



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES



**CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL
DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN
VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE
JALLYHUAYA – PUNO**

TESIS PRESENTADA POR
ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

JULIACA – PERÚ

2025



**UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN: INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

**CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL
DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN
VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE
JALLYHUAYA - PUNO**

TESIS PRESENTADA POR

ÁNGEL SAMUEL LAZARES ALCÁZAR

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN: INGENIERÍA CIVIL,

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

MIEMBRO DEL JURADO :



Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

MIEMBRO DEL JURADO :



Dr. RICHARD CONDORI CRUZ

ASESOR DE TESIS :



Dra. YUDY HUACANI SUCASACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN -P50



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°0199-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 25 de junio del 2025

VISTOS:

El expediente N°2025-006683 presentado por el (la) Bach: **LAZARES ALCAZAR ANGEL SAMUEL**, con número de DNI 70362837 asignado (a) con código de matrícula 1820200056 de hora y fecha de sustentación; de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach: **LAZARES ALCAZAR ANGEL SAMUEL**, con número de DNI 70362837 asignado (a) con código de matrícula 1820200056 de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, ha solicitado fecha y hora, modalidad de sustentación de la Tesis titulada:

CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO, La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50** y;

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 31 de diciembre del 2024, Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR EXPEDITO para la Sustentación de la Tesis titulada: **CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO** Elaborado por el (la) Bachiller: **LAZARES ALCAZAR ANGEL SAMUEL**, la terna de jurados está integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
Miembro del Jurado	: Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Miembro del Jurado	: Dr. RICHARD CONDORI CRUZ
Asesor de Tesis	: Dr. FREDY TORIBIO CHALCO VARGAS

ARTÍCULO SEGUNDO. - El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

Fecha	: Lunes 30 de junio del 2025
Hora	: 09:00 am
Lugar	: Aula N°310 EPG - UANCV - JULIACA

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado de **MAESTRO** de los estudiantes que ingresaron **después** a la aprobación de la ley Universitaria N° 30220.

ARTÍCULO TERCERO. - Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Jovana Amalia Cordero Zapana
DIRECTOR (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 005-2025-CP-EPG-UANCV/J

Juliaca, 08 abril del 2025

VISTOS:

El acuerdo del Consejo de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" en su sesión ordinaria presencial de fecha 07 de abril del 2025.

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con lo previsto por el artículo 18° de la Constitución Política del Perú, concordante con el artículo 8° y 43° de la Ley Universitaria N° 303220, artículo 11° del Estatuto Universitario de la Autonomía de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de Juliaca, artículo 5° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado;

Que, el Estatuto de Universitario de la UANCV aprobado mediante Resolución N° 0018-2020-UANCV-AU-R en su artículo 73° establece: La Escuela de Posgrado tiene como órgano de dirección al Consejo de Posgrado integrados por los Directores de las unidades de posgrado de cada Facultad;

Que, el artículo 12° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, de las funciones y atribuciones del Consejo de Posgrado literal m) pronunciarse sobre otros asuntos académicos y administrativos de la Escuela de Posgrado no previstos;

Que, es función del Director cumplir y hacer cumplir los acuerdos de la Asamblea Universitaria, Consejo Universitario y Consejo de Posgrado, mediante la emisión de resoluciones de Consejo de Posgrado y de la Dirección.

Que, conforme a los artículos 19° 20° y 21° del reglamento general de la Escuelas de posgrado, establece que, son funciones del coordinado *"desempeñar otras funciones inherentes para la buena marcha del programa a su cargo"*

Que, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) mediante Resolución del Consejo Directivo N° 034-2020-SUNEDU/CD, deniega la licencia institucional a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, garantizando en todo momento la continuidad de la prestación de servicio educativo y la consecuente emisión de grados y títulos (....);

Estando, al acuerdo del Consejo de Posgrado y en uso de las facultades que le confiere la Ley Universitaria 30220, Ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria, atribuciones conferidas al Consejo de Posgrado en su artículo 12° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 73° del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - AUTORIZAR, al Director de la Escuela de Posgrado Dr. JUAN BENITES NORIEGA, para que pueda firmar como Presidente de Jurado, al Director de Investigación Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON pueda firmar como Primer Miembro de Jurado, al Coordinador de Maestrías y Doctorados Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI, pueda firmar como Segundo miembro de Jurado, al Secretario Académico (a) Dra. YUDY HUACANI SUCASACA pueda firmar como Asesor de Tesis; los cuatro Docentes Ordinarios podrán asumir con las firmas en el libro de actas de sustentaciones de tesis, empastes y otros documentos pendientes en los Programas de Doctorados, Maestría y Segundas Especialidades Profesionales, de los docentes que han cesado en sus funciones, aquellos que hayan fallecido, hayan pedido Licencia y de los que no tengan vínculo laboral con la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

ARTÍCULO SEGUNDO. - ELEVAR, la presente resolución a Consejo Universitario de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de Juliaca para su ratificación.

ARTÍCULO TERCERO. - ENCARGAR, el cumplimiento de la presente resolución a Rectorado, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado Académico, Oficina de Informática, Registro Central y Oficinas Administrativas de la EPG, para su cumplimiento.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Cc./Archv.EPG (01)
Interesados (01), Cargo (01), Expediente (01)
JBNW



RESOLUCION DIRECTORAL N°0499 - 2024 - USA-EPG/UANCV

Juliaca, 17 de Mayo del 2024.

VISTOS:

El expediente N° 05796, de fecha 07 de mayo del 2024, presentado por el (la) Bach. **ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR** con DNI N° **70362837**, código de matrícula **1820200056**, quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulado: **CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO** línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el grado de **MAESTRO** en **INGENIERÍA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Postgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez **Sede Puno**.

CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico de actualidad de alto valor científico.

Que, según Resolución N° 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Posgrado.

Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister, Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Posgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.

Que, en el **Art.60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máximo el candidato a Magister, Maestro o Doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.

Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Posgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.

Que, mediante oficio circular N°1280-2023-USA-EPG/UANCV-J, de fecha 28 de diciembre del 2023, se nombra al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformado por los siguientes docentes:

- Presidente : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- Primer Miembro : **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**
- Segundo Miembro : **Dr. RICHARD CONDORI CRUZ**
- Asesor : **Dr. FREDY TORIBIO CHALCO VARGAS**

Que, con registro N° 003742, de fecha 03 de mayo del 2024, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO** cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV.

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado y en el artículo 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR, el Proyecto de investigación de Tesis de maestría y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO** para obtener el grado académico de **MAESTRO** en **INGENIERÍA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la UANCV.

SEGUNDO: ELEVAR al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Wenceslao Corrales Curi
 DIRECTOR (o)

c:/CARGO (01)
 ARCHIVO EPG-2024 (01)
 INTERESADO (01)
 LWCC/urc



22% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 19% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos complementarios - UANCV

TITULO	
CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70362837
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-5830-4903
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	YUDY HUACANI SUCASACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40673820
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-3275-5586
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres Y Apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061



Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	RICHARD CONDORI CRUZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442917
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2566-3735
Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Dirección: CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA País: PERÚ Departamento: PUNO Provincia: PUNO Distrito: PUNO -15.87408, -69.98325 https://maps.app.goo.gl/GSPGppP8ViVhJFed7</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	MAYO 2024 – JUNIO 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/perepo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería del transporte https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.05
- Librería	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Jesús Mamani Mamani
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR, identificado con DNI
Nro. 70362837 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN GEOTECNIA Y TRANSPORTES

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico
denominada:
" CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS
DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO "

Asesorado por: DRA. YUDY HUACANI SUCASACA

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 12 de AGOSTO del 2025

FIRMA (ASESOR)

FIRMA (obligatoria)



Huella



Agradecimientos

"Agradezco a mi Padre Celestial por guiarme y darme fortaleza; a mi madre, por su amor y enseñanzas; a mi padre, por su orientación y apoyo; y a mis hermanos, por las experiencias y lecciones compartidas a lo largo de mi vida."



Dedicatoria

"Agradezco a la universidad y a la Escuela de Posgrado por la oportunidad de formarme académicamente; a mis profesores por sus valiosos conocimientos; y a mi jurado de tesis por su importante contribución a esta investigación."



INDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

INDICE GENERAL iii

INDICE DE TABLAS..... viii

ÍNDICE DE FIGURAS..... x

RESUMEN xii

ABSTRACT xiii

INTRODUCCIÓN xiv

CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA..... 1

1.2. FORMULACIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 3

 1.2.1. PROBLEMA GENERAL 3

 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS..... 3

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 4

1.4. OBJETIVOS 6

 1.4.1. OBJETIVO GENERAL 6

 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN..... 6

1.6. LIMITACIONES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 7

 1.6.1. Limitaciones de la investigación:..... 7

 1.6.2. Delimitaciones de la Investigación 8

1.7. HIPÓTESIS..... 9

 1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL..... 9

 1.7.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS..... 9

1.8. VARIABLES E INDICADORES 9

 1.8.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES..... 9



1.8.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES10

CAPÍTULO II

EL MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN11

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....11

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES14

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES O LOCALES15

2.2. BASES TEÓRICAS18

2.2.1. INGENIERÍA GEOTÉCNICA.....18

2.2.2. MECÁNICA DE SUELOS.....19

2.2.3. SUELO Y ROCA.....19

2.2.4. ORIGEN DE LOS SUELOS21

2.2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.....22

2.2.5.1. Granulometría y clasificación de los suelos.....22

2.2.5.2. Límites de consistencia.....23

2.2.5.2.1. Los límites de Atterberg.....24

2.2.5.2.2. Límite líquido.....24

2.2.5.2.3. Límite plástico.....24

2.2.5.2.4. Consistencia y plasticidad basadas en los límites de Atterberg.....24

2.2.5.2.5. Índice de plasticidad (IP).....25

2.2.6. CONSOLIDACION DE SUELOS26

2.2.7. ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (EDÓMETRO).....26

2.2.7.1. Procedimiento de prueba.....27

2.2.7.2. Resultados de la prueba de consolidación27

2.2.7.3. Determinación de la Presión o esfuerzo de Preconsolidación28

2.2.7.4. Determinación del coeficiente de consolidación30

2.2.8. ASENTAMIENTOS DE SUELOS32

2.2.9. TIPOS DE ASENTAMIENTO—BASADOS EN EL MODO DE OCURRENCIA.33



2.2.10. ASENTAMIENTO ELÁSTICO	34
2.2.11. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA	34
2.2.12. CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA.....	36
2.2.13. TASA DE CONSOLIDACIÓN.....	37
2.2.14. CONSOLIDACIÓN SECUNDARIA.....	40
2.2.15. CIMENTACIÓN O FUNDACIÓN SUPERFICIAL.....	40
2.2.16. DISEÑO DE ZAPATAS AISLADAS.....	42
2.2.17. CLASIFICACIÓN DE ZAPATAS AISLADAS CONCÉNTRICAS	43
2.2.18. DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS CUADRADAS. ...	44
2.2.19. ASENTAMIENTOS PERMISIBLES.....	44
2.2.20. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES.	46
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	47

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.2. METODOS APLICADOS.....	50
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	51
3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	52
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	52
3.6. OBJETO DE ESTUDIO Y MUESTRA.....	53
3.6.1. POBLACIÓN Y MUESTRA	53
3.6.1.1. Población	53
3.6.1.2. Muestra	53
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	54
3.7.1. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	54
3.7.1.1 GRANULOMETRÍA POR MALLAS (ASTM D 422).....	54
3.7.1.2 LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D423 – D424).	57
3.7.1.3 CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216	62



- 3.7.1.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM C-127-04.63
- 3.7.1.5 CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO SUCS: ASTM D248765
- 3.7.1.6 ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN ASTM D243566
- 3.7.1.7 METODOLOGÍA DE DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS PARA ASENTAMIENTOS IGUALES.....70
- 3.8. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS.....72
 - 3.8.1. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS73
 - 3.8.2. CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS73

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

- 4.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....75
 - 4.1.1. ZONA GEOTÉCNICA I75
 - 4.1.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD75
 - 4.1.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO76
 - 4.1.1.3. LÍMITES DE CONSISTENCIA.....77
 - 4.1.1.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SOLIDOS (GS)78
 - 4.1.1.5. ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL78
 - 4.1.2. ZONA GEOTÉCNICA II80
 - 4.1.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD81
 - 4.1.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO81
 - 4.1.2.3. LÍMITES DE CONSISTENCIA.....82
 - 4.1.2.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SOLIDOS (GS)83
 - 4.1.2.5. ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL84
 - 4.1.3. ZONA GEOTÉCNICA III86
 - 4.1.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD86
 - 4.1.3.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO87
 - 4.1.3.3. LÍMITES DE CONSISTENCIA.....88
 - 4.1.3.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SOLIDOS (GS)89
 - 4.1.3.5. ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL89



4.1.4.	PROPUESTA DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL.....	91
4.1.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	91
4.1.4.2.	METRADO DE CARGAS PARA COLUMNAS	93
4.1.4.3.	Verificaciones del dimensionamiento de zapatas.	95
4.1.5.	CÁLCULO DE ASENTAMIENTO REAL POR CONSOLIDACIÓN....	97
4.1.5.1.	ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA DE LA ZONA GEOTÉCNICA I.....	97
4.1.5.2.	ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA DE LA ZONA GEOTÉCNICA II.....	102
4.1.5.3.	ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA DE LA ZONA GEOTÉCNICA III.....	106
4.1.6.	CÁLCULO DE LA TASA DE CONSOLIDACIÓN.....	110
4.1.7.	METODOLOGÍA DE DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS PARA ASENTAMIENTOS IGUALES.....	120
4.1.8.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	127
4.1.8.1	Graficas de curva de compresibilidad.....	127
4.1.8.2	Análisis de tasa de tiempo de consolidación.....	131
4.1.8.3	Asentamiento por consolidación ante la aplicación de una carga...	135
4.2.	CONTRASTE DE HIPÓTESIS	141
	CONCLUSIONES	148
	RECOMENDACIONES	149
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
	ANEXOS.....	153



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de variables*10

Tabla 2 *Clasificación de partículas de acuerdo a ASTM D2487*23

Tabla 3 *Analogía de los componentes*.....35

Tabla 4 *Tipos comunes de cimentaciones superficiales*41

Tabla 5 *Descripción de asentamientos tolerables en estructuras*46

Tabla 6 *Diámetro de tamices de la norma E11*.....56

Tabla 7 *Estratigrafía correspondiente a la zona geotécnica I*75

Tabla 8 *Resultados de contenido de humedad zona I*76

Tabla 9 *Resultados de análisis granulométrico zona I*76

Tabla 10 *Resultados de límites de consistencia zona I*77

Tabla 11 *Resultados de gravedad específica (Gs) zona I*78

Tabla 12 *Resultados de parámetros de consolidación zona I*.....79

Tabla 13 *Estratigrafía correspondiente a la zona geotécnica II*80

Tabla 14 *Resultados de contenido de humedad zona II*81

Tabla 15 *Resultados de análisis granulométrico zona II*81

Tabla 16 *Resultados de límites de consistencia zona II*83

Tabla 17 *Resultados de gravedad específica de los sólidos (Gs) zona II*84

Tabla 18 *Resultados de parámetros de consolidación*85

Tabla 19 *Estratigrafía correspondiente a la zona geotécnica III*86

Tabla 20 *Resultados de contenido de humedad zona III*86

Tabla 21 *Resultados de análisis granulométrico zona III*87

Tabla 22 *Resultados de límites de consistencia zona III*88

Tabla 23 *Resultados de gravedad específica de los sólidos (Gs) zona III*89

Tabla 24 *Resultados de parámetros de consolidación zona III*90

Tabla 25 *Dimensionamiento y verificación de zapata concéntrica*95

Tabla 26 *Dimensionamiento y verificación de zapata medianera*96

Tabla 27 *Dimensionamiento y verificación de zapata esquinera*.....96

Tabla 28 $\Delta\sigma_{prom}$ estrato CL zapata central zona I98

Tabla 29 $\Delta\sigma_{prom}$ estrato SC zapata central zona I98

Tabla 30 $\Delta\sigma_{prom}$ estrato CL zapata intermedia zona I99

Tabla 31 $\Delta\sigma_{prom}$ estrato SC zapata intermedia zona I100

Tabla 32 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona I101

Tabla 33 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato SC zapata esquina zona I101

Tabla 34 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata central zona II103

Tabla 35 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata central zona II103



Tabla 36 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata medianera zona II.....104

Tabla 37 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata medianera zona II.....104

Tabla 38 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona II.....105

Tabla 39 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona II.....105

Tabla 40 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata central zona III.....107

Tabla 41 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato ML zapata central zona III107

Tabla 42 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata medianera zona III.....108

Tabla 43 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato ML zapata medianera zona III109

Tabla 44 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona III.....109

Tabla 45 $\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato ML zapata esquina zona III110

Tabla 46 Tasa de consolidación zona geotécnica I para $\delta=2.91$ cm.....111

Tabla 47 Tasa de consolidación zona geotécnica II para $\delta=4.97$ cm.....112

Tabla 48 Tasa de consolidación zona geotécnica III para $\delta=6.70$ cm.....113

Tabla 49 Tasa de consolidación zona geotécnica I para $\delta=2.51$ cm.....114

Tabla 50 Tasa de consolidación zona geotécnica II para $\delta=4.52$ cm.....115

Tabla 51 Tasa de consolidación zona geotécnica III para $\delta=5.49$ cm.....116

Tabla 52 Tasa de consolidación zona geotécnica I para $\delta=0.82$ cm.....117

Tabla 53 Tasa de consolidación zona geotécnica II para $\delta=1.47$ cm.....118

Tabla 54 Tasa de consolidación zona geotécnica III para $\delta=2.04$ cm.....119

Tabla 55 Cálculo de carga P con $\delta=1$ cm y B entre 100 cm y 400 cm zona I120

Tabla 56 Cálculo de carga P con $\delta=3$ cm y B entre 100 cm y 400 cm zona I121

Tabla 57 Cálculo de carga P con $\delta=5$ cm y B entre 100 cm y 300 cm zona I122

Tabla 58 Cálculo de carga P con $\delta=1$ cm y B entre 100 cm y 400 cm zona II122

Tabla 59 Cálculo de carga P con $\delta=3$ cm y B entre 100 cm y 320 cm zona II123

Tabla 60 Cálculo de carga P con $\delta=5$ cm y B entre 100 cm y 300 cm zona II124

Tabla 61 Cálculo de carga P con $\delta=1$ cm y B entre 100 cm y 400 cm zona III125

Tabla 62 Cálculo de carga P con $\delta=3$ cm y B entre 100 cm y 400 cm zona III125

Tabla 63 Cálculo de carga P con $\delta=5$ cm y B entre 100 cm y 300 cm zona III126



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Disciplinas que integran la Ingeniería Geotécnica.*18

Figura 2 *Gradación de los diferentes suelos.*.....20

Figura 3 *Clasificación de rocas sobre la superficie terrestre.*.....21

Figura 4 *Proceso de formación geológica de los suelos.*.....21

Figura 5 *Gradación y límites según mallas de los distintos tipos de suelos.*22

Figura 6 *Límites de consistencia establecidos por Atterberg.*.....25

Figura 7 *Índice de plasticidad.*.....25

Figura 8 *Ensayo de consolidación unidimensional (edometro).*.....26

Figura 9 *Curva obtenida de datos de relación de vacíos vs esfuerzo efectivo.*.....27

Figura 10 *Curva de compresibilidad en diferentes escalas esfuerzo efectivo (σ').*.....28

Figura 11 *Determinación de la presión de preconsolidación con los métodos a y b.*...29

Figura 12 *Curva de grado de consolidación versus factor tiempo.*.....30

Figura 13 *Método de ajuste de logaritmo de tiempo (Casagrande).*31

Figura 14 *Asentamientos a lo largo del tiempo.*.....33

Figura 15 *Tipos de asentamientos en el tiempo.*33

Figura 16 *Idealización de fuerzas que actúan en una masa de suelo.*.....34

Figura 17 *Analogía del fenómeno de consolidación.*35

Figura 18 *Analogía de transferencia de sollicitaciones externas a componentes.*35

Figura 19 *Pequeño elemento de una capa de suelo en proceso de consolidación.*37

Figura 20 *Disipación de la presión de poros.*.....40

Figura 21 *Tipos de zapatas aisladas concéntricas.*43

Figura 22 *Etapas del informe geotécnico.*51

Figura 23 *Calicatas de exploración de suelos en el centro poblado de Jallyhuaya.*....53

Figura 24 *Limpieza de muestras para realizar el tamizado de partículas.*.....55

Figura 25 *Zarandeo de muestras de suelos en laboratorio por las diferentes mallas.*..57

Figura 26 *Zarandeo por la malla N°40.*.....58

Figura 27 *Obtención de pesos de muestras en estado seco y húmedo.*.....62

Figura 28 *Liberación de aire atrapado en muestra de suelo.*.....65

Figura 29 *Carta de plasticidad de Casagrande.*.....66

Figura 30 *Sección transversal de un consolidometro.*66

Figura 31 *Tipos de consolidometros.*.....67

Figura 32 *Equipo para el ensayo de consolidación unidimensional.*.....70

Figura 33 *Parámetros que intervienen para la obtención de P.*71

Figura 34 *Gráfico obtenido de los resultados granulométricos zona I.*.....76

Figura 35 *Gráfico para determinar el límite líquido zona I.*.....77



Figura 36 *Curva obtenida a partir de los datos de consolidación zona I*79

Figura 37 *Resultados de curva de consolidación:*.....79

Figura 38 *Gráfico de curva granulométrica zona II*82

Figura 39 *Grafico para determinar el límite líquido zona II*.....83

Figura 40 *Curva obtenida a partir de los datos de consolidación zona II*84

Figura 41 *Resultados de curva de consolidación zona geotécnica II*.....85

Figura 42 *Gráfico de curva granulométrica zona III*87

Figura 43 *Gráfico para obtener el límite líquido*88

Figura 44 *Resultados de curva de consolidación zona geotécnica III*.....89

Figura 45 *Resultados de curva de consolidación zona geotécnica III*.....90

Figura 46 *Configuración arquitectónica de edificación primer nivel.*91

Figura 47 *Configuración arquitectónica de edificación propuesta niveles superiores.*92

Figura 48 *Detalle transversal de Losa Aligerada H=20cm*.....93

Figura 49 *Area de influencia para cada columna*.....94

Figura 50 *Estratigrafía y análisis de asentamiento por consolidación primaria zona geotécnica I*.....97

Figura 51 *Estratigrafía y análisis de asentamiento por consolidación primaria zona geotécnica II*.....102

Figura 52 *Estratigrafía y análisis de asentamiento por consolidación primaria zona geotécnica II*.....106

Figura 53 *Curva de compresibilidad de las diferentes zonas geotécnicas*.....129

Figura 54 *Tiempo de consolidación vs asentamiento zapata central.*133

Figura 55 *Tiempo de consolidación vs asentamiento zapata intermedia.*133

Figura 56 *Tiempo de consolidación vs asentamiento zapata esquinera.*134

Figura 57 *Gráfico de barras de las variables, asentamiento, tipo de zapata y zona.*138

Figura 58 *Estimación de asentamientos producidos en un área específica*138



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia de la consolidación de suelos en el dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jallyhuaya. El estudio busca aportar al diseño más eficiente de estas estructuras, optimizando su desempeño y seguridad. La investigación adopta un enfoque cuantitativo, es de tipo aplicada, tiene un nivel explicativo y emplea un diseño cuasiexperimental. La población estuvo conformada por los suelos del distrito de Puno y la muestra los suelos del centro poblado de Jallyhuaya el tipo de muestreo realizado fue por conveniencia, se recopilaron datos sobre las propiedades físicas y deformabilidad del suelo mediante ensayos de laboratorio tales como contenido de humedad, límites de consistencia, gravedad específica de sólidos, consolidación unidimensional para medir la consolidación de suelos. Los resultados indican diferencias significativas en los asentamientos entre las tres zonas geotécnicas. En la Zona I, se registraron asentamientos moderados (2.91 cm), mientras que en la Zona II y III, los asentamientos alcanzaron 4.97 cm y 6.70 cm, respectivamente. Además, los índices de compresibilidad ($C_c=0.753$ zona I, $C_c=0.221$ zona II, $C_c=0.286$ zona III) y los coeficientes de consolidación ($C_v= 0.0046$ Cm²/Seg para la zona I, $C_v= 0.0048$ Cm²/Seg para la zona II, $C_v= 0.0044$ Cm²/Seg para la zona III) varían, subrayando la importancia de considerar el tiempo de consolidación en el diseño de zapatas. Se concluye que la consolidación del suelo influye significativamente en el dimensionamiento de zapatas aisladas en Jayllihuaya – Puno, ya que las diferencias en asentamientos y parámetros de consolidación tales como el índice de compresibilidad (C_c) y el coeficiente de consolidación (C_v) determinan las necesidades de dimensionamiento de zapatas aisladas, asimismo remarcan la importancia de adaptar las zapatas a las características específicas del suelo para garantizar estabilidad y durabilidad estructural.

