamente a las condiciones del terreno, el costo de construcción inicial puede ser más alto, pero las economías a largo plazo derivadas de una menor necesidad de intervención en la infraestructura serán considerables.

Adicionalmente, el conocimiento generado por esta investigación podría ser utilizado para implementar soluciones más económicas y sostenibles para la construcción de viviendas de bajo costo, evitando pérdidas económicas asociadas a fallos estructurales y fortaleciendo el desarrollo de la infraestructura urbana en zonas vulnerables.

1.4.3 Justificación social

La justificación social de esta investigación se fundamenta en la necesidad de mejorar las condiciones de vida de los habitantes del sector Chilla y otras áreas similares. Las viviendas de autoconstrucción son una forma de respuesta a la creciente demanda de viviendas, pero su falta de adecuación técnica puede generar graves riesgos para la seguridad de las personas. El estudio del esfuerzo de preconsolidación y el cálculo de los asentamientos de los suelos permitirá diseñar viviendas más seguras y resistentes, lo que tendrá un impacto directo en el bienestar de los habitantes.

Al mejorar la calidad de las cimentaciones, se reducirá el riesgo de asentamientos excesivos que podrían poner en peligro la estabilidad estructural de las viviendas, mejorando la seguridad de las familias. Esta investigación contribuirá a disminuir la vulnerabilidad de las viviendas ante movimientos del terreno, garantizando una mayor durabilidad y confort para los residentes.

Además, se promoverá la sensibilización sobre la importancia de realizar estudios geotécnicos previos a la construcción, fomentando una cultura de prevención de riesgos en la comunidad. Las personas podrán tomar decisiones más informadas en cuanto al diseño y la construcción de sus viviendas, y se podría generar una mayor colaboración entre las autoridades locales y los ciudadanos en la mejora de las condiciones de vida..

1.4.4 Justificación ambiental

Desde una justificación ambiental, este estudio tiene un impacto positivo al promover la construcción responsable y la utilización adecuada del suelo. En el sector

Chilla, el uso de suelos inestables no evaluados correctamente puede llevar a la degradación del terreno y a la alteración de sus características, lo que genera no solo problemas para las estructuras, sino también para el equilibrio ecológico local.

La aplicación de un enfoque técnico para la evaluación del esfuerzo de preconsolidación y los asentamientos no solo permitirá la mejora de la seguridad estructural, sino que también evitará intervenciones destructivas en el terreno que podrían resultar en problemas ambientales adicionales, como la erosión o la contaminación del agua subterránea. Al diseñar cimentaciones que respeten las características geotécnicas del lugar, se reducirán las modificaciones del suelo, promoviendo prácticas constructivas más sostenibles y adaptadas al entorno local.

A largo plazo, un manejo adecuado de los recursos geotécnicos contribuirá a la preservación de los ecosistemas locales, evitando que las actividades de construcción afecten el ciclo natural de los suelos. Además, al reducir la necesidad de intervención constante en las viviendas, se minimizarán las alteraciones al paisaje y a la infraestructura urbana, promoviendo un desarrollo más sostenible y armónico con el medio ambiente.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 *Hipótesis general*

El esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca 2024, resultará inadecuado puesto que los suelos presentan un IP malo lo que indica que tiene un grado de expansión media ($IP = 10\%-35\%$).



1.5.2 *Hipótesis específicas*

- a. Las propiedades de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca, presentaran suelos con plasticidad alta entre 10% - 35% lo que indica que es fases de saturación estos mariales son arcillas normalmente preconsolidadas.
- b. El esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca, estará por debajo de la especificación de consolidaciones (0.35 kg/cm² - 0.50 kg/cm²) según la curva de compresibilidad.
- c. El tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca, resultada a corto plazo (0 - 5 años) debido al alto nivel freático de la zona.

1.6 Variables

1.6.1 *Variable de caracterización*

- Evaluación de suelos inestables: La evaluación de suelos inestables es el proceso técnico y científico mediante el cual se estudian las características físicas, mecánicas y geotécnicas de un terreno para determinar su capacidad para soportar estructuras de construcción.

1.6.2 *Variable de interés*

- Esfuerzo de preconsolidación: El esfuerzo de preconsolidación es la máxima presión histórica que un suelo ha experimentado antes de ser sometido a una carga adicional, lo que define su capacidad para resistir compresión sin deformarse significativamente.
- Asentamientos en las cimentaciones: Los asentamientos son los desplazamientos verticales que sufre el terreno bajo la carga de las cimentaciones, causados por la compresión del suelo en función del esfuerzo de preconsolidación y las cargas aplicadas.



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INST. DE MEDICIÓN
<p>V. Caracterización</p> <p>Evaluación de suelos inestables</p>	<p>La evaluación de suelos inestables es el proceso técnico y científico mediante el cual se estudian las características físicas, mecánicas y geotécnicas de un terreno para determinar su capacidad para soportar estructuras de construcción.</p>	<p>Propiedades del suelo</p>	<p>Gradación del material, límites y DPL</p>	<p>Instrumentos y equipos de laboratorio.</p>
<p>V. Interés</p> <p>Esfuerzo de preconsolidación</p> <p>Asentamientos en las cimentaciones</p>	<p>El esfuerzo de preconsolidación es la máxima presión histórica que un suelo ha experimentado antes de ser sometido a una carga adicional, lo que define su capacidad para resistir compresión sin deformarse significativamente. Los asentamientos son los desplazamientos verticales que sufre el terreno bajo la carga de las cimentaciones, causados por la compresión del suelo en función del esfuerzo de preconsolidación y las cargas aplicadas.</p>	<p>Mecánica de suelos</p>	<p>Características de suelos, valor de esfuerzo de preconsolidación</p> <p>Valor de asentamiento (en cm o mm)</p>	<p>Instrumentos y equipos de laboratorio.</p> <p>Instrumentos y equipos de laboratorio.</p>



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Suarez, (2019) en su estudio "Modelación física de la capacidad portante de cimentaciones superficiales considerando el efecto del clima", realizó una revisión de los métodos que se utilizan para determinar los parámetros de succión y resistencia al corte en condiciones parcialmente saturadas. A continuación, se realizó una modelación física de la capacidad portante de una cimentación somera en suelo bogotano bajo varios grados de saturación. El propósito de este estudio fue establecer una correlación entre los resultados obtenidos de los ensayos a escala reducida y los parámetros de resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción interna) que se obtuvieron de ensayos de corte directo realizados en suelo natural blando. Se determinó que los modelos tenían unos niveles de humedad del 49%, 27% y 23% respectivamente. Posteriormente, se repitió el método con muestras reconstituidas del mismo suelo. Esta vez, se crearon modelos físicos para muestras compactadas con distintos niveles de contenido de humedad, concretamente 34%, 28% y 24%. Los resultados obtenidos en los ensayos a escala reducida mostraron un aumento significativo de la capacidad portante a medida que disminuía el contenido de humedad del suelo. Este efecto puede explicarse adecuadamente al considerar la succión



como una variable clave para describir el comportamiento de los suelos parcialmente saturados. Los resultados indicaron que el comportamiento hidromecánico de los suelos y su capacidad de retención de agua están fuertemente influenciados por la macroestructura en la zona de desaturación, lo que llevó a obtener resultados significativamente distintos para los dos tipos de suelo estudiados. En cuanto a las formulaciones teóricas, se determinó que aquella que utiliza la resistencia al corte no drenado obtenido mediante el ensayo de compresión inconfiada describe de manera más precisa la capacidad portante del suelo. Sin embargo, se identificó que los cambios internos en la presión de poros y en la succión matricial durante la etapa de carga no pueden ser medidos de forma directa, lo que introduce una incertidumbre sobre los cambios en la succión durante los ensayos. Esta incertidumbre en la succión matricial afecta, a su vez, los resultados de capacidad portante, aunque se sugiere que podría aplicarse un factor de reducción para mejorar la aproximación.

Según Almeida y Vargas, (2020) en su investigación titulada "Comparación de la capacidad portante de pilotes fundidos In Situ, utilizando pruebas de carga y metodologías de cálculo basados en los ensayos de SPT y CPT.", tiene como objetivo comparar diversas metodologías de cálculo y determinar cuál de ellas se ajusta mejor a los resultados de la prueba de carga realizada en pilotes, utilizando la norma ASTM D1143-8. Cabe señalar que todos los ensayos fueron realizados bajo la supervisión y participación activa de los autores de este artículo. Los resultados obtenidos sugieren que la técnica SPT de Meyerhof y Meyerhof es el método de cálculo que mejor se ajusta a los resultados de la carga de fallo que se determinó a partir de las pruebas de carga para los pilotes excavados y fundidos in situ. Este método presentaba una tasa de error que oscilaba entre el 6% y el 35%. En cambio, el método Meyerhof utiliza un valor del 80 % del ángulo de fricción, lo que resulta en valores de capacidad por fuste menores que en los métodos FHWA y API. En cuanto a la capacidad por punta, los métodos API tienden a dar valores más altos, mientras que los métodos FHWA y Meyerhof presentan valores más bajos. Esto se debe a que en

los métodos FHWA y Meyerhof se impone un valor límite de 3 MPa para la capacidad de punta, mientras que en el método API se puede alcanzar hasta 12 MPa. En los suelos cohesivos, la capacidad por fuste tiende a ser mayor en los métodos FHWA y API, y menor en el método Meyerhof. Esto se explica porque el parámetro de adherencia (α), que influye en la capacidad de fricción en suelos cohesivos, es más alto en el método FHWA, seguido del API, y en menor medida en Meyerhof. En suelos de consistencia firme a dura, la mayor adherencia observada en el método FHWA resulta en una mayor capacidad por fuste. En los suelos cohesivos, la capacidad por punta es prácticamente idéntica entre los tres métodos estudiados, ya que esta capacidad se calcula a partir del producto del factor de capacidad de carga de punta ($N'q$) y la cohesión no drenada en la profundidad a la que se ubica la punta del pilote, siendo este valor constante en todos los métodos. En conclusión, los métodos FHWA y API tienden a proporcionar estimaciones más conservadoras para la capacidad por fuste, mientras que el método Meyerhof tiende a subestimar estos valores, especialmente en suelos cohesivos. Sin embargo, la capacidad de punta en suelos cohesivos no muestra diferencias significativas entre los métodos, debido a que este parámetro depende principalmente de la cohesión no drenada y el factor de capacidad de carga de punta, que es similar en todos los métodos analizados.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Maza y Valentin, (2022) en su investigación titulada "Zonificación de la capacidad portante de los suelos del caserío de Punyan, Yungay – 2021", tienen como propósito general establecer la zonificación de la capacidad portante de los suelos del caserío de Punyan, ubicado dentro del distrito de Yungay. Una técnica aplicada, no experimental, transeccional y descriptiva con un enfoque cuantitativo se mostró como la estrategia más adecuada. A lo largo del proceso de desarrollo de la investigación se construyeron seis pozos de sondeo en el caserío de Punyan. Estos pozos de ensayo se utilizaron para obtener la clasificación de los suelos según el sistema SUCS, que dio como resultado la clasificación de los suelos como SM (arena limosa). Además, según el sistema



AASHTO, los suelos se clasificaron como tipo A1. Además, se realizaron pruebas de cizallamiento directo para determinar las propiedades geotécnicas de las muestras, que incluían la cohesividad y el ángulo de fricción. La mayoría de los pozos de prueba presentaban una cohesión insignificante, con la excepción del pozo de prueba 5, en el que se registró un valor de cohesión de 0,10 kg/cm². Por otra parte, el ángulo de fricción de las muestras osciló entre 25,1 y 26 grados, lo que permitió determinar que la capacidad portante del suelo del caserío de Punyan fluctuaba entre 1,66 y 1,77 kilogramos por centímetro cuadrado. Como consecuencia de estos hallazgos, se zonificó la capacidad portante de la región investigada. Se encontraron dos zonas, cada una con un rango distinto de capacidad portante: la zona 1, que tenía una capacidad portante que oscilaba entre 1,71 y 1,74 kg/cm², y la zona 2, que tenía una capacidad portante que oscilaba entre 1,66 y 1,69 kg/cm². Ambas zonas corresponden a suelos con una capacidad media para soportar peso. Estas zonas se distinguen por suelos con un nivel freático relativamente profundo y una pendiente moderada. Estas características influyen en el comportamiento mecánico de los suelos y en su capacidad para soportar cargas de cimentación. Como resultado de la investigación se elaboró una zonificación completa de la capacidad portante en la aldea de Punyan. Esta zonificación es útil para el diseño de cimentaciones y la planificación de futuros proyectos en la región, teniendo en cuenta las características geotécnicas del terreno.

Según Leon, (2020) en su investigación titulada "Influencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo en la Urbanización el Golf Primera Etapa, distrito de Víctor Larco Herrera-Trujillo", tiene como objetivo conocer el impacto del nivel freático en el comportamiento de la capacidad portante de los suelos. Para lograr este objetivo, se realizaron ensayos para determinar las características físicas y mecánicas de los suelos presentes en la región investigada. Lo primero que había que hacer era identificar la profundidad del nivel freático en la región. Para ello, se llevó a cabo un estudio en la zona de desarrollo, que incluyó la excavación de pozos y el posterior análisis de las muestras



recogidas. La profundidad de la capa freática se midió en tres lugares diferentes dentro de la zona de investigación: C-1, C-2 y C-3. Las profundidades de la capa freática fueron de 5,45 metros, 4,55 metros y 3,35 metros, respectivamente. En el marco del Reglamento Nacional de Edificación (RNE), todo el procedimiento se llevó a cabo de conformidad con las normas de la Norma Técnica E.050. Los hallazgos de los pozos de prueba que se construyeron a una profundidad de 4,60 metros revelaron que el suelo de la región está formado principalmente por arena limosa (SM), como indica la clasificación SUCS. Se obtuvo esta información en relación con la clasificación del suelo. Este tipo de suelo tiene una estructura consistente en toda su extensión. El contenido de humedad de las muestras tomadas del pozo de ensayo en C-1 fue del 14,19%, en C-2 del 12,13% y en C-3 del 15,22%. Además, se realizaron ensayos plásticos para determinar los límites de Atterberg, y los resultados mostraron que los suelos examinados no presentaban propiedades plásticas. El ensayo de cizallamiento directo se utilizó para obtener parámetros esenciales como el esfuerzo de cizallamiento, el ángulo de fricción y la cohesividad en relación con la capacidad portante de los suelos. Mediante la aplicación de la teoría de Terzaghi, se determinó que la capacidad portante de la fosa C-1, la fosa C-2 y la fosa C-3 es de 1,19 kg/cm², 1,17 kg/cm² y 1,10 kg/cm², respectivamente. En conclusión, los resultados de la investigación permitieron concluir que el nivel freático tiene un impacto perjudicial sobre la capacidad portante de los suelos en la zona de la Urbanización El Golf, Primera Etapa. Se descubrió que la capacidad portante del suelo se reduce a medida que la profundidad del nivel freático se acerca a la superficie del suelo. Esto tiene un efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Para ser más explícitos, ésta fue la conclusión a la que se llegó. Esta afirmación pone de manifiesto la importancia de tener en cuenta la profundidad del nivel freático a la hora de planificar los cimientos en esta región.



2.1.3 Antecedentes regionales

Según Escobar y Cutimbo, (2021) en su investigación titulada "Evaluación geotécnica de capacidad portante para diseñar cimentación de vivienda utilizando parámetros de resistencia - Calle Muñoz Cp. Jayllihuaya - Puno - 2021", realizaron una investigación sobre la capacidad portante de las cimentaciones de viviendas. La región investigada se ubica en el distrito de Puno, más particularmente en la calle Muñoz, y se sitúa en un terreno llano que está compuesto por depósitos de suelos aluviales. Se realizaron exámenes en esta región con el fin de determinar las propiedades geotécnicas del terreno local. De conformidad con la norma E050 para suelos y cimentaciones, se realizaron tres excavaciones con retroexcavadora hasta una profundidad de tres metros para investigar las características físicas del terreno. Tras ser etiquetadas, las muestras extraídas se entregaron al laboratorio para su examen. Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de cimentación, se llevaron a cabo otras pruebas sobre el terreno, como la prueba de penetración dinámica (STP). Para realizar este estudio de la capacidad portante, fue necesario reunir características geotécnicas como la cohesión, el ángulo de fricción y el peso específico. Una vez finalizada la expedición de campo, se construyeron tres calicatas a una profundidad de tres metros. Se tomaron muestras de suelo de estas calicatas y se etiquetaron. Además, se llevó a cabo la prueba de penetración estándar (SPT) para investigar tres lugares diferentes. Durante la investigación, se descubrió que el nivel freático se encontraba a una profundidad media de 1,25 metros. Se determinó que la mayoría de los suelos de la región investigada eran arenosos, y se clasificaron como SP (arena mal graduada), SW (arena bien graduada) y SM (arena limosa). Se recomienda utilizar zapatas cuadradas combinadas, con un tamaño mínimo de 2 metros de lado, junto con un sistema de subdrenaje horizontal y vertical para aumentar la estabilidad del suelo de cimentación. Esta recomendación se basa en los resultados obtenidos.



Según Machaca, (2021) en su investigación titulada "Efectos del grado de saturación en la capacidad portante de los suelos lacustres en áreas de expansión urbana, Puno - 2021", el objetivo general es investigar la influencia que tiene el grado de saturación en la capacidad portante de los suelos lacustres en regiones de crecimiento urbano. Esta investigación se realizará en Puno. Para lograr este objetivo se utilizó un enfoque aplicado con un diseño experimental-cuasi-experimental. Esto debido a que las variables independientes fueron modificadas con la finalidad de cuantificar el impacto que estas tenían sobre las variables objeto de estudio. Esta cuantificación se realiza en el marco de una metodología cuantitativa. La población del estudio consistió en tres pozos de exploración, mientras que la muestra consistió en un único pozo. Estos son los resultados que se obtuvieron: la capacidad portante última mínima admisible fue de $0,62 \text{ kg/cm}^2$, que se determinó mediante el ensayo de cizallamiento directo; el asentamiento máximo registrado fue de $1,916 \text{ cm}$, que es un valor que representa el límite antes de que se produzca el fallo local o por punzonamiento. En base a los resultados, se puede concluir que el grado de saturación de agua en el suelo tiene un efecto tanto en la capacidad portante final permitida del suelo como en el asentamiento. En el proceso de cálculo de las cargas últimas permitidas y los asentamientos, es esencial tener en cuenta este elemento mientras se realizan las pruebas de suelo. Se descubrió que la capacidad portante máxima permitida era máxima cuando el suelo estaba parcialmente saturado de agua, y alcanzaba su valor más bajo cuando estaba totalmente saturado, lo que se conoce como «condición crítica». Esto se descubrió mediante el uso de experimentos de compresión no confinada y cizallamiento directo. A diferencia del ensayo de cizallamiento directo, en el que los valores de la capacidad portante última admisible eran relativamente bajos debido al proceso de saturación y drenaje de la probeta, los valores eran más altos en los ensayos de compresión no confinada, ya que no se llevaba a cabo este procedimiento. Esto está de acuerdo con las normas técnicas del Perú. En conclusión, la capacidad portante final permitida de los suelos, así como el asentamiento de los mismos, están estrechamente relacionados con la saturación de agua, que a su vez afecta la relación de vacíos (e) del

suelo. Por lo tanto, es vital tener en cuenta el grado de saturación en los ensayos de suelos para obtener resultados más precisos, lo que permitirá un mejor diseño de las cimentaciones de los edificios.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Esfuerzo de preconsolidación*

El esfuerzo de preconsolidación se refiere a la máxima presión o carga que un suelo ha experimentado en su historia geológica sin sufrir una deformación permanente significativa. Este esfuerzo se establece cuando el suelo ha estado sometido a una carga mayor en el pasado que la carga actual, pero que no ha alcanzado el punto de consolidación. En otras palabras, es el esfuerzo que el suelo podría haber soportado antes de entrar en un estado de consolidación en el cual los poros del suelo se reducirían y la compresión se volvería más significativa.

El esfuerzo de preconsolidación es un parámetro clave en la mecánica de suelos y se utiliza para evaluar la capacidad del suelo para resistir cargas adicionales sin deformarse excesivamente. Este concepto es fundamental en la ingeniería geotécnica para entender cómo un suelo reaccionará ante una nueva carga y en la predicción de los asentamientos futuros (Huisa, 2021).

El esfuerzo de preconsolidación (denotado usualmente como σ'_{pc}) es la presión máxima que un suelo ha soportado sin haber sufrido una compresión permanente. Este esfuerzo se establece cuando el suelo ha estado sometido a una presión mayor en el pasado que la actual, pero sin haber alcanzado un nivel de consolidación que cause deformaciones plásticas. El suelo, bajo este esfuerzo, comienza a experimentar una reducida capacidad de deformación ante nuevas cargas, dado que gran parte de sus espacios vacíos o poros ya han sido comprimidos.

Este esfuerzo juega un papel clave en la predicción de asentamientos futuros, ya que si el suelo experimenta un esfuerzo que excede su esfuerzo de preconsolidación, el



suelo comenzará a consolidarse, lo que puede resultar en un asentamiento adicional (Mondragon, 2022).

Importancia del Esfuerzo de Preconsolidación

El esfuerzo de preconsolidación proporciona una referencia para la capacidad de carga de un suelo. Los suelos que han estado sujetos a esfuerzos de preconsolidación relativamente altos tienen una mayor resistencia a la compresión adicional que los suelos que no han sido sometidos a presiones históricas significativas.

En la práctica de la ingeniería geotécnica, este concepto es útil para:

- **Predecir los asentamientos:** Al conocer el esfuerzo de preconsolidación, se puede estimar cuánto se asentará un suelo bajo una nueva carga, especialmente si esa carga excede el esfuerzo de preconsolidación.
- **Evaluar la capacidad de soporte:** Un suelo que ha sido preconsolidado será más resistente a nuevos asentamientos que un suelo que nunca ha experimentado una carga elevada.
- **Diseño de cimentaciones:** Es fundamental en el diseño de estructuras y cimentaciones, ya que los ingenieros deben considerar el comportamiento del suelo ante cargas adicionales, para evitar asentamientos excesivos (Huisa, 2021).

La consolidación es el proceso mediante el cual el agua contenida en los poros del suelo es expulsada debido a la aplicación de una carga externa, lo que causa que el suelo se comprima. La consolidación ocurre en suelos finos, como limos y arcillas, que tienen una alta capacidad de retención de agua. Durante este proceso, el suelo se va compactando, y los volúmenes de los vacíos se reducen progresivamente.

El esfuerzo de preconsolidación es el límite más allá del cual el suelo comenzará a experimentar una consolidación significativa. Los suelos que están por debajo de este esfuerzo de preconsolidación no muestran una compresión significativa cuando se les aplica una carga adicional, ya que todavía pueden acomodar más agua en sus poros. Sin embargo, al alcanzar o superar el esfuerzo de preconsolidación, el suelo comienza a comprimir sus poros de manera irreversible, lo que resulta en un asentamiento adicional (Mondragon, 2022).

❖ Factores que afectan el esfuerzo de preconsolidación

El valor del esfuerzo de preconsolidación está influenciado por una serie de factores relacionados con la historia de carga y las características geológicas del suelo. Algunos de estos factores incluyen:

- ❖ Historia de carga: Los suelos que han experimentado cargas más altas en el pasado tienen un esfuerzo de preconsolidación mayor. Por ejemplo, un suelo que ha sido sometido a cargas de estructuras pesadas tendrá un esfuerzo de preconsolidación mayor que un suelo que no ha sido sometido a estas cargas.
- ❖ Composición del suelo: La estructura del suelo, en particular el tamaño de las partículas y la presencia de materiales finos como arcilla y limo, influye en su capacidad de consolidación. Los suelos arcillosos tienden a tener un esfuerzo de preconsolidación más alto debido a su alta capacidad de retención de agua y su lenta tasa de consolidación.
- ❖ Tiempo de carga: La duración de la carga aplicada también afecta el esfuerzo de preconsolidación. Las cargas aplicadas durante un largo periodo de tiempo pueden permitir que el suelo se acomode y preconsolide antes de que se aplique una carga adicional.



- ❖ **Condiciones ambientales:** Factores como el nivel freático, la temperatura y las condiciones de humedad también juegan un papel en la consolidación del suelo y, por ende, en el esfuerzo de preconsolidación (Mondragon, 2022).

2.2.2 Asentamiento en cimentaciones

El asentamiento en cimentaciones es uno de los aspectos fundamentales en el diseño y análisis de estructuras. Este fenómeno se refiere al desplazamiento vertical de una estructura o de la base de la cimentación debido a la carga que se le aplica. El asentamiento de una cimentación es un proceso natural en cualquier material geotécnico cuando este es sometido a cargas adicionales. Sin embargo, el tipo, la magnitud y la velocidad del asentamiento pueden afectar significativamente la estabilidad de una estructura. La comprensión de los asentamientos y la capacidad para predecirlos adecuadamente son esenciales para garantizar la seguridad, la funcionalidad y la durabilidad de una construcción (Aguilar y Lopez, 2023).

El asentamiento es el desplazamiento o descenso de una estructura hacia el suelo sobre el cual se asienta debido a la aplicación de una carga. Se debe a la compresión o consolidación del suelo bajo la carga. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones de la cimentación, el asentamiento puede ocurrir de manera inmediata (cuando el suelo se comprime de forma rápida debido a la carga) o de forma lenta (en el caso de suelos finos, como arcillas, que experimentan consolidación con el tiempo) (Aguilar y Lopez, 2023).

❖ **Tipos de asentamientos**

Existen diferentes tipos de asentamientos que pueden ocurrir en las cimentaciones, según las condiciones y el comportamiento del suelo:

- **Asentamiento inmediato:** Es el asentamiento que ocurre casi inmediatamente después de que se aplica una carga. Se debe generalmente a la compresión elástica del suelo, y es más notable en suelos granulares (como arenas y gravas).
- **Asentamiento por consolidación:** Este tipo de asentamiento se debe a la expulsión del agua contenida en los poros de suelos finos como arcillas. La consolidación es un proceso más lento que ocurre con el tiempo debido a la reducción de volumen del suelo bajo presión.
- **Asentamiento diferencial:** Ocurre cuando diferentes partes de la cimentación experimentan asentamientos desiguales. Esto puede ser debido a variaciones en la distribución de las cargas o diferencias en la resistencia del suelo a lo largo de la cimentación. Este tipo de asentamiento es peligroso, ya que puede causar fisuras o daños estructurales en las edificaciones.
- **Asentamiento total:** Es la suma de todos los asentamientos que ocurren a lo largo de la cimentación. Se debe tener en cuenta al realizar el diseño de la cimentación para garantizar que los desplazamientos sean tolerables para la estructura (Aguilar y Lopez, 2023).

❖ **Causas del asentamiento en cimentaciones**

El asentamiento en cimentaciones ocurre debido a la acción de cargas externas aplicadas sobre el suelo que está debajo de la estructura. Existen diversas causas que pueden generar asentamientos en una cimentación:

1. **Carga aplicada sobre el suelo:** Cuando se aplica una carga, el suelo bajo la cimentación se deforma y se comprime. El tipo de suelo, su densidad, su resistencia al corte, y la capacidad de carga influyen en la magnitud del asentamiento.
2. **Propiedades del suelo:** Los suelos arenosos y gravas tienen una capacidad de carga más alta que los suelos arcillosos, pero los suelos arcillosos suelen experimentar asentamientos más lentos debido a la consolidación. Los suelos



- saturados pueden ser más susceptibles al asentamiento por consolidación debido a la expulsión del agua en los poros.
3. Consolidación del suelo: En suelos finos (principalmente arcillas), el asentamiento puede ocurrir de manera retardada debido a un proceso denominado consolidación. Este proceso ocurre cuando la carga adicional provoca la expulsión de agua de los poros del suelo, lo que lleva a la compresión y disminución del volumen del suelo. Los suelos con una alta cantidad de arcilla experimentan asentamientos a largo plazo, ya que la expulsión de agua es lenta.
 4. Condiciones del terreno: La presencia de agua en el subsuelo, el tipo de estratificación geológica, y las variaciones en la resistencia al corte de las capas de suelo pueden afectar el asentamiento. Los suelos con variabilidad de capas (por ejemplo, capas de arena, arcilla y limo) pueden generar asentamientos diferenciales.
 5. Interacción entre la cimentación y el suelo: La forma en que la cimentación transfiere las cargas al suelo también influye en el asentamiento. Las cimentaciones superficiales, como los cimientos corridos o zapatas, tienden a sufrir más asentamientos que las cimentaciones profundas (pilotes o pilotes de fricción), que están ancladas a capas de suelo más profundas y resistentes (Castro y Chanamé, 2021).

2.2.3 *El suelo*

El suelo se forma a partir de la descomposición y transformación de las rocas, un proceso que ocurre a través de la meteorización y otros fenómenos geológicos. Las rocas, que están principalmente compuestas por minerales, se someten a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos en la superficie terrestre. A medida que estas rocas se desgastan, se descomponen en fragmentos más pequeños, llamados sedimentos, que se acumulan y se convierten en suelo. Este proceso es acelerado por factores como la acción



del agua, el viento, y la actividad biológica, como la presencia de raíces de plantas y organismos que ayudan a descomponer los minerales y las rocas (Vilca y Yucra, 2024).

Las rocas son el resultado de diversos procesos geológicos que han ocurrido a lo largo de la extensa historia de la Tierra, reflejando una evolución continua en su formación. Estos procesos principales incluyen la cristalización de minerales que se origina cuando el magma se enfría y solidifica, lo cual da lugar a las rocas ígneas; la acumulación, compactación y cementación de partículas o sedimentos, que conforman las rocas sedimentarias; y finalmente, la transformación de rocas preexistentes, que ocurre bajo condiciones de alta presión y temperatura, originando las denominadas rocas metamórficas (Angulo y Atencio, 2021).