Palabras Clave: Asentamiento, Consolidación, Curva de compresibilidad, Tasa de consolidación



ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the influence of soil consolidation on the sizing of isolated footings in houses in the town of Jallyhuaya. The study seeks to contribute to a more efficient design of these structures, optimizing their performance and safety. The research adopts a quantitative approach, is applied, has an explanatory level and uses a quasi-experimental design. The population consisted of the soils of the district of Puno and the sample consisted of the soils of the town of Jallyhuaya. The type of sampling carried out was by convenience; data on the physical properties and deformability of the soil were collected through laboratory tests such as moisture content, consistency limits, specific gravity of solids, and one-dimensional consolidation to measure the consolidation of soils. The results indicate significant differences in settlements between the three geotechnical zones. In Zone I, moderate settlements (2.91 cm) were recorded, while in Zone II and III, settlements reached 4.97 cm and 6.70 cm, respectively. In addition, the compressibility indices ($C_c=0.753$ zone I, $C_c=0.221$ zone II, $C_c=0.286$ zone III) and consolidation coefficients ($C_v= 0.0046$ Cm²/Sec for zone I, $C_v= 0.0048$ Cm²/Sec for zone II, $C_v= 0.0044$ Cm²/Sec for zone III) vary, highlighting the importance of considering consolidation time in footing design. It is concluded that soil consolidation significantly influences the sizing of isolated footings in Jayllihuaya - Puno, since the differences in settlement and consolidation parameters such as the compressibility index (C_c) and the consolidation coefficient (C_v) determine the sizing needs of isolated footings, also highlighting the importance of adapting the footings to the specific characteristics of the soil to ensure structural stability and durability.

Keywords: Settlement, Consolidation, Compressibility curve, Consolidation rate.



INTRODUCCIÓN

Este trabajo aborda la problemática actual del suelo en el centro poblado de Jallyhuaya, con el propósito de analizar sus características físicas y mecánicas, enfocándose especialmente en el fenómeno de consolidación. Se evaluarán aspectos como la curva de compresibilidad, la velocidad de consolidación y el asentamiento por consolidación, considerando su impacto en el diseño de zapatas aisladas según los parámetros de deformación del suelo. Para ello, se realizarán ensayos de laboratorio, observaciones en campo y cálculos analíticos en gabinete.

El suelo de la zona de estudio presenta propiedades particulares que influyen significativamente en los procesos de cimentación. En suelos de baja capacidad portante, como arcillas, arcillas arenosas, turbas o materiales inorgánicos, pueden generarse daños tanto estéticos como estructurales, implicando importantes pérdidas económicas. Por esta razón, es crucial implementar medidas preventivas para evitar asentamientos excesivos que afecten la estabilidad de las estructuras.

Esto nos lleva a aplicar métodos y teorías que estiman la magnitud de los asentamientos, permitiendo mitigar sus efectos en el diseño de cimentaciones, así como adoptar medidas preventivas o evaluar la inhabilitación si no se cumplen los requisitos necesarios para cimentar.

Un desafío fundamental para el ingeniero geotécnico radica no solo en prever si ocurrirán asentamientos, sino también en determinar su magnitud y evaluar si estos se encuentran dentro de límites tolerables.

El objetivo principal de este estudio es analizar cómo la consolidación del suelo afecta el dimensionamiento de zapatas aisladas, empleando ensayos de laboratorio específicos.

El desarrollo de esta tesis se divide en cuatro capítulos:



Capítulo I: Se identifica la problemática de investigación, detallando la situación problemática, el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, la justificación del estudio, la hipótesis planteada, así como las variables e indicadores utilizados.

Capítulo II: Se desarrollan las bases conceptuales y referenciales que sustentan el estudio, proporcionando el fundamento teórico necesario para la investigación.

Capítulo III: Se describe el diseño metodológico, especificando el nivel de investigación, el método aplicado, y las técnicas y procedimientos empleados. Este capítulo incluye la definición del objeto de estudio, la selección de la muestra, y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Capítulo IV: Se detalla el proceso experimental llevado a cabo en diferentes puntos de muestreo (calicatas), las mediciones realizadas durante el periodo de observación, y la interpretación de los resultados. Además, se explican los fundamentos del diseño y los cálculos que respaldan los objetivos de la investigación. Se analizan las deformaciones del suelo en relación con el diseño de zapatas aisladas, destacand medidas preventivas recomendadas para futuras cimentaciones.

Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del estudio, junto con recomendaciones orientadas a mitigar los efectos de la consolidación del suelo y optimizar el dimensionamiento de zapatas aisladas. Asimismo, se incluyen las referencias bibliográficas y anexos relevantes que complementan el contenido de la investigación.



CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la Situación Problemática

En la ciudad de Puno específicamente en el centro poblado de Jallyhuaya existen suelos cohesivos lacustres (limos y arcillas) y a su vez estos se encuentran saturados de agua debido a que la capa freática está por debajo de 1 metro desde el nivel de terreno natural, la cohesión del suelo es un componente fundamental de la ingeniería civil y la ingeniería geotécnica, y proporciona un medio importante para comprender cómo se comportan los suelos bajo las fuerzas de gravedad, corte, agua y clima. El suelo cohesivo se define como el resultado de la atracción entre las partículas del suelo. Estas atracciones se deben a la naturaleza cargada de las partículas del suelo, que suelen ser negativas. La magnitud de la atracción entre partículas está influenciada por muchos factores, incluido el tipo de suelo, la cantidad de agua presente y la cantidad de arcilla presente. Cuando las atracciones entre partículas son fuertes, se dice que el suelo es cohesivo. Cuando las atracciones son débiles se dice que el suelo no es cohesivo.

Los suelos cohesivos saturados de agua y sujetos a cargas externas producen un proceso natural denominado consolidación de suelos, este proceso ocurre debido a la expulsión de agua de los intersticios del suelo cohesivo, dicho



fenómeno se produce de forma lenta o a largo plazo, en la ingeniería geotecnica los asentamientos en edificaciones son productos en su mayoría por la consolidación de suelos cohesivos.

En el área urbana de Jallyhuaya, específicamente en los proyectos de construcción en desarrollo, se están utilizando métodos tradicionales para diseñar las cimentaciones. Estos métodos no han sido evaluados previamente para determinar el cálculo de la capacidad de carga y los asentamientos. Esta falta de evaluación podría ser una de las causas subyacentes de los problemas identificados en varias zonas de la localidad.

Al diseñar una estructura, comúnmente se supone que los cimientos no se moverán. De la misma manera, si aparecen grietas en la estructura, se puede aseverar que los cimientos se movieron y que ésta es la única causa de las grietas. Los suelos blandos y mal compactados son particularmente vulnerables.

Este problema está relacionado con los notables asentamientos diferenciales que han provocado y continúan generando daños tanto en los elementos estructurales como en la albañilería de las viviendas y edificaciones de la zona.

Al momento de realizar el dimensionamiento de la cimentación (zapata aislada) no se cuenta en el diseño de la subestructura el análisis de asentamientos y/o distorsiones angulares, solo se toma en cuenta el análisis por resistencia, esta omisión genera patologías indeseadas en un futuro puesto que los asentamientos son desmedidos. Y es lo que genera desagrado en los pobladores que construyen sus viviendas sin considerar este tipo de situaciones irreversibles.

Revisado todas estas situaciones adversas en edificaciones es muy importante al momento de realizar el análisis de las cimentaciones (zapatas aisladas), un correcto análisis del dimensionamiento de las zapatas aisladas, considerando un análisis tanto de la capacidad de carga del suelo



(RESISTENCIA), así como las verificaciones de asentamientos producto de las cargas que se imponen (SERVICIO).

Tras realizar una revisión general del problema, se concluyó que la ausencia de un estudio básico de mecánica de suelos y de cálculos precisos ha generado tanto problemas estructurales como estéticos en la zona analizada.

Por ello, se plantea la necesidad de llevar a cabo un análisis exhaustivo y confiable de las propiedades físicas, mecánicas y de deformabilidad del suelo. Además, se busca aplicar métodos exactos para calcular los asentamientos y la capacidad de carga del terreno, considerando que esta área enfrenta un crecimiento poblacional significativo, lo que conlleva un aumento en la cantidad y el tamaño de las edificaciones.

1.2. Formulación o Planteamiento del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera la consolidación de suelos, influye en el dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno?

1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿De qué manera la curva de compresibilidad influye en el cálculo de asentamientos por consolidación producto del dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno?
2. ¿De qué manera la tasa de tiempo de consolidación influye en el dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno?
3. ¿De qué manera el cálculo de asentamiento por consolidación influye en el dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno?



1.3. Justificación de la Investigación

El presente trabajo de investigación se justifica por lo siguiente:

Desde la perspectiva del crecimiento urbano,

El uso de viviendas es cada vez más reducido en zonas céntricas de las ciudades por un aumento de la población y migración de las zonas rurales a zonas urbanas, la construcción de infraestructura como viviendas, carreteras y servicios básicos hace que zonas más alejadas sean habitadas sin una planificación urbana adecuada, generando riesgo de habitabilidad en dichas zonas puesto que no se tiene información suficiente sobre el tipo de suelo, fajas marginales, servicios básicos adecuados ...etc. principalmente el uso de suelo es un factor muy importante para la fundación de las viviendas puesto que el crecimiento es más vertical (viviendas de más de 3 niveles) que horizontal, no tomando en cuenta las propiedades físico-mecánicas del suelo.

Desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos,

Las construcciones existentes en el centro poblado de Jallyhuaya han sufrido asentamientos por consolidación, la falta de un análisis concienzudo de los parámetros geotécnicos del suelo tanto físicos, mecánicos y de deformación más la omisión de los cálculos de asentamientos diferenciales como distorsiones angulares por parte de algunos ingenieros ha generado situaciones irreversibles en las estructuras existentes lo cual genera preocupación por parte de sus habitantes puesto que su idea es construir más niveles a futuro, lo que podría generar el colapso de la estructura en algunos casos severos.

Desde el punto de vista técnico,

Considerar el suelo como un material de construcción que cambia sus propiedades con el tiempo es muy importante desde el punto de vista de la seguridad de la construcción, implementación y operación de las estructuras de



construcción. Además, el suelo se puede parametrizar de tal manera que describa con precisión su posible comportamiento bajo carga de servicio. De gran interés es el fenómeno de la consolidación, que se basa en la reducción del volumen del suelo a lo largo del tiempo bajo una carga constante.

Desde el punto de vista social y económico

En la zona de estudio, los habitantes edifican sus viviendas sin tener en cuenta la capacidad de carga del suelo ni los asentamientos permitidos. Este desequilibrio en el desarrollo socioeconómico tiene un impacto considerable en el mercado, particularmente en el sector de desarrollo urbano y vivienda, donde la población urbana, de acuerdo con su situación económica, busca constantemente adquirir propiedades, ya sean terrenos o casas. Estas construcciones suelen localizarse en las áreas periféricas de las ciudades, donde las condiciones geotécnicas son menos favorables.

Dado que la zona cuenta con viviendas de interés social, es decir, con características económicas mayormente modestas, las soluciones para cimentación y corrección de fallas estructurales deben adaptarse a esta realidad económica. Por lo tanto, es crucial determinar qué métodos de cimentación están demostrando un mejor comportamiento en este tipo de suelos, considerando la preocupación creciente de los residentes por los daños estructurales que comprometen la habitabilidad de sus hogares.

Este estudio, motivado por las observaciones anteriores, tiene como objetivo investigar de manera exhaustiva cómo los parámetros de consolidación del suelo afectan en el dimensionamiento de zapatas aisladas en esta área en específico.



1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar cómo la consolidación de suelos influye en el dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar cómo la curva de compresibilidad influye en el cálculo de los asentamientos por consolidación, derivados del dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.
2. Predecir la tasa de tiempo de consolidación debido al dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.
3. Calcular el asentamiento por consolidación a fin de obtener el ancho de zapata aislada más adecuada en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.

1.5. Importancia y Alcance de la Investigación

La consolidación de suelos y el dimensionamiento de zapatas aisladas son aspectos fundamentales en la ingeniería civil y geotécnica, con un impacto significativo en la sociedad.

Desde la seguridad de la estructura hasta el diseño eficiente de estructuras: La consolidación de suelos es crucial para garantizar la estabilidad de estructuras como edificios, puentes y presas. Un suelo mal consolidado puede llevar a asentamientos diferenciales que comprometen la integridad estructural y pueden causar daños graves.

Prevención de Asentamientos Excesivos: Al permitir que el suelo se asiente de manera controlada y gradual, se evita el riesgo de asentamientos repentinos que pueden dañar o destruir estructuras.



Diseño Eficiente: Un correcto entendimiento de la consolidación permite diseñar cimentaciones más eficientes y económicas, evitando costos innecesarios en reforzamientos o soluciones alternativas.

Optimización de Materiales: Un diseño correcto de las zapatas ayuda a utilizar materiales de manera eficiente, evitando el uso excesivo de concreto y acero y reduciendo costos de construcción

En resumen, la consolidación de suelos y el dimensionamiento de zapatas aisladas son esenciales para la seguridad, la eficiencia económica y la sostenibilidad de las construcciones. Su correcta aplicación garantiza la estabilidad de las infraestructuras y protege a la sociedad de posibles fallos estructurales y problemas relacionados con el suelo.

1.6. Limitaciones y Delimitaciones de la Investigación

1.6.1. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones se refieren a las restricciones que están fuera del control del investigador y que pueden afectar el desarrollo o los resultados del estudio. Estas pueden surgir de factores internos y externos al proyecto de investigación.

Disponibilidad de Datos: La falta de datos geotécnicos detallados y específicos del sitio puede limitar la precisión de los análisis de consolidación y el dimensionamiento de las zapatas.

Recursos Financieros y Materiales: Los recursos financieros limitados pueden restringir el alcance de las pruebas de laboratorio y los estudios de campo necesarios para una evaluación exhaustiva.

Condiciones Ambientales y Climáticas: Las condiciones ambientales extremas pueden afectar las pruebas y mediciones realizadas durante la investigación.

Normativas y Regulaciones: Las restricciones normativas y de regulación pueden limitar los métodos y enfoques disponibles para el diseño y la evaluación.



Variabilidad de los Datos: La variabilidad inherente en las propiedades del suelo puede dificultar la obtención de resultados consistentes y generalizables.

1.6.2. Delimitaciones de la Investigación

Las delimitaciones son decisiones específicas tomadas por el investigador para definir el alcance del estudio. Estas son elecciones conscientes que determinan qué aspectos del tema serán incluidos y cuáles serán excluidos.

Ámbito Geográfico: El estudio puede centrarse en una región geográfica específica, limitando la aplicación de los resultados a otras áreas con diferentes condiciones geológicas.

Tipo de Suelo: El enfoque del estudio puede estar en un tipo específico de suelo, como suelos arcillosos, y no considerar otros tipos de suelos.

Tipo de Estructura: La investigación puede enfocarse en un tipo particular de estructura, como edificios residenciales, excluyendo otras como puentes o presas. Ejemplo: El dimensionamiento de zapatas aisladas se investiga solo para edificios de altura baja, no para rascacielos.

Métodos de Análisis: El estudio puede utilizar solo ciertos métodos y herramientas para la evaluación de consolidación y dimensionamiento, limitando otros enfoques. Ejemplo: Se emplean únicamente ensayos de laboratorio estándar y no se consideran técnicas avanzadas de modelado por computadora.

Periodo de Tiempo: El análisis puede centrarse en un período específico, lo que puede afectar la interpretación de los resultados a largo plazo. Ejemplo: El estudio se realiza durante un periodo de 6 meses, sin considerar efectos de consolidación que podrían desarrollarse a lo largo de varios años.



1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

La consolidación de suelos sobredimensiona los anchos de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.

1.7.2. Hipótesis Específicos

1. La curva de compresibilidad del suelo refleja parámetros clave del proceso de consolidación, como el índice de compresibilidad (C_c), que influyen directamente en la magnitud de los asentamientos de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.
2. La predicción de la tasa de tiempo de consolidación influye considerablemente en el dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.
3. El cálculo de asentamiento por consolidación influye directamente en la obtención del ancho de zapata aislada más adecuada en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.

1.8. Variables e Indicadores

1.8.1. Conceptualización de Variables

Variable independiente: Consolidación de Suelos

Definición Conceptual: La consolidación de suelos es el proceso mediante el cual el suelo, especialmente los suelos saturados, reduce su volumen debido a la expulsión de agua intersticial bajo una carga aplicada. Este fenómeno ocurre con el tiempo, a medida que el suelo se asienta y se compacta bajo la carga, aumentando su densidad y reduciendo su porosidad.

Variable dependiente: Dimensionamiento de Zapatas Aisladas

Definición Conceptual: El dimensionamiento de zapatas aisladas implica el diseño y la determinación de las dimensiones y características de las zapatas que

se utilizan para soportar columnas o pilares individuales en una estructura. Las zapatas aisladas distribuyen las cargas de las columnas al suelo de manera efectiva, evitando concentraciones excesivas de carga que podrían provocar fallos en la cimentación.

1.8.2.Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICA E INSTRUMENTO	VALORACION
VARIABLE DEPENDIENTE Dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas	- Zapata Aislada	- Central - Medianera - Esquinera	- Estudio de gabinete - Criterio profesional.	Área M2
	- Carga estructural	- Carga Muerta - Carga Viva	- Norma E-020 - Estudio de Gabinete	- Tn/m2 - Tn/m2
	- Esfuerzos producidos en el interior del suelo.	- Esfuerzos totales - Esfuerzos neutros. - Esfuerzos efectivos - Esfuerzos debido a cargas externas	- Resultados de ensayos de Laboratorio - Estudio de Gabinete	- Tn/m2 - Tn/m2 - Tn/m2 - Tn/m2
VARIABLE INDEPENDIENTE Consolidación de suelos	- Propiedades Físicas y Mecánicas del suelo	- Contenido de Humedad - Análisis granulométrico - Límites de consistencia - Clasificación de Suelos	- Ensayos de Laboratorio - Observación. - Revisión bibliográfica - Estudio de gabinete	- % - % - % - Según SUCS
	- Ensayo de consolidación unidimensional	- Relación de Vacíos - Coeficiente de consolidación - Coeficiente de compresibilidad - Permeabilidad	- Ensayos de Laboratorio	- Adimensional - Cm ² /min - Tn - Cm/seg
	- Cálculo de asentamientos	- Coeficiente de compresión - Coeficiente de Re-compresión - Módulo edométrico - Esfuerzo de pre consolidación	- Estudio de gabinete - Interpretación de resultados de laboratorio	- Adimensional - Adimensional - Cm ² /Kg - Kg/Cm ²

Nota: Se aborda específicamente lo investigado.



CAPÍTULO II

EL MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

TÍTULO: Estudios de asentamientos por consolidación instantánea, primaria y secundaria en suelos limosos y arcillosos de la Ciudad de Zamora.

PAÍS: Ecuador

AUTOR: Cango Apolo, Leonardo Javier.

INSTITUCION: Universidad Técnica Particular de Loja (2017).

OBJETIVO:

Dado que el Municipio de Zamora no presta la debida atención al análisis de asentamientos en los estudios de mecánica de suelos establecidos en sus ordenanzas municipales para la planificación de edificaciones, no se han realizado investigaciones previas sobre este tema. Se tiene como objetivo la determinación de los parámetros geotécnicos mínimos para el diseño de cimentaciones.



METODO: La cuantificación de los asentamientos instantáneos, así como los de consolidación primaria y secundaria, se realizó mediante un ensayo edométrico aplicado a las muestras tomadas de las áreas de estudio en la ciudad de Zamora. Además del ensayo edométrico, se llevarán a cabo otros análisis para caracterizar el suelo, que incluirán la granulometría, el contenido de humedad y los límites de Atterberg.

CONCLUSIÓN: Como conclusión general, el autor determina que, en las áreas analizadas, los asentamientos por consolidación no restringen la cantidad de carga que puede aplicarse al terreno de fundación. No obstante, esta investigación revela que la carga ejercida sobre las cimentaciones está condicionada tanto por la capacidad portante del suelo como por la carga permisible derivada de los asentamientos. Esto se debe a que, incluso cuando la carga aplicada es inferior a la capacidad portante del terreno, sigue generando asentamientos.

A partir de las curvas de compresibilidad obtenidas en las cuatro zonas estudiadas, se concluye que los suelos presentan un estado de sobreconsolidación (OCR) con valores mayores a 1. Esto sugiere que, a lo largo de su historia geológica, estos suelos han estado sometidos a presiones superiores a las que soportan en la actualidad.

TÍTULO: Implementación de programas computacionales para el cálculo y diseño de cimentaciones superficiales aplicación al cálculo de edificios"

PAÍS: Ecuador

AUTOR: Olmedo Cueva José Paúl

INSTITUCION: Universidad Central del Ecuador (2013)



OBJETIVO: El autor plantea sus objetivos considerando que los estudiantes de los últimos semestres de la Escuela de Ingeniería Civil, con especialización en Estructuras, carecen de programas computacionales adicionales y optimizados para el cálculo y diseño de cimentaciones superficiales aplicadas a edificaciones. Ante la necesidad de actualizar conocimientos y explorar nuevas alternativas en el cálculo y diseño de cimentaciones mediante software, se considera fundamental proporcionar a los egresados de la especialidad de Estructuras una herramienta que permita verificar los cálculos tradicionales y sirva como apoyo en futuros proyectos.

MÉTODO: La metodología empleada incluye la recopilación de datos en campo, la realización de ensayos de laboratorio y la obtención de parámetros geotécnicos, que se utilizan posteriormente en el análisis de cimentaciones superficiales mediante software especializado.

CONCLUSIONES: El autor destaca que se logró implementar el programa SAFE para el análisis y diseño de cimentaciones superficiales en edificaciones, utilizando herramientas conceptuales y metodológicas, conocimientos previos y una correcta ejecución del software. Este avance contribuye a fortalecer la capacidad técnica de los futuros ingenieros civiles. Al comparar los resultados obtenidos mediante cálculos manuales tradicionales con los generados por el programa SAFE, se detecta un margen de error mínimo. Una de las principales ventajas del programa es su eficiencia al optimizar los cálculos de forma rápida y sin necesidad de repetir todo el proceso. Esto facilita la corrección de errores al ajustar los datos ingresados y permite garantizar que la cimentación diseñada sea óptima tanto en términos técnicos como económicos.



2.1.2. Antecedentes Nacionales

TÍTULO: Determinación y evaluación por zonas de los suelos para la construcción en el sector Paturpampa, ciudad de Huancavelica, provincia y región Huancavelica.

AUTORES: Aguilar Quispe Melina y Ore Flores Diana.

PAÍS: Huancavelica – Perú.

AÑO: 2015

OBJETIVO: Esta investigación tuvo como propósito determinar y evaluar los suelos del área de estudio para obtener las características físicas-mecánicas para la construcción de edificaciones en el sector Paturpampa.

MÉTODO: Los investigadores realizaron ensayos de laboratorio siguiendo las normas ASTM, utilizando tres muestras recolectadas estratégicamente en diferentes ubicaciones seleccionadas bajo criterio técnico. Como referencia principal, se empleó la norma E-050 para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo estudiado, lo que permitió posteriormente calcular su capacidad de carga.

CONCLUSIÓN: El autor concluye, que, a través de los ensayos de laboratorio realizados, fue posible identificar los tipos de suelo mediante la inspección de calicatas y pruebas estándar y especiales en laboratorio. Los resultados detallados indican que, de las ocho áreas analizadas, las zonas W7 y W8 presentan suelos con una consolidación muy compacta, conforme a la norma E-050, y un esfuerzo cortante de 3.05 kg/cm². Las áreas W1, W2 y W4 exhiben una consolidación compacta con un esfuerzo cortante de 1.45 kg/cm², mientras que las zonas W3, W5 y W6 muestran una consolidación medianamente compacta con un esfuerzo cortante de 0.95 kg/cm².



TÍTULO: Alternativas de cimentaciones superficiales para edificaciones cimentadas en un terreno con asentamiento diferencial.

AUTORES: Filder Antonio Morales Curo

PAÍS: Huancayo – Perú.

AÑO: 2018

OBJETIVO: El propósito de esta investigación es analizar y proponer alternativas de diseño para cimentaciones superficiales, tales como zapatas aisladas, combinadas y conectadas, destinadas a suelos arcillosos propensos a grandes deformaciones.

MÉTODO: El investigador llevó a cabo una revisión bibliográfica de los métodos de estimación basados en resistencia y deformación. Asimismo, realizó cálculos en gabinete para identificar la alternativa óptima tanto en diseño como en costos. Como referencia, se tomó el Pabellón Administrativo y de Gobierno de la Universidad Nacional del Centro del Perú, cuyos cimientos han sido afectados debido a una inadecuada elección de la subestructura de cimentación.

CONCLUSIÓN: El autor concluye que la mejor alternativa de cimentación superficial frente a los asentamientos diferenciales en el proyecto consiste en el uso de zapatas concéntricas y combinadas, conectadas mediante vigas de conexión con dimensiones de 0.60 m x 1.20 m. Esta solución se considera la más económica en comparación con otras tres alternativas planteadas en el estudio (Curo, 2018).

2.1.3. Antecedentes Regionales o Locales

TÍTULO: Evaluación de cimentaciones sobre rellenos no controlados en la zona Nor – Oeste de la ciudad de Juliaca.



AUTORES: Raúl Pelinco Astete.

PAÍS: Juliaca – Perú.

AÑO: 2017

OBJETIVO: El objetivo de esta tesis fue analizar las causas que originaron fallas estructurales debido al mal funcionamiento de la cimentación, para lo cual el investigador examinó las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo de fundación.

MÉTODO: La investigación adoptó un enfoque cuantitativo de nivel explicativo. El investigador realizó los ensayos de laboratorio pertinentes conforme a las normas establecidas, además de evaluar in situ las viviendas afectadas y elaborar una propuesta técnica de solución.

CONCLUSIÓN: En conclusión, según los hallazgos de esta tesis, las viviendas de la urbanización residencial Los Ángeles de Miraflores en Juliaca, Perú, fueron construidas sobre terrenos planos, característicos de la ciudad. Debido a la falta de drenaje adecuado durante las épocas de lluvias intensas, las aguas pluviales se estancan en las zonas llanas, lo que provoca un aumento en la humedad del suelo, afectando negativamente el funcionamiento de las viviendas. Por otro lado, los estudios de suelo revelaron que la capacidad portante del terreno es baja (entre 0.13 y 0.49 kg/cm²) (Astete., 2017).

TÍTULO: Análisis geotécnico de cimentaciones en suelo blando para infraestructura del servicio de seguridad ciudadana de la ciudad de Huancané – Puno – 2020

AUTORES: Pilcomamani Atencio, Darwin

PAÍS: Puno – Perú.



AÑO: 2021

OBJETIVO: El propósito de esta investigación fue evaluar si el análisis geotécnico de las cimentaciones en suelos blandos influye en el diseño estructural del edificio destinado al servicio de seguridad ciudadana en la ciudad de Huancané.

MÉTODO: El investigador llevó a cabo pruebas de mecánica de suelos, comenzando con la obtención de muestras inalteradas y alteradas de las zonas de exploración mediante la excavación manual de calicatas. Se realizaron ensayos de corte directo según la norma ASTM D3080, y pruebas de consolidación unidimensional siguiendo la norma ASTM D2435. (Pilcomamani Atencio, 2021).

CONCLUSIÓN: El autor concluye que, con base en el análisis de la información y los resultados obtenidos de los estudios técnicos sobre el diseño de cimentaciones para el proyecto del Servicio de Seguridad Ciudadana en Huancané, se recopiló información relevante sobre las condiciones del suelo en la zona de construcción. A partir de los cálculos y análisis geotécnicos realizados, se concluye lo siguiente:

Las zapatas se encuentran sobre un relleno cuasi-compactado, realizado de acuerdo con los niveles especificados para el proyecto. Esto permitió un diseño geotécnico centrado en la resistencia y deformabilidad, lo que afectará la redistribución de esfuerzos debido a los asentamientos previstos.

En resumen, el diseño geotécnico tiene una influencia notable en el diseño estructural de los elementos de la infraestructura destinada a la seguridad ciudadana en Huancané.

2.2. Bases Teóricas

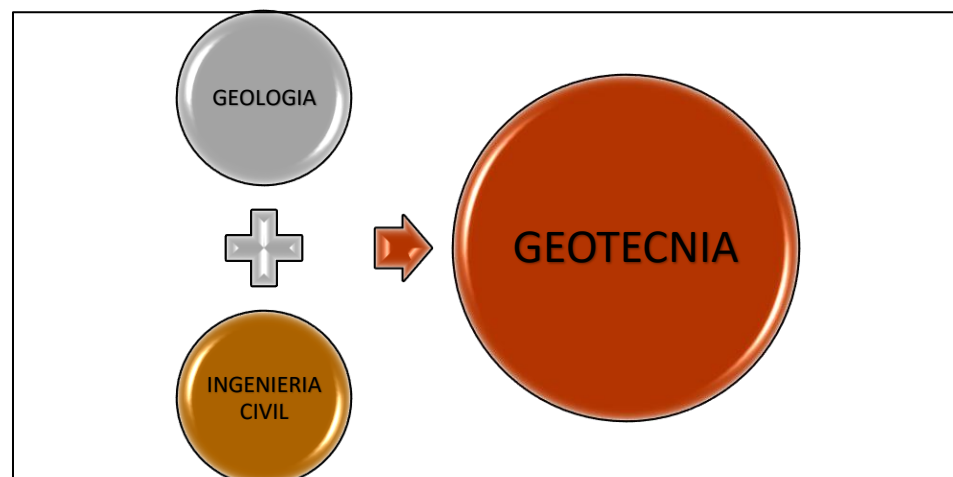
2.2.1. Ingeniería Geotécnica

La ingeniería geotécnica es el área de la ingeniería civil que se ocupa de la mecánica de los suelos y las rocas. Al analizar las propiedades de estos materiales, los ingenieros geotécnicos son capaces de diseñar una variedad de estructuras, desde carreteras, muros de contención, presas, puentes, cimentaciones y entre otras estructuras apoyadas sobre el suelo.

Desde un enfoque científico, la ingeniería geotécnica se centra principalmente en determinar las propiedades de resistencia y deformación del suelo. Materiales como la arcilla, el limo, la arena y la roca juegan un papel clave en este campo. La ingeniería geotécnica abarca áreas especializadas como la mecánica de suelos y rocas, la geofísica, la hidrogeología y otras disciplinas relacionadas, como la geología. Tanto la ingeniería geotécnica como la geología son subespecialidades dentro de la ingeniería civil. (Noruego, 2024)

Figura 1

Disciplinas que integran la Ingeniería Geotécnica.



Nota. Esta ilustración no pretende ser un listado exhaustivo de las ramas de ninguna de las profesiones mencionadas.



2.2.2. *Mecánica de Suelos*

La mecánica de suelos es una rama de la ingeniería civil que se enfoca en el estudio del suelo, su comportamiento y su uso como material de construcción.

Esta disciplina aplica principios de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería relacionados con sedimentos y otras acumulaciones de partículas no consolidadas, formadas por la desintegración mecánica y química de las rocas, ya sea que contengan o no componentes orgánicos.

El suelo se compone de una mezcla multifásica de partículas sólidas, agua y aire. Esta combinación le otorga propiedades de ingeniería distintivas, y para describir su comportamiento mecánico se deben aplicar algunos de los principios más fundamentales de la mecánica y la hidráulica.






Los ingenieros se enfocan en las propiedades mecánicas del suelo, tales como su permeabilidad, rigidez y resistencia. Estas propiedades dependen principalmente de la naturaleza de los granos del suelo, el esfuerzo aplicado, el contenido de agua y el peso unitario.

2.2.3. *Suelo y Roca*

Suelo: Los suelos se forman a partir de materiales que han resultado de la desintegración de rocas por diversos procesos de meteorización física y química, estas pueden estar en contacto con materia orgánica, como también no. (ASTM D653, 2012)

Figura 2

Gradación de los diferentes suelos

	<p>Canto rodado</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Partículas de roca duras, redondeadas a angulosas, de diámetro medio inferior a 300 mm, pero retenidas en un tamiz de 80 mm.
	<p>Grava</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Partículas con un tamaño mayor a 2 mm. Tienen alta capacidad de drenaje y baja cohesión.
	<p>Arena</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Partículas con un tamaño entre 0.075 mm y 2 mm. Su capacidad de drenaje es alta, y tienen baja cohesión.
	<p>Limo</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Partículas con un tamaño entre 0.002 mm y 0.075 mm. Tienen baja cohesión y pueden presentar características similares a las arcillas en términos de retención de agua.
	<p>Arcilla</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Partículas con un tamaño menor a 0.002 mm. Tienen alta plasticidad, cohesión y capacidad de retención de agua.

Nota. Granulometría de los suelos extraída de: (Badillo & Rodríguez, 1982)

Figura 3

Clasificación de rocas sobre la superficie terrestre



Ígneas	Metamórficas	Sedimentarias
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se originan por el enfriamiento del magma. ✓ Constituyen el 95% de la parte superior de la corteza terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se crean a partir de la transformación de otras rocas debido a la exposición a altas temperaturas y/o presión. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se forman a partir de sedimentos. ✓ Su formación involucra procesos físicos y químicos.

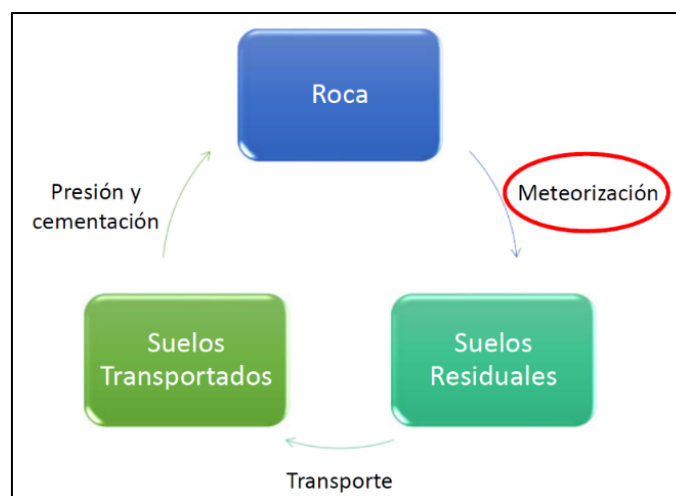
Nota. Descripción básica de las rocas.

Las rocas son conjuntos naturales de minerales que se consolidan, cementan o unen entre sí para formar un material de mayor resistencia que el suelo. Las rocas están compuestas por el material rocoso que se encuentra entre las discontinuidades y la masa rocosa, que es la roca completa junto con las discontinuidades y el perfil de meteorización. Las discontinuidades dominan el comportamiento de la roca en términos de ingeniería. (Norbury, 2016)

2.2.4. Origen de los Suelos

Figura 4

Proceso de formación geológica de los suelos



Nota. Gráfico de proceso de formación de suelos más frecuentes.

Procesos mecánicos (meteorización física) Originados por agentes como:

- ✓ Agua: En movimiento genera erosión.
- ✓ Viento: Transporta partículas.
- ✓ Sol: Variación de temperatura
- ✓ Glaciales: Acción abrasiva y transporte.

Los procesos mecánicos generalmente forman las gravas y las arenas (suelos gruesos)

Procesos químicos (meteorización química) originados por agentes como:

- ✓ Oxidación: Proceso de reacción con el oxígeno.
- ✓ Reducción: Involucra la adición de hidrógeno o la eliminación de oxígeno.
- ✓ Hidratación: Consiste en la incorporación de agua.
- ✓ Carbonatación: Ocurre cuando se satura con dióxido de carbono.

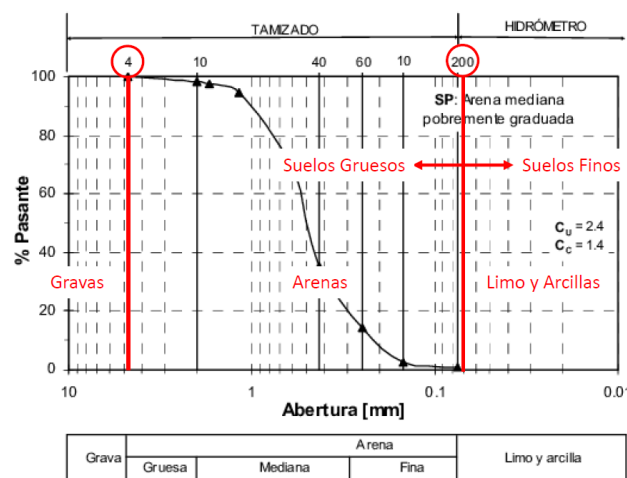
2.2.5. Propiedades Físicas de los Suelos.

2.2.5.1. Granulometría y clasificación de los suelos.

El análisis granulométrico es el procedimiento mediante el cual se clasifica un agregado en fracciones formadas por partículas que tienen tamaños dentro de ciertos rangos establecidos.

Figura 5

Gradación y límites según mallas de los distintos tipos de suelos



Nota. Representación y división gráfica de los suelos finos y gruesos.

Existen diversos métodos para clasificar las partículas del suelo según su tamaño. En este caso, se abordará únicamente el sistema SUCS, tal como se presenta en la Tabla 2. De acuerdo con la norma ASTM D2487 (2012), las partículas cuyo diámetro excede las 3 pulgadas (75 mm) se consideran fragmentos de roca. Las partículas de menor tamaño se denominan tierra y se agrupan según su capacidad para pasar a través de tamices de diferentes tamaños.

Tabla 2*Clasificación de partículas de acuerdo a ASTM D2487*

Tamaño del tamiz		Diámetro de la partícula		Clasificación de suelo	Fragmento de Roca
Pasa	Retenido en	(in)	(mm)		
	12 in	>12	>350	Roca	Fragmento de Roca
12 in	3 in	3-12	75-350	Gujarro	
3 in	¾ in	0.75-3	19-75	Grava gruesa	Suelo
¾ in	#4	0.19-0.75	4.75-19	Grava fina	
#4	#10	0.079-0.19	2.00-4.75	Arena gruesa	
#10	#40	0.016-0.079	0.425-2.00	arena mediana	
#40	#200	0.0029-0.016	0.075-0.425	arena fina	
#200		<0.0029	<0.075	Finos (Limos+Arcillas)	

Nota. Extraído de la norma ASTM D2487.

2.2.5.2. Límites de consistencia.

La consistencia es una característica de un material que se refleja en su resistencia a fluir. En el caso de los suelos, hace referencia a la resistencia que ofrece frente a las fuerzas que intentan deformar o romper su estructura; en otras palabras, indica cuán fácilmente puede deformarse el suelo. Además, la consistencia puede verse como el nivel de firmeza del suelo, y con frecuencia está vinculada a su resistencia. Este concepto es



especialmente relevante para los suelos finos y suele estar relacionado con su contenido de agua (Venkatramaiah, 2006).

2.2.5.2.1. Los límites de Atterberg.

En 1911, Alberth Atterberg (1846-1916), un edafólogo sueco, distinguió formalmente los siguientes estados de consistencia: líquido, plástico, semisólido y sólido. Los contenidos de agua en los que el suelo pasa de uno de estos estados al siguiente se han designado arbitrariamente como «límites de consistencia»: límite líquido, límite plástico y límite de contracción, en ese orden. Estos se denominan «límites de Atterberg» en honor al creador del concepto (Berry & Reid, 1993).

2.2.5.2.2. Límite líquido.

El 'límite líquido' (LL o W_L) se refiere al contenido de agua en el que el suelo está a punto de transitar del estado plástico al estado líquido. En este punto, el suelo tiene una baja resistencia al corte y pierde la capacidad de comportarse como un sólido, comenzando a fluir como un líquido. Es decir, el límite líquido es el contenido de humedad mínimo en el que el suelo fluye como un líquido.

2.2.5.2.3. Límite plástico.

El 'límite plástico' (LP o W_P) marca el contenido de agua en el que el suelo pasa del estado plástico al estado semisólido. En este estado, el suelo muestra grietas visibles al ser trabajado, lo que indica que, al cambiar de forma, se desmorona.

2.2.5.2.4. Consistencias basadas en los límites de Atterberg.

Los límites de consistencia o límites de consistencia sirven como base principal para clasificar suelos cohesivos. El índice de plasticidad, que

indica el rango de contenido de agua dentro del cual el suelo mantiene su plasticidad, es el índice más relevante (Sowers, 1972).

Figura 6

Límites de consistencia establecidos por Atterberg

LIMITES DE ATTERBERG

	ESTADO	ASPECTO Y COMPORTAMIENTO	LIMITE SEGUN CONTENIDO DE AGUA
	LIQUIDO	SOPA ESPESA, LIQUIDO VISCOSO	Limite Líquido (LL)
	PLASTICO	PASTA DENTAL, MANTECA BLANDA SE DEFORMA SIN AGRIETARSE	
	SEMISOLIDO	QUESO, CARAMELO BLANDO SE DEFORMA PERO SE AGRIETA	Limite de Retracción (LR)
	SOLIDO	CARAMELO DURO, GALLETAS SE RESQUEBRAJA AL DEFORMARSE	

Nota. Recuperado de Mecánica de Suelos (Sowers, 1972).

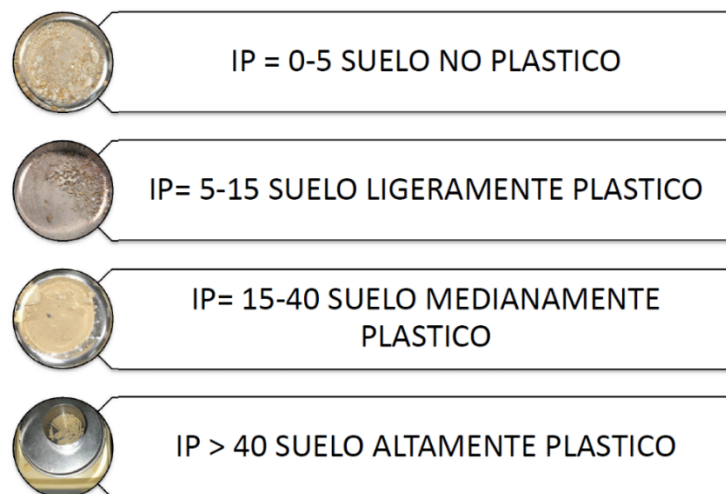
2.2.5.2.5. Índice de plasticidad (IP).