En cuanto a su clasificación, las rocas que componen la corteza terrestre se agrupan en tres categorías principales, cada una con características específicas derivadas de su proceso de formación. Las rocas ígneas surgen directamente del enfriamiento y posterior solidificación del magma, representando el primer estado sólido en la formación de la Tierra. Por otro lado, las rocas sedimentarias tienen su origen en la acumulación progresiva de materiales provenientes de la erosión y descomposición de otras rocas, los cuales, a lo largo del tiempo, se compactan y cementan bajo la influencia de agentes geológicos. Finalmente, las rocas metamórficas son el resultado de cambios estructurales y composicionales que sufren las rocas existentes cuando son sometidas a condiciones extremas de presión y temperatura en el interior terrestre, transformándose en nuevos tipos de rocas con características físicas y químicas distintas (Cuno, 2021).

Estas tres grandes familias de rocas son fundamentales para la formación del suelo, ya que cada tipo de roca contribuye con diferentes minerales y características que, a través del proceso de meteorización, se van descomponiendo y transformando en componentes del suelo, que a su vez es la base para la vida vegetal y el desarrollo de ecosistemas terrestres.

2.2.3.1 Clasificación

La clasificación de los suelos es una actividad crucial en la ingeniería civil, particularmente en el ámbito de la mecánica de suelos. Los ingenieros especializados en este campo realizan una serie de ensayos para identificar y clasificar los diferentes tipos de suelo que se encuentran en una zona determinada. Esta clasificación permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del terreno, lo que es esencial para el diseño y la ejecución de proyectos de construcción. La importancia de este proceso radica en que un adecuado análisis del suelo permite predecir cómo se comportará bajo cargas y condiciones específicas, garantizando la estabilidad y seguridad de las estructuras construidas sobre él (Vargas, 2024).

Esta necesidad de realizar ensayos en el terreno, también conocidos como estudios in situ, resalta la relevancia de una investigación organizada y rigurosa. La correcta identificación de las características del suelo y su clasificación según distintos sistemas es crucial para que los ingenieros civiles puedan diseñar proyectos que sean seguros, eficientes y duraderos. En este contexto, la clasificación de los suelos se basa en diferentes criterios, y a continuación se describen las tres principales clasificaciones que se utilizan hoy en día:

❖ Clasificación por Granulometría

Según la granulometría, los suelos se clasifican en función del tamaño de sus partículas. Esta clasificación es esencial para entender cómo se comporta un suelo ante diferentes condiciones, como la retención de agua o la capacidad de carga. Los principales grupos dentro de esta clasificación son los siguientes:

- **Gravas:** Las partículas de gravas tienen un tamaño que varía entre 80 mm y 4,75 mm. Son fácilmente visibles a simple vista y tienen grandes espacios entre las

partículas. Esta característica implica que las gravas tienen una baja capacidad para retener agua, lo que las hace ideales para situaciones donde se necesita un drenaje rápido y efectivo (Cairo, 2024).

- **Arenas:** Las partículas de arena tienen un tamaño que oscila entre 4,75 mm y 0,075 mm. Al igual que las gravas, las partículas de arena son visibles sin necesidad de un microscopio. Las arenas tienen una capacidad de retención de agua moderada y no sufren grandes alteraciones cuando entran en contacto con ella. Esto las hace adecuadas para muchas aplicaciones de construcción, pero requieren ser evaluadas en cuanto a su capacidad de drenaje (Cairo, 2024).
- **Limos:** Las partículas de limo tienen un tamaño que varía entre 0,075 mm y 0,002 mm. El limo tiene la capacidad de absorber agua, y cuando se mezcla con agua para formar una pasta, el agua se libera fácilmente cuando se manipula. Aunque tiene una mayor capacidad de retención de agua que la arena, su capacidad de drenaje es baja, lo que puede generar problemas de saturación en ciertas condiciones (Cairo, 2024).
- **Arcillas:** Las partículas de arcilla son de tamaño inferior a 0,002 mm y tienen una estructura gelatinosa compuesta principalmente por minerales silicatados. Las arcillas tienen una alta capacidad de retención de agua debido a su índice de porosidad elevado. A pesar de la gran cantidad de poros, la baja permeabilidad de las arcillas significa que el agua no se mueve con facilidad a través de ellas, lo que puede dificultar el drenaje y generar problemas de acumulación de agua en terrenos arcillosos (Cairo, 2024).

❖ Sistema AASHTO

Este sistema se utiliza principalmente para clasificar los suelos en función de su idoneidad como material de construcción para las bases de carreteras. A través de este

sistema, los ingenieros pueden evaluar la capacidad de un suelo para soportar el tráfico pesado y las cargas estructurales que se ejercen sobre las carreteras y caminos. El sistema AASHTO tiene en cuenta varios factores, como el tamaño de las partículas, la plasticidad y la capacidad de drenaje, para clasificar el suelo en una de varias categorías. Su uso es especialmente importante en proyectos de infraestructura vial, donde se necesita garantizar la estabilidad y durabilidad de las carreteras a largo plazo (Choquehuanca, 2023).

❖ **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

Este sistema, inicialmente propuesto por Casagrande y más tarde revisado por el Bureau of Reclamation de Estados Unidos y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU., es uno de los más utilizados a nivel mundial para abordar una amplia variedad de problemas geotécnicos. El SUCS clasifica los suelos en función de su composición, comportamiento y propiedades físicas. A diferencia de otras clasificaciones, el SUCS abarca un rango más amplio de condiciones, desde suelos finos hasta gruesos, y proporciona una comprensión más detallada del comportamiento del suelo bajo diferentes cargas y condiciones ambientales. Este sistema es ampliamente utilizado en ingeniería civil, especialmente en proyectos que requieren una evaluación precisa de las propiedades del suelo para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras (Huanaco, 2024).

2.2.3.2 Propiedades

a) Propiedades hidráulicas del suelo

Permeabilidad:

La permeabilidad es una propiedad fundamental de los suelos que describe su capacidad para permitir el paso de agua y aire a través de la masa de suelo. Esta característica está relacionada con la facilidad con la que un fluido puede atravesar el suelo sin que se

produzcan alteraciones significativas en su estructura interna. En términos prácticos, la permeabilidad puede variar dependiendo del tipo de suelo. Por ejemplo, los suelos de clase GC y GM, que son suelos arcillosos o mezclas de arcilla y grava, suelen tener valores de permeabilidad que oscilan entre 4 y 7 metros por segundo (m/s). Los suelos SM, que son suelos de tipo arena arenosa o limosa, tienen valores de permeabilidad algo menores, entre 1 y 4 m/s. Los materiales rocosos, por otro lado, tienen una permeabilidad más baja, con valores que van de 1 a 9 m/s, lo que indica que estos materiales resisten menos el paso del agua (Rafael y Vásquez, 2023).

Infiltración:

La infiltración se refiere al proceso mediante el cual el agua se desplaza hacia el interior del suelo, es decir, cómo el agua se introduce en la masa del terreno. Este proceso es fundamental para entender cómo se distribuye el agua en el subsuelo. El comportamiento de la infiltración se describe mediante el concepto de red de flujo, que se basa en la ecuación de continuidad de Laplace. Esta ecuación describe cómo se mantiene constante el flujo de agua a lo largo de un punto en el suelo bajo condiciones de flujo permanente. La infiltración es un factor crucial en la recarga de los acuíferos y en la dinámica del agua en el terreno (Alberca y Fenco, 2023).

b) Propiedades mecánicas del suelo

Cohesión:

La cohesión del suelo hace referencia a su capacidad para mantenerse unido y no desintegrarse bajo condiciones de estrés. La cohesión está influenciada principalmente por el contenido de agua en el suelo y la proporción de arcilla y limo presentes en él. En suelos con alta cantidad de arcilla, como las arcillas finas, la cohesión es considerablemente mayor debido a las fuerzas intermoleculares que mantienen unidas las partículas de agua y las partículas de suelo. En contraste, los suelos granulares como la arena y la grava, que

contienen partículas más grandes y menos cohesivas, tienen una cohesión mucho más baja, lo que significa que son más propensos a separarse bajo esfuerzo. Esto explica por qué suelos con alto contenido de arcilla tienden a ser más pegajosos y resistentes a la deformación que los suelos arenosos o gravas (Fernandez, 2023).

Ángulo de fricción:

El ángulo de fricción interna del suelo es un parámetro fundamental en la mecánica de suelos que se utiliza para describir la capacidad del suelo de resistir el deslizamiento entre sus partículas cuando está sometido a una carga externa. Este valor representa la inclinación máxima a la cual las partículas del suelo pueden interactuar y mantenerse en equilibrio antes de que ocurra un movimiento relativo entre ellas.

La magnitud del ángulo de fricción interna está influenciada por diversos factores inherentes a las características físicas del suelo. Entre estos, se destacan el tamaño y la forma de las partículas que lo componen, ya que las partículas más angulosas o rugosas tienden a ofrecer una mayor resistencia al deslizamiento en comparación con aquellas que son más redondeadas o lisas. Otro aspecto importante es la densidad relativa del suelo, ya que un suelo más compacto presenta un mayor grado de interbloqueo entre las partículas, lo que incrementa su resistencia al deslizamiento. Asimismo, la presión normal que actúa sobre la masa del suelo juega un papel crucial, ya que las mayores presiones tienden a incrementar el contacto entre las partículas, afectando la interacción y, por ende, el ángulo de fricción interna.

Los suelos con partículas grandes, como las gravas y las arenas gruesas, tienden a tener un ángulo de fricción más elevado debido a la mayor interacción entre las partículas. Estas partículas están en contacto constante, lo que genera más fricción y, por lo tanto, mayor resistencia al movimiento. Por otro lado, los suelos con partículas más pequeñas y más redondeadas, como los limos o las arcillas finas, tienen un ángulo de fricción más bajo, lo que significa que son menos resistentes a los deslizamientos (Ravines, 2017).

2.2.4 *Agua en el suelo*

Uno de los problemas más comunes que se presentan durante la construcción de cimentaciones es la presencia de agua en el suelo durante el proceso de excavación. Este fenómeno puede tener varias causas, como la existencia de vertientes naturales, pero en la mayoría de los casos, se vuelve más notorio durante la temporada de lluvias debido a los escurrimientos superficiales y las filtraciones. Este exceso de agua tiene un impacto directo sobre las propiedades del suelo, en particular, reduce su capacidad de resistencia. Por esta razón, resulta fundamental identificar la presencia de agua en el suelo desde las fases iniciales del proyecto, lo cual se logra mediante un análisis geotécnico detallado del terreno (Rodríguez, 2021).

El estudio del comportamiento del agua en su paso a través de los materiales porosos del suelo es un aspecto crucial en la ingeniería geotécnica. Este análisis permite estimar la cantidad de agua que se filtra desde el subsuelo bajo diferentes condiciones hidráulicas. Además, resulta esencial para abordar los problemas que pueden surgir en una obra civil, dado que, en muchos casos, es necesario gestionar el flujo de agua de manera efectiva para evitar daños a la estructura (Loa, 2021).

El comportamiento del agua en los suelos influye de manera significativa en las propiedades tanto físicas como mecánicas del terreno. Por lo tanto, resulta imprescindible contar con un conocimiento detallado de las características hidráulicas y de permeabilidad del suelo, lo que incluye aspectos como la relación entre los vacíos y la porosidad del material. Dado que los poros en un suelo están interconectados entre sí, el agua tiene la capacidad de fluir a través de estos, siendo especialmente relevante en suelos más compactos, como los naturales. Así, en una columna de suelo, el agua puede desplazarse de un punto a otro, por ejemplo, desde el punto A hasta el punto B, no necesariamente siguiendo una línea recta, sino más bien a través de una trayectoria curva o ondulada (Maza y Valentin, 2022).

La velocidad con la que el agua se desplaza en el suelo depende de varios factores, entre ellos, el tamaño de los poros y la posición de estos, especialmente la proximidad de los poros más cercanos a las partículas del suelo. Este comportamiento dinámico del agua dentro del terreno es clave para evaluar los riesgos y las soluciones que deben implementarse en la construcción de cimentaciones, ya que un mal manejo de las filtraciones y el escurrimiento puede comprometer la estabilidad y la durabilidad de la estructura (Cancan y Vidal, 2023).

2.2.4.1 Métodos de medición del nivel freático

Existen diversos métodos para medir el nivel freático en el terreno, y entre las opciones más utilizadas se encuentran: el uso de pozos ya existentes, la observación de superficies de agua libre, y la instalación de dispositivos específicos como los pozos de observación y los piezómetros. A continuación, se detallan algunas de estas técnicas:

❖ Pozos existentes:

Los pozos preexistentes suelen ser los lugares más convenientes para realizar las mediciones del nivel freático. Para llevar a cabo una medición precisa, es esencial considerar detalles como la profundidad, la sección y el perfil del suelo en cada pozo. Con esta información, se puede determinar si el pozo recibe agua subterránea de tipo freática (proveniente de capas de agua en el terreno) o artesiana (agua presionada por capas impermeables que obliga su ascenso). El análisis de estas variables permite una mejor comprensión del comportamiento del nivel freático en esa zona específica (Cruz y Vega, 2023).

❖ Superficies de agua libre:

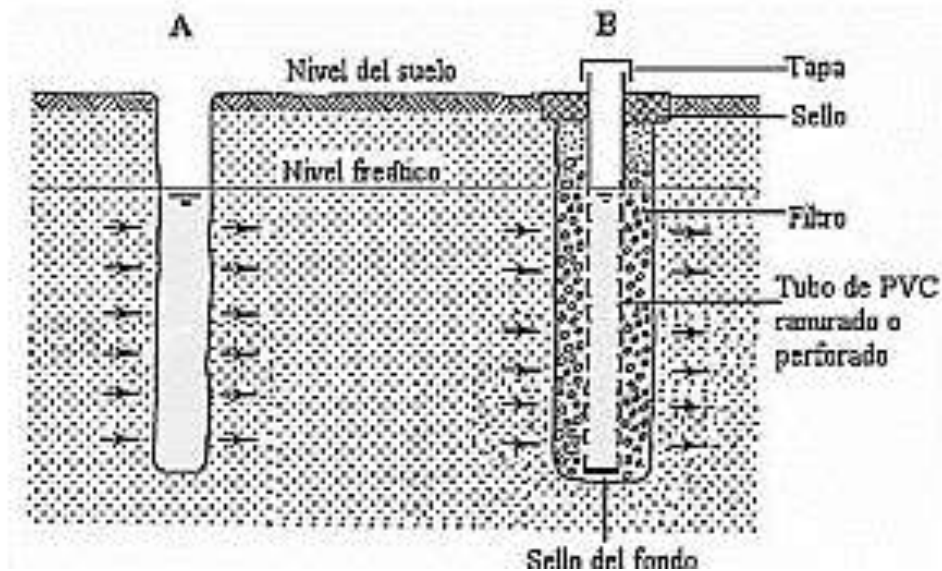
Las superficies de agua libre, tales como lagos, lagunas o pantanos, pueden proporcionar información valiosa sobre el nivel freático, pero solo si existe una conexión directa con el agua subterránea. En estos casos, el nivel del agua en estas superficies suele estar relacionado con la presión ejercida por las aguas subterráneas, lo que puede ofrecer indicios sobre la profundidad y la variación del nivel freático en el área (Cruz y Vega, 2023).

❖ **Tubos de observación:**

Además de los pozos existentes y las superficies de agua libre, a menudo es necesario construir estructuras adicionales para medir con precisión la profundidad del nivel freático. Estos dispositivos pueden ser tubos de observación instalados en puntos estratégicos tanto dentro como fuera del área de estudio del proyecto. Los tubos piezométricos de observación son una opción común en estos casos, ya que permiten monitorizar el comportamiento del agua subterránea de manera eficiente, proporcionando datos sobre la variación del nivel freático en diferentes ubicaciones (Cruz y Vega, 2023).

❖ **Pozos de observación:**

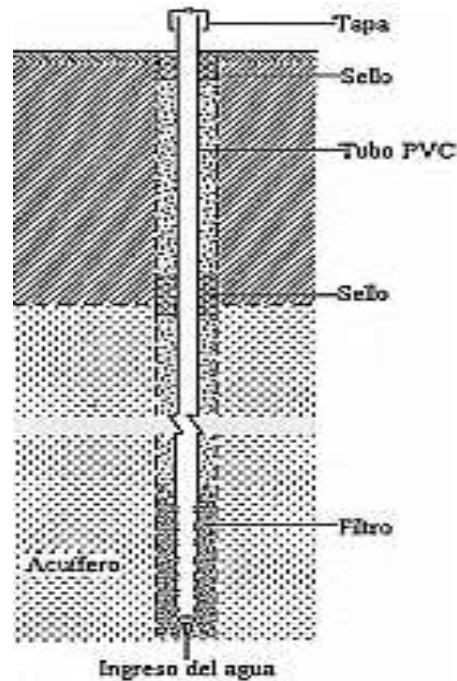
Un pozo de observación es una perforación que se realiza en el suelo hasta alcanzar una profundidad que exceda el nivel del agua freática. Este tipo de pozo puede ser construido con o sin tubo de revestimiento, dependiendo de las condiciones del terreno. Los pozos no entubados son efectivos en suelos cuya estabilidad es suficiente para evitar el colapso de las paredes del pozo. Por otro lado, cuando el terreno es menos estable, se utilizan pozos entubados, que suelen contar con una tubería de PVC de diámetros que van de $\frac{3}{4}$ " a 2", perforada en las paredes para permitir el flujo del agua, con el fondo sellado y rodeado por un material altamente permeable, como grava o geotextil. Este tipo de construcción garantiza que el pozo sea funcional y seguro para obtener mediciones precisas del nivel freático (Paco, 2024).

Figura 1*Pozos de observación*

Tomada de: (Paco, 2024).

❖ Piezómetros:

El piezómetro es otro instrumento utilizado para medir el nivel freático, y consiste en una tubería de pequeño diámetro que está abierta en ambos extremos, pero generalmente no perforada en sus paredes. Esta tubería se instala en el suelo mediante un barreno, de manera que no se produzcan filtraciones entre la pared externa del tubo y el suelo circundante. La instalación asegura que el agua solo ingrese al interior del piezómetro a través del extremo inferior, lo que permite obtener lecturas exactas del nivel del agua subterránea. Este dispositivo es especialmente útil en terrenos donde se requiere una medición precisa y localizada del nivel freático (Paco, 2024).

Figura 2*Piezómetro*

Tomada de: (Paco, 2024).

2.2.4.2 Influencia del nivel freático en la construcción de cimentaciones

La profundidad del nivel freático en relación con la superficie del terreno natural es un factor esencial a considerar al planificar la cimentación de cualquier estructura. Este dato es crucial para determinar cómo se comportará el terreno y cómo puede afectar a la estabilidad de la construcción. Sin embargo, a menudo no se tiene información precisa sobre las variaciones del nivel freático a lo largo del tiempo, ya que este puede fluctuar debido a factores estacionales o a cambios puntuales en las condiciones climáticas o geológicas (Gavilan, 2022).

Cuando se lleva a cabo una excavación para una cimentación, es necesario mantener el área de trabajo libre de agua, lo que se logra mediante la extracción o el

abatimiento del nivel freático. Esto implica permitir que el agua se desplace a través del suelo hacia el fondo de la excavación o hacia sistemas de drenaje diseñados para gestionarla, lo cual debe hacerse de manera constante durante todo el proceso de construcción. La presencia de agua no solo afecta la ejecución de la obra, sino que también condiciona el diseño estructural y el presupuesto, ya que se deben considerar medidas adicionales para gestionar el agua en el sitio (Rivera, 2024).

Para evitar problemas en las excavaciones, es fundamental minimizar la entrada de agua. Esto se puede lograr utilizando barreras físicas, sistemas de expulsión de agua o, en casos más extremos, modificando las propiedades del suelo a través de la adición de aditivos o la mezcla de suelos secos. La implementación de estas soluciones depende de la magnitud del problema y de las condiciones específicas del terreno (Huaqui y Meza, 2024).

En el caso de edificaciones con sótanos ubicados por debajo del nivel freático, se recomienda una cimentación más robusta, como una losa de hormigón armado, incluso si el terreno de soporte es adecuado. Esta solución ayuda a evitar los efectos de la presión ascendente del agua, conocida como subpresión, que puede comprometer la estabilidad de la estructura. Además, es esencial garantizar la estanqueidad de la cimentación para prevenir filtraciones de agua, y para los muros de sótano y los muros de contención, se deben instalar barbacanas que faciliten el drenaje adecuado del agua acumulada (Rodríguez, 2021).

2.2.4.3 Efecto del nivel freático sobre la capacidad portante del suelo

La capacidad portante del suelo, entendida como la máxima carga que un perfil de terreno puede soportar antes de experimentar deformaciones excesivas o fallas estructurales, se conoce como capacidad de carga admisible. En este contexto, la profundidad del nivel freático es un factor determinante, ya que puede influir directamente



en la capacidad de carga de los suelos. Sin embargo, es importante aclarar que un nivel freático elevado no implica necesariamente que el suelo sea débil o incapaz de soportar cargas, como a veces se interpreta erróneamente (Torres y Ramirez, 2024).

La presencia de agua subterránea en el terreno, aunque no siempre debilita el suelo de manera inmediata, tiene un efecto significativo sobre sus propiedades mecánicas. El agua puede reducir la resistencia al corte de los suelos debido a su impacto sobre el peso unitario del material. Al aumentar el contenido de agua en el suelo, este pierde parte de su cohesión, lo que disminuye las tensiones efectivas dentro del terreno y, por lo tanto, reduce su capacidad de soportar cargas sin experimentar fallas por corte. Esta reducción en la capacidad resistente del suelo es especialmente relevante en terrenos saturados (Rodríguez, 2021).

En suelos blandos o arcillosos, por ejemplo, es posible que se produzcan grandes asentamientos o hundimientos bajo la carga de una cimentación sin que se llegue a una falla por corte en el sentido tradicional. En estos casos, la evaluación de la capacidad de carga admisible debe centrarse en el máximo asentamiento permitido, ya que la falla no se manifestará como una ruptura del material, sino como un desplazamiento excesivo del suelo bajo carga (Rivera, 2024).

Existen tres tipos principales de fallas que limitan la capacidad portante de un terreno: la falla general por corte, que afecta a grandes áreas del terreno; la falla local por corte, que ocurre en zonas más pequeñas y concentradas; y la falla por punzonamiento, que se da cuando una carga puntual causa una falla directa bajo la base de la cimentación. Cada uno de estos tipos de falla tiene un límite asociado a la capacidad de carga última del suelo, y el diseño de las cimentaciones debe asegurarse de que las cargas aplicadas no excedan esta capacidad crítica (Rivera, 2024).

2.2.5 Cimentaciones

Toda estructura, ya sea un edificio, un puente o cualquier otro tipo de obra civil, debe apoyarse en el terreno para garantizar su estabilidad. El suelo, aunque no se suele considerar un material estructural en el mismo sentido que el hormigón o el acero, juega un papel crucial en la capacidad de soporte de las estructuras. Sin embargo, a diferencia de los materiales tradicionales de construcción, el suelo presenta características que lo hacen mucho más complejo de manejar, especialmente en términos de resistencia y deformabilidad (Aguilar y Lopez, 2023).

El suelo es menos resistente y más deformable que materiales como el hormigón o el acero. Esto se debe a su naturaleza variable: depende del tipo de suelo (arcilla, arena, grava, etc.), su compactación, humedad, y otros factores geotécnicos que pueden cambiar incluso en un mismo terreno. Como resultado, el suelo no puede resistir las mismas tensiones que otros materiales estructurales. Si una estructura se apoya directamente sobre un suelo sin tener en cuenta sus características, es probable que se presenten problemas como asentamientos excesivos, deslizamientos o incluso fallos catastróficos de la estructura (Castro y Chanamé, 2021).

Para evitar estos problemas, es necesario diseñar cimentaciones que actúen como elementos de transferencia de carga, asegurando que la presión ejercida por la estructura se distribuya de manera adecuada sobre el terreno. Las cimentaciones son, por tanto, elementos estructurales clave que permiten que las cargas de la construcción se transmitan al suelo de forma que este no se vea sometido a presiones excesivas o deformaciones incontroladas.

La principal función de las cimentaciones es repartir y distribuir las cargas de la estructura de manera homogénea sobre el terreno, garantizando que las tensiones que el suelo recibe sean compatibles con su capacidad de carga. De esta forma, las cimentaciones deben cumplir con dos objetivos fundamentales:

- Distribuir las cargas de manera uniforme: Las cimentaciones deben transmitir las cargas de la estructura de manera que el suelo no se sobrecargue en ninguna de sus áreas. Si una cimentación no distribuye correctamente las cargas, el suelo en determinadas zonas podría experimentar asentamientos desiguales, lo que provocaría deformaciones o fisuras en la estructura.
- Asegurar la estabilidad de la estructura: Las cimentaciones también tienen como objetivo proporcionar la estabilidad necesaria para que la estructura no se desplace o se vuelque. Si el terreno presenta variaciones importantes en su resistencia o su composición, las cimentaciones deben ser diseñadas para contrarrestar estos efectos y mantener la estabilidad global de la construcción.

❖ Tipos de Cimentaciones

Las cimentaciones son un elemento esencial en el diseño y la construcción de cualquier tipo de estructura, ya que garantizan la estabilidad y el adecuado soporte de las cargas transmitidas al suelo. Existen diversos tipos de cimentaciones, cuya selección se fundamenta en una serie de factores clave. Entre estos factores destacan el tipo de suelo en el que se asentará la estructura, ya que sus propiedades mecánicas y capacidad de carga influyen directamente en la elección; la magnitud de las cargas que la cimentación deberá soportar, ya que estructuras más pesadas requieren cimentaciones más robustas; la profundidad del nivel freático, que puede afectar la estabilidad y el diseño de la cimentación; y las características específicas de la obra, como su finalidad, dimensiones y ubicación.

Con base en estas consideraciones, las cimentaciones se dividen principalmente en dos grandes categorías: las cimentaciones superficiales y las cimentaciones profundas. Las cimentaciones superficiales se utilizan cuando las capas de suelo cercanas a la superficie tienen una capacidad de carga suficiente para soportar la estructura, y suelen



emplearse en construcciones de menor envergadura o en terrenos con buenas características mecánicas. Por otro lado, las cimentaciones profundas se diseñan para transferir las cargas a capas más profundas del suelo, siendo necesarias en casos donde las capas superficiales no tienen la resistencia adecuada o cuando las cargas a soportar son considerablemente elevadas, como en edificios altos, puentes o estructuras industriales. Esta clasificación permite seleccionar la solución más adecuada para garantizar la seguridad y estabilidad de la construcción.

1. **Cimentaciones Superficiales:** Estas cimentaciones se utilizan cuando el terreno resistente está relativamente cerca de la superficie. Están diseñadas para repartir las cargas de la estructura sobre una capa de suelo a poca profundidad. Los tipos más comunes de cimentaciones superficiales incluyen:
 - Zapatas aisladas: Son elementos de cimentación utilizados para soportar columnas o pilares individuales. Generalmente se construyen de hormigón armado y tienen forma rectangular o cuadrada.
 - Zapatas corridas: Son utilizadas cuando varias columnas o muros deben ser soportados por la misma cimentación. Se extienden a lo largo de la línea de apoyo de las columnas.
 - Losas de cimentación: Son grandes losas de hormigón que cubren toda el área de la base de una estructura, distribuyendo las cargas de manera uniforme sobre el terreno.

2. **Cimentaciones Profundas:** Estas cimentaciones se emplean cuando el suelo superficial no tiene la capacidad de soportar las cargas de la estructura o cuando las capas resistentes se encuentran a gran profundidad. En este caso, las cimentaciones se extienden hasta las capas más profundas y resistentes del suelo, y los tipos más comunes son:

- Pilotes: Son columnas de material resistente (como hormigón o acero) que se hunden en el suelo hasta alcanzar una capa con suficiente resistencia. Los pilotes pueden ser de varios tipos, como pilotes de fricción o pilotes de punta, dependiendo de cómo transmiten las cargas al suelo.
- Pozos o Caissons: Son estructuras de cimentación profundas que se excavan en el terreno para crear una base sólida. Este tipo de cimentación se utiliza en terrenos acuáticos o cuando las profundidades son muy grandes.

2.2.5.1 Criterio de diseño

Para que el diseño de una cimentación sea adecuado y seguro, es necesario que cumpla con ciertos requisitos esenciales. Estos requisitos aseguran que la cimentación no solo sea funcional durante la construcción, sino que también mantenga la estabilidad y seguridad de la estructura a lo largo de su vida útil. A continuación, se detallan los puntos clave a considerar:

1. Estabilidad de la Cimentación: La cimentación debe ser estable, lo que significa que debe ser capaz de soportar las cargas sin comprometer la seguridad de la estructura. Esto implica que el coeficiente de seguridad (relación entre la carga máxima que puede soportar el terreno y la carga que provoca el agotamiento de su resistencia) debe ser suficiente. Un coeficiente de seguridad adecuado asegura que la cimentación no se desplace, colapse ni cause hundimientos excesivos bajo las cargas de la estructura, lo que podría comprometer la integridad de la obra (Poma y Flores, 2020).
2. Deformaciones Admisibles: Las deformaciones de la cimentación deben ser tolerables para la estructura. Esto implica que los movimientos causados por la deformación del terreno (como los asentos o desplazamientos horizontales) y los giros debidos a las tensiones transmitidas por la cimentación no deben ser tan grandes como para afectar



negativamente a la estabilidad o funcionalidad de la estructura. Las deformaciones deben mantenerse dentro de límites aceptables que no afecten las condiciones de uso, seguridad y estética de la construcción. Para ello, se deben considerar las propiedades del suelo, el tipo de cimentación y el diseño estructural.