Es la diferencia entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP) de un suelo (ASTM D4318, 2000).

$$IP = LL - LP \tag{1}$$

Figura 7

Índice de plasticidad.



Nota. Valoración numérica y descripción en cada etapa.

2.2.6. Consolidación de Suelos

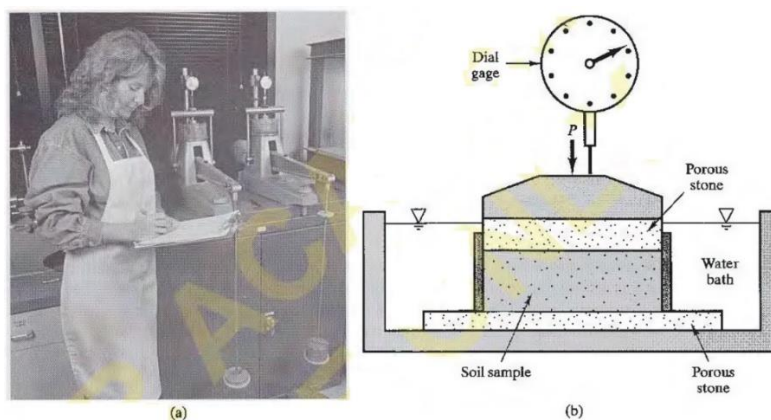
Cuando los suelos de grano fino se someten a cambios de carga debidos a la construcción, se deforman de una forma diferente a la de los materiales de grano grueso. Su deformación tiene lugar no sólo en el momento de la aplicación de la carga, sino que continúa durante periodos de tiempo muy prolongados que pueden durar varios años. El asentamiento a largo plazo de las capas de suelo de grano fino se controla principalmente mediante la consolidación, un proceso físico en el que el agua intersticial que se encuentra bajo una presión excesiva se disipa lentamente a través de la matriz comprimible de las partículas del suelo.

2.2.7. Ensayo de Consolidación (Edómetro)

El ensayo de consolidación (edómetro) se utiliza para determinar el índice de compresión C_c , el índice de expansión C_s y la presión de preconsolidación σ'_p , que definen la compresibilidad del suelo; el coeficiente de consolidación C_v que caracteriza la tasa de compresión primaria; y el coeficiente de compresión secundario C_α , que define las propiedades de fluencia. Presentamos únicamente el ensayo de consolidación convencional (ASTM 2435).

Figura 8

Ensayo de consolidación unidimensional (edometro)



Nota. a) Ejecución de ensayos de consolidación en el laboratorio. Ambos consolidómetros emplean los pesos en primer plano para aplicar carga sobre las muestras; b) vista en corte de un consolidómetro.. Recuperado: **(Bowles, 1981)**

2.2.7.1. Procedimiento de prueba

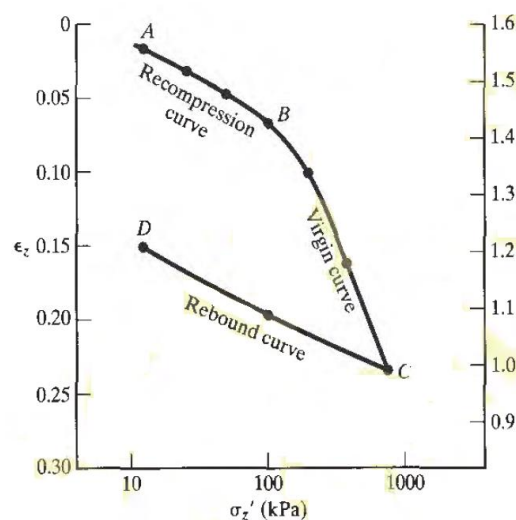
La muestra de suelo, de forma cilíndrica y orientación vertical, se posiciona en el consolidómetro y se rodea con un anillo de latón o acero inoxidable. Este anillo tiene la función de mantener el esfuerzo horizontal en cero, permitiendo que la consolidación ocurra únicamente en una dirección. Para garantizar el paso libre del agua y soportar las cargas aplicadas, se colocan piedras porosas sobre y bajo la muestra. Estas piedras combinan suficiente resistencia mecánica con la porosidad necesaria para facilitar el drenaje. (Sowers, 1972)

2.2.7.2. Resultados de la prueba de consolidación

El informe del ensayo de consolidación presenta la curva $\log \sigma' - e$, el índice de expansión C_s , el índice de compresión C_c la presión de preconsolidación σ'_p y la variación del coeficiente de consolidación C_v versus el esfuerzo efectivo σ' .

Figura 9

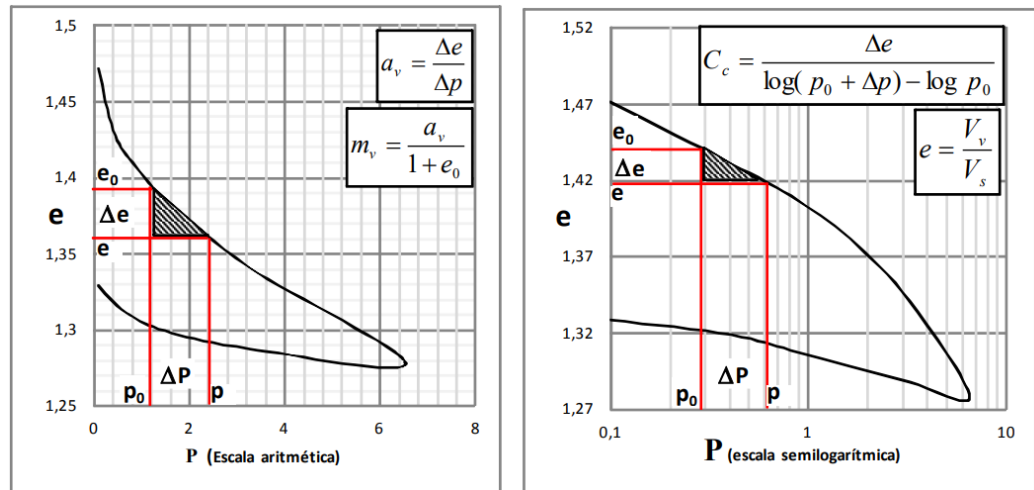
Curva obtenida de datos de relación de vacíos vs esfuerzo efectivo



Nota. La curva AB se denomina curva de recompresión, BC es conocida como la curva virgen, y CD corresponde a la curva de descarga. Recuperado de: (Berry & Reid, 1993)

Figura 10

Curva de compresibilidad en diferentes escalas en base al esfuerzo efectivo (σ')



Nota. A partir de estas gráficas se determinan coeficientes (magnitudes adimensionales) y módulos (magnitudes dimensionales), entre los cuales se incluyen: a_v =Coeficiente de compresibilidad, m_v =Coeficiente de compresibilidad volumétrica, C_c =Índice de compresión y C_v =Coeficiente de consolidación Recuperado: **(Escobar, 2002)**

2.2.7.3. Determinación de la Presión o esfuerzo de Preconsolidación

Existen principalmente dos formas de determinar la presión o esfuerzo de preconsolidación (σ'_p), que es el mayor esfuerzo efectivo que sufre el suelo. Ambos métodos detectan σ'_p a partir de la curva $e - \log \sigma'$.

Método A (Casagrande. 1936; y ASTM 2435)

- Elija el punto de mínima curvatura en la curva de consolidación (punto A en la Figura 11).
- Dibujar la línea horizontal AB desde el punto A.
- Dibujar la recta AC tangente a la curva en el punto A.
- Dibuja la línea AD de forma que los ángulos BAD y DAC sean iguales.

- Extienda la porción recta EF de la curva de compresión virgen como se muestra en la Figura 11.
- El esfuerzo de preconsolidación σ_p' es el punto de intersección M entre EF y AD.

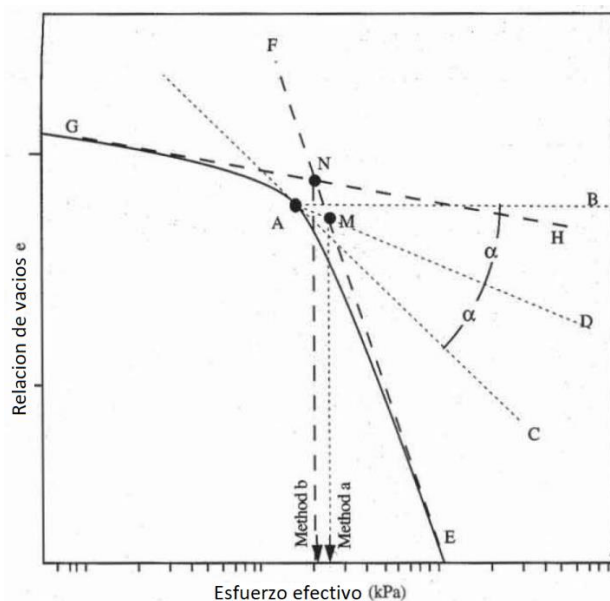
Método B

- Extienda la porción recta EF de la curva de compresión virgen como se muestra en la Figura 11.
- Extienda la porción recta GH de la curva de compresión como se muestra en la Figura 11.
- El esfuerzo de preconsolidación σ_p' es el punto de intersección N entre EF y GH.

Como se muestra en la Figura 11., los métodos a y b predicen una presión o esfuerzo de preconsolidación ligeramente diferente. Dan resultados similares a efectos prácticos.

Figura 11

Determinación de la presión de preconsolidación con los métodos a y b



Nota: Método de Casagrande; Recuperado de (Bowles, 1981)

2.2.7.4. Determinación del coeficiente de consolidación

El coeficiente de consolidación es fundamental para estimar la velocidad a la que se produce la consolidación en un estrato de suelo. Para ello, es necesario determinar los valores del grado de consolidación ($U\%$) y del factor tiempo (T_v). Mediante la siguiente ecuación, es posible aproximar el factor tiempo correspondiente a diferentes grados de consolidación (Leoni, 2014)

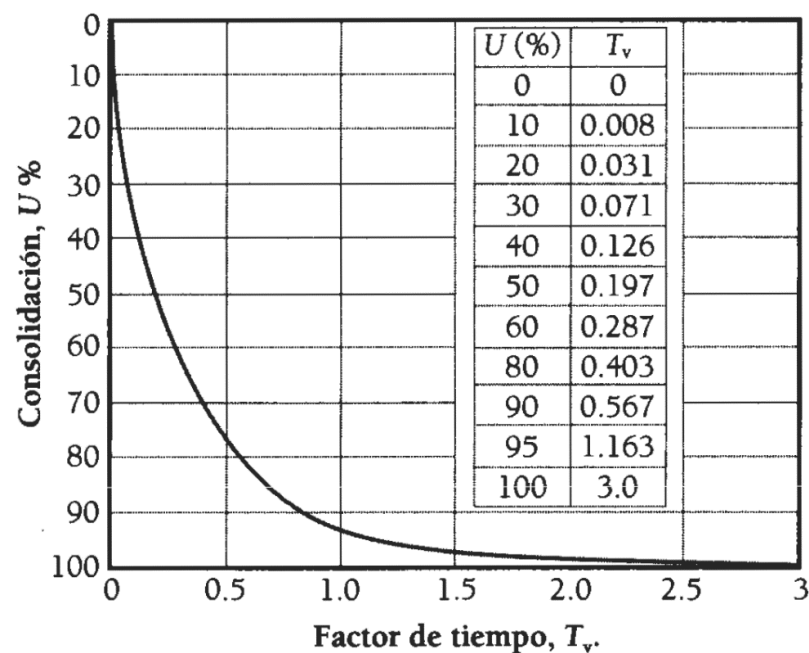
$$T_v = \left(\frac{U^{6.2}}{1.8 (1 - U^{6.2})} \right)^{1/3} \quad (2)$$

De manera similar, es posible determinar el grado de consolidación (U) a partir del factor tiempo (T_v).

$$U = \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2 \cdot T_v^3}} \right)^{1/6} \cdot 100$$

Figura 12

Curva de grado de consolidación versus factor tiempo



Nota: Valores típicos de factor tiempo. Recuperado (Coduto, 1999)

El coeficiente de consolidación C_v se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$C_v = \frac{K}{m_v \cdot \gamma_w} \quad (3)$$

Donde:

$$m_v = \frac{\Delta e}{(1 + e_0) \cdot \Delta p} \quad (4)$$

El coeficiente de consolidación, C_v , puede ser calculado en función de los datos obtenidos en laboratorio con la siguiente expresión:

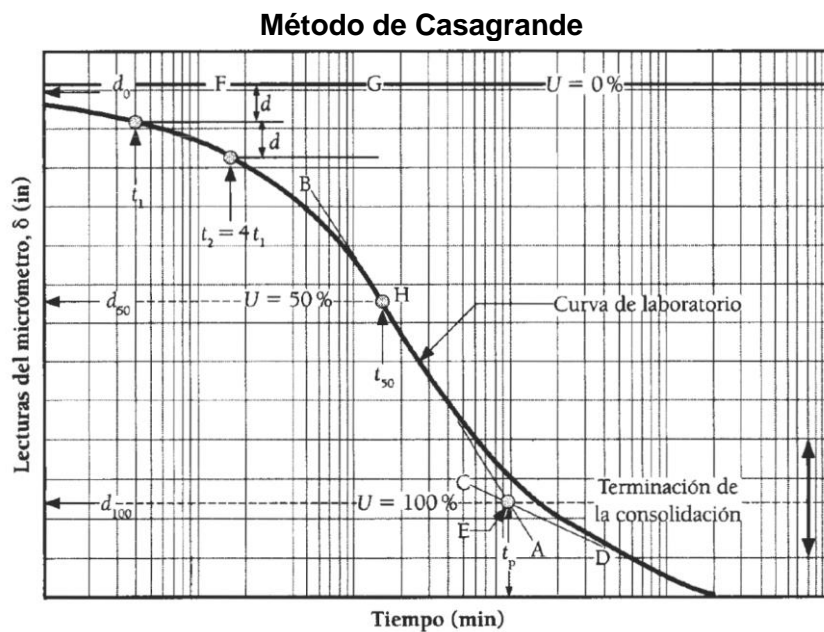
$$C_v = \frac{H^2 \cdot T_v}{t} \quad (5)$$

Hay dos métodos de laboratorio que son de uso común para la determinación del Coeficiente de consolidación estos son:

1. Método de ajuste del logaritmo de tiempo de Casagrande.
2. Método de ajuste de la raíz cuadrada de Taylor del tiempo.

Figura 13

Método de ajuste de logaritmo de tiempo (Casagrande)



Nota. Este método fue propuesto por Casagrande y Fadum (1940).



Procedimiento de ajuste de logaritmo de tiempo:

Dibujar la curva (δ -Log T)

Identifique y trace el tramo recto **AB** (correspondiente a la consolidación primaria).

Ubique la compresión secundaria **CD** y determine con precisión el punto de intersección **E**, el cual representa el 100% de la consolidación.

Selección de puntos t_1 y t_2

Elija dos puntos en la curva inicial de forma que $t_2=4 \cdot t_1$

Calcule la diferencia de ordenadas entre estos puntos, denominada d.

Dibujar la línea FG:

Trace la línea **FG** a una distancia d por debajo del punto t_1

Obtenga la ordenada d_0 , que corresponde al 0% de consolidación.

Determinar el punto F:

Identifique el punto **F**, correspondiente al 50% de consolidación, asociado con una deformación d_{50} .

Calcular el coeficiente de consolidación (C_v):

Utilice la fórmula: $C_v = \frac{0.197 \cdot H^2}{t_{50}}$ para un $U=50\%$ $T_v=0.197$

2.2.8. Asentamientos de Suelos

El asentamiento se define como la deformación vertical o la disminución del volumen de una masa de suelo saturado bajo carga externa (obras civiles), lo que generalmente se conoce como asentamiento por consolidación (δc). Las arcillas y los suelos orgánicos son altamente propensos al asentamiento por consolidación. El asentamiento por consolidación se compone de consolidación primaria (debido a la eliminación de agua intersticial) y la consolidación secundaria (debido al reordenamiento de las partículas).

2.2.9. Tipos de Asentamiento—Basados en el Modo de Ocurrencia.

Asentamiento inmediato o asentamiento elástico (δ_e)

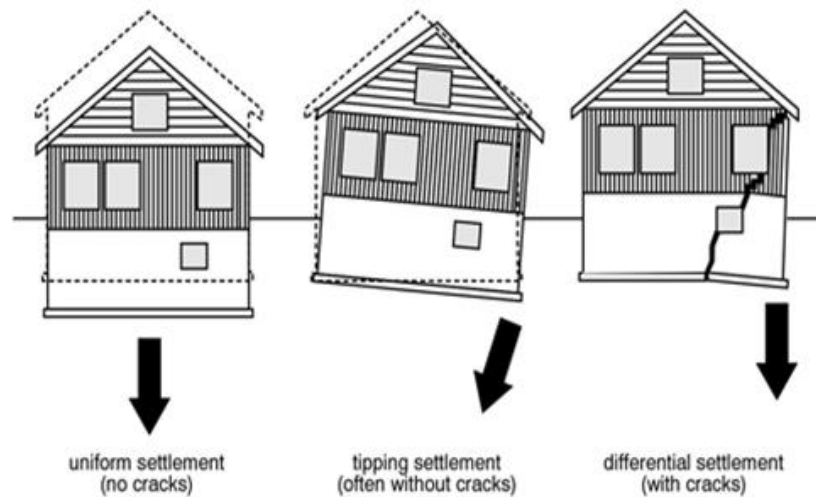
Asentamiento primario o asentamiento por consolidación (δ_c)

Asentamiento secundario o asentamiento progresivo (δ_s)

El asentamiento elástico ocurre en todo el periodo de construcción, los asentamientos por consolidación ocurren a largo plazo debido al cambio de humedad en la estructura interna del suelo.

Figura 14

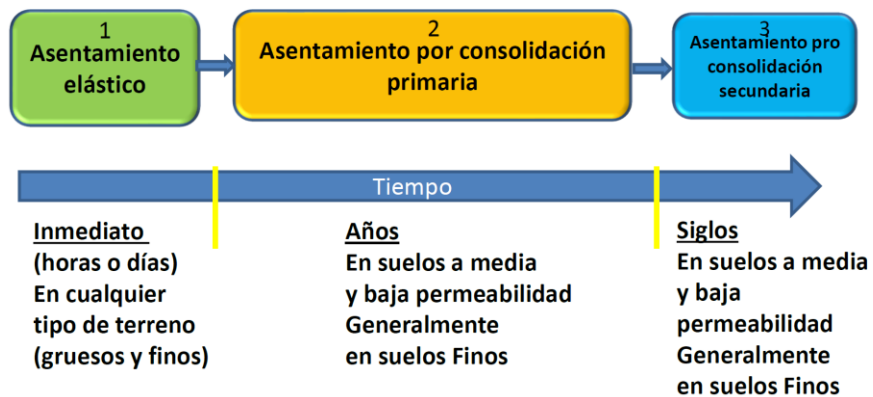
Asentamientos a lo largo del tiempo



Nota. Recuperado idealización consolidación de suelos (Borselli, Geotecnia Aplicada, 2019)

Figura 15

Tipos de asentamientos en el tiempo



Nota. Recuperado consolidación de suelos (Borselli, 2019)

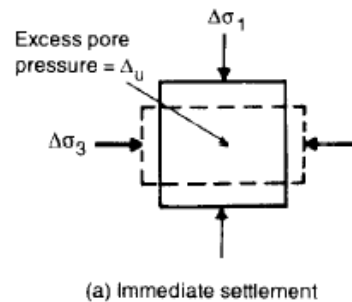
La consolidación primaria es el componente principal y puede ser estimada razonablemente utilizando parámetros de consolidación.

2.2.10. Asentamiento Elástico

Ocurre inmediatamente después de que se aplica la carga. Es el asentamiento rápido que resulta de la deformación elástica del suelo. (Sowers, 1972)

Figura 16

Idealización de fuerzas que actúan en una masa de suelo



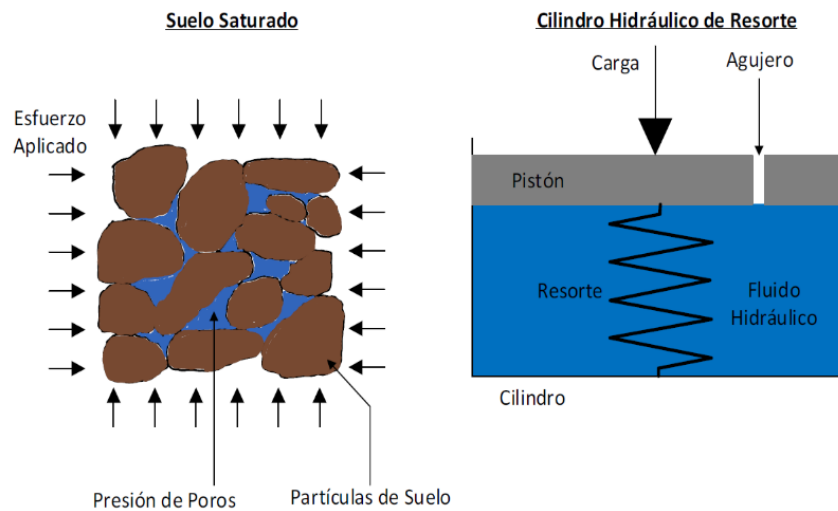
Nota. La disipación del exceso de presión de poro (aire) provoca un asentamiento inmediato. (Bowles, 1981)

2.2.11. Asentamiento por Consolidación Primaria

La consolidación primaria es un proceso que ocurre progresivamente con el tiempo tras la aplicación de una carga inicial. La duración de este fenómeno está directamente relacionada con la velocidad a la que el agua es expulsada del suelo, lo cual depende principalmente de su permeabilidad. Este comportamiento puede ilustrarse mediante la analogía de un cilindro hidráulico con resorte (Leoni, 2014).

Figura 17

Analogía del fenómeno de consolidación



Nota. Esfuerzos actuantes en una masa de suelo saturado y su idealización teórica.