3. Impacto en Construcciones Cercanas: La cimentación no debe afectar negativamente a construcciones cercanas. Esto significa que los efectos provocados por las cargas transmitidas al terreno no deben propagarse fuera de los límites de la cimentación y afectar a las estructuras adyacentes. Los movimientos del suelo, como los asentamientos o las vibraciones, no deben generar daños en las edificaciones colindantes. Para garantizar esto, es necesario realizar un análisis detallado de los efectos del terreno y las cargas transmitidas, y diseñar la cimentación de manera que se minimicen estos impactos.
4. Durabilidad a lo Largo de la Vida Útil de la Estructura: La cimentación debe ser perdurable, lo que significa que debe mantener sus propiedades de estabilidad y resistencia durante toda la vida útil de la estructura. Para ello, es esencial tener en cuenta la evolución de las condiciones del terreno a lo largo del tiempo. Algunos factores que pueden afectar la durabilidad de la cimentación incluyen:
 - Cambios de volumen espontáneos: Suelos mal compactados o naturalmente colapsables (como los limos yesíferos o el loess) pueden sufrir un colapso que afecte la estabilidad de la cimentación.
 - Cambios en la humedad de terrenos arcillosos expansivos: Las arcillas con potencial expansivo pueden experimentar un cambio de volumen cuando varía su contenido de agua, lo que podría afectar la cimentación.
 - Socavación: La erosión de los cauces y orillas de ríos o arroyos puede afectar la capacidad de carga del suelo, especialmente en terrenos cercanos a cuerpos de agua.



- Erosión interna del terreno: La rotura de colectores o conducciones de agua subterránea puede generar erosión interna, debilitando el suelo y afectando la estabilidad de la cimentación.
- Deterioro del hormigón: El contacto de los cimientos con suelos o aguas agresivas (como aquellas que contienen sulfatos) puede provocar la degradación de los materiales de cimentación, afectando su resistencia y durabilidad.
- Oscilación del nivel freático: Cambios en el nivel del agua subterránea pueden alterar las tensiones efectivas en el terreno, lo que puede afectar tanto la resistencia como la deformabilidad del suelo.
- Deslizamientos de tierra: Si la estructura se encuentra en una ladera inestable, el riesgo de deslizamiento puede comprometer la integridad de la cimentación. Esto requiere un diseño especial para garantizar la estabilidad en terrenos propensos a deslizamientos.

2.2.6 Capacidad de carga admisible

La capacidad de carga admisible de un terreno constituye uno de los parámetros fundamentales en el ámbito de la ingeniería civil y el diseño de estructuras. Este concepto se refiere a la máxima presión que un terreno puede soportar de manera segura cuando se le aplica una carga, sin que ello genere daños estructurales a las edificaciones o infraestructuras que se erijan sobre él. En otras palabras, este parámetro establece el límite máximo de carga que el suelo puede resistir sin experimentar fallas, como el colapso del terreno o un asentamiento excesivo, que podrían poner en riesgo la estabilidad y seguridad de la construcción.

La capacidad de carga admisible se determina a partir de un análisis detallado de las características del suelo, considerando factores como su resistencia, cohesión, densidad, y el nivel de compactación, entre otros. Este parámetro no solo asegura que el suelo puede soportar la carga aplicada, sino que también evita desplazamientos o

deformaciones que podrían generar problemas a largo plazo en la estructura. Por ello, evaluar adecuadamente la capacidad de carga del terreno es un paso esencial en la planificación y ejecución de cualquier proyecto de construcción, ya que garantiza que la obra sea segura, estable y duradera frente a las condiciones de carga a las que estará sometida (Vásquez, 2023).

La capacidad de carga admisible no es una propiedad constante, sino que depende de diversos factores relacionados con las características físicas y mecánicas del suelo. Entre estos factores, los más importantes son:

- **Características Geomecánicas del Suelo:** Los suelos presentan propiedades que varían según su composición, estructura y estado de compactación. Factores como la densidad, la cohesión, el ángulo de fricción y la plasticidad afectan directamente la capacidad de carga del terreno. Suelos más compactos y con alta cohesión, como las arcillas duras o las rocas, generalmente tienen una mayor capacidad de carga en comparación con suelos sueltos o no consolidados, como la arena o el limo (Mondragon, 2022).
- **Nivel Freático:** El nivel del agua en el terreno, también conocido como el nivel freático, juega un papel crucial en la capacidad de carga del suelo. Cuando el nivel freático se encuentra cerca de la superficie, el suelo pierde parte de su capacidad de carga debido a la presión ejercida por el agua y la reducción de la fricción entre las partículas del suelo. En suelos saturados, como los limos y arcillas, la capacidad de carga puede ser significativamente menor, lo que obliga a los ingenieros a tomar precauciones adicionales, como la instalación de drenajes o el uso de cimentaciones profundas (Mondragon, 2022).
- **Tipo de Cimentación:** El tipo de cimentación empleado también influye en la capacidad de carga admisible. Existen diferentes tipos de cimentaciones, como superficiales (zapatas, losas) y profundas (pilotes, caissons). Las cimentaciones superficiales están

diseñadas para distribuir las cargas a una capa relativamente delgada de suelo, mientras que las cimentaciones profundas transferirán las cargas a capas más profundas del terreno, que generalmente tienen una mayor capacidad de carga. La elección del tipo de cimentación dependerá del análisis de la capacidad de carga del terreno y de las características del proyecto (Mondragon, 2022).

- **Factor de Seguridad Adoptado:** En ingeniería civil, se utiliza un factor de seguridad para garantizar que las cargas aplicadas no excedan la capacidad de carga del terreno, incluso en condiciones extremas. Este factor de seguridad tiene en cuenta posibles imprevistos, como variaciones en las propiedades del suelo, cambios en el nivel freático, o posibles defectos de construcción. El factor de seguridad generalmente se establece en función del tipo de estructura, su importancia y las condiciones del terreno. Para estructuras críticas, como puentes o edificios de gran altura, se utiliza un factor de seguridad más alto para asegurar la estabilidad a largo plazo (Mondragon, 2022).

❖ Factores que Afectan la Capacidad de Carga

La capacidad de carga admisible se ve afectada por otros factores, como:

- **Estratificación del Suelo:** La presencia de diferentes capas de suelo con propiedades variables (por ejemplo, una capa superficial de arena sobre una capa de arcilla) puede influir en la forma en que se distribuyen las cargas. Las capas superiores, generalmente menos resistentes, podrían requerir refuerzo o cimentaciones más profundas (Huisa, 2021).
- **Condiciones Ambientales:** Factores como la variabilidad del clima, la presencia de lluvias intensas o sequías prolongadas, así como el impacto de cargas dinámicas (como el tráfico o la vibración) también pueden alterar la capacidad de carga de un terreno con el tiempo (Huisa, 2021).



- **Consolidación del Suelo:** En suelos saturados, como arcillas blandas, el proceso de consolidación puede aumentar la capacidad de carga a medida que el suelo se asienta y pierde agua, pero este proceso puede ser lento, lo que genera asentamientos graduales (Huisa, 2021).

2.3 Marco conceptual

- Asentamiento:** Es el desplazamiento vertical que experimenta el terreno o la estructura debido a la carga que soporta. Los asentamientos pueden ser inmediatos (cuando ocurren rápidamente) o diferidos (progresivos a lo largo del tiempo).
- Cimentaciones:** Son los elementos de una construcción encargados de transmitir las cargas de la estructura al suelo de manera segura. Se diseñan para evitar el colapso o hundimiento de la edificación, distribuyendo las cargas de manera adecuada. Pueden ser superficiales (cuando se encuentran cerca de la superficie) o profundas (cuando se encuentran a mayor profundidad).
- Carga admisible:** Es la máxima carga que el suelo o un material puede soportar de manera segura sin que se produzcan fallas, deformaciones excesivas o riesgos de daño para la estructura. Esta carga depende de las características del terreno y del material.
- Nivel freático:** Es el nivel en el que el agua subterránea se encuentra en equilibrio dentro del suelo o roca. Se refiere a la profundidad a la que el agua empieza a saturar el terreno. El nivel freático puede influir en el comportamiento del suelo y en el diseño de cimentaciones.
- Preconsolidación:** Es el proceso por el cual un suelo experimenta una disminución de volumen debido a la compresión de los poros bajo una carga constante. La



preconsolidación ocurre especialmente en suelos arcillosos y puede influir en los asentamientos diferidos, ya que el suelo sigue compactándose con el tiempo.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación es el conjunto de procedimientos y técnicas utilizadas por el investigador para llevar a cabo el proceso de investigación científica. Este conjunto de métodos permite que la investigación sea sistemática, ordenada y objetiva. A través de la metodología se establecen los pasos y herramientas a seguir para recopilar, analizar y presentar los datos obtenidos, con el fin de obtener resultados que sean válidos, confiables y reproducibles. La metodología también incluye la justificación de la elección de métodos, el diseño de investigación y el análisis de los datos. Una correcta metodología de investigación garantiza que el estudio se conduzca de manera eficiente y rigurosa. Además, la elección de la metodología depende del tipo de estudio, la naturaleza del problema de investigación, los objetivos planteados y los recursos disponibles (Villanueva, 2022).

3.1 Diseño de la investigación

En esta forma de diseño del estudio, el investigador no modifica intencionadamente las variables independientes, sino que se limita a observar y evaluar los sucesos tal y como ocurren en su entorno natural. Este estilo de diseño de investigación se conoce como diseño de investigación naturalista. En este diseño, se recolectan datos para describir,



analizar y establecer relaciones entre variables, sin intervenir en ellas. El diseño no experimental es útil para estudios descriptivos, correlacionales o explicativos cuando no es posible o práctico controlar las condiciones del estudio (Villanueva, 2022).

Es un diseño no experimental porque se basó en la recolección y análisis de muestras de suelos inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca, con el fin de determinar sus características y estimar el comportamiento del asentamiento de cimentaciones sin manipular las condiciones originales del terreno.

3.2 Métodos de la investigación

La técnica de investigación científica es un procedimiento a la vez estructurado y metódico que se utiliza para desarrollar información adecuada para comprender fenómenos naturales o sociales. Se compone de una secuencia de procesos que incluyen la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación, el análisis de datos y la validación de conclusiones. Para garantizar que los resultados obtenidos puedan ser reproducidos y comprobados por otros investigadores, es necesario verificar que cada etapa del procedimiento se lleva a cabo correctamente. Dado que se basa en la recopilación y el examen de pruebas de forma imparcial, el método científico también respalda la objetividad (Villanueva, 2022).

Se enmarca dentro del método científico porque sigue un proceso sistemático y estructurado para abordar el problema de los suelos inestables en el sector Chilla de Juliaca. Comienza con la observación y recolección de muestras de suelos, seguido de la formulación de hipótesis sobre su comportamiento bajo carga. A través de ensayos de laboratorio, se analizan las características geotécnicas y se obtienen resultados que permiten validar o refutar las hipótesis planteadas, contribuyendo así al conocimiento científico sobre el comportamiento de estos suelos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 Tipo de la investigación

Mediante la aplicación de ideas y metodologías científicas, el objetivo de la investigación aplicada es encontrar soluciones a problemas concretos que se plantean en el mundo real. Por otro lado, la investigación aplicada se esfuerza por identificar respuestas prácticas a cuestiones concretas en campos como la salud, la educación, la tecnología o la ingeniería. Esto contrasta con la investigación fundamental, que busca ampliar conocimientos sin una aplicación inmediata. Este tipo de estudio se centra en las aplicaciones prácticas, con el objetivo de abordar problemas reales y mejorar circunstancias concretas dentro de un entorno específico (Rodríguez, 2020).

Es de tipo aplicada porque se enfoca en resolver un problema práctico relacionado con el comportamiento de los suelos inestables en el sector Chilla de Juliaca. A través de la recolección de datos y la realización de ensayos geotécnicos, busca generar soluciones directas para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas.

3.3.2 Nivel de la investigación

Es el nivel de investigación que se enfoca en observar, detallar y caracterizar un fenómeno, hecho, situación o grupo de variables tal como se presentan en su contexto natural, sin manipularlas ni establecer relaciones de causa y efecto. Su objetivo principal es describir las características esenciales del objeto de estudio y proporcionar información detallada sobre su naturaleza, contexto y comportamiento. No busca explicar el porqué de los fenómenos, sino describir el qué y cómo ocurren (Villanueva, 2022).

Es de nivel descriptivo ya que busco calcular asentamientos y evaluar esfuerzos específicos en suelos inestables en el sector Chilla de Juliaca.

3.3.3 Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación hace referencia a la estrategia general que un investigador emplea para abordar un problema de estudio, determinando la manera en que

se recopilarán, analizarán e interpretarán los datos. Este enfoque puede ser cualitativo, cuando se busca explorar y comprender fenómenos desde una perspectiva detallada y subjetiva, cuantitativo, cuando se prioriza la recolección de datos numéricos para identificar patrones y relaciones, o mixto, cuando se combinan ambos métodos para obtener una comprensión más completa del fenómeno investigado. La elección del enfoque depende del objetivo de la investigación y del tipo de problema que se quiera abordar.

Enfoque cuantitativo por que se basó en la recolección y análisis de los datos numéricos.

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

La población en una investigación se refiere al conjunto total de elementos, individuos o unidades que comparten características comunes y que son objeto de estudio. Dependiendo del objetivo de la investigación, la población puede ser amplia o específica. Por ejemplo, si se estudian las propiedades de un tipo de concreto, la población sería todo el concreto de ese tipo que se utiliza en un área determinada, como en la ciudad de Juliaca (Iglesias, 2021).

La población está conformada por los suelos de fundación en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca.

3.4.2 Muestra

En investigación, la muestra es un subconjunto de la población, seleccionada de manera tal que sus características reflejen fielmente las de la población total. La muestra se utiliza cuando es impracticable o costoso estudiar a toda la población. La selección de la muestra debe ser cuidadosa para asegurar que sea representativa, lo cual puede lograrse mediante diversos métodos de muestreo, como aleatorio, estratificado, o por

conveniencia. La calidad de la muestra afecta directamente la validez de los resultados y su aplicabilidad a la población general (Castillo et al., 2014).

La muestra se selecciona a partir de las muestras de suelo extraídas en estas áreas, las cuales serán sometidas a ensayos geotécnicos para determinar sus propiedades y comportamientos.

Específicamente, esta muestra está compuesta por:

Figura 3

Muestra



Se presenta la localización de las muestras tomadas en las zonas de la Avenida Tintaya y la Avenida Marañón, las cuales están ubicadas en el sector de Chillá.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Son los procedimientos y métodos específicos utilizados para recolectar datos de manera sistemática en una investigación. Estas técnicas dependen del tipo de estudio, los objetivos de la investigación y el enfoque metodológico seleccionado. Las técnicas pueden ser cualitativas, como entrevistas, grupos focales o observación participante, que permiten recolectar información detallada y profunda sobre fenómenos complejos. También pueden ser cuantitativas, como encuestas, experimentos o análisis estadísticos, que permiten obtener datos numéricos y analizarlos con herramientas estadísticas (Hadi et al., 2023).

- Observación.
- Recolección de datos.
- Ensayos de campo.

3.5.2 Instrumentos

Son las herramientas específicas utilizadas para recolectar datos durante el proceso investigativo. Estos instrumentos permiten medir o registrar de manera precisa y objetiva las variables de estudio. Pueden ser cuestionarios, encuestas, pruebas de laboratorio, escalas de medición, grabadoras, cámaras, entre otros, dependiendo del tipo de datos que se necesiten obtener. Los instrumentos de investigación se diseñan de acuerdo a las técnicas utilizadas y deben ser validados para asegurar que midan lo que se pretende medir de forma adecuada (Hadi et al., 2023).

- Máquinas de prueba.
- Fichas de registro experimental.
- Listas de control.



3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

La validación de instrumentos es el proceso mediante el cual se asegura que un instrumento de investigación mide lo que realmente se propone medir. Este proceso es fundamental para garantizar que los resultados obtenidos sean precisos y pertinentes para el objetivo del estudio. La validación implica una evaluación rigurosa de la calidad del instrumento, lo que puede incluir pruebas de contenido, criterio y constructo. En la validación de un instrumento, se revisa si las preguntas, ítems o procedimientos utilizados están correctamente alineados con las variables que se desean medir.

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

Hace referencia a la consistencia y estabilidad de los resultados que produce al ser utilizado en diferentes ocasiones o con diferentes sujetos, en condiciones similares. Un instrumento es confiable si, al repetirse el proceso de medición, los resultados obtenidos son consistentes y no varían de manera significativa. La confiabilidad es crucial para asegurar que los datos obtenidos en una investigación sean reproducibles y no estén sujetos a errores o fluctuaciones aleatorias.

3.7 Procedimiento de recolección de datos

Se realizó la recolección de muestras de suelo en el sector de Chilla, específicamente en las áreas de la Avenida Tintaya y la Avenida Marañón. Las muestras fueron extraídas para llevar a cabo diversos ensayos, con el objetivo de analizar las características y comportamientos de los suelos en ambas zonas.

3.7.1 Ensayos en laboratorio

❖ Tamizado

Determinar la distribución de tamaños de partículas del suelo (proporción de arena, limo, arcilla).

- **Muestra:** Se extrae una muestra representativa del suelo.
- **Tamizado:** Se pasa la muestra a través de una serie de tamices con diferentes tamaños de malla. El material retenido en cada tamiz se pesa.
- **Sedimentación (para arcillas y limos):** Se coloca una muestra de suelo finamente triturado en un cilindro y se observa la velocidad de sedimentación de las partículas según su tamaño. El tiempo que tarda cada partícula en asentarse se utiliza para determinar su tamaño.
- **Resultados:** Con los resultados de los tamices y la sedimentación se realiza un gráfico de la curva granulométrica para clasificar el suelo (por ejemplo, suelo arcilloso, arenoso, limoso).

❖ Limites

Determinar la plasticidad del suelo (capacidad para deformarse sin romperse), que es fundamental para conocer la estabilidad de los suelos en condiciones de humedad variable.

- Se prepara una muestra de suelo a partir de una muestra representativa y se lleva a cabo el ensayo para obtener los límites:
- **Límite líquido (LL):** Se determina el contenido de agua al que el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.
- **Límite plástico (LP):** Se determina el contenido de agua al que el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido.
- **Cálculos:** Los valores obtenidos del LL y LP permiten calcular el índice de plasticidad ($IP = LL - LP$), lo cual es importante para clasificar el suelo según su comportamiento.

❖ Ensayo de consolidación unidimensional

Determinar el esfuerzo de preconsolidación y los parámetros de consolidación del suelo.

- Se toma una muestra de suelo que ha sido previamente tamizada.
- La muestra se coloca en un aparato oedométrico, donde se aplica una carga incremental controlada y se mide el asentamiento de la muestra.
- Curva de Consolidación: Se registra el asentamiento en función del tiempo para determinar las características de consolidación, como el índice de compresión (C_c) y el esfuerzo de preconsolidación (σ'_p).
- Resultados: Se obtiene la curva de consolidación, la cual permite identificar el esfuerzo de preconsolidación, que es la mayor carga que el suelo ha experimentado previamente. El esfuerzo de preconsolidación se utiliza para evaluar la capacidad del suelo para soportar cargas adicionales sin sufrir asentamientos excesivos.
- Con los resultados del ensayo de consolidación, se pueden estimar los parámetros de compresión del suelo, como el índice de compresión (C_c), que indica cuánto se comprimirá el suelo por cada incremento de carga.

❖ Asentamiento o hundimiento

Asentamientos en arcillas que han experimentado una consolidación natural: Las arcillas que se consideran normalmente consolidadas son aquellas que nunca han estado expuestas a una presión superior a la que actualmente ejercen las capas de suelo que se encuentran por encima de ellas. Es decir, estas arcillas no han sido sometidas a una carga mayor a la que les corresponde en este momento debido a las capas de material que las cubren.

Por otro lado, el coeficiente de compresibilidad (a_v) cm^2/gr . expresado generalmente en cm^2/gr , es una medida clave para entender cómo reaccionan estas arcillas ante la aplicación de presión. Cuando una estructura o un terraplén se coloca sobre la superficie del suelo, aumenta la presión a la que la arcilla está sometida. Este incremento de presión, que va de P_0 (presión inicial) hasta P (presión final), provoca una disminución en la relación de volumen de la arcilla, lo que genera un proceso de compresión.

$$e_0 - e = \Delta e = a_v \Delta p.$$

$$a_v = \frac{\Delta e \rightarrow}{\Delta p \rightarrow}$$

Donde:

Δe → Deformación unitaria

Δp → Incremento de carga

Cambio en el espesor relativo de la arcilla bajo la acción de un aumento en la presión externa.

H = Altura inicial del estrato de arcilla

ΔP = Incremento de carga aplicada al material

Compresión (s) Contracción volumétrica medida en el estrato normalmente consolidado, expresada en \emptyset

$$S = Hx \frac{C_c}{1 + e_0} x \text{Log}_{10} \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

Donde:

C_c = Coeficiente de compresión, dado por la ecuación $=0.009(L.L. - 10\%)$

P_0 = Presión efectiva existente en el estrato arcilloso

e_0 = Relación inicial entre el volumen de vacíos y el volumen sólido

ΔP = Aumento de la presión vertical en el núcleo de la capa de arcilla.

$$\text{si } \frac{C}{P_0} \gg 0.11 + 0.037IP \rightarrow \text{es arcilla preconsolidada}$$

En cuanto a la condición en la que se da la relación $P_0 < P_c$ esto implica que la presión efectiva que actúa sobre el estrato de arcilla es inferior a la presión de preconsolidación de dicho material. Es decir, la arcilla se encuentra en un estado donde la presión que soporta no ha superado el límite de presión que esta arcilla habría experimentado previamente en su historia geológica, lo que se conoce como presión de preconsolidación.

$$\text{si } \frac{C}{P_0} \ll 0.11 + 0.037IP \rightarrow \text{es arcilla normalmente consolidada}$$

Donde:

C = Fuerza de cohesión del material

P_0 = Presión efectiva que actúa sobre el material

I.P = Indicador de la plasticidad del material

$$RSC (OCR) = \frac{\sigma_c}{\sigma'}$$

Donde:

$RSC = 1, \sigma_c = \sigma'$ (Arcillas normalmente consolidada)

$RSC > 1, \sigma_c > \sigma'$ (Arcillas preconsolidadas)

Tabla 2

Asentamiento para arcillas preconsolidadas y arcillas comúnmente consolidadas

Asentamiento (S) CM	
Arcillas pre-consolidadas	Arcilla comúnmente consolidada
$\text{si } \frac{C}{P_0} \gg 0.11 + 0.037IP$ → es arcilla preconsolidada	$\text{si } \frac{C}{P_0} \ll 0.11 + 0.037IP$ → es arcilla normalmente consolidada
Tiene que con la condición $P_0 < P_c =$ Presión efectiva en el estrato de arcilla < presión de pre consolidación	Tiene que con la condición $P_0 > P_c =$ Presión efectiva en el estrato de arcilla > presión de pre consolidación

Nota: Ing. Ángel Huanca

Tabla 3

Hundimientos tolerables

Tipo de suelo	Criterio
Rígido	$s_t \leq 0.5 \text{ cm}$
Intermedio	$0.50 < s_t \leq 1.0 \text{ cm}$
Flexible	$1.0 < s_t \leq 1.50 \text{ cm}$

Nota: Dr. Genner



❖ Tiempo de consolidación

Estimar el tiempo necesario para que un estrato de suelo alcance un grado específico de consolidación (como el 50%).

- Muestras: Se utilizan las muestras tomadas en los ensayos anteriores para determinar la capacidad de consolidación del suelo.
- Cálculo del Coeficiente de Consolidación (Cv): Utilizando los resultados del ensayo de consolidación, se obtiene el coeficiente de consolidación (Cv), que depende del tipo de suelo y de las características de la carga aplicada.
- Ecuación de Consolidación: Se utiliza la fórmula de consolidación unidimensional para estimar el tiempo necesario para alcanzar un porcentaje determinado de consolidación:

$$T_v = (C_v \cdot t) / H^2$$

Donde:

- T_v es el factor de tiempo.
- C_v es el coeficiente de consolidación.
- T es el tiempo de consolidación.
- H es el grosor del estrato de suelo.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos es la etapa del proyecto en la cual se recopilan, organizan, transforman y examinan los datos obtenidos para extraer información relevante, interpretar resultados y tomar decisiones fundamentadas. Este proceso implica la aplicación de métodos estadísticos, técnicas computacionales y herramientas especializadas para identificar patrones, tendencias y relaciones significativas dentro del conjunto de datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Se presentan los resultados obtenidos de la exploración del suelo, llevada a cabo con el objetivo de evaluar las condiciones para las cimentaciones del proyecto. Las investigaciones se realizaron mediante calicatas y ensayos de penetración ligera (DPL), que permiten obtener información detallada sobre la composición y comportamiento del suelo. Los resultados obtenidos se exponen en forma de tablas y gráficos, los cuales ofrecen una representación clara de las características geotécnicas del suelo, como su tipo, consistencia, resistencia y otras propiedades relevantes, específicas del área de estudio.

Ubicación

El sector de Chilla se encuentra ubicado aproximadamente a 4.00 km al noreste del centro de la ciudad, en una zona que se caracteriza por su altitud de 3,825.00 (m.s.n.m.). Esta ubicación geográfica le confiere una serie de particularidades climáticas y geológicas que pueden influir en las condiciones del suelo y su comportamiento frente a proyectos de construcción. La proximidad con la ciudad y su altitud son factores relevantes a la hora de analizar las condiciones del terreno para las futuras obras de infraestructura.

Con una localización política especificada de la siguiente forma:

- Distrito : Juliaca
- Provincia : San Román
- Departamento : Puno
- Región : Puno

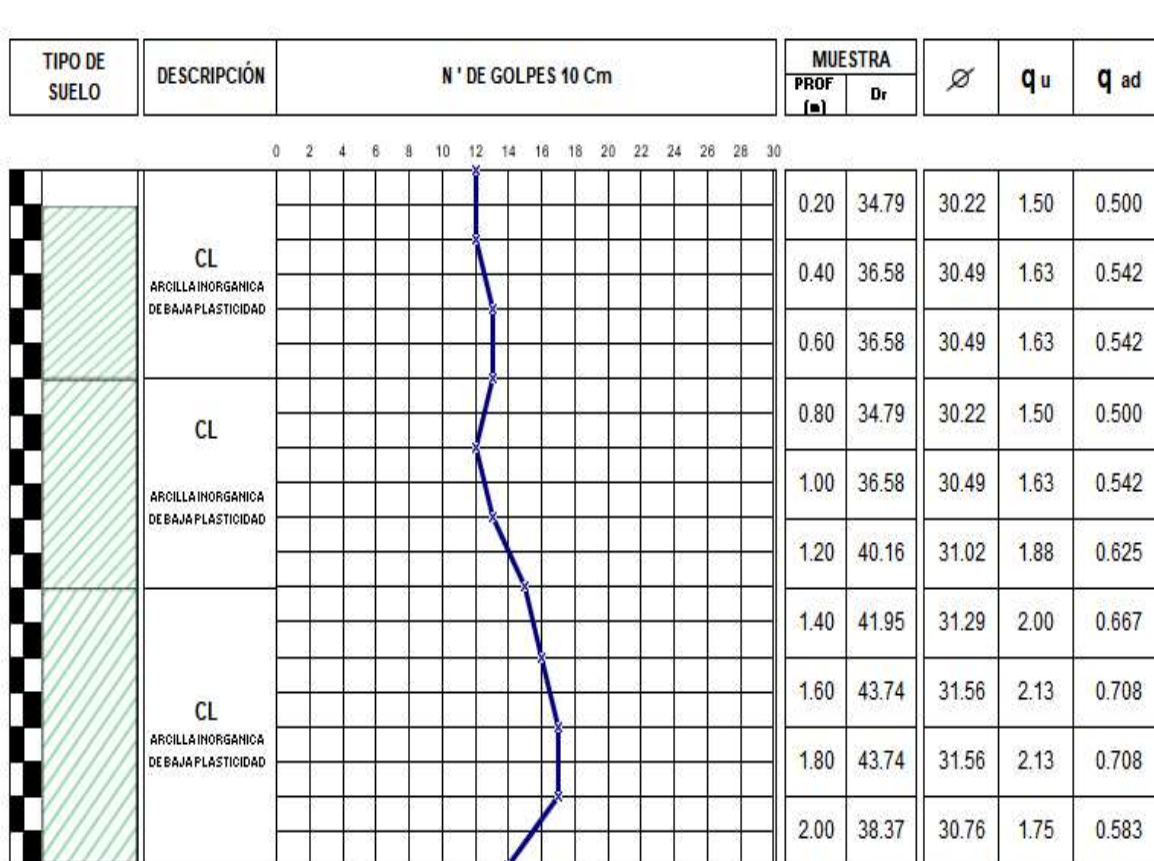
Las viviendas ubicadas en el sector de Chilla están construidas principalmente con materiales como ladrillo y concreto. Estos materiales predominan especialmente en las estructuras de primer y segundo piso, lo que refleja una construcción sólida y durable, adaptada a las condiciones del terreno y a las necesidades de los habitantes de la zona.

4.1.1 Características de los suelos de fundación en el sector Chilla

1) Característica del suelo en la Avenida Tintaya

Figura 4

Perfil geotécnico de la muestra DPL N°1



❖ Humedad

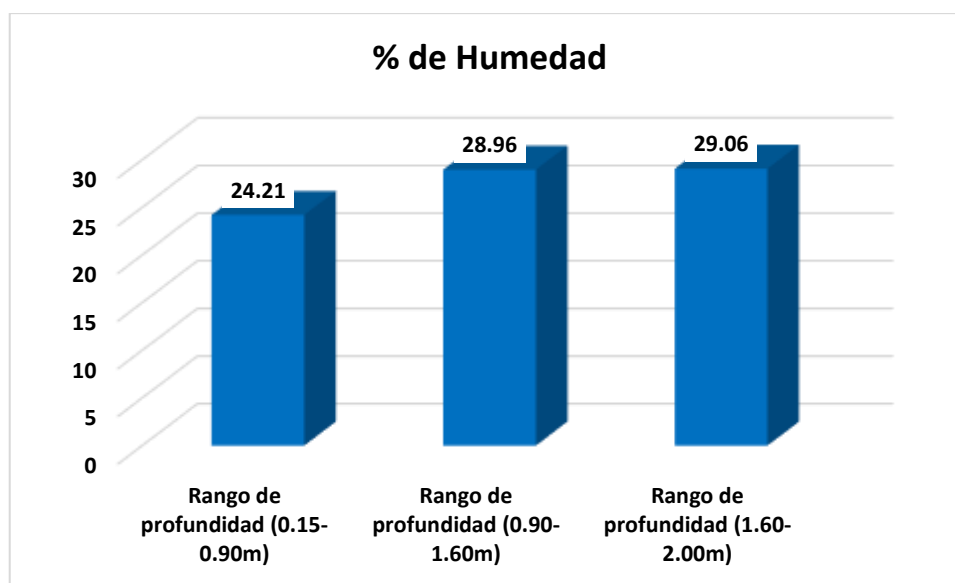
Tabla 4

Humedades encontradas

Muestreo-01	Humedad%
Rango de profundidad (0.150- 0.900m)	24.210
Rango de profundidad (0.900-1.600m)	28.960
Rango de profundidad (1.600-2.000m)	29.060

Figura 5

Humedades encontradas



Se muestra los porcentajes de humedad encontrados en los muestreos realizados en el suelo de la Avenida Tintaya, organizados por rangos de profundidad. En el Muestreo-01, la humedad encontrada en el rango de 0.15-0.90 cm fue de 24.21%, en el rango de 0.90-1.60 cm fue de 28.96%, y en el rango de 1.60-2.00 cm alcanzó el 29.06%. Estos resultados indican un aumento progresivo de la humedad a medida que se incrementa la profundidad.

❖ **Limites****Tabla 5***Limites encontrados*

LL% (ASTM-D424 D-4318)		LP% (ASTM-D424 D- 318)		IP% (AASHTOT90)	
Muestreo-01					
Rango de profundidad (0.150-0.900m)	44.16	Rango de profundidad (0.150-0.900m)	23.47	Rango de profundidad (0.150- 0.900m)	20.69
Rango de profundidad (0.90-1.60m)	43.91	Rango de profundidad (0.90-1.60m)	23.33	Rango de profundidad (0.90-1.60m)	20.58
Rango de profundidad (1.60-2.00m)	29.97	Rango de profundidad (1.60-2.00m)	21.38	Rango de profundidad (1.60-2.00m)	08.59

Se presenta los resultados de los límites encontrados en los muestreos de suelo realizados en la Avenida Tintaya, específicamente los valores del Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP), según los métodos ASTM D424 y D-4318 para LL y LP, y AASHTO-T90 para I.P. Los datos están organizados por rangos de profundidad y muestreo. En el Muestreo-01, se observan los siguientes resultados: en el rango de 0.15-0.90 m, el L.L fue de 44.16%, el L.P de 23.47% y el I.P de 20.69%; en el rango de 0.90-1.60 m, el LL fue de 43.91%, el L.P de 23.33% y el I.P de 20.58%; y en el rango de 1.60-2.00 m, el LL fue de 29.97%, el L.P de 21.38% y el I.P de 8.59%. Se puede observar una disminución en los valores del L.L, L.P e I.P a medida que aumenta la profundidad, lo que sugiere que el suelo presenta una mayor plasticidad y capacidad de retención de agua en las capas más superficiales, disminuyendo a medida que se profundiza.

❖ Características granulométricas

Tabla 6

Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m

TAMICES	P. RETENIDOS	%R. PARCIALES	%R. ACUMULADO	%PASANTE
No4	0.00	0.00	0.00	100.00
No10	48.97	6.12	6.12	93.88
No20	58.24	7.28	13.40	86.60
No40	62.12	7.77	21.17	78.83
No 50	38.67	4.83	26.00	74.00
No100	74.26	9.28	35.28	64.72
No200	63.14	7.89	43.18	56.83
BASE	454.60	56.83	100.00	0.00
TOTAL	800.00	100.00		
% PERDIDA	56.83			

Figura 6

Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m

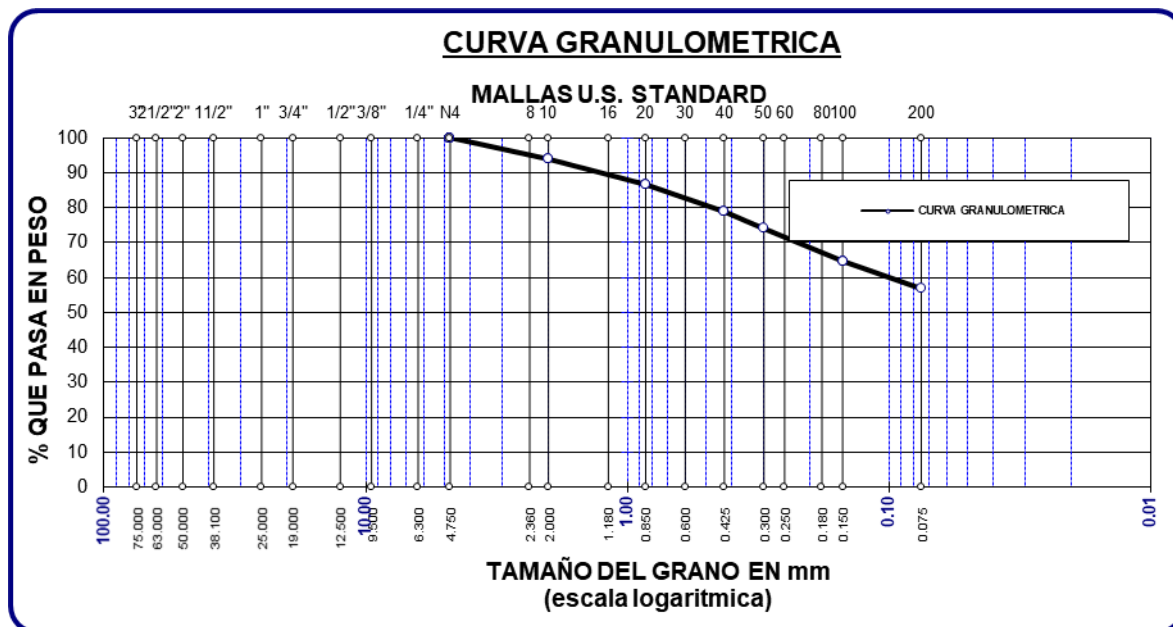


Tabla 7

Grabación en la profundidad (0.90-1.60) m

TAMICES	P. RETENIDOS	%R. PARCIALES	%R. ACUMULADO	%PASANTE
No4	0.00	0.00	0.00	100.00
No10	0.54	0.14	0.14	99.87
No20	1.34	0.34	0.47	99.53
No40	3.89	0.97	1.44	98.56
No 50	6.54	1.64	3.08	96.92
No100	53.16	13.29	16.37	83.63
No200	51.29	12.82	29.19	70.81
BASE	283.24	70.81	100.00	0.00
TOTAL	400.00	100.00		
% PERDIDA	70.81			

Figura 7

Grabación en la profundidad (0.90-1.60) m

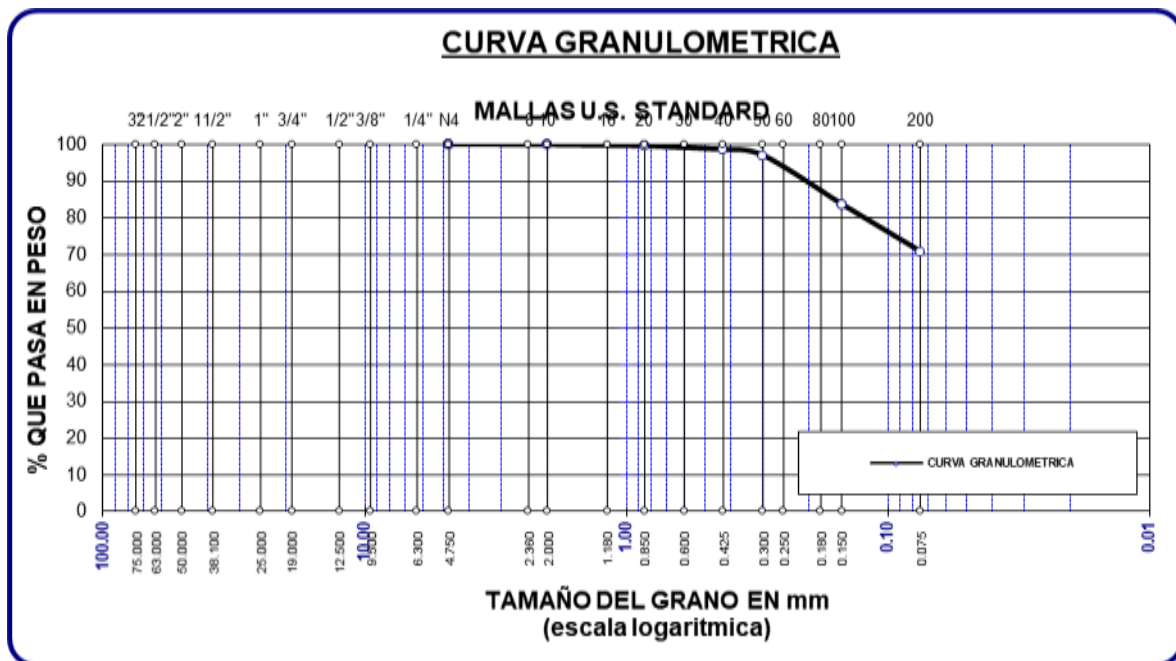


Tabla 8

Grabación en la profundidad (1.60-2.00) m

TAMICES	P. RETENIDOS	%R. PARCIALES	%R. ACUMULADO	%PASANTE
No4	0.00	0.00	0.00	100.00
No10	0.26	0.09	0.09	99.91
No20	0.51	0.17	0.26	99.74
No40	8.05	2.68	2.94	97.06
No 50	14.04	4.68	7.62	92.38
No100	54.26	18.09	25.71	74.29
No200	69.21	23.07	48.78	51.22
BASE	153.67	51.22	100.00	0.00
TOTAL	300.00	100.00		
% PERDIDA	51.22			

Figura 8

Grabación en la profundidad (1.60-2.00) m

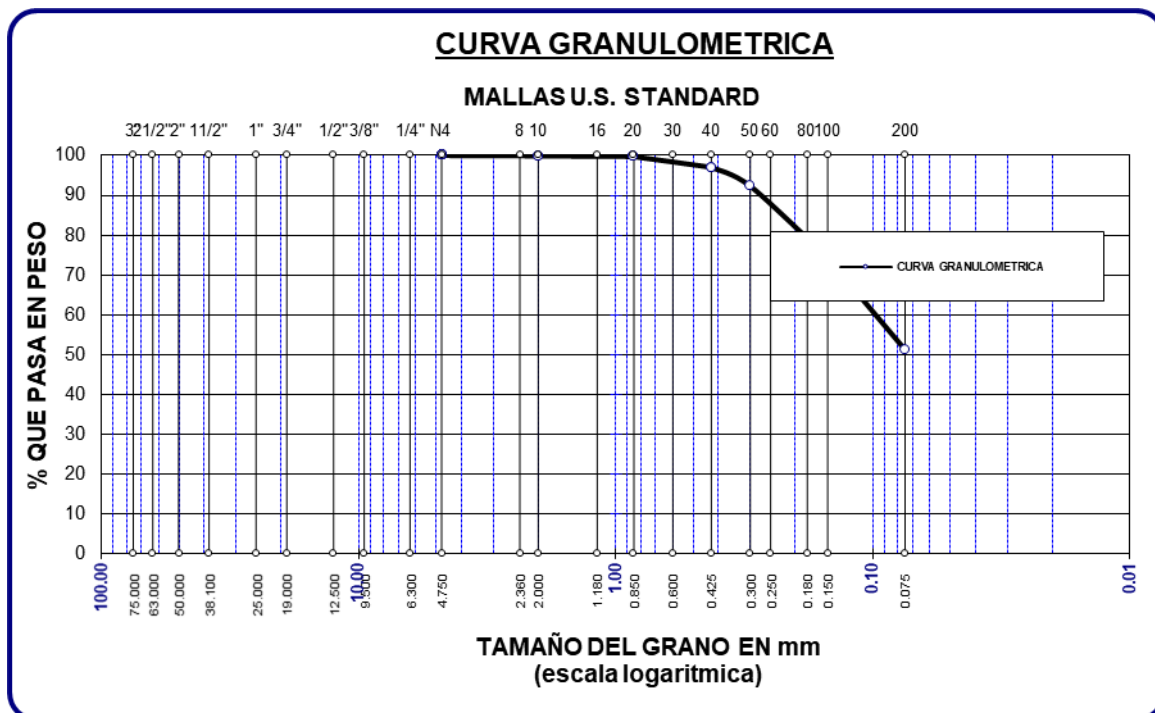


Tabla 9

Clasificación se suelo en la Avenida Tintaya

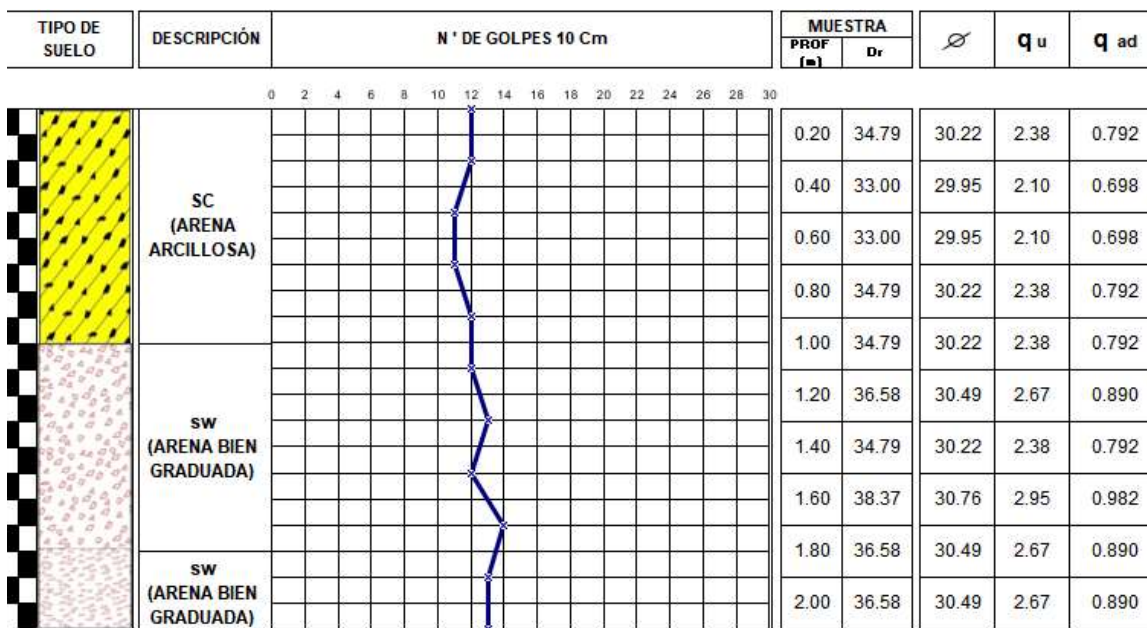
Características Granulométricas						
Nº	D10	D30	D60	Cu	Cc	SUCS
Profundidad (0.15-0.90m)	—	-	0.11	-	-	CL
Profundidad (0.90-1.60m)	—	-	-	-	-	CL
Profundidad (1.60-2.00m)	-	-	0.10	-	-	CL

Se presenta los resultados de los muestreos de suelo en la Avenida Tintaya, donde se analizan las características granulométricas en tres profundidades: 0.15-0.90 m, 0.90-1.60 m y 1.60-2.00 m. En todas las profundidades muestreadas, el suelo se clasifica como CL (suelo limoso o arcilloso de baja plasticidad) según (SUCS). La tabla incluye parámetros como los diámetros de partículas D10, D30 y D60, aunque en algunos casos no se especifican valores.

2) Característica del suelo en la Avenida Marañón

Figura 9

Perfil geotécnico de la muestra DPL N°2



❖ Humedad

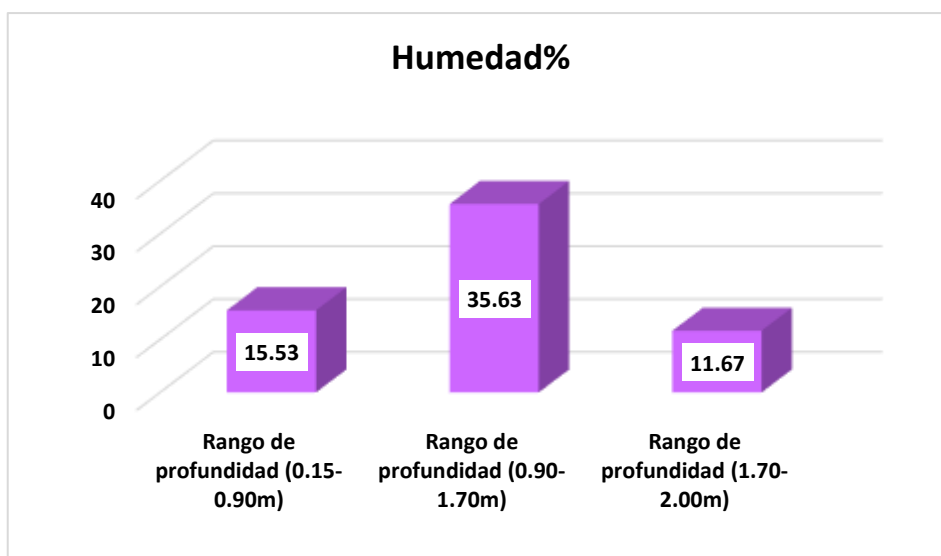
Tabla 10

Humedades encontradas

Muestreo-02	Humedad%
Rango de profundidad (0.150 - 0.900m)	15.53
Rango de profundidad (0.900 - 1.700m)	35.63
Rango de profundidad (1.700 - 2.000m)	11.67

Figura 10

Humedades encontradas



En el Muestreo-02 del suelo de la Avenida Marañón, se registraron los siguientes valores de humedad según los diferentes rangos de profundidad: en el rango de 0.15-0.90 m, la humedad fue de 15.53%, en el rango de 0.90-1.70 m fue de 35.63%, y en el rango de 1.70-2.00 m se registró un valor de 11.67%. Estos resultados muestran una variabilidad en el contenido de humedad a distintas profundidades, con un aumento notable de la humedad en el rango intermedio de 0.90-1.70 m, lo que podría indicar que esta capa tiene una mayor capacidad de retención de agua en comparación con las capas más superficiales y profundas.



❖ Límites

Tabla 11

Límites encontrados

LL% (ASTM- D424 D- 4318)		LP% (ASTM- D424 D- 4318)		IP% (AASHTO-T90)	
Muestreo-02					
Rango de profundidad (0.15-0.90m)	41.33	Rango de profundidad (0.15-0.90m)	25.44	Rango de profundidad (0.15-0.90m)	15.89
Rango de profundidad (0.900-1.700m)	22.74	Rango de profundidad (0.900-1.700m)	N.P.	Rango de profundidad (0.900-1.700m)	N.P.
Rango de profundidad (1.700-2.000m)	16.12	Rango de profundidad (1.700-2.000m)	N.P.	Rango de profundidad (1.700-2.000m)	N.P.

Se muestra los límites encontrados en los muestreos del suelo de la Avenida Marañón. En el Muestreo-02, los resultados indican lo siguiente: en el rango de 0.15-0.90 m, el LL fue de 41.33%, el LP de 25.44%, y el IP de 15.89%. En el rango de 0.90-1.70 m, el LL disminuyó a 22.74%, pero el LP y el IP no fueron posibles de determinar (NP). Finalmente, en el rango de 1.70-2.00 m, el LL se redujo aún más a 16.12%, y tanto el LP como el IP permanecieron indeterminados (NP). Estos resultados muestran una disminución en la plasticidad del suelo a medida que se profundiza, con valores de LL y LP más altos en las capas superficiales y valores más bajos a mayores profundidades. La ausencia de valores para LP e IP en las capas más profundas sugiere que el suelo en esas capas tiene características menos plásticas.

❖ Características granulométricas

Tabla 12

Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m

TAMICES	P. RETENIDOS	%R. PARCIALES	%R. ACUMULADO	%PASANTE
No4	0.00	0.00	0.00	100.00
No10	138.47	46.16	46.16	53.84
No20	54.15	18.05	64.21	35.79
No40	20.24	6.75	70.95	29.05
No 50	8.67	2.89	73.84	26.16
No100	13.78	4.59	78.44	21.56
No200	11.40	3.80	82.24	17.76
BASE	53.29	17.76	100.00	0.00
TOTAL	300.00	100.00		
% PERDIDA	17.76			

Figura 11

Grabación en la profundidad (0.15-0.90) m

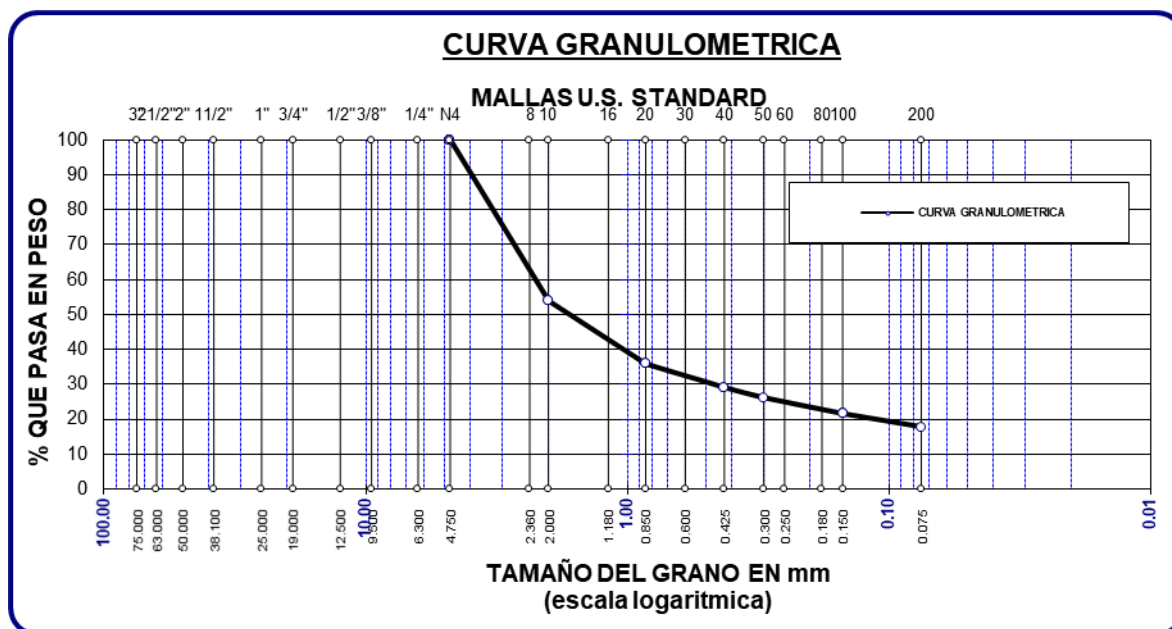


Tabla 13

Grabación en la profundidad (0.90-1.70) m

TAMICES	P. RETENIDOS	%R. PARCIALES	%R. ACUMULADO	%PASANTE
No4	0.00	0.00	0.00	100.00
No10	177.49	35.50	35.50	64.50
No20	134.09	26.82	62.32	37.68
No40	86.87	17.37	79.69	20.31
No 50	40.68	8.14	87.83	12.17
No100	35.68	7.14	94.96	5.04
No200	9.84	1.97	96.93	3.07
BASE	15.35	3.07	100.00	0.00
TOTAL	500.00	100.00		
% PERDIDA	3.07			

Figura 12

Grabación en la profundidad (0.90-1.70) m

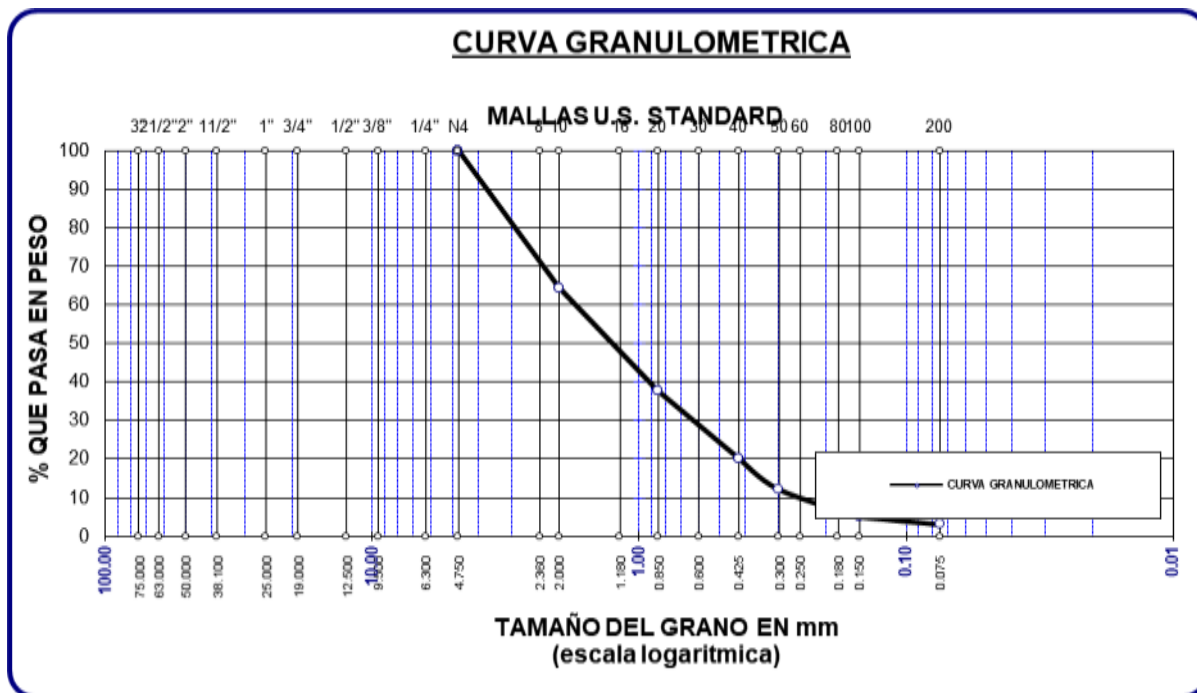


Tabla 14

Grabación en la profundidad (1.70-2.00) m

TAMICES	P. RETENIDOS	%R. PARCIALES	%R. ACUMULADO	%PASANTE
No4	0.00	0.00	0.00	100.00
No10	168.12	33.62	33.62	66.38
No20	140.56	28.11	61.74	38.26
No40	88.84	17.77	79.50	20.50
No 50	38.67	7.73	87.24	12.76
No100	36.12	7.22	94.46	5.54
No200	9.87	1.97	96.44	3.56
BASE	17.82	3.56	100.00	0.00
TOTAL	500.00	100.00		
% PERDIDA	3.56			

Figura 13

Grabación en la profundidad (1.70-2.00) m

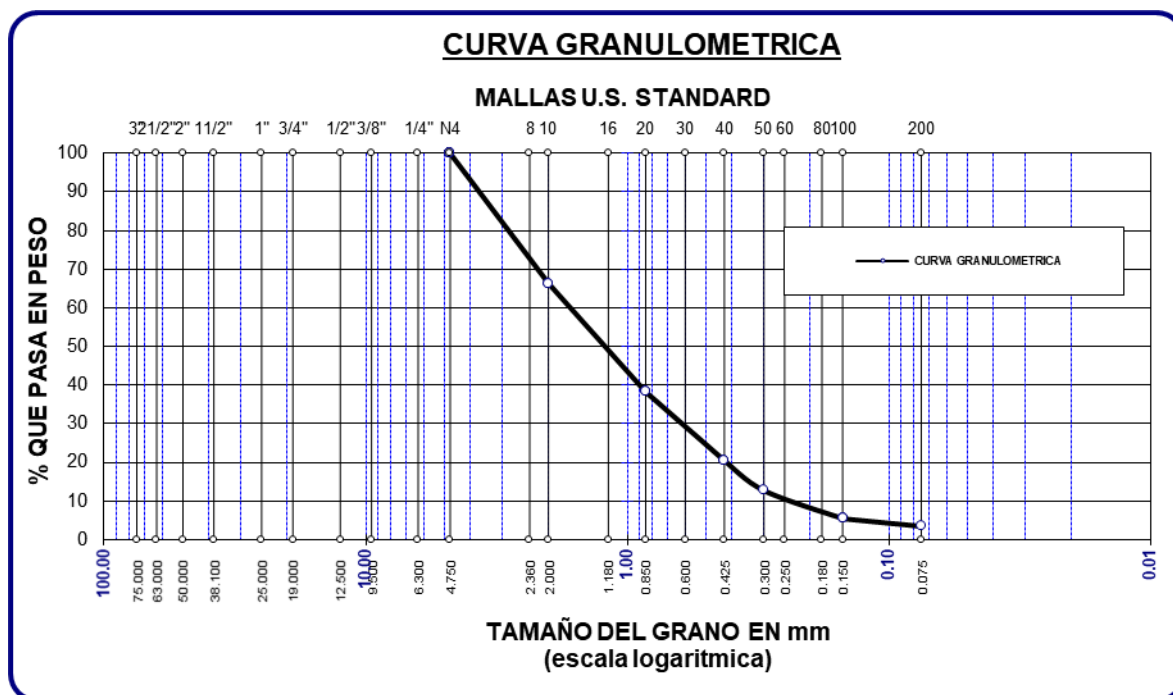


Tabla 15*Clasificación se suelo en la Avenida Marañón*

Características Granulométricas						
Nº	D10	D30	D60	Cu	Cc	SUCS
Profundidad (0.15-0.90m)	—	0.485	2.37	-	-	SC
Profundidad (0.90-1.70m)	0.254	0.662	1.810	7.100	1.00	SW
Profundidad (1.70-2.00m)	0.243	0.652	1.74	7.167	1.008	SW

Se presenta la clasificación del suelo en la Avenida Marañón según sus características granulométricas. Los datos incluyen los valores de D10, D30, D60, Cu, Cc y la clasificación según SUCS para diferentes rangos de profundidad. En el rango de 0.15-0.90 m, los valores de D30 y D60 fueron 0.485 y 2.37, respectivamente, pero no se registraron valores para D10, Cu, Cc y la clasificación SUCS, que es SC (suelo arenoso con cohesión, también conocido como "Sand with Clay"). En el rango de 0.90-1.70 m, el suelo muestra una mayor distribución de tamaños de partículas, con un D10 de 0.254, D30 de 0.662, y D60 de 1.810, lo que da como resultado un índice de uniformidad Cu de 7.100 y un índice de curvatura Cc de 1.00. Este conjunto de características corresponde a la clasificación SUCS de SW (Arena bien graduada, "Well-graded Sand"). Finalmente, en el rango de 1.70-2.00 m, los valores de D10, D30 y D60 fueron 0.243, 0.652, y 1.74, respectivamente, con Cu de 7.167 y Cc de 1.008, lo que también clasifica el suelo como SW (Arena bien graduada).