Tabla 3

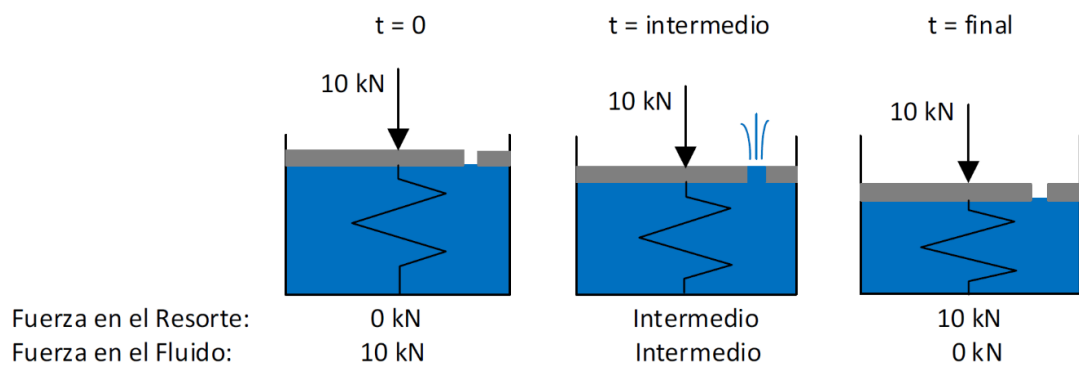
Analogía de los componentes

Suelo Saturado	Cilindro Hidráulico de Resorte
Esfuerzo Aplicado	Solicitud externa
Partículas de Suelo	Resorte
Presión de Poros	Presión del Fluido Hidráulico
Permeabilidad del Suelo	Orificio en el Pistón

Nota. Descripción de la idealización teórica.

Figura 18

Analogía de transferencia de solicitaciones externas a componentes



Nota. Cambios de idealización en diferentes periodos.

El objetivo de esta analogía es ilustrar cómo la sollicitación externa se transfiere del agua contenida en los poros al esqueleto del suelo a medida que el agua se drena.

En suelos con alta permeabilidad, como arenas limpias o gravas, el drenaje ocurre rápidamente, lo que en la analogía corresponde a un pistón con un orificio de gran tamaño. Por otro lado, en suelos de baja permeabilidad, como las arcillas, el drenaje es mucho más lento, equivalente a un pistón con un orificio muy pequeño. (Coduto, 1999)

2.2.12. Cálculo del Asentamiento por Consolidación Primaria

Suelos normalmente consolidados ($OCR = 1$)

$$Sc(p) = \frac{CcHc}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'_{prom}}{\sigma'_0} \quad (6)$$

Suelos Pre-Consolidados ($\sigma'_0 + \Delta\sigma'_{prom} < \Delta\sigma'$)

$$Sc(p) = \frac{CsHc}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'_{prom}}{\sigma'_0} \quad (7)$$

Suelos Pre-consolidados ($\sigma'_0 < \sigma'_c < (\sigma'_0 + \Delta\sigma'_{prom})$)

$$Sc(p) = \frac{CsHc}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{CcHc}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'_{prom}}{\sigma'_0} \quad (8)$$

Donde:

σ'_0 = Esfuerzo efectivo promedio antes de la construcción.

$\Delta\sigma'_{prom}$ = Incremento promedio del esfuerzo efectivo debido a sollicitaciones externas.

σ'_c = Esfuerzo de pre consolidación

e_0 = Relación de vacíos inicial del estrato de arcilla

Cc = Índice de compresión

Cs = Índice de expansión

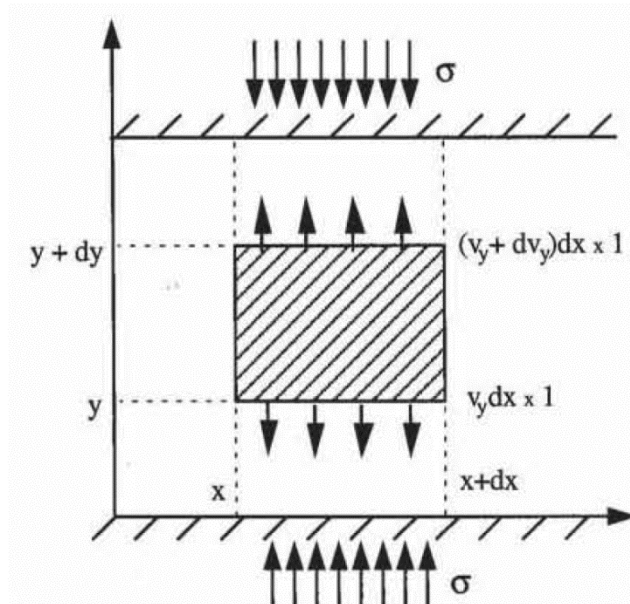
Hc = Espesor del estrato de arcilla.

2.2.13. Tasa de Consolidación.

La figura 19 muestra una capa de suelo que se está consolidando. La capa de suelo de espesor H está cargada por dos límites porosos que permiten el drenaje del agua. La capa de suelo es infinitamente ancha, por lo que la deformación del suelo y el flujo de agua se pueden suponer unidimensionales y en la dirección vertical.

Figura 19

Pequeño elemento de una capa de suelo en proceso de consolidación.



Nota. Representación gráfica de los esfuerzos actuantes en una masa de suelos. Recuperado: (Pierre, 1981)

Cuando el agua fluye solo en la dirección y, no hay velocidad de descarga en las direcciones x y z (es decir, $V_x = V_z = 0$). Si el flujo obedece la ley de Darcy, la velocidad de descarga V_y en la dirección y es

$$V_y = -k \frac{\partial h}{\partial y} \tag{9}$$

donde k es el coeficiente de permeabilidad, $h = \frac{u}{\gamma_w} + y$ altura total, u es la presión del agua o poros y γ_w el peso específico del agua. Para el elemento pequeño que se muestra en la figura 19, el volumen de agua entrante y saliente

durante un intervalo de tiempo unitario es $V_y dx x 1, y \left(V_y + \frac{\partial V_y}{\partial y} dy \right) dx x 1$, respectivamente. Por tanto, el volumen de agua V_w acumulado o perdido por el elemento por unidad de tiempo es

$$\begin{aligned} \frac{dV_w}{dt} &= \left(V_y + \frac{\partial V_y}{\partial y} dy \right) dx x 1 - V_y dx x 1 = \frac{\partial V_y}{\partial y} dy dx \\ &= -k \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} dx dy \end{aligned} \quad (10)$$

La presión del agua u puede definirse como la suma de la presión intersticial estática u_s y el exceso de presión intersticial u_e (es decir, $u = u_s + u_e$). La derivada de segundo orden de u_s es igual a 0 (es decir, $\frac{\partial^2 u_s}{\partial y^2} = 0$) porque u_s , varía linealmente con respecto a y . Eq, 10 se convierte en

$$\frac{dV_w}{dt} = \frac{k}{\gamma_w} \left(\frac{\partial^2 u_s}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_e}{\partial y^2} \right) dx dy = -\frac{k}{\gamma_w} \frac{\partial^2 u_e}{\partial y^2} dx dy \quad (11)$$

Si el suelo se comporta elásticamente, el cambio en la relación de vacíos resultante del cambio en el esfuerzo efectivo $d\sigma'$ es

$$\frac{de}{1 + e_0} = m_v d\sigma' \quad (12)$$

donde e_0 es la relación de vacíos inicial y m_v la compresibilidad del suelo. El cambio en la relación de vacíos está relacionado con el volumen inicial V_0 , el volumen sólido V_s y el volumen de vacíos V_v a través de

$$\frac{de}{1 + e_0} = \frac{d(V_v + V_s)}{V_0} = \frac{dV_v}{V_0} = \frac{dV_v}{dx x dy x 1} \quad (13)$$

donde las partículas del suelo se asumen incompresibles (es decir, $dV_s = 0$). El cambio en el volumen de vacíos dV_v por tiempo dt es

$$\frac{dV_v}{dt} = m_v \frac{\partial \sigma'}{\partial t} dx dy \quad (14)$$

Si el esfuerzo total σ es constante ("es decir, $\frac{\partial \sigma}{\partial t} = \frac{\partial \sigma'}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial t} = 0$), la derivada temporal del esfuerzo efectivo es

$$\frac{\partial \sigma'}{\partial t} = -\frac{\partial u_e}{\partial t} \quad (15)$$

porque u_s , es independiente del tiempo (es decir, $\frac{\partial u_s}{\partial t} = 0$). La ecuación 14 se convierte en:

$$\frac{d V_v}{dt} = -m_v \frac{\partial u_e}{\partial t} dx dy \quad (16)$$

Cuando el elemento suelo permanece totalmente saturado, el volumen de vacíos y de agua intersticial cambia a la misma velocidad:

$$\frac{d V_v}{dt} = \frac{d V_w}{dt} \quad (17)$$

Las ecuaciones 11,16 y 17 dan la ecuación de consolidación:

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial y^2} \quad (18)$$

Donde C_v es el coeficiente de consolidación:

$$C_v = \frac{k}{\gamma_w m_v} \quad \text{Tambien se puede expresar} \quad C_v = \frac{T_v \cdot H_d^2}{t} \quad (19)$$

C_v tiene la dimensión de $L^2 T^{-1}$ y sus unidades son generalmente $m^2/año$.

Los supuestos de la teoría de la consolidación se resumen como sigue:

- La capa de suelo es homogénea y está confinada lateralmente.
- El suelo está completamente saturado.
- Las partículas del suelo y el agua son incompresibles.
- El flujo de agua es unidimensional.
- La ley de Darcy describe el flujo de agua a través del suelo.
- El coeficiente de permeabilidad k permanece constante.
- La relación entre e y σ' es lineal durante un incremento de esfuerzo.

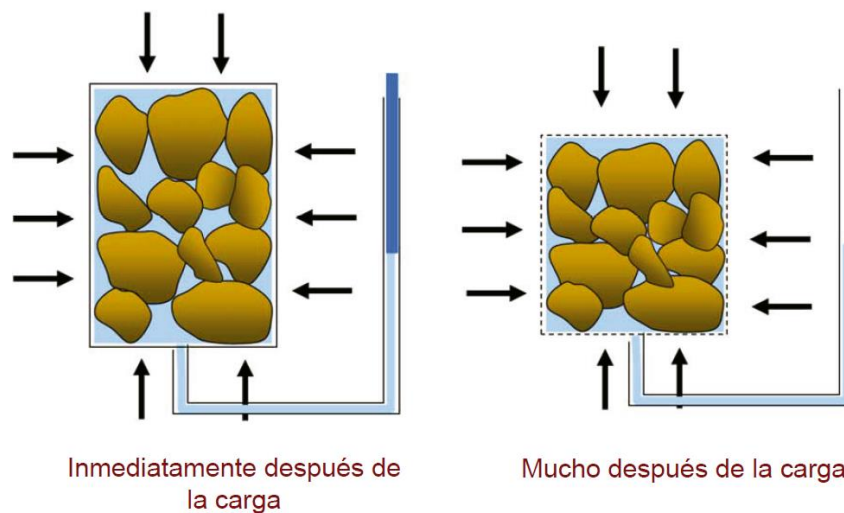
- El propio peso del suelo tiene efectos despreciables.

2.2.14. Consolidación Secundaria

Este fenómeno se observa en suelos saturados cohesivos y es el resultado de un reacomodo plástico en la estructura del suelo. No implica expulsión de agua (es decir, no hay variación en la presión de poros del agua, $\Delta u = 0$) y ocurre después de la consolidación primaria. (Coduto, 1999)

Figura 20

Disipación de la presión de poros



Nota. La consolidación secundaria ocurre una vez que la consolidación primaria ha finalizado. Es un proceso viscoso que implica la acomodación gradual de las partículas sólidas en el suelo. Recuperado: (Coduto, 1999).

2.2.15. Cimentación o Fundación Superficial

Las cimentaciones son elementos estructurales que transmiten las cargas de las columnas o de los muros al suelo subyacente debajo de la estructura. Las zapatas están diseñadas para transmitir estas cargas al suelo sin exceder su capacidad de carga segura, para evitar el asentamiento excesivo de la estructura hasta un límite tolerable, para minimizar el asentamiento diferencial y para evitar deslizamientos y/o vuelcos.



Las cimentaciones superficiales, también conocidas como someras, se definen generalmente como aquellas que se apoyan en estratos poco profundos capaces de soportar las cargas de la superestructura. De manera más formal, Terzaghi y Peck (1967) definieron que la relación entre la profundidad D_f y el ancho de la cimentación B es menor o igual a uno para las cimentaciones superficiales, y superior a uno para las cimentaciones profundas. (Terzaghi & Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, 1967)

Sin embargo, según Braja Das (2006), este criterio no es aplicable para cimentaciones extremadamente estrechas o muy anchas. En consecuencia, algunos investigadores han sugerido que D_f podría llegar a ser tan grande como $3B$ o $4B$ en estos casos.

Tabla 4
Tipos comunes de cimentaciones superficiales

Categoría	Tipos comunes	Comentarios
CIMENTACIONES SUPERFICIALES	Zapatas Aisladas	Es una cimentación que soporta una única columna. Se extiende en una sola dirección y puede ser cuadrada, rectangular o circular.
	Zapatas con vigas de cimentación	Son zapatas aisladas unidas con vigas de gran peralte esto a fin de reducir momentos flectores grandes y distorsiones angulares.
	Zapatas Continuas	Es una cimentación lineal que soporta una fila continua de columnas o paredes. Se extiende a lo largo de una línea o muro de carga.
	Zapatas combinadas	Es una cimentación que une dos o más zapatas aisladas cuando están demasiado cerca unas de



Categoría	Tipos comunes	Comentarios
		otras para ser tratadas por separado.
	Losa de Cimentación	También conocida como platea de cimentación, es una placa de concreto que cubre una gran área y distribuye las solicitaciones de la estructura sobre un área amplia de suelo.

Nota. Descripción general de cada tipo de cimentación superficial.

2.2.16. Diseño de Zapatas Aisladas

Cuando una columna transfiere únicamente cargas centradas, alineadas con el centro de la zapata, y cuando el área disponible en planta lo permite, es recomendable diseñar zapatas cuadradas. Estas zapatas proporcionan un comportamiento estructural óptimo y resultan ser más económicas.

El diseño de la cimentación requiere un análisis del suelo para determinar el tipo de cimentación más adecuado, así como un diseño estructural para definir las dimensiones de la zapata y la cantidad de refuerzo necesario.

Dado que la resistencia a la compresión del suelo suele ser considerablemente menor que la del hormigón, el área de contacto entre el suelo y la zapata debe ser mucho mayor que la de las columnas o los muros.

$$q = P/A \tag{20}$$

Dónde: q (Kgf/cm²) : Esfuerzo de contacto

P(Kgf) : Carga Axial aplicada.

A (cm²) : Área de cimentación.

2.2.17. Clasificación de Zapatas Aisladas Concéntricas

Las zapatas aisladas concéntricas se pueden clasificar según las fuerzas principales que actúan sobre ellas, y en función de esto, se identifican tres tipos para su diseño:

Zapatas aisladas concéntricas con carga axial únicamente.

Zapatas aisladas concéntricas con flexión uniaxial y biaxial

Diseño de Zapatas Medianeras

Las zapatas medianeras son aquellas que soportan una columna colocada de manera que uno de sus lados queda alineado con el borde de la zapata. Este tipo de cimentación es común en situaciones donde existen restricciones de espacio debido a la proximidad de edificaciones adyacentes.

Diseño de Zapatas Esquinas

En el caso de las zapatas esquineras, se debe considerar que la distribución de las presiones bajo la cimentación varía de manera lineal. Para abordar este tipo de diseño, se puede referir al análisis teórico propuesto por José Calavera (Calavera, 1991), quien indica que el modelo resulta muy complejo cuando la columna y la zapata no tienen forma cuadrada.

Figura 21

Tipos de zapatas aisladas concéntricas



Nota. Descripción grafica de diferentes tipos de zatas aisladas.



2.2.18. Dimensionamiento de Zapatas Aisladas Cuadradas.

Las fuerzas externas aplicadas a las zapatas deben transmitirse al suelo que las soporta, sin sobrepasar las presiones admisibles del suelo, es decir, conocidas las solicitaciones en servicio y la resistencia admisible del suelo, es posible determinar el área de zapata mínima necesaria para que el esfuerzo actuante en servicio contra el suelo no sea mayor a:

$$Q_{total} \leq Q_{adm}$$

$$Q_{total} = \frac{Q + W_f + W_s}{A_f} = Q_{adm} \tag{21}$$

$$A_f = \frac{Q_{adm}}{Q + W_f + W_s} \tag{22}$$

$$A = B \quad A = \text{Largo} \quad B = \text{Ancho} \quad \text{Entonces} \quad \therefore B = \sqrt{A_f}$$

$$Q_{total} = \frac{Q}{A_f} + \gamma_s(D_f - h) + \gamma_c \cdot h = Q_{adm} \tag{23}$$

$$A_f = \frac{Q}{Q_{adm} - \gamma_s(D_f - h) - \gamma_c \cdot h} \tag{24}$$

Donde:

Q= Solicitación de la columna

Wf= Peso propio de zapata

Ws= El peso del estrato de suelo

Df= Profundidad de desplante

h= Peralte de la zapata

γ_s = Peso unitario del suelo por encima de la fundación.

γ_c = Peso unitario del concreto armado

2.2.19. Asentamientos Permisibles

La mayoría de los suelos se comprimen bajo cargas considerables, lo que provoca asentamientos en la infraestructura, reduciendo su vida útil y afectando su funcionalidad estructural.



Estos asentamientos pueden ser significativos, generando grietas severas que, con el tiempo, pueden llevar al colapso de la estructura. A este tipo de patología se le denomina asentamiento perjudicial.

Por lo tanto, en el diseño de cimentaciones, deben cumplirse dos requisitos fundamentales:

1° El asentamiento final debe garantizar la vida útil de la estructura, evitando desplazamientos significativos.

2° Se deben evitar asentamientos diferenciales para prevenir distorsiones angulares considerables y, en el futuro, el posible colapso de la estructura.

Para controlar estos asentamientos, es crucial conocer los parámetros mecánicos de los estratos de suelo sobre los que se apoyará la estructura, asegurando que puedan resistir las cargas impuestas.

El asentamiento admisible de una estructura depende de varios factores, como el tipo de suelo, su permeabilidad, el tipo de cimentación y la cantidad de niveles, entre otros. El ingeniero proyectista debe tener en cuenta los asentamientos permisibles al dimensionar los cimientos, aunque en la práctica esto no siempre se considera adecuadamente.

La magnitud del asentamiento permisible varía según los factores mencionados previamente. Sin embargo, la experiencia y los casos en los que se han producido grandes asentamientos indican que pocos edificios de concreto armado pueden tolerar un asentamiento diferencial superior a 2 cm, lo que subraya la importancia de evaluar y controlar estos asentamientos en el dimensionamiento de las cimentaciones.

Tabla 5

Descripción de asentamientos tolerables en estructuras

Tipo de Movimiento	Factor limitativo	Asentamiento máximo
Asentamiento total	Drenaje	6-12 plg.
	Acceso	12-24 plg.
	Probabilidad de asentamiento no uniforme	
	Estructuras con muros de mampostería	1 ϕ plg.
	Estructuras reticulares	2-4 plg.
	Chimeneas, silos, placas	3-12 plg.
Inclinación o giro	Estabilidad frente al vuelco	Depende de la altura y el ancho
	Inclinación de chimeneas, torres	0.004 ℓ
	Rodadura de camiones, etc.	0.01 ℓ
	Almacenamiento de mercancías	0.01 ℓ
	Funcionamiento de máquinas-telares de algodón	0.003 ℓ
	Funcionamiento de máquinas-turbogeneradores	0.0002 ℓ
	Carriles de grúas	0.003 ℓ
	Drenaje de soleras	0.01-0.02 ℓ
	Asentamiento diferencial	Muros de ladrillo continuos y elevados
Factoría de una planta, fisuración de muros de ladrillo		0.001-0.002 ℓ
Fisuración de revocos (yeso)		0.001 ℓ
Pórticos de concreto armado		0.0025-0.004 ℓ
Pantallas de concreto armado		0.003 ℓ
Pórticos metálicos continuos		0.002 ℓ
Pórticos metálicos sencillos		0.005 ℓ

Nota. Según Sowers, 1962 l = La distancia entre columnas alineadas con asentamientos diferentes, o entre dos puntos cualesquiera con asentamientos diferenciales, varía según la naturaleza de los asentamientos. Los valores más altos corresponden a asentamientos homogéneos y estructuras más tolerantes, mientras que los valores más bajos se asocian a asentamientos irregulares y estructuras más sensibles o delicadas.

2.2.20. Asentamientos Diferenciales

El asentamiento diferencial se produce cuando una parte de los cimientos de una estructura se asienta más, o más rápido, que la otra. Si un borde de una estructura se mueve más que otro, la estructura se inclinará, como la Torre de Pisa. Esto se debe a las variaciones del suelo, que pueden provocar grietas en la estructura y, a menudo, un fallo catastrófico.

Sin embargo, el asentamiento diferencial no siempre debería provocar la acumulación de esfuerzos, por lo que no debería causar daños. Sin embargo, la inclinación causada por el asentamiento diferencial puede llegar a ser fácilmente inaceptable (en edificios con maquinaria sensible, por ejemplo) si la inclinación



es excesiva y, como resultado, puede producirse un movimiento diferencial. Este tipo de asentamiento se cita a menudo como método para juzgar el rendimiento de la ingeniería geotécnica, ya que evalúa la solidez de los cimientos.

2.3. Marco Conceptual

Asentamiento diferencial: Se refiere al movimiento desigual de los cimientos de una estructura debido a variaciones en las condiciones del suelo, la distribución de cargas o los materiales utilizados, generando grietas y otros problemas estructurales. (Curo, 2018)

Carga Admisible, q_{adm} : Es la carga máxima que una estructura o material puede soportar de manera segura sin comprometer su integridad o funcionalidad. Se calcula considerando las propiedades del material y las normas de seguridad:
 $q_{adm} = q_u / FS$. (Sowers, 1972)

Cimentación: Es la parte de una estructura que se apoya en el suelo y transfiere las cargas de la construcción al terreno, garantizando su estabilidad. Generalmente, se clasifica en cimentación superficial y cimentación profunda. (BRAJA DAS, 2006)

Cimentación Superficial: Transfiere las cargas a un estrato poco profundo. Es comúnmente utilizada por ser más económica y relativamente fácil de construir. (Berry & Reid, 1993)

Consolidación: Es el proceso mediante el cual el agua es expulsada de los espacios vacíos del suelo debido a solicitudes externas. (Leoni A. J., 2014)

Curva de Compresibilidad: Es un gráfico que muestra la relación entre la deformación de un suelo y la presión aplicada, indicando cómo se comprime el suelo bajo cargas. (Borselli, 2019)

Curva de consolidación: Es un gráfico que representa el comportamiento del suelo durante el proceso de consolidación, mostrando cómo cambia el volumen y



la presión del suelo a medida que se elimina el exceso de agua en sus poros bajo carga. (Badillo & Rodriguez, 1982)

Esfuerzo Efectivo(σ'): Es la componente de la carga que se transfiere a través de las partículas sólidas del suelo, excluyendo la presión de poros del agua. (Coduto, 1999)

Estudio De Mecánica De Suelos (EMS): Es el análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo para entender su comportamiento bajo cargas. (E050, 2018)

Gradación de suelos: La granulometría clasifica los diferentes tamaños y formas de las partículas sólidas del suelo en fracciones granulométricas, basándose en su diámetro. (ASTM D2487, 2012)

Índice de compresibilidad C_c : Es una medida que indica la capacidad del suelo para reducir su volumen bajo carga. (Leoni, 2014)

Límites de Consistencia: La consistencia del suelo se refiere a la resistencia del suelo a la deformación y ruptura, aplicable principalmente a suelos finos debido a su adherencia. (ASTM D4318, 2000)

Módulo Edométrico E_m : Es un parámetro que describe la rigidez de un suelo durante el proceso de consolidación en un ensayo edométrico. (Terzaghi & Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, 1967)

Nivel Freático: Es la superficie que separa la zona saturada de las rocas o suelos permeables. Si esta superficie está confinada por rocas impermeables, el nivel freático no se presenta. (E050, 2018)

Suelos normalmente Consolidados: Son aquellos suelos que no han experimentado presiones efectivas superiores a las actuales en su historia. (Borselli, 2014)



Suelos Preconsolidados: Son aquellos que han estado expuestos a presiones efectivas superiores a las actuales en algún momento de su historia. (Badillo & Rodriguez, 1982)

Permeabilidad de suelos: Es la capacidad de un suelo para permitir el paso de agua a través de él. (BRAJA DAS, 2006)

Profundidad de desplante: Es la profundidad a la que se debe ubicar la base de la cimentación para garantizar su estabilidad. (Murthy, 2007)

Zapata Aislada: Es la cimentación superficial más común para columnas de concreto armado debido a su simplicidad y costo económico. Se utilizan para soportar una sola columna. (Murthy, 2007)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la Investigación

El enfoque del presente trabajo de investigación es cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar la relación entre variables específicas. Permite medir y cuantificar el impacto de la consolidación de suelos en el dimensionamiento de zapatas aisladas.

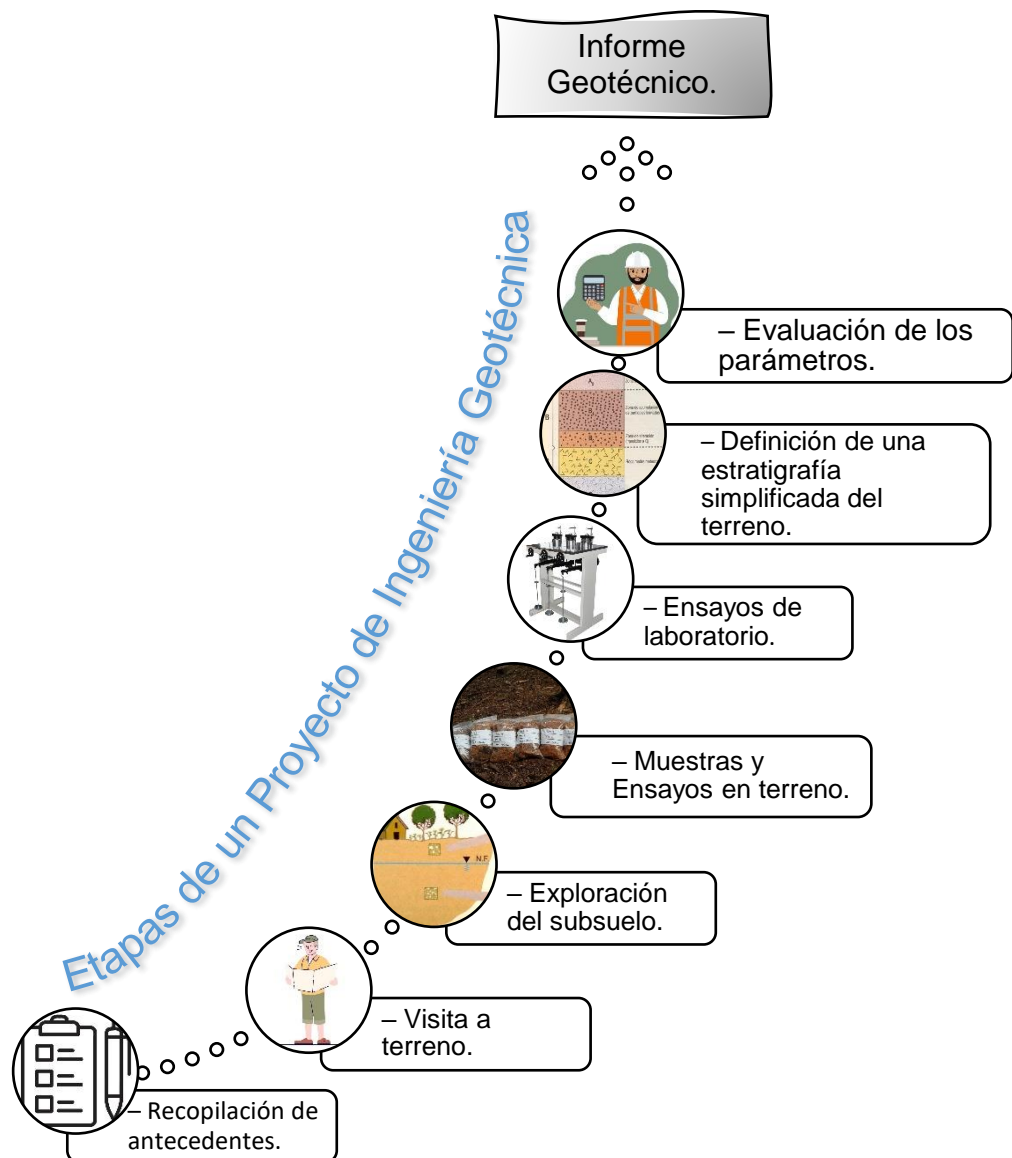
Recolección de muestras de suelo del centro poblado de Jallyhuaya y realización de ensayos de mecánica de suelos tales como peso específico, humedad, gravedad específica, límites de Atterberg y pruebas de consolidación unidimensional. Uso de modelos matemáticos y hojas de simulación para predecir el comportamiento de las zapatas aisladas con diferentes cargas para predecir asentamientos, tasa de consolidación del suelo y ancho de zapatas más eficientes según los resultados obtenidos.

3.2. Métodos Aplicados en la Investigación.

Para dimensionar el tamaño de una cimentación superficial en este caso específico zapatas aisladas se requiere principalmente evitar la rotura del material (suelo) y evitar grandes deformaciones, esto podemos controlarlo mediante modelos que se alimentan del informe geotécnico.

Figura 22

Etapas del informe geotécnico.



Nota: Descripción general del informe geotécnico.

3.3. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, según lo descrito por Sampieri (2014), ya que se enfoca en resolver problemas prácticos y convertir el conocimiento teórico en aplicaciones prácticas a través de la recopilación de datos. Esta investigación en el contexto de la consolidación de suelos, desarrollará



recomendaciones prácticas y soluciones para mejorar el diseño y el dimensionamiento de zapatas aisladas en función de los resultados de la investigación sobre consolidación de suelos. Esta investigación aplicará técnicas específicas adaptadas a las condiciones del suelo en Jallyhuaya para optimizar el dimensionamiento de cimentaciones (zapatas aisladas) en viviendas.

3.4. Nivel de Investigación

La investigación es de nivel explicativo busca entender las causas y efectos relacionados con el fenómeno de consolidación de suelos y su impacto en el dimensionamiento de zapatas aisladas.

Aplicación: Se estudiaría cómo los procesos de consolidación del suelo afectan la estabilidad de las zapatas aisladas en viviendas del área. Se analizarían las razones por las cuales ciertos dimensionamientos de cimentación son más efectivos que otras en función de las características específicas del suelo.

3.5. Diseño de la Investigación

Es de tipo cuasiexperimental porque se manipula la variable independiente (X_1) = (Consolidación), aplicando diversas cargas para observar su impacto en la variable dependiente (X_2) = (dimensionamiento de zapatas aisladas). Es decir, se induce un fenómeno para analizar e interpretar sus resultados. Además, es de estudio transversal ya que se recopilan datos en una sola ocasión (extracción de muestras).

Pruebas de Laboratorio:

Ensayos de Consolidación: Medir cómo las muestras de suelo se comportan bajo diferentes cargas para determinar la tasa de consolidación y el índice de compresibilidad.

Pruebas de Campo:

Monitoreo de Cimentaciones Reales: Realizar observaciones y mediciones en sitios de construcción en Jallyhuaya para validar los modelos teóricos y ajustar recomendaciones.

3.6. Objeto de Estudio y Muestra

3.6.1. Población y Muestra

3.6.1.1. Población

(Hernandez Sampieri, 2014) Es el conjunto sobre el que estamos interesados en obtener conclusiones. La población son los suelos del distrito de Puno.

3.6.1.2. Muestra

La muestra siempre representa una fracción de la población. De acuerdo a las condiciones del suelo y para la presente investigación se ha considerado los suelos del centro poblado de Jallyhuaya que forma parte del distrito de puno.

Figura 23

Calicatas de exploración de suelos en el centro poblado de Jallyhuaya



Nota. Mapa satelital extraído de Google Maps.



3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección

Para poder determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación se usarán las siguientes normativas donde se especifica los instrumentos y los procedimientos a seguir:

- Granulometría: ASTM D422
- Gravedad Específica ASTM C-127-04
- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Límites de consistencia: ASTM D423 & D424
- Clasificación de suelos: ASTM D2487
- Ensayo de Consolidación ASTM D2435

Con esta instrumentación, podremos obtener los parámetros físicos y de deformación del suelo de fundación.

3.7.1. Técnicas de la Investigación

3.7.1.1 Granulometría por Mallas (ASTM D 422).

El objetivo principal de realizar la clasificación de suelos es analizar, medir y clasificar las partículas de suelo en una muestra de suelo determinada. La clasificación de suelos también es indicativa de propiedades de ingeniería con las que se puede evaluar si una masa de suelo es estable o no.

Equipos

- Balanza calibrada.
- Juego de tamices.
- Agua destilada
- Horno calibrado 100-110 °C

Procedimiento

- 1) Tome una cantidad adecuada de muestra de suelo secada al horno (de aproximadamente $W = 3000$ g)

- 2) Si se observa que la muestra de suelo tomada contiene más del 5 % de partículas finas (limoarcilla), extiéndala en una bandeja grande y sumérgjala en agua destilada.
- 3) Lave la muestra de suelo remojada en un tamiz de 0,075 mm (75 μ m) hasta que el agua esté limpia.
- 4) Las partículas de suelo retenidas en el tamiz de 75 μ m se recogen cuidadosamente en una bandeja de metal y se secan en el horno a 105 °C–110 °C durante 24 horas y se pesan.
- 5) La pérdida de peso del suelo dará el porcentaje que pasa a través de un tamiz de 75 μ m, se conserva para el análisis con hidrómetro.

Figura 24

Limpieza de muestras para realizar el tamizado de partículas



Nota. Se siguió el procedimiento de acuerdo al ASTM D 422.

- 6) Parte A. Clasificación del suelo para suelos de grano grueso (tamaño >4,75 mm) (p. ej. suelos de grano grueso: CGS)
 - a. Limpie el primer juego de tamices y la bandeja inferior correctamente y apílelos en orden descendente con la bandeja en la parte inferior de todos los tamices.

b. Tamice la muestra de suelo a través del primer juego de tamices (por ejemplo, de 80 mm a 4,75 mm) de forma manual o utilizando un agitador de tamices durante aproximadamente 10 minutos y asegúrese de que el tamiz superior esté bien cubierto y de que no haya pérdida de suelo de ninguno de estos tamices.

Tabla 6*Diámetro de tamices de la norma E11*

TAMICES DE ACUERDO A NORMA E11			
Alternativo	Standar	Alternativo	Standar
3 in	75.0 mm	N° 10	2.00 mm
2 in	50.0 mm	N° 20	0.850 mm (850 μm)
1 ½ in	37.5 mm	N° 40	0.425 mm (425 μm)
1 in	25.0 mm	N° 60	0.250 mm (250 μm)
¾ in	19.0 mm	N° 100	0.150 mm (150 μm)
3/8 in	9.5 mm	N° 140	0.106 mm (106 μm)
N° 4	4.75 mm	N° 200	0.075 mm (75 μm)

Nota. (ASTM D6913, 2008)

- 7) Después del tamizado, tome con cuidado el peso de la muestra de suelo retenida en cada tamiz (con una precisión de 1 g).
- 8) Además, controle el peso de la muestra de suelo que pasó a través de los tamices y que quedó retenida en la bandeja inferior.
- 9) Ahora calcule el porcentaje de masa o peso de suelo retenido en cada tamiz, seguido del porcentaje acumulado retenido en cada tamiz.
- 10) Ahora calcule el porcentaje de finos o el porcentaje que pasa a través de cada tamiz restando el porcentaje acumulado retenido en cada tamiz.

$$\%retenido = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

- 11) Dibuje la curva de distribución del tamaño de partícula entre el tamaño de partícula (a lo largo del eje x) y el porcentaje que pasa (a lo largo del eje y), Esto completa el análisis de tamiz para suelos de grano grueso. A partir de esta curva, se puede calcular el porcentaje de

diferentes componentes del suelo y diferentes diámetros (D85, D60, D50, D45, D30, D20, D10, etc.) obtenidos a través de varios parámetros de criterio de diseño (Cu, Cc, Sn, criterios de filtro, etc.).

Figura 25

Zarandeo de muestras de suelos en laboratorio por las diferentes mallas



Nota. Se siguió los procedimientos establecidos en la norma ASTM D422

3.7.1.2 Límites de Atterberg (ASTM D423 – D424).

Determina el rango de contenido de agua que define la consistencia de suelos de grano fino en diferentes límites de consistencia. Los límites de Atterberg, también conocidos como propiedades índices, son representativos de las características de ingeniería de los suelos.

Equipos

- Dispositivo de límite de líquido de Casagrande
- Tamiz IS de 0,425 mm
- Agua destilada
- Lámina de metacrilato de vidrio.
- Plato de porcelana
- Balanza de pesaje con precisión de 0,01 g

Procedimiento

Límite Líquido ASTM – D4318

- 1) Verificar el dispositivo de Casagrande y asegurarse de que la copa caiga exactamente 10 mm sobre una base de goma
- 2) Tome aproximadamente 300 g de la muestra de suelo secada al aire pasando por el tamiz de 0,425 mm. Vale la pena mencionar aquí que se debe utilizar la misma pasta de suelo para las tres pruebas de límite de consistencia (LL, LP y SL).

Figura 26

Zarandeo por la malla N°40



Nota. El procedimiento seguido es según la norma ASTM D4318.

- 3) Extienda la muestra de suelo sobre un vidrio de manera uniforme, rocíe agua sobre ella y mézclela bien. Agregue más agua y siga mezclando hasta que se prepare una pasta uniforme de modo que los materiales en la copa de Casagrande caigan repetidamente en el rango de 10 a 15 golpes.
- 4) Nota: Se debe asegurar que las pruebas de límite de consistencia se realicen desde el "método húmedo al seco". Para la prueba de límite líquido, cada prueba se debe realizar desde el lado húmedo al seco secando la pasta de suelo. Se debe tener cuidado de no agregar tierra



seca a la pasta para secarla apresuradamente. Esto no producirá una mezcla homogénea ya que las partículas de arcilla tienen una gran área superficial y necesitan más tiempo para saturarse completamente.

- 5) Mantenga la pasta de suelo en una bolsa de plástico hermética durante el tiempo suficiente hasta que el contenido de agua sea uniforme en toda la pasta de suelo.
- 6) Saque la pasta de suelo de la bolsa de plástico y vuelva a mezclarla bien antes de realizar la prueba.
- 7) Tome aproximadamente 200 g de la pasta de suelo para la prueba de límite líquido LL y conserve la pasta de suelo restante para las pruebas de límite plástico y límite de contracción.
- 8) Llene la copa de Casagrande con la pasta según sea necesario con la ayuda de una espátula y nivele cuidadosamente con una regla. Asegúrese de que la muestra de suelo tenga aproximadamente de 10 a 12 mm en el centro de la copa y el exceso de pasta de suelo se transfiera nuevamente a la hoja de vidrio.
- 9) Ahora tome la herramienta de Casagrande o la herramienta ASTM según el requisito y corte una ranura a lo largo de la línea central a través de la porción de tierra en la taza de Casagrande. Asegúrese de que la ranura esté cortada en forma recta con al menos 2 mm de ancho y 10 mm de alto.

Nota: Cabe señalar que la herramienta ASTM se utiliza para suelos poco plásticos (suelos limosos) para cortar una ranura, mientras que la herramienta Casagrande se utiliza para suelos muy plásticos (arcillas o suelos arcillosos). Los suelos se pueden clasificar como



- arcillosos o limosos según la clasificación del suelo (análisis con tamiz e hidrómetro).
- 10) Ahora, aplique golpes repetidos girando la manija de la copa de Casagrande a 2 revoluciones por segundo y cuente el número de golpes hasta que los dos lados de la ranura fluyan y se unan por una distancia de aproximadamente 12 mm en el fondo de la ranura de la copa.
 - 11) Registre el número de golpes para el primer ensayo como N1 cuando las dos partes de la ranura se unan por una longitud de aproximadamente 12 mm.
 - 12) Tome una muestra representativa de la pasta de suelo (15–20 g) de las dos partes de la ranura, que se unieron mediante golpes repetidos para determinar el contenido de agua. Registre este valor de contenido de agua (según el procedimiento de humedad).
 - 13) Transfiera la pasta de tierra restante del vaso a la hoja de Perspex de vidrio y limpie el vaso completamente para el siguiente ensayo de prueba de LL.
 - 14) Mezcle bien la pasta de tierra restante durante aproximadamente 10 a 15 minutos (en algunos casos, puede llevar más tiempo secar la pasta de tierra para el siguiente ensayo de prueba) para cambiar el contenido de agua.
 - 15) Repita los pasos 7 a 13 y registre la cantidad de golpes (N) y determine el contenido de agua (% en peso) en cada caso durante aproximadamente 5 a 6 ensayos.



Limite Plástico ASTM – D4318

1. Tome unos 50 g de de suelo de la muestra de suelo preparada para la prueba LL y mézclela bien en la lámina de vidrio Perspex hasta que no pueda pegarse a los dedos o a la palma de la mano.

2. Tome de 12 a 15 g de pasta de suelo de la masa de 50 g y ruédela sobre la placa de vidrio con los dedos o la palma de la mano a una velocidad de rodadura de 80 a 90 pasadas por minuto para formar un hilo uniforme de 3 mm de diámetro en 2 minutos.

3. Tenga en cuenta que, si el hilo se agrieta a unos 3 mm de diámetro, detenga el ensayo y recoja los trozos de hilo agrietados para determinar el contenido de agua, que representa el LP de la muestra de suelo.

4. Sin embargo, tenga en cuenta que, si el diámetro del hilo se convierte en menos de 3 mm de diámetro, entonces muestra que el contenido de agua es superior a LP y que la masa de suelo debe secarse amasándola más.

Nota: Cabe señalar que cuando se enrolla la masa de tierra en forma de hilo, no todo el hilo puede desmoronarse o agrietarse al mismo tiempo. El hilo puede romperse en trozos pequeños. Por lo tanto, se sugiere seguir enrollando la pieza hasta que se forme un hilo de 3 mm de diámetro. Además, es posible que el hilo no se desmorone exactamente a los 3 mm de diámetro. Si el hilo se desmorona cuando el diámetro del hilo es casi igual o ligeramente superior a 3 mm, se puede detener la prueba y determinar el contenido de agua para LP.

5. Repetir el procedimiento de ensayo anterior al menos tres veces con muestras frescas tomadas de los 50 g (paso 1) y tomar trozos de suelo desmenuzados de cada ensayo para determinar el contenido de agua y determinar el LP.

3.7.1.3 Contenido de Humedad ASTM D-2216

El contenido natural de agua (W_n) es un parámetro fundamental que influye directamente en la resistencia al corte de los suelos de grano fino, siendo crucial en la práctica de la ingeniería geotécnica.

Procedimiento

1. Tomar el peso de un recipiente debidamente limpio y con tapa (W_1).
2. Tomar la muestra de suelo húmedo en el recipiente y pesarla con tapa (W_2).
3. Quitar la tapa del recipiente y mantenerlo en el horno a una temperatura de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ durante 16-24 horas (o hasta que el peso se vuelva constante).
4. Una vez finalizado el secado en horno, retirar el recipiente con tapa del horno utilizando unas pinzas y enfriarlo en un desecador.
5. Una vez enfriada la muestra de suelo en el desecador, pesar el recipiente con la tapa y la muestra de suelo seco (W_3).
6. Repetir el procedimiento anterior y hallar el valor medio del contenido natural de agua (%) de cada muestra de suelo.

$$w = \left[\frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} \times 100 \right] (\%)$$

Figura 27

Obtención de pesos de muestras en estado seco y húmedo



Nota. Determinación del Contenido de Humedad ($w\%$)



3.7.1.4 Gravedad Específica ASTM C-127-04.

La gravedad específica se utiliza a menudo para el cálculo de varios parámetros como el gradiente hidráulico, el grado de saturación, la densidad seca, la relación de vacíos y la concentración de sustancias en soluciones acuosas de forma indirecta. Compara en cuanto es la relación de la densidad del suelo vs la densidad del agua.

Procedimiento:

1. Limpie bien el picnómetro de 50 ml o 100 ml según el que se tenga en laboratorio y séquelo en un horno microondas durante aproximadamente media hora y luego enfríelo.
2. Pese el picnómetro junto con el tapón con una precisión de 0,001 g (W1).
3. Tome aproximadamente de 5 a 10 g de la muestra de suelo secada al horno y transfírala al picnómetro con cuidado y luego pese el frasco de densidad más el suelo seco con tapón con una precisión de 0,001 g (W2).
4. Llene el frasco con agua destilada desaireada hasta la mitad, lo suficiente para cubrir el suelo, agite suavemente para mezclar el agua y el suelo y, después de quitar el tapón, colóquelo en un baño de agua (a una temperatura de entre 30 y 35 °C) o en el desecador de vacío y conéctelo a la bomba de vacío (operada eléctricamente) para eliminar el aire atrapado, si lo hubiera.