En resumen, la clasificación del suelo muestra que en las capas más superficiales (0.15-0.90 cm), el suelo es más cohesivo, con características de arena con algo de arcilla (SC), mientras que en las capas más profundas (0.90-2.00 cm), el suelo es predominantemente arena bien graduada (SW), con una distribución más uniforme de partículas y una mayor capacidad de drenaje.

4.1.2 Esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación en el sector Chilla

1) Avenida Tintaya

❖ Preconsolidación

Tabla 16

Datos de la muestra

DATOS DE MUESTRA		
DETALLES	INICIALES	FINALES
Diámetro(cm.)	4.98	-
Altura(cm.)	1.96	-
Peso del Anillo(gr.)	68.5	-
P.Anillo + Mu.Hum(gr.)	130.97	115.98
P.Anillo + Mu.Seca(gr.)	107.33	-

Tabla 17

Hallazgo de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD		
DETALLES	INICIALES	FINALES
Recipiente No	A.	B.
P.Anillo + Mu.Hum(gr)	130.97	121.80
P.Anillo + Mu.Seca(gr).	107.33	106.70
W.r (gr.).	68.50	68.60
Peso del Agua	15.10	16.50
Humedad. (%)	<u>39.53</u>	<u>45.33</u>

Tabla 18

Datos para el esfuerzo de preconsolidación

Detalles	Nomenclatura	Resultado
Gravedad específica del suelo-gr/cm ³	GS	2.43
Espécimen húmedo	Ww	62.47
Peso del sólido o peso seco	Ws	38.83
Altura del sólido o peso seco	Hs	0.82
Relación de vacíos inicial	eo	1.39

❖ Etapas de carga

Tabla 19

Cargas y tiempos sometidos de las muestras a 24hrs

Registro de datos de carga						
Tiempo (t)		Lectura del dial				
seg/min /Hs	min	00.1kg/cm ²	00.2kg/cm ²	00.4cm ²	00.8kg/cm ²	1.6kg/cm ²
0Seg	0.00	0.234	0.390	0.639	0.962	1.786
6Seg	0.10	0.236	0.392	0.645	0.965	1.890
15Seg	0.25	0.239	0.396	0.652	0.969	1.968
30Seg	0.50	0.242	0.399	0.667	0.972	1.975
1min	1.00	0.248	0.408	0.675	0.979	1.984
2min	2.00	0.253	0.411	0.684	0.986	1.990
4min	4.00	0.257	0.414	0.698	1.005	2.019
8min	8.00	0.262	0.419	0.709	1.048	2.067
15min	15.00	0.267	0.423	0.724	1.106	2.124
30min	30.00	0.270	0.427	0.748	1.182	2.294
1Hs	60.00	0.275	0.433	0.769	1.278	2.548
2Hs	120.00	0.280	0.436	0.788	1.398	2.661
4Hs	240.00	0.285	0.441	0.807	1.578	2.820
8Hs	480.00	0.291	0.448	0.825	1.792	2.939
24Hs	1440.00	0.295	0.457	0.849	1.889	2.964

❖ Etapas de descarga

Tabla 20

Descargas y tiempos sometidos de las muestras a 1hr

Datos de descarga						
Tiempo (t)		Lectura del dial				
seg/Min/Hs	min	00.0kg/cm ²	00.1kg/cm ²	00.2/cm ²	00.4kg/cm ²	00.8kg/cm ²
0Seg	0.00	2.410	2.700	2.750	2.850	2.985
6Seg	0.10	2.410	2.690	2.746	2.850	2.980
15Seg	0.25	2.390	2.690	2.740	2.850	2.970
30Seg	0.50	2.380	2.570	2.734	2.840	2.960
1min	1.00	2.364	2.565	2.726	2.835	2.950
2min	2.00	2.329	2.560	2.720	2.830	2.910
4min	4.00	2.305	2.534	2.708	2.825	2.884
8min	8.00	2.215	2.500	2.692	2.820	2.869
15min	15.00	2.200	2.485	2.680	2.820	2.857
30min	30.00	1.285	2.415	2.664	2.805	2.834
1Hs	60.00	1.280	2.405	2.662	2.805	2.827

A continuación, se detalla el procedimiento para calcular el esfuerzo de preconsolidación. En la Figura se ilustra una columna de suelo completamente saturada, en la que no se observa ningún tipo de infiltración de agua, ni en la vertical ni en ninguna otra dirección. El esfuerzo total (σ) que se encuentra en el punto A, a la altura indicada, se determina considerando dos factores principales: por un lado, el peso específico del suelo en su estado saturado, y por otro, el peso específico del agua que se encuentra por encima de dicho punto dentro de la columna de suelo.

$$\sigma = H\gamma_w + (H_A - H)\gamma_{sat}$$

Donde:

γ_w = pesos específicos del agua

γ_{sat} = pesos específicos de suelos saturados

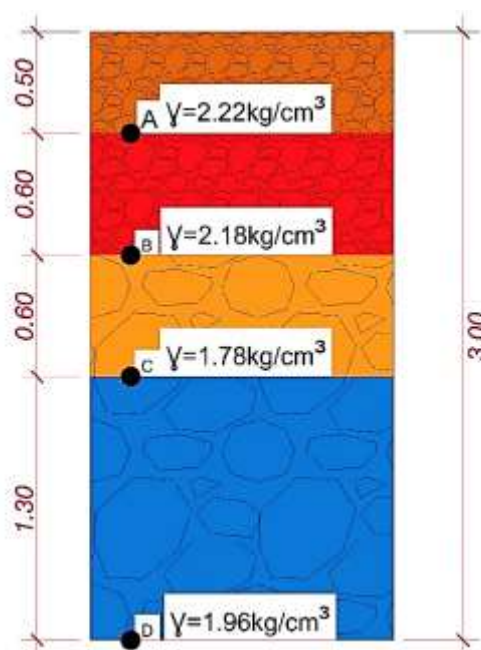
H = alturas de niveles de agua desde la parte superior de la columna de suelo

H_A = distancias entre el A y el nivel frèatico

❖ Esfuerzos efectivos en los puntos a, b, c y d

Figura 14

Esfuerzo efectivo en los puntos a, b, c y d





$$\sigma^i = \sigma - m_i$$

$$\sigma = \gamma \cdot h,$$

$$u_i = hp \cdot \gamma w$$

Donde:

σ = *esfuerzos totales*

u_i = *preciones de poros*

σ^i = *esfuerzos totales*

γ = *pesos unitario*

h = *alturas de presiones de poros*

hp = *alturas piesometricas*

γw = *pesos unitarios de agua*

Evaluación del esfuerzo en el punto "a"

$$\sigma_{.A} = \gamma_1 \cdot h \cdot A$$

$$\sigma_{.A} = 2.220 \cdot 0.500$$

$$\sigma_{.A} = 1.11 \text{kg/cm}^3$$

Evaluación del esfuerzo en el punto "b"

$$\sigma_{.b} = \sigma_a + \gamma_2 \cdot h$$

$$\sigma_{.b} = 2,220 + 2,180 \cdot 1.20$$

$$\sigma_{.b} = 4,8 \text{gr/cm}^3$$

Evaluación del esfuerzo actual en el punto "b", área de incidencia

$$\sigma_{.b} = \gamma \cdot h$$

$$\sigma_{.b} = 2.180 \cdot 0.600$$

$$\sigma_{.b} = 1.31$$

Evaluación del esfuerzo en el punto "c"

$$\sigma_{.c} = \sigma_b + \gamma_{2sat} \cdot 1.00$$

$$\sigma_{.c} = 4,8 + 1.780 \cdot 0.600$$

$$\sigma_{.c} = 5.90 \text{gr/cm}^3$$

Evaluación del esfuerzo en el punto "d"

$$\sigma_{.d} = \sigma_c + \gamma_3 \times 3.00$$

$$\sigma_{.d} = 5.900 + 1.960 \times 3.00$$

$$\sigma_{.d} = 11.78 \text{ gr/cm}^3$$

Estimación de la presión intersticial dentro del suelo

$$u_{.a} = hp \cdot \gamma_w$$

Usar condición hidrostática

$$u_{.a} = hp \times \gamma_w = 0$$

$$u_{.b} = hp \times \gamma_w = 0$$

$$u_{.c} = 1.00 \times 9.81 = 5.89$$

$$u_{.d} = 4.00 \times 9.81 = 29.43 \text{ kpa}$$

Tabla 21

Cálculos de los esfuerzos

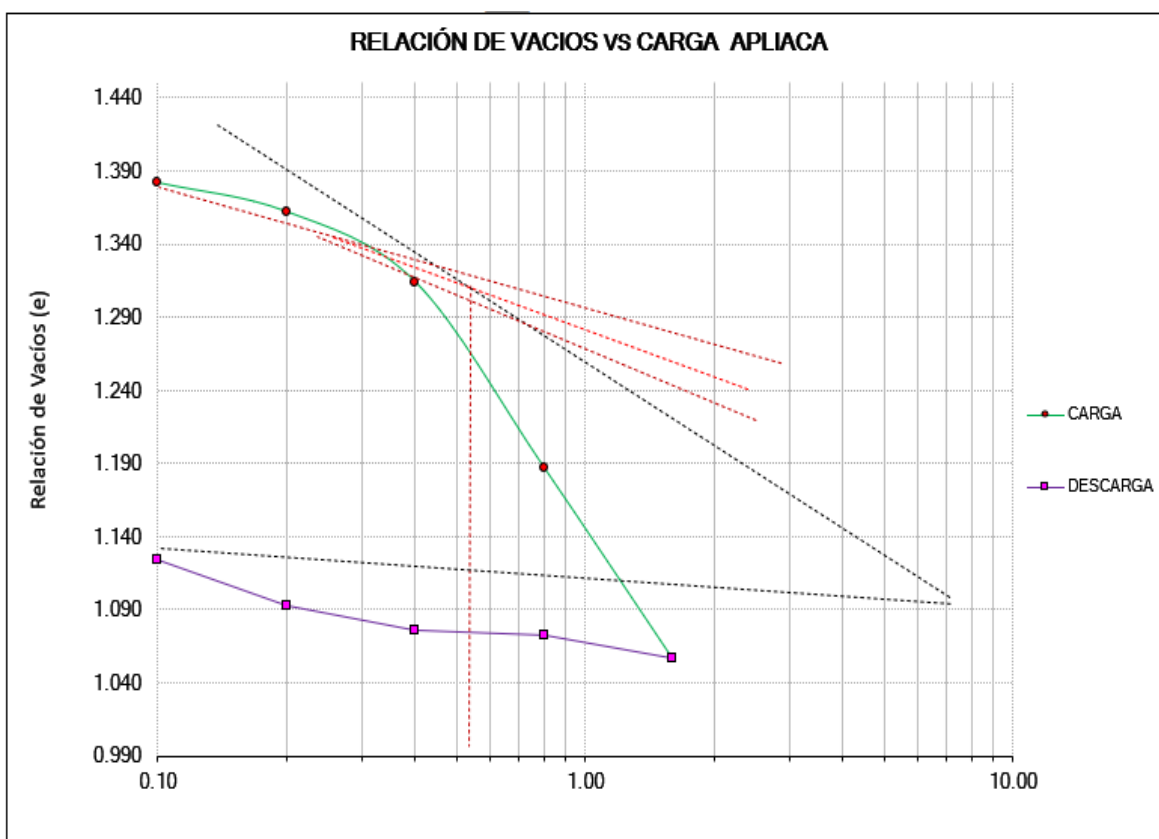
Esfuerzo total ($\sigma = \gamma \cdot h$)	Presión de poro ($u = hp \cdot \gamma_w$)	Esfuerzo efectivo ($\sigma^i = \sigma - u$)
$u_a = 1.11 \text{ kg/cm}^3$	$u_a = 0$	$\sigma^i_a = 1.11 \text{ kg/cm}^3$
$u_b = 4.8 \text{ kg/cm}^3$	$u_b = 0$	$\sigma^i_b = 4.8 \text{ kg/cm}^3$
$u_c = 5.9 \text{ kg/cm}^3$	$u_c = 5.89$	$\sigma^i_c = 0.01 \text{ kg/cm}^3$
$u_d = 11.78 \text{ kg/cm}^3$	$u_d = 29.43 \text{ kpa}$	$\sigma^i_d = -17.65 \text{ kg/cm}^3$

❖ **Esfuerzos de preconsolidación por el método grafico de Casagrande**

Valores determinados en el ensayo de consolidación unidimensional:

- Relación inicial (e.o): 1.389
- Relación vacíos (e.f): 1.056
- Índice compresión (C.c): 0.296

- Índice expansión (C.s): 0.145
- Esfuerzo de pre consolidación (P.c): 0.36kg/cm²

Figura 15*Consolidación unidimensional*

❖ Asentamientos

El cálculo de los hundimientos que pueden ocurrir como resultado de la consolidación, debido a la aplicación de las cargas generadas por las estructuras de viviendas levantadas en estas áreas, se llevará a cabo tomando como base los datos obtenidos del estrato de la calicata 01. Es decir, se utilizarán las características del suelo y las capas subyacentes reveladas en dicha calicata para realizar una estimación precisa de los desplazamientos esperados en el terreno como consecuencia de las cargas impuestas por las edificaciones.

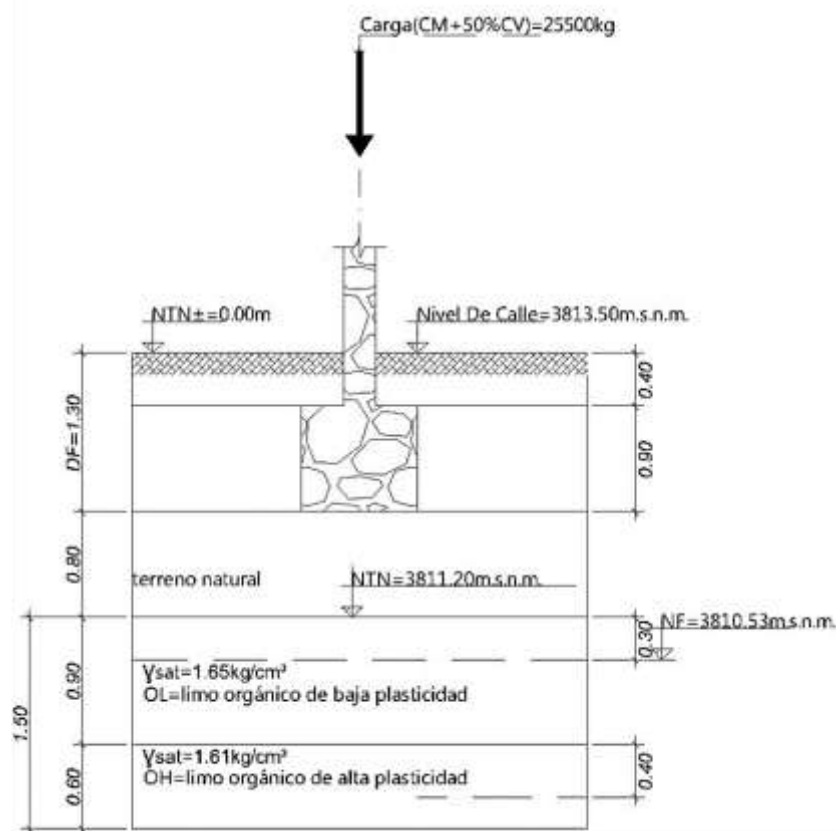
Tabla 22

Cálculo de densidad

Los datos son los siguientes	
Detalle	Calicata C-1
Muestreo	M-1
Clasificación (SUCS)	CL
P.c	0.36KG/cm ²
C.c	0.296
C.s	0.145
e _o	1.386
Alto del Terreno Natural	0.90CM, ejecutado por los propietarios
C.m	23062.50KG
C.v	4875KG
Ancho de cimentaciones	1.20M
Longitudes de cimentaciones	1.30M
Densidad en el relleno	165GR/cm ³

Figura 16

Cálculo de hundimientos



Interpretación: Según lo indicado en el subcapítulo 3.1c de la NTE E050, cuando se realice la estimación de los hundimientos en suelos cohesivos, se debe considerar el 50% del valor



de la compresibilidad máxima (CM) para calcular el coeficiente de consolidación vertical (CV). Este coeficiente es un parámetro fundamental para determinar cómo responderá el suelo a las cargas aplicadas. En este contexto, la carga de diseño a emplear será:

$$P = CM + 50\%CV$$

$$P = 23062.50 + (50\% * 4875)$$

$$P = \mathbf{25500.00kg}$$

La zapata estará sometida a una presión de contacto, que coincidirá con el nivel del terreno inorgánico.

$$q_b = \frac{P}{A} + h_{rellenos} \cdot \gamma$$

$$q_b = \frac{25500.00kg}{130.00cm \times 120.00cm} + 80.00cm \cdot 1.650 \frac{gr}{cm^3} \times \frac{1.00kg}{1000.00gr} = 1.800 \frac{kg}{cm^2}$$

Para la estimación de la presión media, que se refiere al fondo de la mitad de la capa de arcilla formada por CL y OH:

$$P_o = H_{estratos} * \gamma$$

$$P_o = 90.00cm \cdot (1.650 - 1) \frac{gr}{cm^3} \times \frac{1.00kg}{1000.00gr} + 20.00cm(1.610 - 1) \frac{gr}{cm^3} \times \frac{1.00kg}{1000.00gr}$$

$$P_o = \mathbf{0.0707 \frac{kg}{cm^2}}$$

Cálculo de ΔP_{prom} :

$$\Delta P_{prom} = \frac{1}{6} (\Delta P_1 + 4\Delta P_m + \Delta P_b)$$

$$L_{cimentación} = \mathbf{130cm}$$

$$B_{cimentación} = \mathbf{120cm}$$

Tabla 23

Cálculos

Z(m)	$M_1=L./B.$	B. (M)	$N_1 \frac{Z.}{(B./2)}$	I_c	$\Delta\sigma = qlc^*$ (K. N/m ²)
0.800	1.100	1.200	1.330	0.55140	0.9930
1.700	1.100	1.200	2.830	0.20570	0.3700
2.300	1.100	1.200	3.830	0.12010	0.2160

$$\Delta P_{prom} = \frac{1}{6}(\Delta P_1 + 4\Delta P_m + \Delta P_b)$$

$$\Delta P_{prom} = \frac{1.0}{6.0}(0.9930 + 4.0(0.3600) + (0.2160)) = 0.4482 \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo del hundimiento: En el proceso de determinación de los hundimientos, se considera que la arcilla se encuentra en un estado de preconsolidación, con una presión inicial de P_0 de 0.0707 kg/cm², que es inferior a la presión de preconsolidación P_c , la cual es de 0.36 kg/cm². De esta manera, se cumple con la condición de que la presión efectiva P_0 es menor que la presión de preconsolidación P_c , lo que indica que la arcilla no ha sido sometida a presiones superiores a su capacidad de consolidación previa.

C =Cohesión

P_0 =Presión efectiva

IP =Índice de plasticidad

Hundimiento

$$P_0 0.0707 Kg/cm^2 < P_c 0.36 kg/cm^2$$

$$H_c = 1.30cm$$

$$s_c = \frac{C_c H_c}{1.0 + e_o} \ell \sigma_g \frac{P_o + \Delta P_{pr}}{P_o} = \frac{0.2750}{1.0 + 9.0} \ell \sigma_g \frac{0.07070 + 0.44820}{0.07070} = 0.033640m$$

$$S_c = 0.0280m \times \frac{100.00cm}{1.00m} = 2.00cm$$

$$S_c = 2cm$$

Por medio del ensayo de consolidación unidimensional, se validaron los resultados referentes al esfuerzo de preconsolidación.

Con un, $RSC (OCR) = \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{0.36}{1.31} = 0.27$, se verifica que el estrato corresponde a una arcilla normalmente consolidada.

$$RSC = 1, \sigma_c = \sigma' \text{ (Arcillas normalmente consolidada)}$$

$$RSC > 1, \sigma_c > \sigma' \text{ (Arcillas preconsolidadas)}$$

El hundimiento por consolidación primaria (S_C) observado en las muestras de suelo de la calicata 01 fue relativamente pequeño. En concreto, se registró un hundimiento de 2 cm, lo cual se encuentra por debajo del umbral de hundimiento tolerable establecido para esta situación.

La tensión de preconsolidación se determinó como la del suelo normalmente consolidado debido a que se encuentra en la sección virgen y se determina por el método gráfico de Casagrande. En consecuencia, la tensión efectiva (σ^i) es superior a la tensión de preconsolidación (σ_c) el resultado es, $RSC (OCR) = \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{0.36}{1.31} = 0.27$, que entra dentro de los parámetros de la arcilla normalmente consolidada.

$$RSC = 1, \sigma_c = \sigma' \text{ (Arcillas normalmente consolidada)}$$

$$RSC > 1, \sigma_c > \sigma' \text{ (Arcillas preconsolidadas)}$$

y asentamiento es de 2 cm la cual no está dentro del parámetro de hundimiento tolerable.

En conclusión, se puede determinar que el suelo en cuestión se encuentra en un estado de consolidación normal, ya que, al aplicar el método gráfico de Casagrande, la muestra se posiciona en la zona virgen del gráfico. Esto sugiere que, a lo largo de su historia geológica, este suelo no ha estado expuesto a cargas mayores a las que actualmente soporta. Además, el hundimiento por consolidación primaria observado es de 2 cm, lo que indica que el suelo presenta una capacidad limitada para soportar las cargas sin experimentar más asentamientos. Debido a esta condición, es necesario mejorar las características del suelo mediante la incorporación de material granular seleccionado, que debe ser elegido en función de su granulometría y proceso de compactación adecuados. Todo esto debe hacerse siguiendo las directrices establecidas en la norma técnica E050 para suelos y cimentaciones, a fin de garantizar su desempeño adecuado en la construcción.

2) Avenida Marañón

Tabla 24

Datos de la muestra

DATOS DE MUESTRA		
DETALLES	INICIALES	FINALES
Diámetro(cm.)	4.99	-
Altura(cm.)	2.01	-
Peso del Anillo(gr.)	61.58	-
P.Anillo + Mu.Hum(gr.)	125.42	110.98
P.Anillo + Mu.Seca(gr.)	101.42	-

Tabla 25

Hallazgo de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD		
DETALLES	INICIALES	FINALES
Recipiente No	A.	B.
P.Anillo + Mu.Hum(gr)	132.10	121.50
P.Anillo + Mu.Seca(gr).	106.77	105.00
W.r (gr.).	68.60	68.60
Peso del Agua	25.33	16.50
Humedad. (%)	<u>66.36</u>	<u>45.33</u>

Tabla 26

Datos para el esfuerzo de preconsolidación

Detalles	Nomenclatura	Resultado
Gravedad específica del suelo-gr/cm ³	GS	2.44
Espécimen húmedo	Ww	6.84
Peso del solido o peso seco	Ws	39.84
Altura del solido o peso seco	Hs	0.83
Relación de vacíos inicial	eo	1.41

❖ **Etapas de carga**

Tabla 27

Cargas y tiempos sometidos de las muestras a 24hrs

Registro de datos de carga						
Tiempo (t)		Lectura del dial				
seg / min /Hs	min	0.1kg/cm ²	0.2kg/cm ²	0.4cm ²	0.8kg/cm ²	1.6kg/cm ²
0Seg	0.00	0.100	0.264	0.520	1.098	1.686
6Seg	0.10	0.100	0.264	0.520	1.098	1.687
15Seg	0.25	0.105	0.270	0.533	1.144	1.699
30Seg	0.50	0.110	0.278	0.542	1.168	1.715
1min	1.00	0.114	0.285	0.566	1.192	1.728
2min	2.00	0.118	0.289	0.566	1.228	1.744
4min	4.00	0.121	0.294	0.578	1.254	1.760
8min	8.00	0.125	0.302	0.591	1.286	1.774
15min	15.00	0.128	0.308	0.600	1.312	1.788
30min	30.00	0.132	0.314	0.618	1.340	1.800
1Hs	60.00	0.135	0.322	0.632	1.370	1.808
2Hs	120.00	0.139	0.330	0.644	1.398	1.810
4Hs	240.00	0.144	0.339	0.660	1.415	1.813
8Hs	480.00	0.148	0.345	0.680	1.454	1.816
24Hs	1440.00	0.154	0.354	0.700	1.499	1.820

❖ Etapas de descarga

Tabla 28

Descargas y tiempos sometidos de las muestras a 1hr

Registro de datos de descarga						
Tiempo (t)		Lectura del dial				
seg / Min /Hs	min	0.0kg/cm ²	0.1kg/cm ²	0.2/cm ²	0.4kg/cm ²	0.8kg/cm ²
0Seg	0.00	01.480	01.500	01.644	01.752	01.820
6Seg	0.10	01.480	01.500	01.644	01752	01.820
15Seg	0.25	01.470	01.490	01.640	01.750	01.820
30Seg	0.50	01.460	01.490	01.631	01.740	01.820
1min	1.00	01.450	01.488	01.625	01.740	01.810
2min	2.00	01.445	01.488	01.611	01.730	01.810
4min	4.00	01.430	01.485	01.590	01.720	01.800
8min	8.00	01.420	01.485	01.581	01.700	01.790
15min	15.00	01.411	01.480	01.540	01.680	01.780
30min	30.00	01.405	01.480	01.520	01.651	01.760
1 Hs	60.00	01.286	01.480	01.500	01.644	01.752

❖ Consolidación unidimensional

El primer estrato de suelo se encuentra en la avenida Marañón, específicamente en el lote M-12, dentro del sector chilla en la ciudad de Juliaca. En esta área, las edificaciones residenciales consisten en viviendas de tres niveles, todas con cimentaciones superficiales. La exploración del terreno se realizó hasta una profundidad máxima de 3 metros, con el objetivo de estudiar las características del suelo en esta zona.

Condición general:

Altura en la muestra (h_0)=2.01cm

Diámetro de la muestra (D)= 5cm

Gravedad específica (Gs)2.44 kg/cm^3

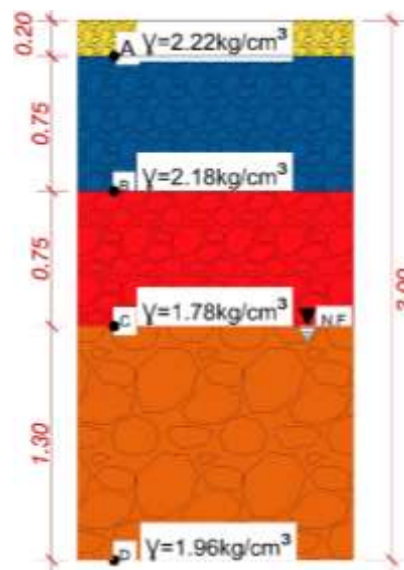
A continuación, se detalla el procedimiento para calcular el esfuerzo de preconsolidación. En la Figura se ilustra una columna de suelo completamente saturada, en la que no se observa ningún tipo de infiltración de agua, ni en la vertical ni en ninguna otra dirección.