El aire atrapado también se puede eliminar hirviendo la suspensión del frasco de densidad en un baño de arena durante al menos 10 minutos. Cabe señalar que la suspensión se hierve suavemente para evitar cualquier pérdida de material durante el proceso de ebullición. Sin embargo, además de hervir la suspensión, se debe agitar el frasco de densidad para ayudar a eliminar el aire.



Nota: Cabe señalar que el aire atrapado en suelos altamente plásticos y orgánicos no se puede eliminar mediante vacío. Por lo tanto, el aire atrapado se puede eliminar hirviendo suavemente la suspensión en el frasco de densidad durante aproximadamente 30 minutos. Sin embargo, en tal caso, se puede agregar agua destilada de vez en cuando para que la suspensión no se seque durante la ebullición prolongada.

5. Tenga cuidado de liberar el vacío lentamente y observe el nivel de suspensión en el frasco de densidad. Si el nivel de suspensión baja aproximadamente de 2 a 3 mm, entonces se ha eliminado el aire atrapado y se presume que la suspensión está desaireada.

6. Cuando no se note más movimiento de aire, saque el frasco de densidad y revuelva suavemente y deje que el frasco de densidad y el contenido se enfríen.

7. Llene el frasco de densidad con agua destilada desaireada hasta el tapón superior con flujo libre de agua. Luego pese el frasco de densidad lleno de suelo y agua con una precisión de 0,001 g (W3).

8. Limpie el frasco de densidad a fondo y llénelo completamente con agua destilada desaireada y péselo con una precisión de 0,001 g (W4).

9. Asegúrese de que durante el experimento la temperatura sea de aproximadamente 20 °C y que se puedan registrar las fluctuaciones (T°C) si las hubiera.

11. Repita la prueba de gravedad específica para valores adicionales hasta que se obtengan dos valores (valor más grande de Gs y Gs más pequeño), que estén dentro del 2 % entre sí utilizando el valor más grande como valor base: $0,02 (Gs \text{ más grande}) + Gs \text{ más pequeño} \geq Gs \text{ más grande}$.

12. Calcule el promedio de los resultados de estas dos pruebas y reporte el valor, redondeado al 0,01 más cercano, como la gravedad específica, G_s , del suelo. Para un valor promedio de G_s , se realizan tres pruebas de la prueba y se asegura que la diferencia entre dos valores no exceda 0,03; de lo contrario, se repite la prueba.

$$G_s = \left[\frac{(W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)} \right]$$

Figura 28

Liberación de aire atrapado en muestra de suelo.



Nota. Procedimiento seguido de ASTM C-127-04.

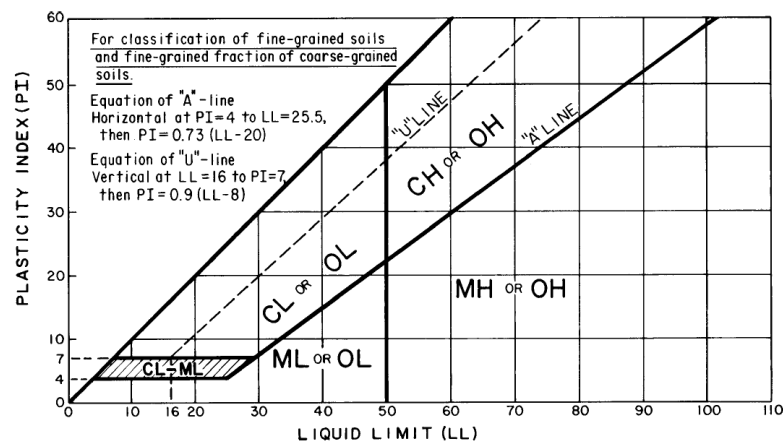
3.7.1.5 Clasificación de Suelos Método SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) se emplea para todo tipo de obras. Los datos necesarios para aplicar este método incluyen el porcentaje de grava, arena y finos, así como el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura, obtenidos del análisis granulométrico. Además, se utilizan los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) en el caso de suelos finos.

En esta tesis, según los datos obtenidos del análisis granulométrico, se trata de suelos finos en su totalidad. Por lo tanto, se utilizará únicamente la carta de plasticidad debido a la ausencia de agregado grueso.

Figura 29

Carta de plasticidad de Casagrande



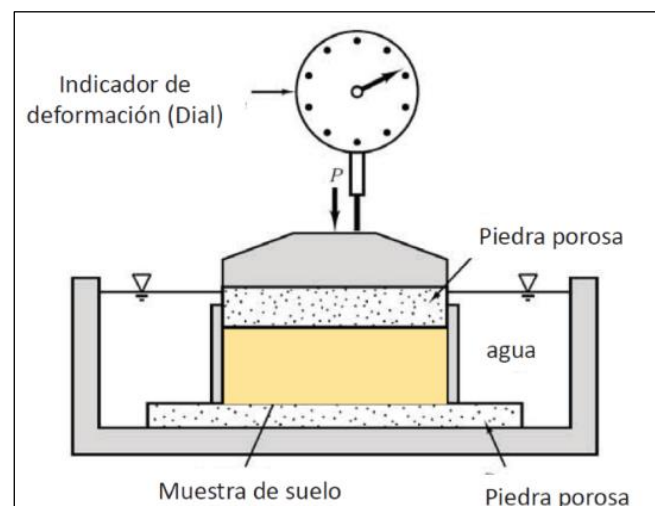
Nota. Extraído de: (Bowles, 1981)

3.7.1.6 Ensayo de Consolidación ASTM D2435

El objetivo principal de realizar una prueba de consolidación es determinar los distintos parámetros de consolidación/compresibilidad (por ejemplo, e_0 , C_c , C_s , P_c , C_v , a_v , m_v , δ_c , etc.). Estos parámetros de compresibilidad se utilizan en el análisis de asentamiento de diversas estructuras sobre suelos compresibles.

Figura 30

Sección transversal de un consolidómetro.



Nota. Recuperado: (Borselli, 2019).

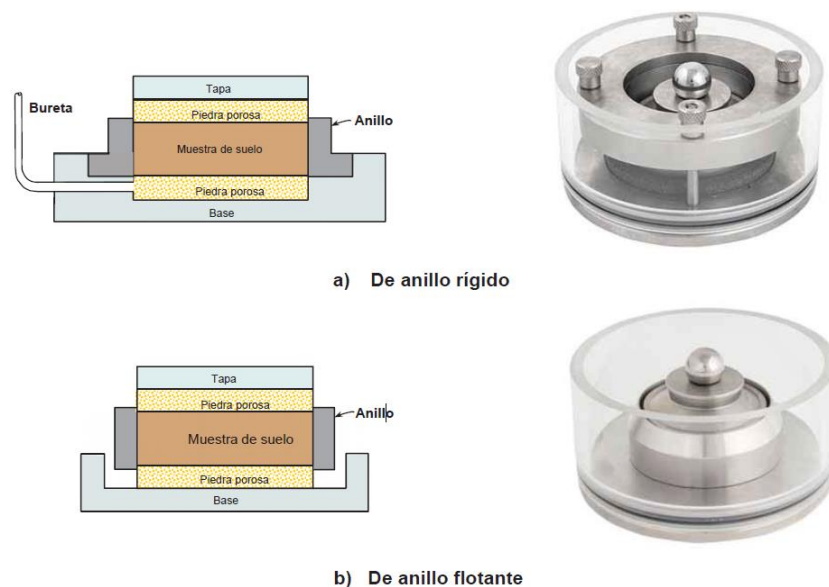
Procedimiento

1) El equipo para la prueba de consolidación incluye:

- Equipo de consolidación
- Celda de consolidación.
- Recortadora de muestras y accesorios (caja de ingletes, sierra de hilo y cuchillas).
- Balanza sensible a 0,1 g.
- Horno de secado.
- Reloj comparador o transductor de desplazamiento con un rango de 10 mm y una precisión de 0,002 mm.
- Temporizador.
- Latas para contenido de humedad.

Figura 31

Tipos de consolidómetros.



Nota: a) Anillo fijo b) Anillo flotante Recuperado: (Borselli, 2019).

1. Verifique y prepare el consolidómetro (en esta prueba, se utiliza una celda de consolidación de anillo flotante operada manualmente).
2. Limpie el anillo de consolidación y péselo con una precisión de 0,01 g (W_1).
3. Mida las dimensiones (diámetro interno y altura) del anillo de consolidación y encuentre su volumen, V (cm^3).



4. Prepare una muestra de suelo de 75 mm de diámetro y 20 mm de alto para la prueba. La muestra de suelo puede ser una muestra inalterada preparada recortando una muestra de suelo natural tomada del campo en un tubo Shelby o un cortador de núcleos o una muestra remoldeada preparada en el laboratorio.
5. Después de la preparación de la muestra en el paso 3, arriba, tome el peso del anillo más el peso húmedo calibrado al a 0,01 g (W_2).
6. Determine el contenido de agua y la gravedad específica a partir de los recortes o la muestra de suelo que se dejó reposar en el paso 3.
7. Ensamble el anillo de consolidación con la muestra de suelo en la celda de consolidación. Coloque el conjunto sobre la piedra porosa inferior, asegurándose de que las piedras porosas estén completamente saturadas y sumergidas en un baño de agua destilada/desaireada antes de su uso. Además, coloque papeles de filtro saturados tanto debajo como encima de la muestra de suelo.
8. Coloque la celda de consolidación en el marco de carga y configure el soporte de carga, ajuste la viga en horizontal y configure la lectura del reloj comparador con cuidado.
9. Conecte la celda de consolidación, a un tanque de agua desaireada con carga constante. Asegúrese de que el nivel inferior del agua en el tanque desaireado esté aproximadamente al mismo nivel que el de la muestra de suelo en la celda de consolidación y sature la muestra de suelo.
10. Aplique una carga de asentamiento inicial (5 kPa) al colgador para verificar la expansión. Nota: Se puede observar que los suelos expansivos se expanden cuando la carga aplicada es menor que su presión de expansión. Por lo tanto, para arcillas expansivas, se aplica una



presión de asentamiento más alta (por ejemplo, más alta que la carga de asentamiento estándar) para que la muestra de suelo no se expanda. Sin embargo, se reduce (por ejemplo, más baja que la carga de asentamiento estándar) para suelos blandos para minimizar la consolidación bajo la carga de asentamiento (por ejemplo, para suelos muy blandos, se puede aplicar una carga de asentamiento de 2,5 kPa o menos). Para la mayoría de los suelos de grano fino, una carga de 25 kPa suele ser suficiente para evitar la expansión, pero si se produce expansión, aplique incrementos de carga adicionales hasta que cese la expansión. Si se permitiera que la muestra se expanda, la curva resultante de relación de vacíos-presión tendría una curvatura más gradual y la presión de pre-consolidación no estaría bien definida.

11. Después de la saturación completa de la muestra, anote la lectura inicial del calibrador de cuadrante o póngalo a cero nuevamente para realizar más lecturas de prueba.

12. Aplique un incremento de carga normal (6,25 kPa, 12,5 kPa, 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400 kPa y 800 kPa, con una relación de incremento de carga de 1) a la muestra y registre las lecturas finales de asentamiento en el calibrador de cuadrante en los intervalos de tiempo 8, 15, 30, 1, 2, 4, 8, 16 y 24 horas para determinar la relación de vacíos y otros parámetros de consolidación.

13. Mantenga cada incremento de carga durante 24 horas o hasta que el asentamiento se vuelva constante o hasta que se haya alcanzado una consolidación del 95%. Añadir más carga a la muestra al día siguiente de forma que la relación de incremento de carga sea uno. Aquí tenemos $\Delta\sigma/\sigma = 1$ (donde $\Delta\sigma$ = incremento de presión y σ = la presión antes de aplicar el incremento de carga, $\Delta\sigma$).

14. De forma similar, aplique los incrementos de carga restantes hasta que la carga total sobre la muestra sea de 800 kPa o como desee el cliente. Nota: Asegúrese de que cada incremento de carga se mantenga durante 24 horas como en el paso 13.

15. Descargue la muestra de suelo con un incremento de carga de un cuarto después de alcanzar la presión total de 800 kPa (por ejemplo, descargue la muestra de suelo de 800 kPa a 200 kPa ($800/4$) y espere hasta que la lectura del reloj comparador se vuelva constante. Registre la lectura final del comparador y descargue para el segundo incremento de descarga a 50 kPa ($200/4$) y después a 12,5 kPa y finalmente a 6,25 kPa. Asegúrese de que las lecturas inicial y final del reloj comparador se registran para cada incremento de descarga una vez que las lecturas del reloj comparador se vuelven constantes antes de la descarga.

Figura 32

Equipo para el ensayo de consolidación unidimensional



Nota. Procedimiento seguido de ASTM D2435.

3.7.1.7 Metodología de Dimensionamiento de Zapatas Aisladas para Asentamientos Iguales.

La metodología empleada considera los criterios de verificación de estados límites y de servicio para el cálculo de dimensionamiento de zapatas aisladas considerando esfuerzos iguales que induce a asentamientos iguales.

El razonamiento del ingeniero estructural es realizar un análisis concienzudo del estado del suelo que le hace tomar decisiones acertadas frente a posibles asentamientos futuros que deban ser permisibles para la estructura, sin necesidad de comprometer la seguridad de la estructura.

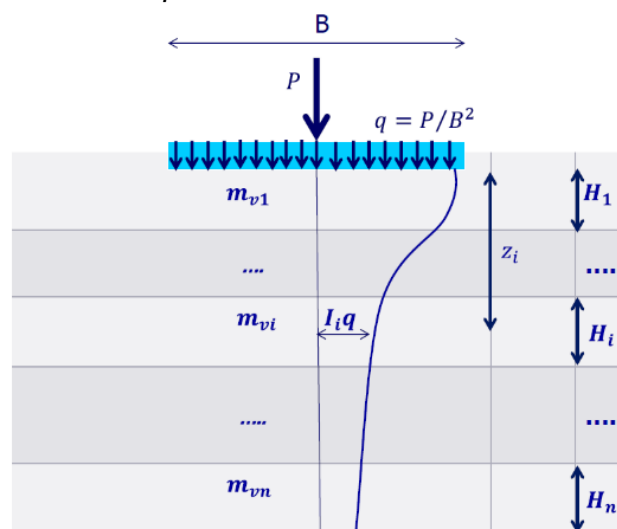
Las propiedades físicas, mecánicas y de deformabilidad que debe alcanzar el ingeniero geotécnico deben ser los más precisos posibles a fin de optimizar las dimensiones de la subestructura y estos puedan asegurar en el tiempo la vida útil de la superestructura.

Según Terzaghi (1943), los asentamientos en el centro de una zapata rígida, sobre un suelo compuesto por varios estratos como el mostrado en la Figura 33, se calculan de la siguiente manera:

$$\delta_s = 0.85 \sum m_{vi} I_i q_i H_i$$

Figura 33

Parámetros que intervienen para la obtención de P.



Nota. Extraído Congreso internacional de mecánica de suelos Bogotá 2013.



Dónde:

m_{vi} : Módulo de compresibilidad o edométrico del estrato de suelo

q_i : Esfuerzo aplicado al nivel de desplante de la cimentación.

H_i : Altura del estrato.

I_i : Índice de influencia a la mitad del estrato, medido desde el área de la cimentación

$$I_i = \frac{2}{\pi} \left[\left(\frac{1}{1+m^2} + \frac{1}{1+n^2} \right) \frac{mn}{(m^2+n^2+1)^{\frac{1}{2}}} + \tan^{-1} \left(\frac{mn}{(m^2+n^2+1)^{\frac{1}{2}}} \right) \right]$$

$$m = \frac{B}{2Z_i} \quad n = \frac{L}{2Z_i}$$

A partir de δ_s se obtiene:

$$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i q_i H_i}$$

De estas fórmulas se puedan calcular diferentes valores que pueden ser graficadas en curvas donde el eje de las ordenadas es el ancho de zapata aislada B en (m), el eje de las abscisas corresponde a la carga P en (Kg).

Sin embargo, hay una restricción que establece que ninguna curva puede ser menor que la curva B_{min} para prevenir el colapso del suelo.

Dónde: $B_{min} = \sqrt{\frac{P}{Q_{adm}}}$

3.8. Validez y Confiabilidad de Instrumentos de Investigación.

La validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación son aspectos cruciales para asegurar que los resultados obtenidos en estudios sobre consolidación de suelos sean precisos y reproducibles.



3.8.1. Validación de los Instrumentos

La validez se refiere a la capacidad de un instrumento para medir lo que pretende medir. En el contexto de la consolidación de suelos, esto implica que el instrumento debe ser capaz de proporcionar datos precisos sobre el comportamiento de los suelos bajo condiciones específicas. La validez se puede evaluar de las siguientes maneras:

Validez de contenido: Asegura que el instrumento cubre todos los aspectos relevantes del fenómeno de consolidación de suelos. Por ejemplo, un dispositivo de medición de la deformación del suelo debe ser capaz de registrar tanto la deformación vertical.

3.8.2. Confiabilidad de los Instrumentos

La confiabilidad se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos con un instrumento a lo largo del tiempo y bajo diversas condiciones. Para garantizar la confiabilidad en los estudios de consolidación de suelos, se pueden aplicar las siguientes estrategias:

Consistencia interna: Asegura que las distintas partes del instrumento proporcionen resultados coherentes entre sí. En el caso de instrumentos de medición, esto implica que diferentes sensores o componentes del equipo deben funcionar de manera armoniosa.

Estabilidad temporal: Evalúa si el instrumento produce resultados consistentes cuando se utiliza en condiciones similares en momentos diferentes. Por ejemplo, al repetir un experimento de consolidación de suelos con el mismo equipo, los resultados deberían ser consistentes si las condiciones del experimento se mantienen constantes.

Consolidómetro: En ensayos de consolidación de suelos, un consolidómetro debe ser validado para asegurarse de que mide correctamente la compresión y el asentamiento del suelo bajo cierta carga. La confiabilidad se



verifica asegurando que el consolidómetro proporciona resultados consistentes en diferentes pruebas y con diferentes operadores.

Para garantizar la validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación sobre consolidación de suelos, es fundamental realizar una evaluación rigurosa de los instrumentos y procedimientos utilizados. Se considera certificados de calibración de instrumentos, los procedimientos ya están establecidos en las normas ASTM se seguirán dichos procedimientos y se buscarán laboratorios con certificados de calibración de sus equipos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación, Análisis e Interpretación de los Datos

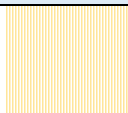

Los ensayos de laboratorio que proporcionaron información válida y confiable sobre las características físicas, mecánicas y de deformabilidad del suelo se llevaron a cabo en G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

4.1.1. Zona Geotécnica I

Se localiza en las coordenadas 15.869965°S, 69.989898°W. En el lugar se realizó una calicata a cielo abierto utilizando maquinaria (retroexcavadora), alcanzando una profundidad de 4.5 m, la cual presenta la siguiente estratigrafía:

Tabla 7

Estratigrafía correspondiente a la zona geotécnica I

Profundidad (m)	Tipo de Suelo (perfil estratigráfico)	γ (Tn/m ³)	Descripción del suelo
0.00 - 2.10	ML 	1.72	Limo de Baja Plasticidad Presencia de turba
2.10 - 4.10	CL 	1.74	Arcilla de baja plasticidad

Nota. Descripción básica de exploración directa a cielo abierto.