El esfuerzo total (σ) que se encuentra en el punto A, a la altura indicada, se determina considerando dos factores principales: por un lado, el peso específico del suelo en su estado saturado, y por otro, el peso específico del agua que se encuentra por encima de dicho punto dentro de la columna de suelo.

$$\sigma = H\gamma_w + (H_A - H)\gamma_{sat}$$

Figura 17

Esfuerzos efectivos en los puntos a, b, c y d



$$\sigma^i = \sigma - m_i$$

$$\sigma = \gamma \cdot h_i$$

$$u_i = h_p \cdot \gamma_w$$

Donde:

σ = *esfuerzos totales*

u_i = *preciones de poros*

σ^i = *esfuerzos totales*

γ = *pesos unitario*



h = alturas de presiones de poros

h_p = alturas piesométricas

γ_w = pesos unitarios de agua

❖ Cálculo de esfuerzos totales

Evaluación del esfuerzo en la ubicación "A"

$$\sigma_{.A} = \gamma_1 \times h \times A$$

$$\sigma_{.A} = 2.22 \times 0.20$$

$$\sigma_{.A} = 0.444 \text{ kg/cm}^3$$

Evaluación del esfuerzo en la ubicación "B"

$$\sigma_{.b} = \sigma_{.a} + \gamma_2 \cdot h$$

$$\sigma_{.b} = 0.444 + 2,18 \times 1.50$$

$$\sigma_{.b} = 3.714 \text{ gr/cm}^3$$

Evaluación del esfuerzo en la ubicación "C"

$$\sigma_{.c} = \sigma_{.b} + \gamma_{2.sat} \cdot 1.00$$

$$\sigma_{.c} = 3.714 + 1.78 \times 0.75$$

$$\sigma_{.c} = 5.049 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo de esfuerzo actual en el punto "C" punto de incidencia

$$\sigma_{.c} = \gamma \cdot h$$

$$\sigma_{.c} = 1.78 \times 0.75$$

$$\sigma_{.c} = 1.33$$

Evaluación del esfuerzo en la ubicación "D"

$$\sigma_{.d} = \sigma_{.c} + \gamma_3 \cdot x \cdot 3.00$$

$$\sigma_d = 5.49 + 1.96 \times 3.00$$

$$\sigma_d = 12.06 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo de presión de poros de poros

$$u_a = h_p \cdot \gamma_w$$

Usar condición hidrostática

$$u_a = h_p \times \gamma_w = 0$$

$$u_b = h_p \times \gamma_w = 0$$

$$u_c = 0.75 \times 9.81 = 7.38$$

$$u_d = 3.00 \times 9.81 = 29.43 \text{ kpa}$$

Tabla 29

Calculo de esfuerzo

Esfuerzo total ($\sigma = \gamma \cdot h$)	Presión de poro ($u = h_p \cdot \gamma_w$)	Esfuerzo efectivo ($\sigma^i = \sigma - u$)
$\sigma_a = 0.444 \text{ kg/cm}^3$	$u_a = 0$	$\sigma^i_a = 0.444 \text{ kg/cm}^3$
$\sigma_b = 3.714 \text{ kg/cm}^3$	$u_b = 0$	$\sigma^i_b = 3.714 \text{ kg/cm}^3$
$\sigma_c = 5.049 \text{ kg/cm}^3$	$u_c = 7.38$	$\sigma^i_c = -2.33 \text{ kg/cm}^3$
$\sigma_d = 12.06 \text{ kg/cm}^3$	$u_d = 29.43 \text{ kpa}$	$\sigma^i_d = -17.37 \text{ kg/cm}^3$

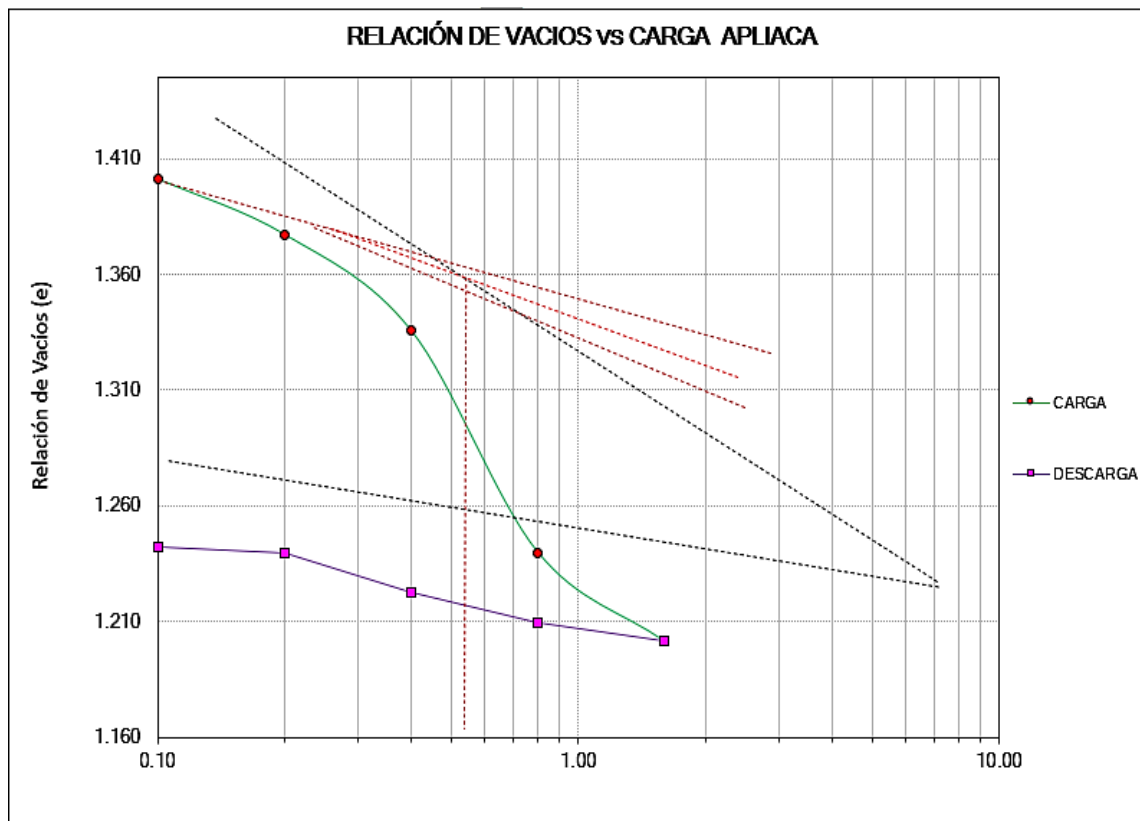
❖ Consolidación por el método Casagrande

Relación de vacíos vs carga aplicada

- Relación inicial (e.o): 1.407
- Relación vacíos (e.f): 1.201
- Índice compresión (C.c): 0.111
- Índice expansión (C.s): 0.059
- Esfuerzo de pre consolidación (P.c): 0.34 kg/cm²

Figura 18

Consolidación unidimensional



❖ Hundimientos por consolidación del suelo

El cálculo de los hundimientos que se producen como resultado de la consolidación, debido a las cargas generadas por las estructuras de viviendas construidas en estas áreas, se realizará tomando como base los datos obtenidos en el estrato de la calicata 01. Estos datos permitirán estimar cómo el terreno responderá a las cargas impuestas por las edificaciones, y así calcular los posibles desplazamientos o asentamientos del suelo.

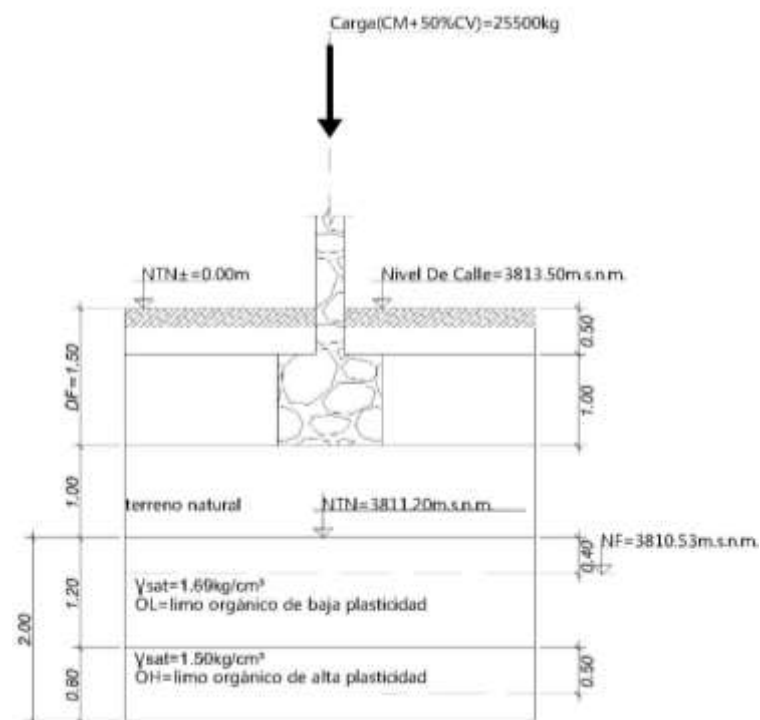
Tabla 30

Calculo de esfuerzo

Los datos son los siguientes	
Detalle	Calicata C-1
Muestreo	M-2
Clasificación (SUCS)	CL
P.c	0.34 kg/cm ²
C.c	0.111
C.s	0.059
e _o	1.407
Alto del Terreno Natural	1.0 CM, ejecutado por los propietarios
C.m	23062.50 KG
C.v	4875KG
Ancho de cimentaciones	1.50M
Longitudes de cimentaciones	1.50M
Densidad en el relleno	165gr/cm ³

Figura 19

Cálculo de hundimiento



Interpretación: Según lo indicado en el subapartado 3.1c de la NTE E.050, al calcular los hundimientos en suelos cohesivos, se debe considerar el 50% del valor de la compresibilidad máxima (CM) para determinar el coeficiente de consolidación vertical (CV). A partir de este cálculo, se establecerá la carga de diseño que se debe aplicar en el análisis.

$$P = CM + 50\%CV$$

$$P = 23062.50 + (50\% \cdot 4875)$$

$$P = 25500.00 \text{ kg}$$

La zapata enfrentará una presión de contacto que coincidirá con el nivel del terreno inorgánico.

$$q_b = \frac{P}{A} + h_{\text{rellenos}} \cdot \gamma$$

$$q_b = \frac{25500.00 \text{ kg}}{130.00 \text{ cm} \times 120.00 \text{ cm}} + 80.00 \text{ cm} \cdot 1.650 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times \frac{1.00 \text{ kg}}{1000.00 \text{ gr}} = 1.300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con el fin de obtener la presión media, que se refiere al fondo de la mitad de la capa de arcilla formada por CL y OH.

$$P_o = H_{\text{estratos}} \cdot \gamma$$

$$P_o = 90.00 \text{ cm} \cdot (1.650 - 1) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times \frac{1.00 \text{ kg}}{1000.00 \text{ gr}} + 20.0 \text{ cm} (1.610 - 1) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times \frac{1.00 \text{ kg}}{1000.00 \text{ gr}}$$

$$P_o = 0.0707 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de ΔP_{prom} :

$$\Delta P_{\text{prom}} = \frac{1}{6} (\Delta P_1 + 4\Delta P_m + \Delta P_b)$$

$$L_{\text{cimentación}} = 150 \text{ cm}$$

$$B_{\text{cimentación}} = 150 \text{ cm}$$

Tabla 31

Cálculo de esfuerzo

Z(m)	$M_1=L./B.$	B. (M)	$N_1 \frac{Z.}{(B./2.)}$	I_c	$\Delta\sigma = qlc^*$ (K.N/m ²)
01.000	01.000	01.500	01.330	00.5513	00.7167
02.200	01.000	01500	02.930	00.1898	00.2470
03.00	01.000	01500	04.000	00.1081	00.14.03

$$\Delta P_{prom} = \frac{1}{6}(\Delta P_1 + 4\Delta P_m + \Delta P_b)$$

$$\Delta P_{prom} = \frac{1.0}{6.0}(0.71680 + 4.0(0.24690) + (0.14040)) = 0.30750 \frac{kg}{cm^2}$$

❖ **Determinación del hundimiento**

Se ha determinado que el suelo presenta una condición de preconsolidación en el caso de las arcillas, donde la presión inicial (P_0) es de 0.0707 kg/cm², que es inferior a la presión de preconsolidación (P_c) de 0.34 kg/cm². Esto cumple con la condición necesaria en la que la presión efectiva en el suelo (P_0) es menor que la presión de preconsolidación (P_c), lo que indica que el material no ha sido previamente sometido a cargas más altas que las que actualmente soporta.

Donde:

C =Cohesión

P_0 =Presión efectiva

IP =Índice de plasticidad

❖ **Cálculo de Hundimiento**

❖ $P_0 0.0707 Kg/cm^2 < P_c 0.34 kg/cm^2$

$$H_c = 1.50cm$$

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_o} \log \frac{P_o + \Delta P_{pr}}{p_o} = \frac{0.07 \times 1.500}{1 + 1.9990} \log \frac{0.0707 + 0.3075}{0.0707} = 0.021m$$

$$S_c = 2.1 \text{ cm}$$

A través de los ensayos de consolidación unidimensional realizados, se pudo confirmar la presencia de un esfuerzo de preconsolidación en las muestras de suelo estudiadas. Los resultados obtenidos indican que el suelo en cuestión se clasifica como "normalmente consolidado", ya que se encuentra en la denominada zona virgen, según lo determinado por el método gráfico de Casagrande. Esta zona corresponde al punto de máxima curvatura de la curva, lo que significa que el suelo no ha estado expuesto a cargas superiores a las que actualmente soporta a lo largo de su evolución geológica. En otras palabras, las presiones históricas que ha experimentado este suelo no han excedido los niveles actuales, lo que lo sitúa en un estado de consolidación estable y natural.

El resultado es, $RSC (OCR) = \frac{\sigma_c}{\sigma'} = \frac{0.34}{1.33} = 0.26$, se encuentra dentro del parámetro de la arcilla normalmente consolidados

$$RSC = 1, \sigma_c = \sigma' \text{ (Arcillas normalmente consolidada)}$$

$$RSC > 1, \sigma_c > \sigma' \text{ (Arcillas preconsolidadas)}$$

El hundimiento causado por la consolidación primaria (S_c) observado en la muestra 02 de suelo analizada resultó en un pequeño asentamiento. En este caso, el valor de $S_c = 2.1 \text{ cm}$ lo cual se encuentra por debajo del límite establecido para el hundimiento tolerable, lo que indica que el desplazamiento del suelo es mínimo, pero aún dentro de lo esperado en las condiciones de carga actuales.

El esfuerzo de preconsolidación se ha determinado para el suelo como perteneciente a la categoría de suelo normalmente consolidado, dado que este se encuentra en la zona virgen, según lo establecido por el método gráfico de Casagrande. En este caso, el esfuerzo efectivo (σ^i) resulta ser mayor que el esfuerzo de preconsolidación (σ_c) lo que indica que el suelo no ha sido sometido a cargas superiores a las actuales a lo largo de su historia. Además, al calcular el índice de sobreconsolidación

(OCR), se obtiene el valor de $RSC = \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{0.34}{1.33} = 0.26$, lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos para los suelos normalmente consolidados, lo que confirma la clasificación del suelo en esta categoría.

$$RSC = 1, \sigma_c = \sigma' \text{ (Arcillas normalmente consolidada)}$$

$$RSC > 1, \sigma_c > \sigma' \text{ (Arcillas preconsolidadas)}$$

El asentamiento observado fue de 2.1 cm, lo cual excede el límite máximo establecido para el hundimiento tolerable, indicando que el desplazamiento del suelo es superior al valor aceptable según las normativas de diseño.

En conclusión, se determina que el suelo se encuentra en un estado de consolidación normal, ya que, según el método gráfico de Casagrande, se ubica en la zona virgen, lo que sugiere que, a lo largo de su historia geológica, nunca ha sido sometido a cargas mayores a las que soporta actualmente. Además, el asentamiento observado por consolidación primaria fue de 2 cm, lo que indica que el suelo presenta una capacidad limitada para soportar cargas sin experimentar asentamientos adicionales. Por lo tanto, se recomienda mejorar las características del suelo mediante la incorporación de material granular seleccionado, el cual debe ser elegido con base en su granulometría y el adecuado proceso de compactación. Este proceso debe cumplir con las especificaciones de la norma técnica E-050, que regula los suelos y las cimentaciones.

4.1.3 Tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación en el sector Chilla

1) Tiempo de falla de la estructura en la Avenida Tintaya

Se desea determinar cuánto tiempo le tomará a un estrato de arcilla de 3 metros de espesor alcanzar el 50% de consolidación unidimensional bajo condiciones similares a las del laboratorio, donde un estrato de 25 mm de espesor, drenado por ambos lados, alcanza

el 50% de consolidación en 2 minutos y 20 segundos. Para este cálculo, se debe considerar que, en el laboratorio, el proceso ocurre en un espacio controlado, mientras que en el campo, las condiciones son diferentes debido a la mayor profundidad y a la presencia de un solo drenaje, es decir, solo por la parte inferior del estrato. Utilizando la tabla correspondiente para un grado de consolidación primaria del 50%, se puede obtener el factor de tiempo específico, que permitirá calcular el tiempo necesario para que el estrato de arcilla de 3 metros de espesor, bajo el mismo incremento de presión, logre el mismo grado de consolidación.

Datos:

$$U=50\% \rightarrow T_v = 0.197$$

Para la formula (para $U > 60\%$) $T_v = 1.781 - 0.933 \log(100 - U\%)$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - 99)$$

$$T_v = 1.781 \text{ (para } U > 60\%)$$

Para la formula (para $U < 60\%$)

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right)^2$$

Para estrato $H=25\text{mm}$

$$H_{lab} = 25\text{mm} \cdot \frac{1\text{cm}}{10\text{mm}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 0.025$$

$$t_{lab} = 2\text{min}20\text{seg} \times \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 120\text{seg} + 20\text{seg} = 140\text{seg}$$

$$H^2 dr_{campo} = 3\text{m}$$

$$t_{50} = \frac{C_v * t_{50}}{H^2 dr(lob)} = \frac{C_v * t(campo)}{H^2 dr(campo)}$$

Aplicando regla de tres simples

$$t_{50} \frac{140\text{seg}}{\left(\frac{0.025\text{m}}{2}\right)^2} = \frac{t_{campo}}{(3\text{m})^2}$$

Se divide entre 2 porque es drenado arriba y abajo

$$140\text{seg} \times (3\text{m})^2 = 1260.\text{seg}/\text{m}$$

$$\left(\frac{0.025\text{m}}{2}\right)^2 = 1.5625 \times 10^{-4}\text{m}$$

$$T_{\text{campo}} = \frac{1260.\text{s}/\text{m}}{1.5625 \times 10^{-4}\text{m}} = 8064000\text{seg}$$

$$T_{\text{campo}} = 8064000\text{seg} \times \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} \times \frac{1\text{dia}}{24\text{hora}} = 93.33\text{dias}$$

$$T_{\text{campo}} = 93.33\text{ dias} \times \frac{1\text{mes}}{30\text{dias}} = \mathbf{3.11\text{ meses}}$$

Tabla 32

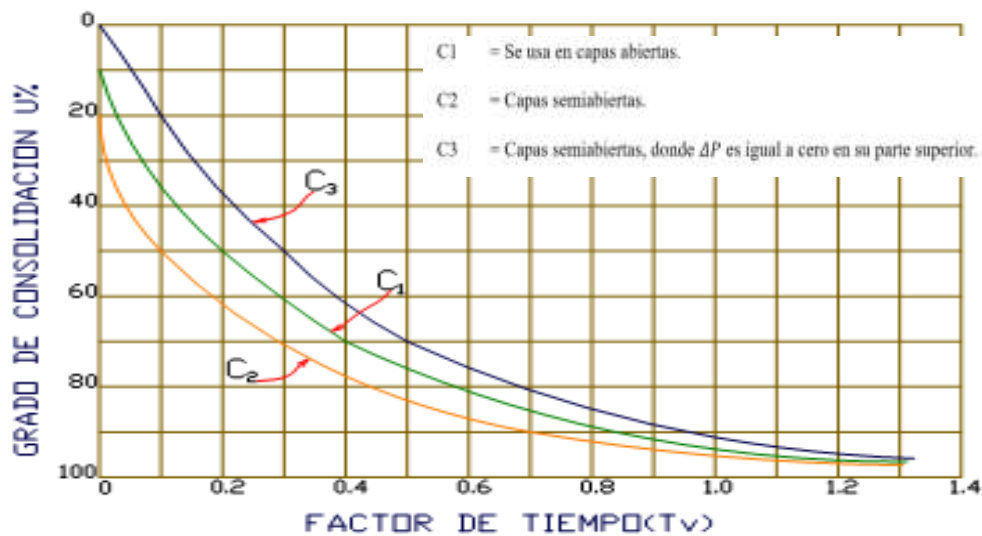
Tiempo de hundimiento

U%	T(min)	Tv	Tiempo (seg)	Tiempo (meses)
50	2min	0.197	8064000.00	3.110

El tiempo necesario para alcanzar el cincuenta por ciento de consolidación unidimensional en una capa de arcilla de veinticinco milímetros de espesor drenada por arriba y por abajo es de tres meses y once días. Además, se establece la relación entre el factor tiempo y el grado de consolidación en las condiciones de capas semiabiertas (C2). Este estudio se llevó a cabo con el fin de establecer dicha relación. El hecho de que el agua que drena del suelo esté a punto de agotarse es la razón de este tiempo relativamente corto. Esto indica que el suelo está cada vez más cerca de alcanzar la presión interna del estrato. En consecuencia, el tiempo necesario para que el suelo se consolide completamente es relativamente corto, lo que da credibilidad a la categorización del suelo como típicamente consolidado, tal y como demuestran los resultados obtenidos.

Figura 20

Relación entre el factor tiempo y el grado consolidación



En conclusión, el tiempo de asentamiento del suelo cohesivo es de 3 meses y 4 días, lo que sugiere que, con el incremento de la carga, el suelo experimenta un asentamiento relativamente rápido. Esto indica que el material no es lo suficientemente resistente para soportar las cargas aplicadas de manera estable a largo plazo. Por lo tanto, es necesario intervenir el terreno, tratándolo o reemplazándolo con un material de mayor resistencia para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras construidas sobre él.

2) Tiempo de falla de la estructura en la Avenida Marañón

Se ha determinado que el tiempo necesario para que un estrato de arcilla de 25 mm de espesor, que presenta drenaje en ambas caras, alcance el 50% de su consolidación unidimensional es de 2 minutos con 20 segundos. Ahora bien, si se considera un estrato de arcilla con las mismas características, pero de 3 metros de espesor, situado en el campo in-situ y bajo condiciones similares de presión, ¿cuánto tiempo será necesario para que este estrato logre el mismo grado de consolidación, es decir, el 50%? Utilizando la tabla correspondiente para determinar el tiempo necesario para alcanzar una consolidación primaria del 50%, se puede identificar el factor de tiempo correspondiente para este caso específico:

Datos:

$$U=50\% \rightarrow T_v = 0.197$$

Para la formula (para $U > 60\%$) $T_v = 1.781 - 0.933 \log(100 - U\%)$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - 99)$$

$$T_v = 1.781 \text{ (para } U > 60\%)$$

Para la formula (para $U < 60\%$)

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right)^2$$

Para estrato $H=25\text{mm}$

$$H_{lab} = 25\text{mm} \cdot \frac{1\text{cm}}{10\text{mm}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 0.0183$$

$$t_{lab} = 5\text{min}20\text{seg} \times \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 300\text{seg} + 20\text{seg} = 320 \text{ seg}$$

$$H^2 \text{ dr campo} = 2\text{m}$$

$$t_{50} = \frac{Cv \cdot t_{50}}{H^2 \text{ dr}(lob)} = \frac{Cv \cdot t(\text{camp.})}{H^2 \text{ dr}(\text{camp.})}$$

Aplicando regla de tres simples

$$t_{50} \frac{320\text{seg}}{(0.0183)^2} = \frac{t_{campo}}{(2\text{m})^2}$$

Se divide entre 2 porque es drenado arriba y abajo

$$120\text{seg} \times (2\text{m})^2 = 1280 \text{ seg/m}$$

$$(0.0183)^2 = 3.3489 \times 10^{-4} \text{m}$$

$$T_{campo} = \frac{1280 \cdot \text{sg/m}}{3,3489 \times 10^{-4} \text{m}} = 3822150.557 \text{seg}$$

$$T_{campo} = 3822150.557 \text{seg} \times \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} \times \frac{1\text{dia}}{24\text{hora}} = 44.24 \text{dias}$$

$$T_{campo} = 44.24 \times \frac{1\text{mes}}{30\text{dias}} = 1.47 \text{meses}$$

Tabla 33

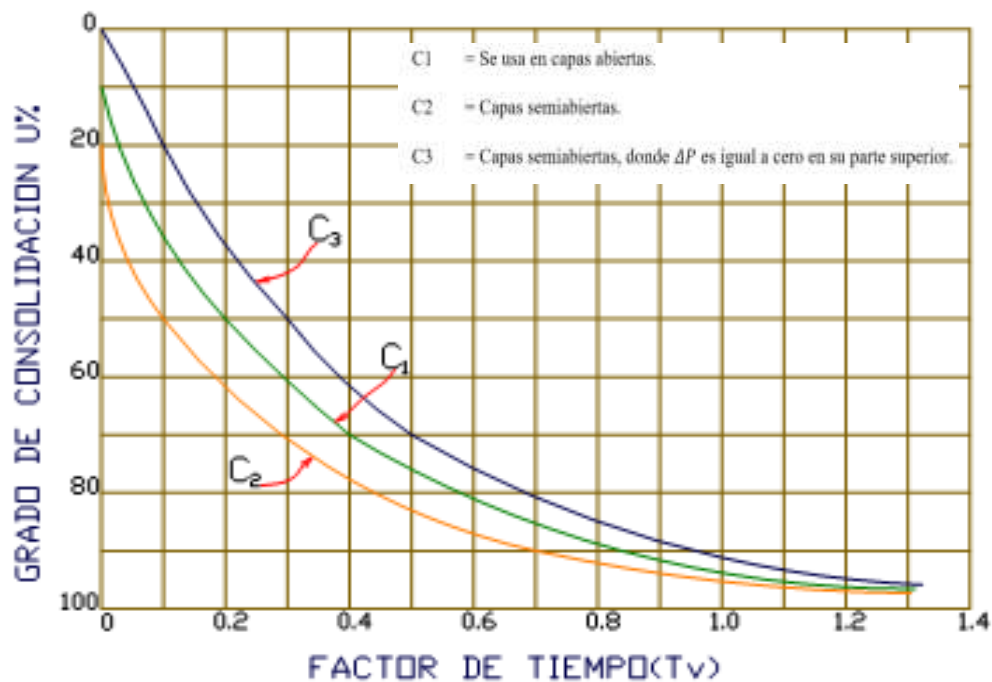
Tiempo de hundimiento

U%	T(min)	Tv	Tiempo (seg)	Tiempo (meses)
50	5.20 min	0.197	3822150.557	1.47

El tiempo necesario para que un estrato de arcilla con un espesor de 25 mm alcance el 50% de su consolidación unidimensional, con drenaje en ambos lados, se calcula en un período de 1 mes y 14 días. Además, se establece la relación entre el factor tiempo y el grado de consolidación, tomando en cuenta capas semiabiertas (C2). Este tiempo relativamente corto puede explicarse porque el drenaje del agua del suelo está cerca de completarse, lo que sugiere que el estrato está alcanzando la presión interna. De este modo, el tiempo requerido para que el suelo se asiente completamente y llegue a su consolidación total es relativamente breve, lo que respalda nuevamente los resultados obtenidos para su condición de normalmente consolidado.

Figura 21

Relación entre el factor tiempo y el grado consolidación



En conclusión, el tiempo de asentamiento del suelo cohesivo se estima en 1 mes y 14 días, lo que sugiere que, bajo el incremento de carga, el suelo experimenta un asentamiento relativamente rápido. Este comportamiento indica que el material no tiene la capacidad de resistir adecuadamente las cargas aplicadas en su estado actual, lo que requiere que se tomen medidas correctivas. Por lo tanto, sería necesario tratar el suelo o, en su defecto, reemplazarlo por un material con mayor resistencia, que pueda ofrecer un mejor desempeño estructural y garantizar la estabilidad a largo plazo de la obra.

4.2 Discusión de resultados

▪ Respecto al objetivo N°1

En relación con las características de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla, la investigación realizada por Maza y Valentín (2022) en el caserío de Punyan y Leon (2020) en la urbanización El Golf proporciona información relevante sobre la clasificación de los suelos en otras regiones. Ambos estudios destacaron que los suelos en estas áreas estaban predominantemente compuestos por arena limosa (SM) y su capacidad portante era moderada, lo que es consistente con su clasificación geotécnica. Similarmente, en el sector Chilla de Juliaca, se podría anticipar que los suelos presentan una alta proporción de partículas finas, como limo y arcilla, lo que los hace más susceptibles a deformaciones, especialmente cuando están sometidos a cargas significativas.

En cuanto a la clasificación según el sistema SUCS, es posible que los suelos del sector Chilla también incluyan suelos limosos (SM) o incluso suelos cohesivos, como se observó en investigaciones previas de suelos de baja cohesión. Este tipo de suelos, si bien no es completamente cohesivo, tiene una capacidad limitada para soportar cargas sin experimentar asentamientos significativos. Además, los estudios de Escobar y Cutimbo (2021) en Puno mostraron que los suelos de fundación con una alta proporción de arena y limo pueden ser considerados de baja capacidad portante, lo cual también es aplicable para el área de estudio en Juliaca.

Los suelos de fundación en el sector Chilla podrían tener una estructura homogénea, con alta susceptibilidad a la saturación, lo que influiría directamente en su estabilidad. Las condiciones del nivel freático, como se destacó en la investigación de Leon (2020), también podrían ser determinantes en la clasificación de los suelos, ya que la cercanía del agua subterránea afectaría sus propiedades mecánicas, especialmente en épocas de lluvias.

▪ **Respecto al objetivo N°2**

El esfuerzo de preconsolidación es un parámetro esencial para evaluar la capacidad de los suelos para resistir futuras cargas. Según los antecedentes de Machaca (2021), se observó que el grado de saturación del suelo afecta directamente la capacidad de carga y el esfuerzo de preconsolidación. Los suelos saturados presentaron una capacidad de carga mucho más baja, lo que podría indicar que el esfuerzo de preconsolidación en el sector Chilla también será relativamente bajo si los suelos están próximos al nivel freático.

El estudio realizado por Leon (2020) sobre la influencia del nivel freático en la capacidad portante resalta la relación entre el esfuerzo de preconsolidación y la profundidad del agua subterránea. Dado que el sector Chilla está en una zona alta y puede estar influenciado por la variabilidad del nivel freático, es probable que los suelos en esta área presenten una capacidad limitada para resistir cargas adicionales. Esta situación podría ser crítica, ya que un esfuerzo de preconsolidación bajo implica que los suelos no están suficientemente consolidados, lo que incrementa la probabilidad de asentamientos excesivos bajo las cargas de las cimentaciones.

Comparando con el estudio de Maza y Valentín (2022), que encontró una capacidad portante media en los suelos de Punyan (con esfuerzos de preconsolidación bajos), es probable que los suelos de fundación en el sector Chilla tengan un comportamiento similar, lo que indica que las cimentaciones podrían necesitar un diseño especial para evitar fallas debido a asentamientos excesivos.

▪ **Respecto al objetivo N°3**

El tiempo de asentamiento en suelos de fundación está relacionado estrechamente con el esfuerzo de preconsolidación, la cohesión y la saturación del agua en el suelo. Según Machaca (2021), el grado de saturación afecta considerablemente el asentamiento de los suelos, ya que los suelos completamente saturados tienden a experimentar asentamientos más rápidos y mayores debido a la falta de resistencia al esfuerzo cortante. En el caso de los suelos en el sector Chilla, la cercanía al nivel freático y las características de los suelos limosos y arcillosos podrían resultar en tiempos de asentamiento relativamente rápidos, especialmente cuando estos suelos están saturados por las lluvias.

La investigación de Escobar y Cutimbo (2021) también es pertinente en este contexto, ya que en su análisis de suelos aluviales en Puno encontraron que los tiempos de asentamiento fueron más significativos en suelos con una baja capacidad portante, similar a los suelos inestables de Juliaca. La estructura granular de los suelos limosos y arenosos podría permitir que el asentamiento se acelere bajo cargas incrementales, lo que reforzaría la necesidad de monitorear el tiempo de asentamiento durante las fases iniciales de la construcción de viviendas autoconstruidas.

Además, los estudios sobre suelos saturados, como los realizados por Leon (2020) y Machaca (2021), sugieren que el comportamiento de los suelos en el sector Chilla podría ser aún más crítico en condiciones de alta humedad o saturación, lo que llevaría a un asentamiento rápido y no controlado, afectando la estabilidad de las cimentaciones.

En resumen, los tiempos de asentamiento estimados para los suelos de fundación en el sector Chilla podrían ser relativamente bajos, lo que destaca la importancia de tomar medidas preventivas, como el uso de cimentaciones más profundas o técnicas de estabilización de suelos, para evitar daños a las estructuras a largo plazo.

CONCLUSIONES

Primera, la evaluación del esfuerzo de preconsolidación en los suelos del sector Chilla de Juliaca reveló que, a pesar de las diferencias observadas entre los suelos de las avenidas Tintaya y Marañón, presentaron una preconsolidación normal e inestable, según los parámetros establecidos ($0.35 \text{ kg/cm}^2 - 0.50 \text{ kg/cm}^2$). Este comportamiento se debe a los elevados índices de plasticidad ($IP = 10\%-35\%$) registrados, lo que indica un grado de expansión medio en los suelos evaluados.

Segunda, en el sector Chilla de Juliaca, los suelos de la Avenida Tintaya presentan una alta plasticidad en las capas superficiales, con un índice de plasticidad (IP) de 20.69%. A medida que se profundiza, la plasticidad disminuye, y el suelo se clasifica como CL, es decir, suelo limoso o arcilloso de baja plasticidad, con una capacidad admisible de 0.708 kg/cm^2 . Por otro lado, los suelos de la Avenida Marañón exhiben una plasticidad más baja, con un IP de 15.89% en las capas superficiales. En las capas más profundas, donde no se detectaron valores de IP, el suelo presenta una capacidad admisible de 0.982 kg/cm^2 . Estos suelos están clasificados como SC (suelo arenoso con cohesión) en las capas superiores y como SW (arena bien graduada) en las más profundas.

Tercera, El esfuerzo de preconsolidación de los suelos en el sector Chilla de Juliaca indica que los suelos se encuentran en un estado de consolidación normal e inestable, de acuerdo con los parámetros establecidos para la consolidación ($0.35 \text{ kg/cm}^2 - 0.50 \text{ kg/cm}^2$). En la muestra de la Avenida Tintaya, el esfuerzo de preconsolidación fue de 0.36 kg/cm^2 , con un índice de compresión (C_c) de 0.296, mientras que en la Avenida Marañón fue de 0.34 kg/cm^2 . Los resultados también muestran un hundimiento de 2 cm en la calicata de la Avenida Tintaya, dentro de los límites tolerables, mientras que en la Avenida Marañón el hundimiento fue de 2.1 cm.



Cuarta, los tiempos de asentamiento de los suelos en el sector Chilla de Juliaca son relativamente cortos (0 - 5 años), ya que las muestras de las avenidas Tintaya y Marañón muestran que ambos estratos de arcilla alcanzan el 50% de consolidación unidimensional en tiempos distintos. En la Avenida Tintaya, se estima que se logrará el 50% de consolidación en aproximadamente 3 meses y 4 días, mientras que, en la Avenida Marañón, este proceso se completará en aproximadamente 1 mes y 14 días.



RECOMENDACIONES

Primera, realizar estudios geotécnicos previos al diseño y construcción de viviendas en el sector Chilla de Juliaca. Es fundamental que las cimentaciones sean diseñadas con base en el esfuerzo de preconsolidación y tiempos de consolidación específicos de cada zona.

Segunda, a pesar de los datos obtenidos en las avenidas Tintaya y Marañón, sería relevante realizar investigaciones adicionales que evalúen la variabilidad de los suelos en otras zonas del sector Chilla, así como en diferentes profundidades. Esto permitirá obtener una caracterización más precisa de la heterogeneidad del terreno en la región y mejorar la selección de materiales para fundación y técnicas de estabilización.

Tercera, estudiar cómo la variabilidad en los niveles freáticos puede afectar la consolidación de los suelos. Este tipo de análisis permitiría predecir comportamientos a largo plazo y desarrollar estrategias de adaptación frente a este aspecto.

Cuarta, llevar a cabo estudios comparativos entre los suelos de la ciudad de Juliaca y otras zonas con condiciones similares. Esto permitiría identificar patrones comunes y diferencias en los suelos, lo que podría ser útil para establecer estándares geotécnicos para áreas de condiciones climáticas y geológicas semejantes.



BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. A. H., y Lopez, R. S. V. (2023). Solución geotécnica para el suelo de cimentación de las 7 torres de la villa panamericana. *Perfiles de Ingeniería*, 19(19), Article 19. <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v19i19.5792>
- Alberca Manchay, G., y Fenco Gonzáles, J. L. (2023). *Zonificación de suelos para diseño de cimentaciones superficiales en el pueblo joven Jesús Nazareno Cautivo, distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11789>
- Almeida Rodríguez, N. G., y Vargas Benavides, B. A. (2020). *Comparación de la capacidad portante de pilotes fundidos In Situ, utilizando pruebas de carga y metodologías de cálculo basados en los ensayos de SPT y CPT*. [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18594>
- Angulo Encinas, R., y Atencio Paniagua, V. H. (2021). Determinación de la capacidad de carga admisible para las cimentaciones superficiales del Sector 12 San Antonio, distrito G. Albarracín, provincia Tacna—2020. *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1758>
- Cairo Sanchez, W. D. (2024). Comparación de la capacidad portante admisible según método de Terzagui y Meyerhof del suelo de fundación, proyecto hospital El Carmen, Huancayo. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/8259>
- Cancan Huerta, K. M., y Vidal Maduro, V. E. (2023). Influencia de la capacidad portante del suelo en las edificaciones comunes del pueblo joven Florida Baja, Chimbote—2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/120741>
- Castillo, C. C. del, Orozco, S. O., y García, M. G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.



- Castro Casas, A. A., y Chanamé Gómez, J. P. (2021). *Estudio de zonificación de suelos para diseño de cimentaciones superficiales en el sector Lagunas I y II, distrito de Santa Rosa, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.*
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10099>
- Choquehuanca Luque, C. P. (2023). *Influencia del nivel freático en la capacidad portante de los suelos en el barrio Lizandro Luna—Distrito de Azángaro, provincia de Azángaro departamento de Puno.*
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7435>
- Cruz Vega, S. A. de la, y Vega Neyra, C. S. (2023). Comparación de los métodos semiempíricos para determinar la capacidad admisible de suelos para cimentación de viviendas unifamiliares. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(2), 142-149.
- Cuno Quispe, D. E. (2021). *Propuesta de Zonificación en función a la determinación de la Capacidad Portante del Suelo, para el Área de Expansión Urbana de la Zona Nor-Este de la Ciudad de Muñani—Azangaro-Puno.*
- Escobar Mendoza, L. M., y Cutimbo Checalla, R. Z. (2021). Evaluación geotécnica de capacidad portante para diseñar cimentación de vivienda utilizando parámetros de resistencia—Calle Muñoz Cp. Jayllihuaya—Puno—2021. *Repositorio Institucional - UCV.* <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82287>
- Fernandez Chuquirachi, G. A. (2023). Efecto del nivel freatico en la perforacion de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021. *Universidad Peruana Los Andes.*
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/6501>
- Gavilan Robles, F. A. (2022). Efectos del nivel freático en el calculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos. *Universidad Peruana Los Andes.*
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5531>



- Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., y Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* [Text.Chapter]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Huanaco Chumbez, G. (2024). *Grado de incidencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo en las cimentaciones superficiales en edificaciones familiares, Chalhuahuacho 2023*. <https://hdl.handle.net/20.500.14512/713>
- Huaqui Agama, W. J., y Meza Gonzales, M. G. (2024). PROPUESTA DE MÉTODOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE EXCAVACIONES EN SUELOS ARENOSOS CON NIVEL FREÁTICO. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/675282>
- Huisa Pacori, K. L. (2021). Evaluación de suelos de fundación de edificación en zona con nivel freático alto, en la ciudad de Juliaca 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74161>
- Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.
- Leon Diaz, Y. A. (2020). Influencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo en la Urbanización el Golf Primera Etapa, distrito de Víctor Larco Herrera-Trujillo. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50726>
- Loa Quispe, W. V. (2021). Diseño estructural para vivienda en suelo con nivel freático alto, utilizando cimentaciones superficiales reforzadas del distrito Asia Cañete, Lima 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66595>
- Machaca Machaca, L. E. (2021). Efectos del grado de saturación en la capacidad portante de los suelos lacustres en áreas de expansión urbana, Puno—2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/73516>



- Maza Palomino, K. M., y Valentin Minaya, M. B. (2022). Zonificación de la capacidad portante de los suelos del caserío de Punyan, Yungay – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98655>
- Mondragon Zurita, A. O. (2022). *Estimación de la capacidad portante de un suelo cohesivo a través del ensayo SPT, elementos finitos y métodos analíticos de Terzaghi Y Meyerhof 2022*.
- Paco Sarzu, C. (2024). *Interacción suelo-estructura de una edificación de 10 plantas con presencia de nivel freático, empleando losa de cimentación, ubicado en el Macro Distrito Max Paredes* [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/37530>
- Poma, N., y Flores, W. (2020). *Análisis comparativo en la estimación de la capacidad portante de un suelo cohesivo para diferentes tipos de cimentaciones superficiales, usando ecuaciones de cálculo y ensayo SPT según las características físico mecánicas del sector Tambocancha—Chincheró*. <https://repositorio.uandina.edu.pe/item/11262973-5fd5-47b5-9cea-c6777830c921>
- Rafael Fernandez, R., y Vásquez Guevara, R. A. (2023). *Evaluación de la Capacidad Portante del Suelo en Relación al Nivel Freático con Fines de Cimentación Caso: Fundo Tuctuhuasi, Chota-2022*. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/428>
- Ravines Aliaga, J. A. (2017). Capacidad portante de los suelos de fundación, mediante los métodos del y corte directo para la ciudad de José Gálvez—Celendín—Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1155>
- Rivera Fernandez, J. K. (2024). Concretos modificados empleado en la construcción de cimentaciones superficiales para edificaciones con alto nivel freático. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/8016>
- Rodriguez Araujo, A. M. (2021). Aplicación de poliuretano líquido en la impermeabilización de cimentaciones superficiales para edificaciones en zonas con presencia de nivel



- freático—Lima. *Repositorio Institucional* - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59712>
- Rodríguez Peláez, V. J. (2021). Análisis del comportamiento sísmico estructural con diferentes tipos de cimentaciones y presencia de nivel freático del colegio José Olaya, Cañete-2021. *Repositorio Institucional* - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81657>
- Rodriguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.
- Suarez, M. (2019). *Modelación física de la capacidad portante de cimentaciones superficiales considerando el efecto del clima*.
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1119>
- Torres Ramirez, M. N., y Ramirez Retes, K. W. (2024). Estudio técnico-económico de la aplicación de sistemas de drenaje en excavaciones profundas en suelos con presencia de nivel freático cercano a la superficie en el distrito de Chorrillos. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674047>
- Vargas Zavaleta, A. I. (2024). *Evaluación de la capacidad portante de suelos reforzados con geoceldas con diferentes soluciones analíticas*.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/28893>
- Vásquez Eneque, L. K. (2023). *Análisis Comparativo entre la Capacidad Portante Determinada con el Ensayo de Corte Directo y El ensayo de Penetración Estándar, del Suelo para el Proyecto Sistema de Saneamiento Rural en el Distrito de Jesús-Cajamarca*.
- Vilca Vilca, J. G., y Yucra Cruz, J. L. (2024). *Estudio de la capacidad de carga admisible del suelo y diseño de cimentación superficial del edificio de la Policía Nacional, Distrito San Miguel—Puno, 2022*.
<https://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/20.500.14067/9991>
- Villanueva, F. (2022). *Metodología de la investigación*. Klik.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar el esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El esfuerzo de preconsolidación en suelos inestables para el cálculo de asentamientos en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca 2024, resultará inadecuado puesto que los suelos presentan un IP malo lo que indica que tiene un grado de expansión media (IP = 10%-35%).</p>	<p>V. de Caracterización:</p> <p>Evaluación de suelos inestables</p> <p>Dimensiones: Mecánica de suelos</p> <p>V. de Interés:</p> <p>Esfuerzo de preconsolidación</p> <p>Asentamientos en las cimentaciones</p> <p>Dimensiones: Geotecnia estructural</p>	<p>Instrumentos y equipos de laboratorio</p>
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>		
<p>¿Cuáles son las propiedades de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cuál es el esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cuál es el tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Determinar las propiedades de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Determinar el esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Estimar el tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Las propiedades de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca, presentaran suelos con plasticidad alta entre 10% - 35% lo que indica que es fases de saturación estos mariales son arcillas normalmente preconsolidadas.</p> <p>El esfuerzo de preconsolidación de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca, estará por debajo de la especificación de consolidaciones (0.35 kg/cm² - 0.50 kg/cm²) según la curva de compresibilidad.</p> <p>El tiempo aproximado de asentamiento de los suelos de fundación inestables en el sector Chilla de la ciudad de Juliaca, resultada a corto plazo (0 - 5 años) debido al alto nivel freático de la zona.</p>		



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422) ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

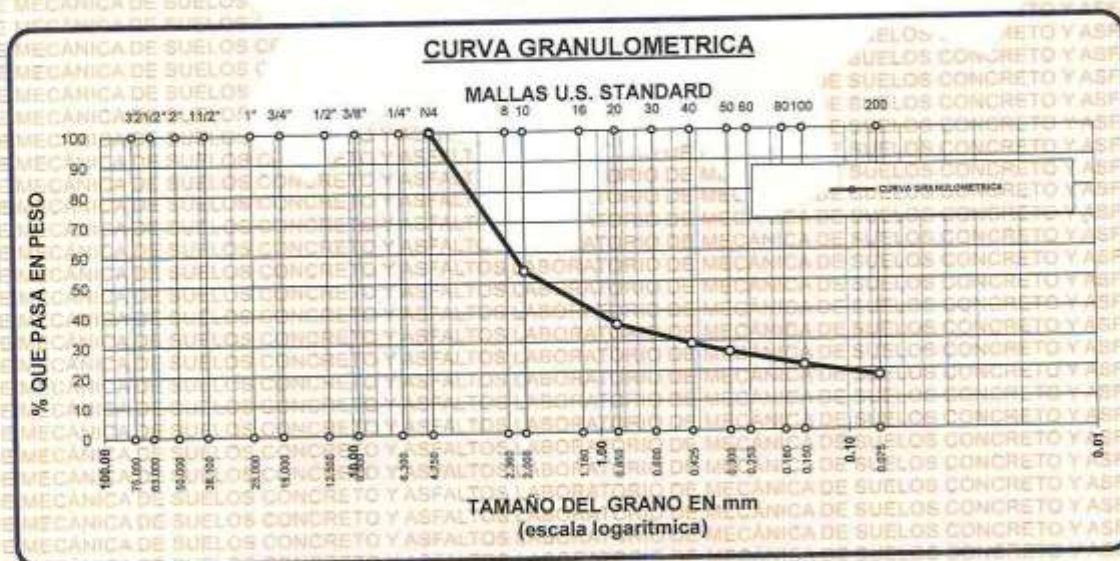
UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA MARAÑÓN

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : PROFUNDIDAD (0.15-0.90M)

FECHA : 11 - NOVIEMBRE - 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 300.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 248.71
2"	50.000						P.P.= 53.29
1 1/2"	38.100						%w= 15.53
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 41.33
1/2"	12.500						L.P.= 25.44
3/8"	9.500						I.P.= 15.89
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= 0.485 Cc= ---
No10	2.000	138.47	48.18	48.18	53.84		
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	54.15	18.05	64.21	35.79		I.G. =
No30	0.600						SUSCS SC
No40	0.425	20.24	6.75	70.95	29.05		ASSTHO
No 50	0.300	8.67	2.89	73.84	26.16		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	13.78	4.59	78.44	21.56		
No200	0.075	11.40	3.80	82.24	17.76		
BASE		53.29	17.76	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		17.76					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAR. INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C. JULIACA

Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP: 103257

B. N° 006-00303473

BIE: B007 - 00050354



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE

BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN

SECTOR CHILLA-AVENIDA MARAÑÓN

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

PROFUNDIDAD (0.15-0.90M)

FECHA

11-NOVIEMBRE-2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	426.78
SUELO SECO + TARRO	gr	374.51
PESO DEL TARRO	gr	38.00
PESO DEL AGUA	gr	52.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	336.51
HUMEDAD %	%	15.53

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.54	43.86	42.55	13.96	13.63
SUELO SECO + TARRO	gr	38.94	39.91	38.95	12.76	12.48
PESO DEL TARRO	gr	30.33	30.50	30.33	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	3.60	3.95	3.60	1.20	1.15
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.61	9.41	8.62	4.76	4.48
HUMEDAD %	%	41.81	41.98	41.76	25.21	25.67
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO :		41.33	LIMITE PLASTICO :		25.44	
INDICE PLASTICO :					15.89	

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

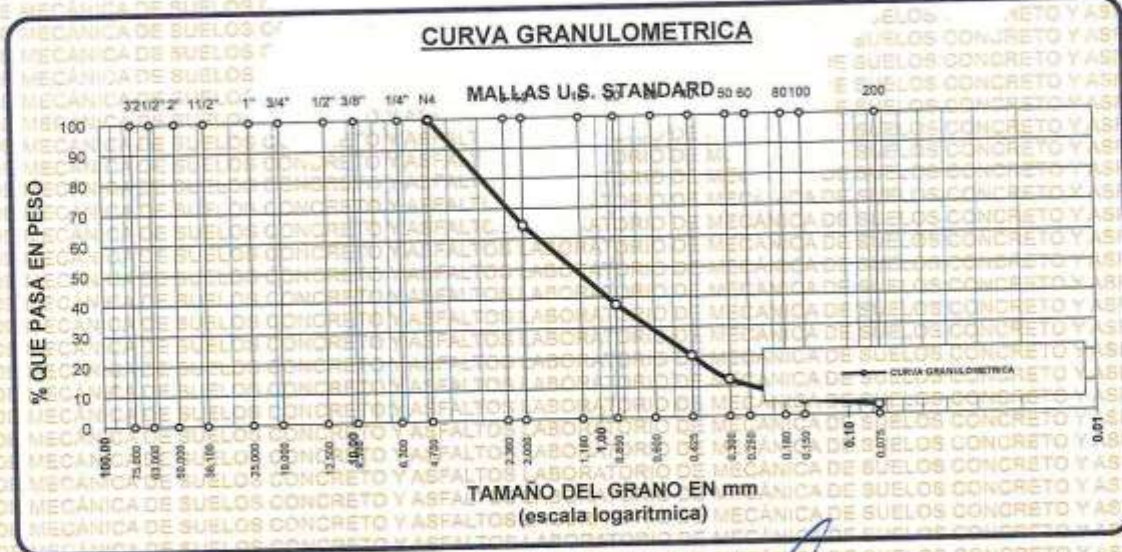
UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA MARAÑÓN

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : PROFUNDIDAD (0.90-1.60M)

FECHA : 11 - NOVIEMBRE - 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 494.66
2"	50.000						P.P.= 15.35
1 1/2"	38.100						% w = 35.63
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 22.74
1/2"	12.500						L.P.= NP
3/8"	9.500						I.P.= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= 0.254 Cu= 7.11
No8	2.360						D30= 0.662 Cc= 0.95
No10	2.000	177.49	35.50	35.50	64.50		D60= 1.81
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	134.09	26.82	62.32	37.68		I.G. =
No30	0.600						SUSCS SW
No40	0.425	86.67	17.37	79.69	20.31		ASSTHO
No50	0.300	40.88	8.14	87.83	12.17		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	35.68	7.14	94.96	5.04		
No200	0.075	9.84	1.97	96.93	3.07		
BASE		15.35	3.07	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.07					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Mtro. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257

RIE - R007 - 00050354



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024.

SOLICITANTE

BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN

SECTOR CHILLA-AVENIDA MARAÑÓN

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

PROFUNDIDAD (0,90-1,60M)

FECHA

11 - NOVIEMBRE -2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	283.04
SUELO SECO + TARRO	gr	218.56
PESO DEL TARRO	gr	37.59
PESO DEL AGUA	gr	64.48
PESO DEL SUELO SECO	gr	180.97
HUMEDAD %	%	35.63

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.54	46.97	44.26		
SUELO SECO + TARRO	gr	40.98	43.91	41.72		
PESO DEL TARRO	gr	30.28	30.71	30.12		
PESO DEL AGUA	gr	2.56	3.06	2.54		
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.70	13.20	11.60		
HUMEDAD %	%	23.93	23.18	21.90		
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 22.74 LIMITE PLASTICO : NP

INDICE PLASTICO : NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

B. N° 006-00303473

015-8007-00050354



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

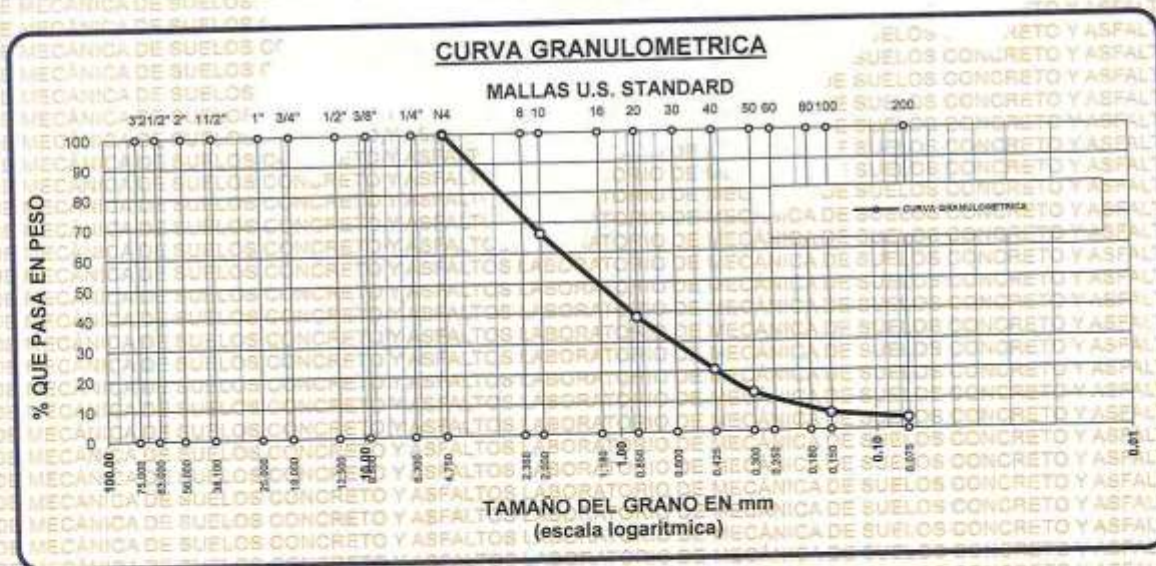
UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA MARAÑÓN

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : PROFUNDIDAD (1.60-2.00M)

FECHA : 11 - NOVIEMBRE -2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 500,00
2 1/2"	63.000						P.L.= 482,18
2"	50.000						P.P.= 17,82
1 1/2"	38.100						%w = 11,87
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 16,12
1/2"	12.500						L.P.= NP
3/8"	9.500						I.P.= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= 0.243 - Cu= 7,16742
No8	2.360						D30= 0.652 Cc= 1.00835
No10	2.000	168.12	33.62	33.62	66.38		D60= 1.74
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	140.58	28.11	61.74	38.26		I.G. =
No30	0.600						SUSCS SW
No40	0.425	88.84	17.77	79.50	20.50		ASSTHO
No 50	0.300	38.67	7.73	87.24	12.76		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	36.12	7.22	94.46	5.54		
No200	0.075	9.87	1.97	96.44	3.56		
BASE		17.82	3.56	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.56					





UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCÓNSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE

BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN

SECTOR CHILLA-AVENIDA MARAÑÓN

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

PROFUNDIDAD (1.60-2.00M)

FECHA

11 - NOVIEMBRE - 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	487.86
SUELO SECO + TARRO	gr	440.80
PESO DEL TARRO	gr	37.56
PESO DEL AGUA	gr	47.06
PESO DEL SUELO SECO	gr	403.24
HUMEDAD %	%	11.67

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.47	42.22	42.66		
SUELO SECO + TARRO	gr	41.62	40.55	40.88		
PESO DEL TARRO	gr	30.33	30.12	30.16		
PESO DEL AGUA	gr	1.85	1.67	1.78		
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.29	10.43	10.72		
HUMEDAD %	%	16.39	16.01	16.60		
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO		16.12	LIMITE PLASTICO		NP	
INDICE PLASTICO		NP				

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
Mtro. Arnoldo Yana Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE
ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA
CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

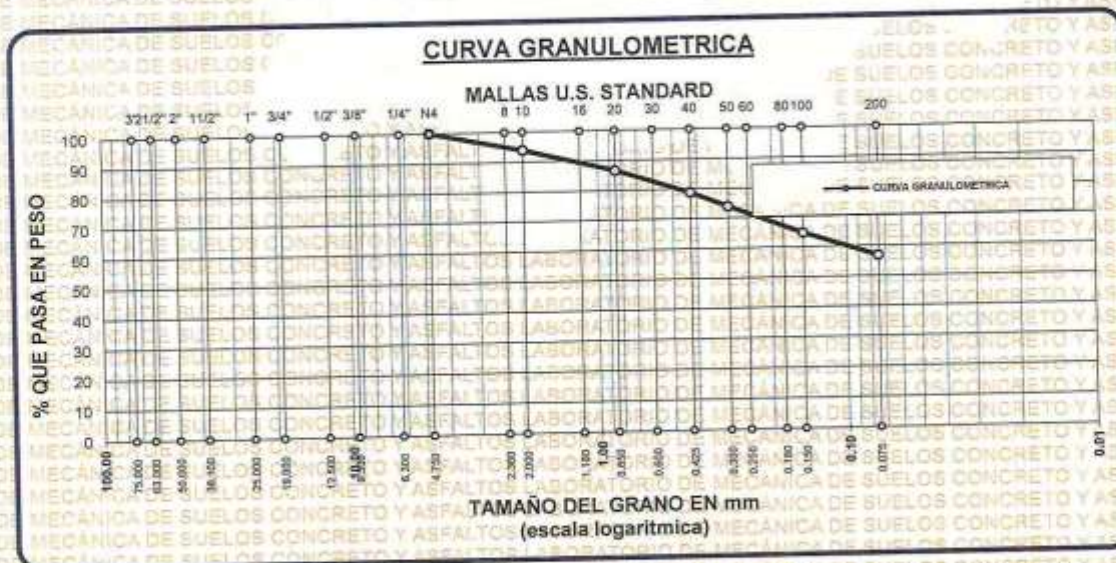
UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA TINTAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : PROFUNDIDAD (0.15-0.90M)

FECHA : 11 - NOVIEMBRE -2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 800.00
2"	50.000						P.L.= 345.40
1 1/2"	38.100						P.P.= 454.60
1"	25.000						%W= 24.21
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL.= 44.16
3/8"	9.500						LP.= 23.47
1/4"	6.300						IP.= 20.69
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	48.97	6.12	6.12	93.88		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= 0.11
No20	0.850	58.24	7.28	13.40	86.60		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	62.12	7.77	21.17	78.83		SUSCS CL
No 50	0.300	38.67	4.83	26.00	74.00		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	74.26	9.28	35.28	64.72		
No200	0.075	63.14	7.89	43.18	56.83		
BASE		454.60	56.83	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.
FIRMA

Mair Arnaldo Yano Torres
CIP 693257

BIE/ 6007 - 00060354



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE

BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN

SECTOR CHILLA-AVENIDA TINTAYA

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

PROFUNDIDAD (0.15-0.90M)

FECHA

11 - NOVIEMBRE - 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	256.95
SUELO SECO + TARRO	gr	214.03
PESO DEL TARRO	gr	36.76
PESO DEL AGUA	gr	42.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	177.27
HUMEDAD %	%	24.21

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.31	41.31	43.25	13.96	13.83
SUELO SECO + TARRO	gr	39.31	37.80	39.31	12.87	12.52
PESO DEL TARRO	gr	30.33	30.12	30.33	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	4.00	3.51	3.94	1.09	1.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.98	7.68	8.98	4.87	4.52
HUMEDAD %	%	44.54	45.70	43.88	22.38	24.56
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	44.16	LIMITE PLASTICO	:	23.47	
INDICE PLASTICO	:		20.69			

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FICP - CAR
INGENIERIA CIVIL

Ar. Arnaldo Tano Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS EXACTAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

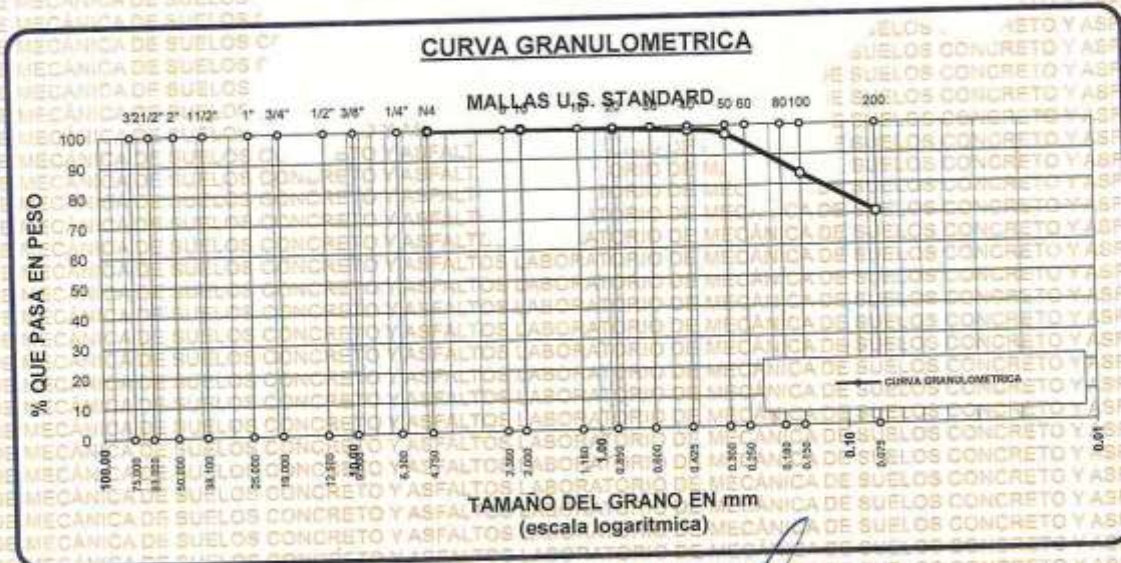
UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA TINTAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : PROFUNDIDAD (0.90-1.60M)

FECHA : 11 - NOVIEMBRE -2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 400.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 116.76
2"	50.000						P.P.= 283.24
1 1/2"	38.100						%w= 26.96
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 43.91
1/2"	12.500						L.P.= 23.33
3/8"	9.500						I.P.= 20.58
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	0.54	0.14	0.14	99.87		CLASIFICACION:
No16	1.180						I.G. =
No20	0.850	1.34	0.34	0.47	99.53		SUSCS CL
No30	0.600						ASSTHO
No40	0.425	3.89	0.97	1.44	98.56		OBSERVACIONES:
No 50	0.300	6.54	1.64	3.08	96.92		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	53.16	13.29	16.37	83.63		
No200	0.075	51.29	12.82	29.19	70.81		
BASE		283.24	70.81	100.00	0.00		
TOTAL		400.00	100.00				
% PERDIDA		70.81					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yano Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA
UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA TINTAYA
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : PROFUNDIDAD (0.90-1.60M)
FECHA : 11 - NOVIEMBRE -2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	311.76
SUELO SECO + TARRO	gr	250.62
PESO DEL TARRO	gr	39.49
PESO DEL AGUA	gr	61.14
PESO DEL SUELO SECO	gr	211.13
HUMEDAD %	%	28.96

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.05	31.62	31.53	14.89	14.75
SUELO SECO + TARRO	gr	26.39	27.81	27.70	13.59	13.47
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.26	19.11	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	3.66	3.81	3.83	1.30	1.28
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.27	8.55	8.59	5.59	5.47
HUMEDAD %	%	44.26	44.56	44.59	23.26	23.40
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	43.91	LIMITE PLASTICO	:	23.33	
INDICE PLASTICO	:		20.58			

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Líquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FICP - CARRERA INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yano Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024.

SOLICITANTE: BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

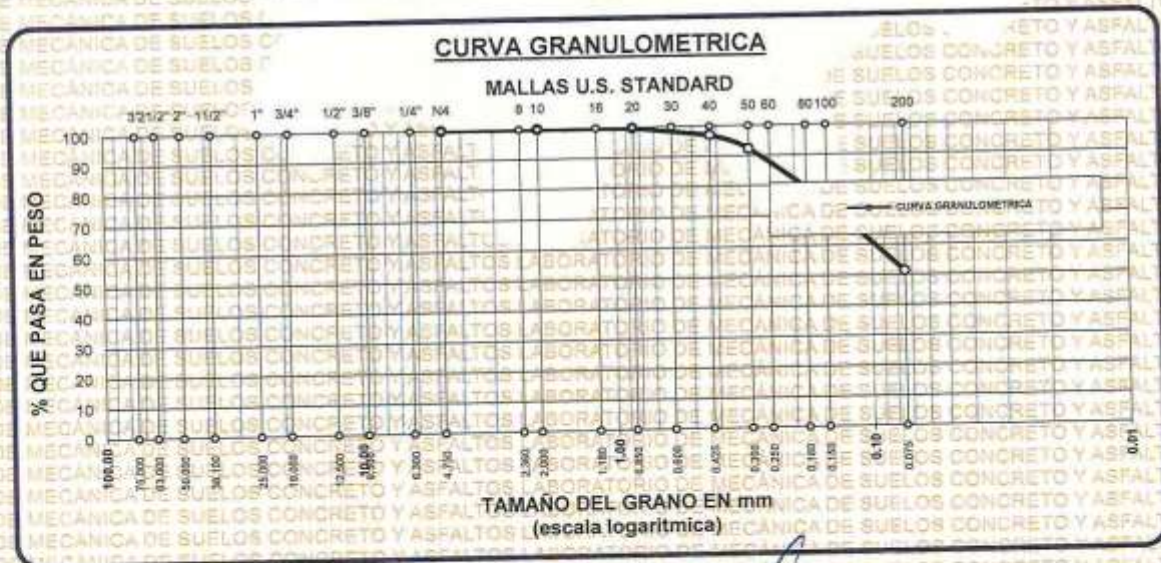
UBICACIÓN: SECTOR CHILLA-AVENIDA TINTAYA

LUGAR: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: PROFUNDIDAD (1.60-2.00M)

FECHA: 11 - NOVIEMBRE -2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 300.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 146.33
2"	50.000						P.P.= 153.67
1 1/2"	38.100						%W = 29.08
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 29.97
1/2"	12.500						L.P.= 21.38
3/8"	9.500						I.P.= 8.59
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	0.26	0.09	0.09	99.91		D60= 0.10
No18	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	0.51	0.17	0.28	99.74		I.G. =
No30	0.600						SUSCS CL
No40	0.425	8.05	2.68	2.94	97.06		ASSTHO
No50	0.300	14.04	4.68	7.62	92.38		OBSERVACIONES:
No80	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	54.26	18.09	25.71	74.29		
No200	0.075	69.21	23.07	48.78	51.22		
BASE TOTAL		153.67	51.22	100.00	0.00		
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP. 103257

LABORATORIO M.S.C.A. JEPATURA JULIACA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE

BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN

SECTOR CHILLA-AVENIDA TINTAYA

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

PROFUNDIDAD (1.60-2.00M)

FECHA

11 - NOVIEMBRE - 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	427.35
SUELO SECO + TARRO	gr	339.79
PESO DEL TARRO	gr	38.45
PESO DEL AGUA	gr	87.56
PESO DEL SUELO SECO	gr	301.34
HUMEDAD %	%	29.06

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.83	31.97	31.90	14.32	14.51
SUELO SECO + TARRO	gr	28.44	28.90	28.78	13.22	13.35
PESO DEL TARRO	gr	17.30	18.83	18.42	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	3.39	3.07	3.12	1.10	1.16
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.14	10.07	10.36	5.22	5.35
HUMEDAD %	%	30.43	30.49	30.12	21.07	21.68
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 29.97 **LIMITE PLASTICO** : 21.38

INDICE PLASTICO : 8.59

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAD INGENIERIA CIVIL
Mgty. Arnaldo Yana Torres
C.P. 107257



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA



DPL

NTP 339.159 (DIN4094)

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA-APAZA

UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA TINTAYA

MUESTRA : DPL N° 1

PROFUNDIDAD : 0.15 - 2.00 m. N.F.m.h.

FECHA : 11 - NOVIEMBRE -2024

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	CONCR	N° DE GOLPES 10 Cm	MUESTRA		q _u	q _{ad}	
				PRD ₁₀ (cm)	Dr			
CL ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD	CL ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD		0 2 4 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30	0.20	34.79	30.22	1.50	0.500
				0.40	36.58	30.49	1.63	0.542
				0.60	36.58	30.49	1.63	0.542
				0.80	34.79	30.22	1.50	0.500
				1.00	36.58	30.49	1.63	0.542
				1.20	40.16	31.02	1.88	0.625
				1.40	41.95	31.29	2.00	0.667
				1.60	43.74	31.56	2.13	0.708
				1.80	43.74	31.56	2.13	0.708
				2.00	36.37	30.76	1.75	0.583

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres
DIP. 103257

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
JULIACA



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA

DPL

NTP 339.159 (DIN4094)



OBRA : EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN : SECTOR CHILLA-AVENIDA MARAÑÓN

MUESTRA : DPL N° 2

PROFUNDIDAD : 0.15 - 2.00 m. N.F.: n.h.

FECHA : 11 - NOVIEMBRE - 2024

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	N° DE GOLPES 10 Cm	MUESTRA		ρ	q_u	q_{ad}
			PROF. (m)	Dr			
SC (ARENA ARCILLOSA)	[Gráfico de perfil de suelo]	0	0.20	34.79	30.22	2.38	0.792
		0.40	33.00	29.95	2.10	0.698	
		0.60	33.00	29.95	2.10	0.698	
		0.80	34.79	30.22	2.38	0.792	
		1.00	34.79	30.22	2.38	0.792	
		1.20	36.58	30.49	2.67	0.890	
		1.40	34.79	30.22	2.38	0.792	
		1.60	38.37	30.76	2.95	0.982	
		1.80	36.58	30.49	2.67	0.890	
		2.00	36.58	30.49	2.67	0.890	
sw (ARENA BIEN GRADUADA)							
sw (ARENA BIEN GRADUADA)							

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]
 Mtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA JULIACA



UNIVERSIDAD NACIONAL "NESTOR CERECERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

TEMA: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CALIDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN: AVENIDA TINTAYÁ

CONSOLIDÓMETRO: 0.091

CLASIFICACIÓN SUCS: CL

CALICATA: 1

MUESTRA: M-1

ESTADO: Inalterada

PROFUNDIDAD: 1.50

FECHA DE ENSAYO: 12 de NOVIEMBRE 2024

REGISTRO DE DATOS DE CARGA

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL				
seg / Min / Hrs	min	0.1Kg./cm ²	0.2 Kg./cm ²	0.4Jcm ²	0.8 Kg./cm ²	1.8Kg./cm ²
0 Seg	0.00	0.234	0.390	0.639	0.982	1.786
6 Seg	0.10	0.236	0.392	0.645	0.985	1.890
15 Seg	0.25	0.239	0.396	0.652	0.989	1.988
30 Seg	0.50	0.242	0.399	0.667	0.972	1.975
1 Min	1.00	0.248	0.406	0.675	0.979	1.984
2 Min	2.00	0.253	0.411	0.684	0.985	1.990
4 Min	4.00	0.257	0.414	0.688	1.005	2.019
6 Min	6.00	0.262	0.419	0.709	1.048	2.067
15 Min	15.00	0.267	0.423	0.724	1.106	2.124
30 Min	30.00	0.270	0.427	0.748	1.162	2.294
1 Hrs	60.00	0.275	0.433	0.769	1.278	2.548
2 Hrs	120.00	0.280	0.436	0.788	1.398	2.661
4 Hrs	240.00	0.285	0.441	0.807	1.578	2.820
8 Hrs	480.00	0.291	0.448	0.828	1.792	2.939
24 Hrs	1440.00	0.295	0.457	0.840	1.899	2.964

REGISTRO DE DATOS DE DESCARGA

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL				
seg / Min / Hrs	min	0.0Kg./cm ²	0.1 Kg./cm ²	0.2/cm ²	0.4 Kg./cm ²	0.8Kg./cm ²
0 Seg	0.00	2.410	2.700	2.750	2.850	2.985
6 Seg	0.10	2.410	2.690	2.746	2.850	2.980
15 Seg	0.25	2.390	2.690	2.740	2.850	2.970
30 Seg	0.50	2.380	2.670	2.734	2.840	2.960
1 Min	1.00	2.364	2.565	2.728	2.835	2.950
2 Min	2.00	2.329	2.560	2.720	2.830	2.910
4 Min	4.00	2.305	2.534	2.708	2.825	2.884
6 Min	6.00	2.215	2.500	2.692	2.820	2.869
15 Min	15.00	2.200	2.485	2.680	2.820	2.857
30 Min	30.00	1.285	2.415	2.664	2.805	2.834
1 Hrs	60.00	1.280	2.405	2.662	2.805	2.827

DIMENSIONES DE LA MUESTRA

	INICIAL	FINAL
Diámetro D (cm.)	4.98	
Altura H (cm.)	1.95	
Peso del Anillo (gr.)	66.5	
Peso del Anillo + Muestra Hum (gr.)	130.97	115.98
Peso del Anillo + Muestra Seca (gr.)	107.33	

CONTENIDO DE HUMEDAD

	INICIAL	FINAL
Recipiente No	A	B
W.m. Hum + Peso del Anillo. (gr.)	130.97	121.80
W.m. Seca + Peso del Anillo.	107.33	106.70
W.r (gr.)	68.50	68.50
Peso del Agua	23.54	15.10
Humedad (%)	60.64	39.53

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO

Gravedad específica suelo (Gs)	gr/cm ³	2.43
--------------------------------	--------------------	------

ESPECIMEN HUMEDO (Ww)

Especimen Humedo (Ww)	62.47
-----------------------	-------

PESO DEL SOLIDO O PESO SECO (Ws)

Peso del Sólido o Peso Seco (Ws)	38.83
----------------------------------	-------

ALTURA DEL SOLIDO O PESO SECO (Hs)

Altura del Peso del Sólido o Peso Seco (Hs)	0.82
---	------

RELACIÓN DE VACIOS INICIAL (eo)

Relacion de Vacios Inicial (eo)	1.39
---------------------------------	------



UNIVERSIDAD NACIONAL "NESTOR CERECERES VELASQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA

Alfr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANÓNIMA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN RÁPIDA INVIAS E-152

TEMA

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024.

CALICATA: C-01
MUESTRA: M-1
ESTADO: Inalterada
PROFUNDIDAD: 1.50 m

SOLICITANTE

SAGHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN

AVENIDA TINTAYA

FECHA

12 - NOVIEMBRE - 2024

DIMENSIONES DEL ANILLO		A	
ALTURA	1.98 cm	19.80 mm.	
DIÁMETRO	4.98 cm	1.98 mm.	
ÁREA	19.48 cm ²	Volúmen =	38.18
DENSIDAD-HUMEDA		1.54	g/cm ³

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

G_s = 2.43

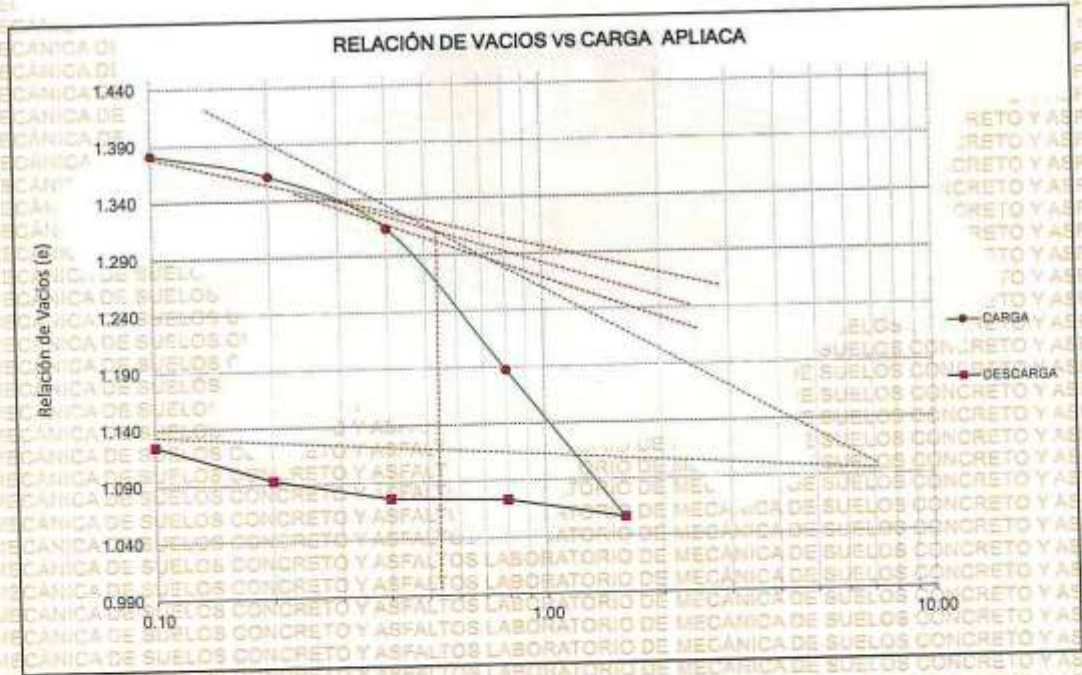
Altura de sólidos, H_s = $\frac{W_s}{G_s \cdot A} = 0.82 \text{ cm}$

$$e = \frac{2H - 2H_0}{2H_0}$$

CONTENIDO DE HUMEDAD

PESO DE LA MUESTRA	Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g 130.97	115.86
Peso anillo+muestra seca.	g 107.33	99.23
Peso anillo	g 65.50	68.50
Peso del agua	Ws	23.64
Peso suelo seco	%	38.83
Humedad	%	60.68

Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	Asentamiento (mm.)	Altura			Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical (%)	t ₅₀ (min)	Coef. De Consolid (Cv) (cm ² /min)
			Final (mm)	Promedio (mm)	Drenada (mm)					
0.00	0.234	0.000	19.600	19.600	9.800	1.017	1.389	0.000	-	-
0.10	0.296	0.061	19.539	19.570	9.765	1.020	1.382	0.311	3.00	0.062870
0.20	0.457	0.223	19.377	19.458	9.729	1.029	1.362	1.138	4.00	0.046617
0.40	0.849	0.615	18.985	19.181	9.591	1.050	1.314	3.138	5.90	0.030711
0.80	1.889	1.655	17.945	18.465	9.233	1.111	1.187	8.444	6.80	0.024694
1.60	2.964	2.730	16.870	17.408	8.704	1.182	1.056	13.929	7.00	0.021320
0.80	2.827	2.593	17.007	16.939	8.469	1.172	1.073	13.230	-	-
0.40	2.805	2.571	17.029	17.018	8.509	1.171	1.078	13.117	-	-
0.20	2.862	2.428	17.172	17.101	8.550	1.161	1.093	12.388	-	-
0.10	2.405	2.171	17.429	17.301	8.650	1.144	1.124	11.077	-	-



Relación de vacíos inicial (e₀) = 1.389
 Relación de vacíos (e_f) = 1.056
 Índice de Compresión (Cc) = 0.298
 Índice de Expansión (Cs) = 0.145
 Esfuerzo de preconsolidación (P_c) = 0.37 kg/cm²



UNIVERSIDAD ANÓNIMA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

BIF: B007 - 00050354



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VILLALOBOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

TEMA: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN OMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JICA JICA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER EDUARDO GALLA APAZA
UBICACIÓN: AVENIDA MARAVIÓN
CONSOLIDÓMETRO: 0.001
CLASIFICACIÓN SUCS: CL

CALICATA: C - 01
MUESTRA: M-1
ESTADO: Inalterada
PROFUNDIDAD: 1.50
FECHA DE ENSAYO: 12 - NOVIEMBRE 2024

REGISTRO DE DATOS DE CARGA

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL					
seg / Min / Hs	min	0.1Kg/cm ²	0.2 Kg/cm ²	0.4/cm ²	0.8 Kg/cm ²	1.6Kg/cm ²	
0 Seg	0.00	0.100	0.264	0.520	1.058	1.585	
5 Seg	0.10	0.100	0.264	0.520	1.058	1.587	
15 Seg	0.25	0.105	0.270	0.533	1.144	1.699	
30 Seg	0.50	0.110	0.278	0.542	1.188	1.715	
1 Min	1.00	0.114	0.285	0.586	1.192	1.728	
2 Min	2.00	0.116	0.289	0.586	1.228	1.744	
4 Min	4.00	0.121	0.294	0.578	1.254	1.760	
8 Min	8.00	0.125	0.302	0.591	1.286	1.774	
15 Min	15.00	0.128	0.308	0.600	1.312	1.788	
30 Min	30.00	0.132	0.314	0.618	1.340	1.800	
1 Hs	60.00	0.135	0.322	0.632	1.370	1.808	
2 Hs	120.00	0.139	0.330	0.644	1.398	1.810	
4 Hs	240.00	0.144	0.339	0.660	1.415	1.813	
8 Hs	480.00	0.149	0.345	0.680	1.454	1.815	
24 Hs	1440.00	0.154	0.354	0.700	1.498	1.820	

DIMENSIONES DE LA MUESTRA		
	INICIAL	FINAL
Diámetro, D (cm.)	4.99	-
Altura, H (cm.)	2.01	-
Peso del Anillo (gr.)	61.58	-
Peso del Anillo + Muestra Hum (gr.)	125.42	110.39
Peso del Anillo + Muestra Seca (gr.)	101.42	-

CONTENIDO DE HUMEDAD		
	INICIAL	FINAL
Recipiente No	A	B
W.m. Hum + Peso del Anillo (gr.)	132.10	121.50
W.m Seca + Peso del Anillo	106.77	105.00
W.r (gr.)	68.60	68.60
Peso del Agua	25.33	16.50
Humedad (%)	66.36	45.37

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO		
Gravedad especifica suelo (Gs)	gr/cm ³	2.44

REGISTRO DE DATOS DE DESCARGA

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL					
seg / Min / Hs	min	0.0Kg/cm ²	0.1 Kg/cm ²	0.2/cm ²	0.4 Kg/cm ²	0.8Kg/cm ²	
0 Seg	0.00	1.480	1.500	1.544	1.752	1.820	
5 Seg	0.10	1.480	1.500	1.544	1.752.000	1.820	
15 Seg	0.25	1.470	1.490	1.640	1.750	1.820	
30 Seg	0.50	1.460	1.490	1.631	1.740	1.820	
1 Min	1.00	1.450	1.488	1.625	1.740	1.810	
2 Min	2.00	1.445	1.488	1.611	1.730	1.810	
4 Min	4.00	1.430	1.485	1.590	1.720	1.800	
8 Min	8.00	1.420	1.485	1.581	1.700	1.790	
15 Min	15.00	1.411	1.480	1.540	1.680	1.780	
30 Min	30.00	1.405	1.480	1.620	1.651	1.780	
1 Hs	60.00	1.286	1.480	1.500	1.544	1.752	

ESPECIMEN HUMEDO (Ww)		
Especlmen Humedo (Ww)		63.84

PESO DEL SOLIDO O PESO SECO (Ws)		
Peso del Solido o Peso Seco (Ws)		39.84

ALTURA DEL SOLIDO O PESO SECO (Hs)		
Altura del Peso del Solido o Peso Seco (Hs)		0.83

RELACION DE VACIOS INICIAL (eo)		
Relacion de Vacios Inicial (eo)		1.41

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VILLALOBOS
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]
Negrin Arnoldo Yana Torres
CIP: 403.257

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN RÁPIDA INVIAS E-152

TEMA: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: BACHILLER EDUARDO CALLA APAZA

UBICACIÓN: AVENIDA MIRAFLORES

FECHA: 12 - NOVIEMBRE - 2024

CALICATA: C-01
MUESTRA: M-1
ESTADO: Infiltrada
PROFUNDIDAD: ϕ 1.50 mt

DIMENSIONES DEL ANILLO		A	
ALTURA	2.01 cm	20.10 mm.	
DIÁMETRO	4.99 cm	1.96 mm.	
ÁREA	19.56 cm ²	Volumen = 39.31	
DENSIDAD HUMEDA	1.62 g/cm ³		

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

G_{con}: 2.44

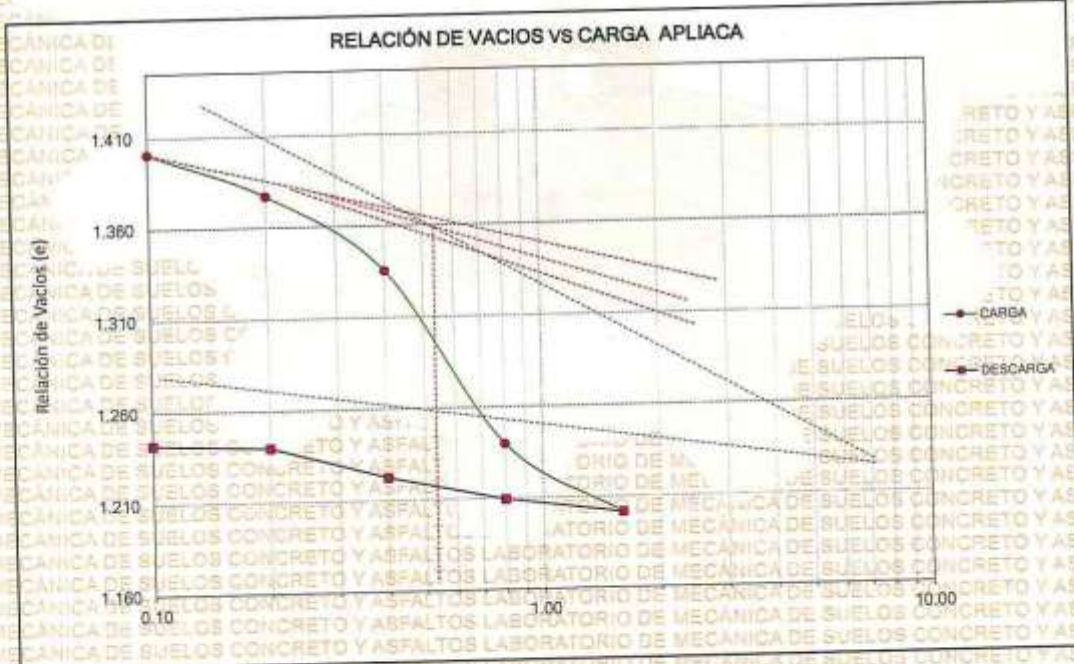
Ws = 0.83 cm;
G_sA =

Altura de sólidos, H_s =

$$e = \frac{2H - 2H_0}{2H_0}$$

CONTENIDO DE HUMEDAD		
PESO DE LA MUESTRA	Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g 125.42	110.98
Peso anillo+muestra seca.	g 99.95	93.56
Peso anillo	g 61.58	61.58
Peso del agua	Ws 25.47	17.42
Peso suelo seco	% 38.37	31.98
Humedad	% 66.36	54.49

Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	Asentamiento (mm.)	Altura			Densidad Seca (gr/cm ³)	Relación de Vacíos e	Deformación Vertical (%)	T ₅₀ (min)	Coef. De Consolida. (Cv) (cm ² /min)
			Final (mm)	Promedio (mm)	Drenada (mm)					
0.00	0.100	0.000	20.100	20.100	10.050	0.976	1.407	0.000	-	-
0.10	0.154	0.054	20.046	20.073	10.037	0.979	1.401	0.269	3.00	0.066147
0.20	0.354	0.254	19.846	19.946	9.973	0.989	1.377	1.264	4.00	0.048984
0.40	0.700	0.600	19.500	19.873	9.837	1.006	1.336	2.965	5.90	0.032307
0.80	1.499	1.399	18.701	19.101	9.550	1.049	1.240	5.960	6.80	0.026423
1.60	1.820	1.720	18.380	18.541	9.270	1.068	1.201	6.557	7.00	0.024185
0.80	1.752	1.652	18.448	18.414	9.207	1.064	1.210	6.219	-	-
0.40	1.644	1.544	18.556	18.502	9.251	1.057	1.222	7.682	-	-
0.20	1.600	1.400	18.700	18.628	9.314	1.049	1.240	6.965	-	-
0.10	1.480	1.380	18.720	18.710	9.355	1.048	1.242	6.866	-	-



Relación de vacíos Inicial (e₀) 1.407
Relación de vacíos (e_f) 1.201
Índice de Compresión (Cc) 0.111
Índice de Expansión (Cs) 0.059
Esfuerzo de preconsolidación (P_c) 0.34 kg/cm²

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Metr. Arnoaldo Yano Torres
CIP 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 23-04-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EDUARDO CALLA APAZA

Dirección: AV. FERROCARRIL 205

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73743832

Teléfono: 921 263 226 email: eduardocallaapaza@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN EN SUELOS INESTABLES

PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS

AUTOCONSTRUIDAS EN EL SECTOR CHILLA DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESFUERZO DE PRECONSOLIDACIÓN, ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES, SUELOS DE FUNDACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE SUELOS.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Título
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17


Firma de Autor



huella digital

23-04-2025

Fecha