4.1.1.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad se determinó siguiendo la norma (ASTM D2216, 1998)

Tabla 8
Resultados de contenido de humedad zona I

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara	CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[g] 71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[g] 539.61	542.14	434.98
Masa Tara + Suelo Seco	[g] 385.18	386.66	315.25
Masa Agua	[g] 154.43	155.48	119.73
Masa Suelo Seco	[g] 313.75	314.61	240.32
Contenido de Humedad	[g] 49.22	49.42	49.82
PROMEDIO	(%)	49.5	

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.1.2. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se llevó a cabo mediante tamizado, conforme a la norma (ASTM D422, 1998)

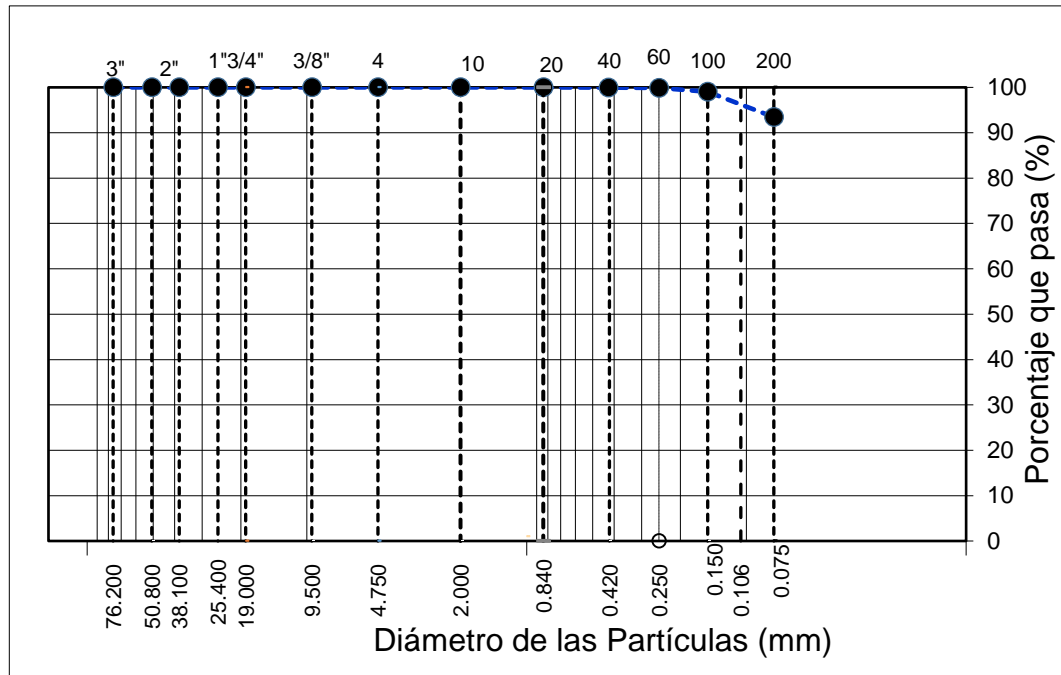
Tabla 9
Resultados de análisis granulométrico zona I

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in	254.000					Masa inicial seco : 199.4 gr.
6 in	152.400					Masa Global : 199.4 gr.
5 in	127.000					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
4 in	101.600					Contenido de Humedad (%) : 49.5
3 in	76.200					TAMAÑO MÁXIMO : Nº 30
2 1/2 in	60.350					Límite Líquido (LL): 38.00
2 in	50.800					Límite Plástico (LP): 27.00
1 1/2 in	38.100					Índice Plástico (IP): 11.00
1 in	25.400					Clasificación (SUCS) : ML
3/4 in	19.000					Clasificación (AASHTO) : A-6 (12)
1/2 in	12.500					Índice de Consistencia : -1.05
3/8 in	9.500					DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in	6.350					Descripción (AASHTO): MALO
Nº 4	4.750					Descripción (SUCS): Limo de baja plasticidad
Nº 8	2.360					Materia Orgánica :
Nº 10	2.000					Turba : --
Nº 16	1.190					CU : 0.000 cc : 0.000
Nº 20	0.840					CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº 30	0.600				100.00	Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	0.03	0.02	0.02	99.98	Grava 2" - Nº 4 : 0.00
Nº 50	0.300					Arena Nº4 - Nº 200 : 6.56
Nº 60	0.250	0.16	0.08	0.10	99.90	Finos < Nº 200 : 93.44
Nº 100	0.150	1.68	0.84	0.94	99.06	%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	11.21	5.62	6.56	93.44	
< Nº 200	FONDO	186.35	93.44	100.00		

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

Figura 34

Gráfico obtenido de los resultados granulométricos zona I



Nota. Gráfico obtenido por G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.1.3. Límites de Consistencia

El límite líquido y plástico se determinó de acuerdo con la norma (ASTM D4318, 2005)

Tabla 10

Resultados de límites de consistencia zona I

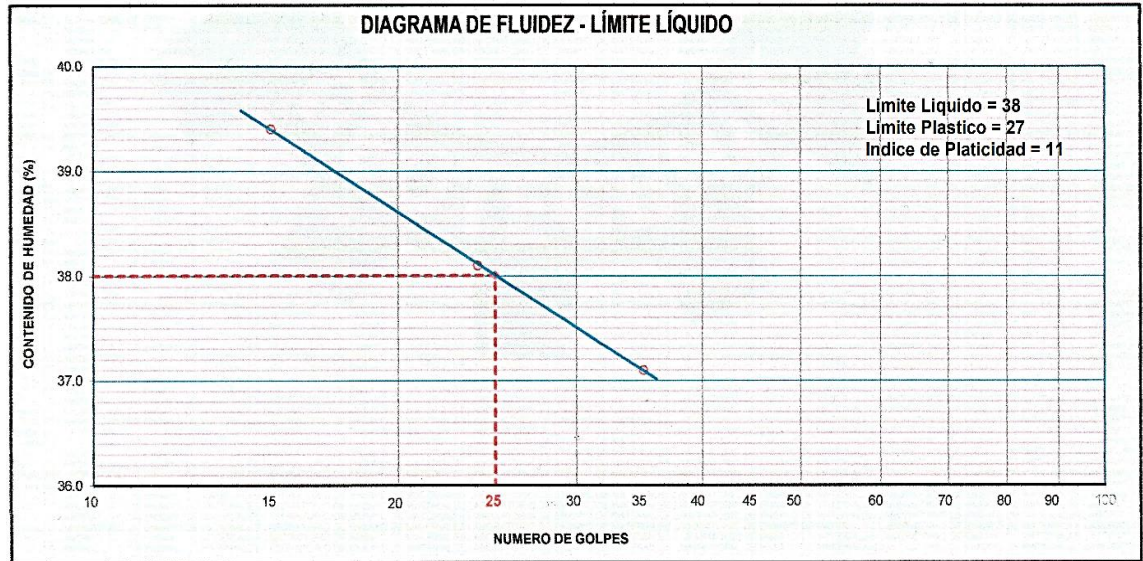
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nro. DE TARA	n°	LC - 06	LC - 07	LC - 08
MASA DE LA TARA	[g]	46.83	45.95	42.95
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	65.68	63.45	57.58
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	60.35	58.62	53.62
MASA DE AGUA	[g]	5.33	4.83	3.96
MASA DEL SUELO SECO	[g]	13.52	12.67	10.67
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.40	38.10	37.10
NUMERO DE GOLPES	n°	15	24	35

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)			
Nro. DE TARA			
MASA DE LA TARA	[g]	46.39	49.02
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	50.12	51.62
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.33	51.08
MASA DE AGUA	[g]	0.79	0.54
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.94	2.06
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	26.90	26.20

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

Figura 35

Gráfico para determinar el límite líquido zona I



Nota. Gráfico obtenido de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.1.4. Gravedad Específica de los Sólidos (Gs)

El ensayo de Gravedad Específica de los sólidos (Gs) se llevó a cabo conforme a lo establecido en la norma ASTM D854-10 (2010) y el procedimiento MTC 113-2000.

Tabla 11

Resultados de gravedad específica (Gs) zona I

DATOS	A	B
Número de fiola	A	B
Peso de suelo seco	63.00	63.00
Peso de fiola + agua destilada	164.08	164.08
Peso de fiola + agua destilada + suelo	202.87	202.92
Temperatura	20.7	20.7
Coefficiente de corrección a 20°C	0.99985	0.99985
Peso específico de sólidos	2.60	2.61
Gravedad específica de sólidos	2.60	2.61

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

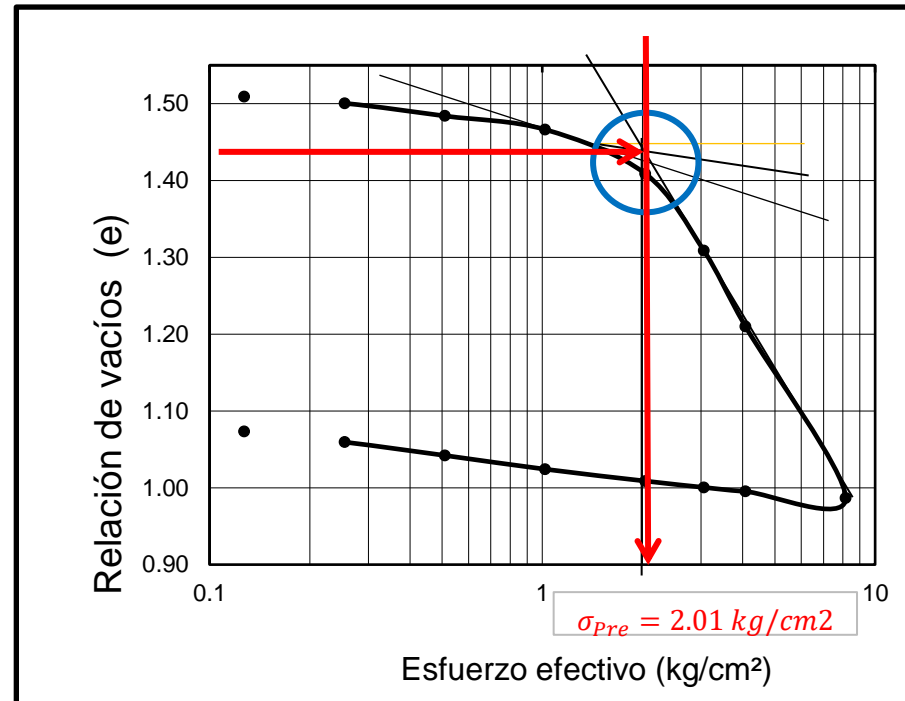
4.1.1.5. Ensayo de Consolidación Unidimensional

El ensayo de Consolidación Unidimensional se realizó de acuerdo con la

norma (ASTM D2435, 2020).

Figura 36

Curva obtenida a partir de los datos de consolidación zona I



Nota. Se aplicó el método de Casagrande para encontrar el esfuerzo de preconsolidación.

Tabla 12

Resultados de parámetros de consolidación zona I

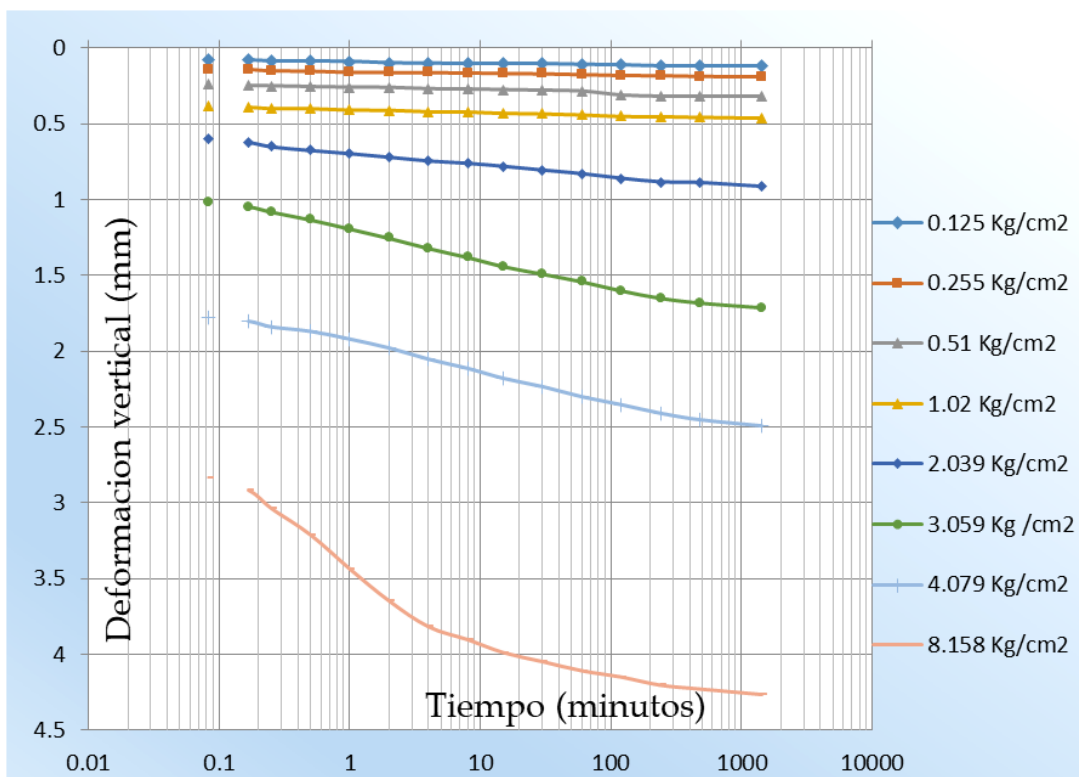
Índice de Compresibilidad (C_c)	0.753
Índice de Re-compresión (C_s)	0.053
Presión de Pre-consolidación (Kg/cm^2)	2.007

Nota. Parámetros utilizados para el cálculo de asentamientos por consolidación.

Figura 37

Resultados de curva de consolidación:

6-CÁLCULO ETAPA DE CARGA								
Carga (Kpa)	Asentamiento (mm)	Altura del espécimen (mm)			t 50 (min)	t 90 (min)	Coeficiente De Consolid. Cv (cm ² /min)	
		Final	Promedio	Drenado			t 50	t 90
50.00	0.63000	19.410	19.570	9.785	4.00	0.54	0.039507	5.3950446
100.00	1.09000	18.950	19.180	9.590	3.70	0.36	0.030390	5.0093528
200.00	2.00600	18.034	18.492	9.246	2.55	0.36	0.031861	5.5904509
300.00	3.71800	16.322	17.178	8.589	6.70	0.38	0.028219	4.8203377
400.00	6.21300	13.827	15.075	7.537	12.50	0.40	0.021948	4.7075852
800.00	10.48000	9.560	11.694	5.847				
1600.00	0.00000							
3200.00	0.00000							



Nota. Gráfico para determinar los coeficientes de consolidación Cv.

4.1.2. Zona Geotécnica II

El sitio se encuentra ubicado en las coordenadas 15.866246°S, 69.988615°W, en los alrededores de la Av. Orgullo Aymara. En este lugar se realizó una calicata a cielo abierto utilizando maquinaria pesada (retroexcavadora), alcanzando una profundidad de 4.3 m. La estratigrafía observada en el sondeo es la siguiente:

Tabla 13

Estratigrafía correspondiente a la zona geotécnica II

Profundidad (m)	Tipo de Suelo (perfil estratigráfico)	γ (Tn/m ³)	Descripción del suelo
0.00 – 0.30	PT	---	Zona relleno
0.30 – 0.80	CL	1.70	Presencia turba
2.10 – 4.30	CL	1.71	

Nota. Descripción básica de exploración directa a cielo abierto.

4.1.2.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad se determinó siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D2216.

Tabla 14

Resultados de contenido de humedad zona II

	Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara		CH - 01	CH - 02	CH - 03
Masa Tara	[g]	70.72	72.20	78.94
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	443.70	408.10	392.40
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	382.80	351.80	341.90
Masa Agua	[g]	60.90	56.30	50.50
Masa Suelo Seco	[g]	312.08	279.60	262.96
Contenido de Humedad	[g]	19.51	20.14	19.20
PROMEDIO	(%)		19.6	

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.2.2. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se llevó a cabo mediante tamizado, siguiendo las especificaciones de la norma ASTM D422.

Tabla 15

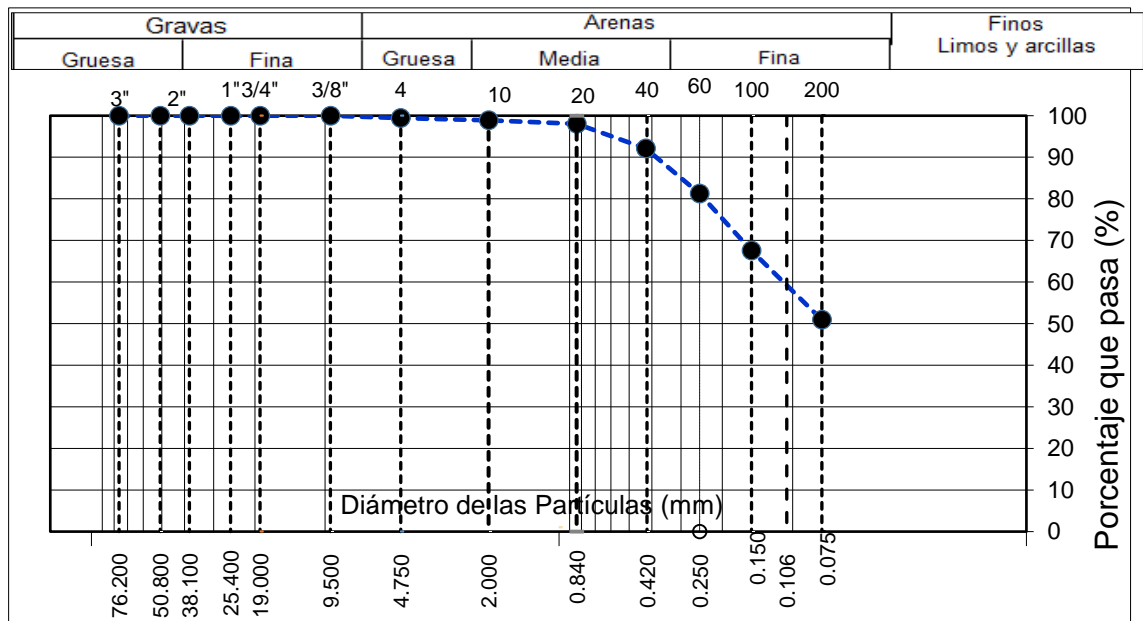
Resultados de análisis granulométrico zona II

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)	
10 in	254.000					Masa inicial seco : 208.0 gr. Masa Global : 208.0 gr.	
6 in	152.400						
5 in	127.000					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Contenido de Humedad (%) : 19.6 TAMAÑO MÁXIMO : 1/4 in Límite Líquido (LL): 39.00 Límite Plástico (LP): 24.00 Índice Plástico (IP): 15.00 Clasificación (SUCS) : CL Clasificación (AASHTO) : A-6 (5) Índice de Consistencia : 1.29	
4 in	101.600						
3 in	76.200						
2 1/2 in	60.350						
2 in	50.800						
1 1/2 in	38.100						
1 in	25.400						
3/4 in	19.000						
1/2 in	12.500						
3/8 in	9.500						
1/4 in	6.350				100.00		
Nº 4	4.750	1.23	0.59	0.59	99.41		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
Nº 8	2.360						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 10	2.000	1.03	0.50	1.09	98.91		Descripción (SUCS): Arcilla arenosa de baja plasticidad
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	1.77	0.85	1.94	98.06	Turba : --	
Nº 30	0.600					CU : 0.000 CC : 0.000	
Nº 40	0.425	12.35	5.94	7.87	92.13	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Grava > 2" : 0.00 Grava 2" - Nº 4 : 0.59 Arena Nº4 - Nº 200 : 48.49 Finos < Nº 200 : 50.92 %>3" : 0.0%	
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250	22.59	10.86	18.73	81.27		
Nº 100	0.150	28.57	13.73	32.47	67.53		
Nº 200	0.075	34.55	16.61	49.08	50.92		
< Nº 200	FONDO	105.92	50.92	100.00			

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

Figura 38

Gráfico de curva granulométrica zona II



Nota. Gráfico obtenido de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.2.3. Límites de Consistencia

Los límites líquido y plástico se determinaron de acuerdo con la norma (ASTM D4318, 2005)

Tabla 16

Resultados de límites de consistencia zona II

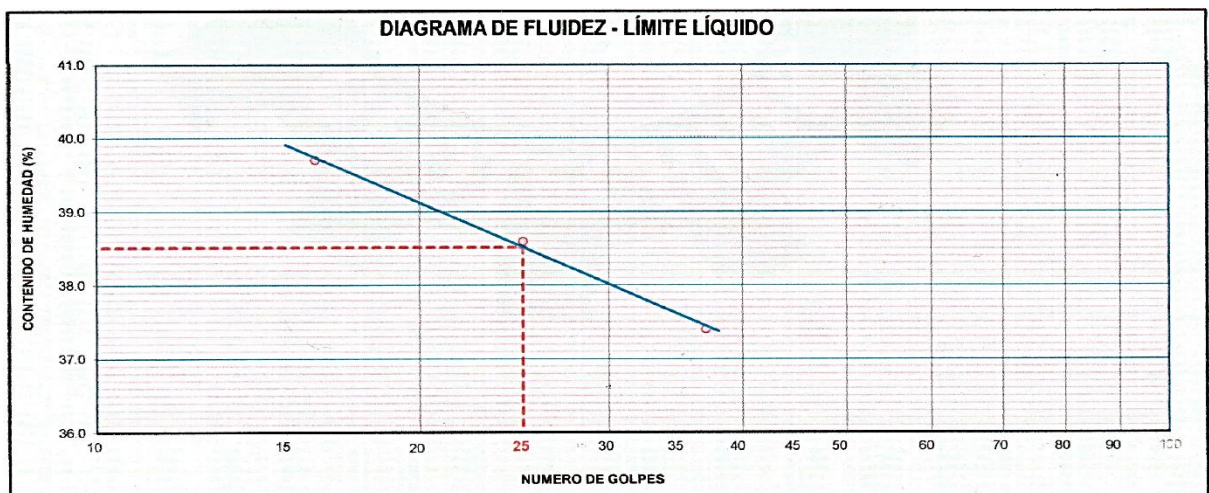
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nro. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03
MASA DE LA TARA	[g]	45.84	45.92	45.91
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	62.77	62.71	61.40
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	57.96	58.03	57.18
MASA DE AGUA	[g]	4.81	4.68	4.22
MASA DEL SUELO SECO	[g]	12.12	12.11	11.27
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.70	38.60	37.40
NUMERO DE GOLPES	n°	16	25	37

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)			
Nro. DE TARA			
MASA DE LA TARA	[g]	46.94	47.87
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	50.31	51.29
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.66	50.63
MASA DE AGUA	[g]	0.65	0.66
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.72	2.76
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.90	23.90

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

Figura 39

Grafico para determinar el límite líquido zona II



Nota. Gráfico obtenido de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.2.4. Gravedad Específica de los Sólidos (Gs)

Se realizó el ensayo de Gravedad Específica de los sólidos (Gs) según la Norma ASTM D 854-10; MTC 113-2000

Tabla 17

Resultados de gravedad específica de los sólidos (Gs) zona II

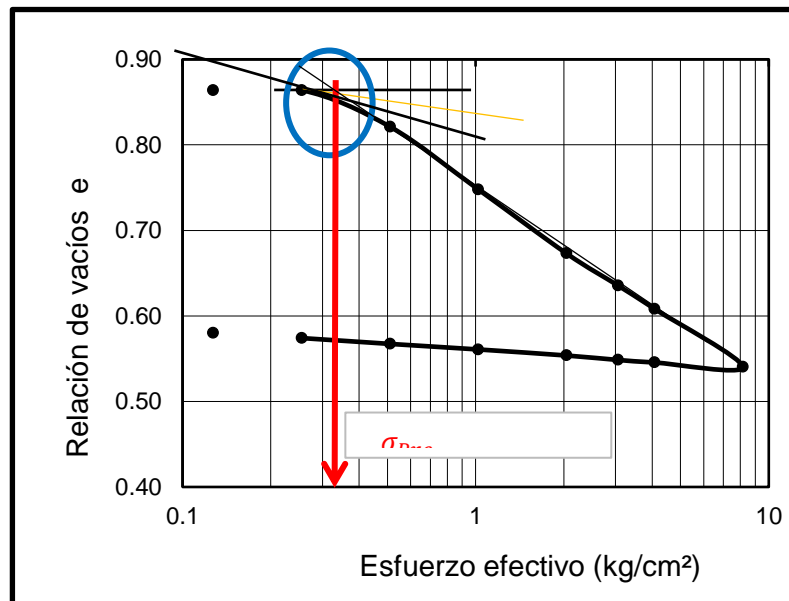
DATOS		
Número de fiola	A	B
Peso de suelo seco	58.00	58.00
Peso de fiola + agua destilada	162.10	162.10
Peso de fiola + agua destilada + suelo	198.05	198.10
Temperatura	20.7	20.7
Coefficiente de corrección a 20°C	0.99985	0.99985
Peso específico de sólidos	2.63	2.64
Gravedad específica de sólidos	2.63	2.64

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.2.5. Ensayo de Consolidación Unidimensional

Figura 40

Curva obtenida a partir de los datos de consolidación zona II



Nota. Se empleó el método de Casagrande para encontrar el esfuerzo de preconsolidación.

Tabla 18

Resultados de parámetros de consolidación

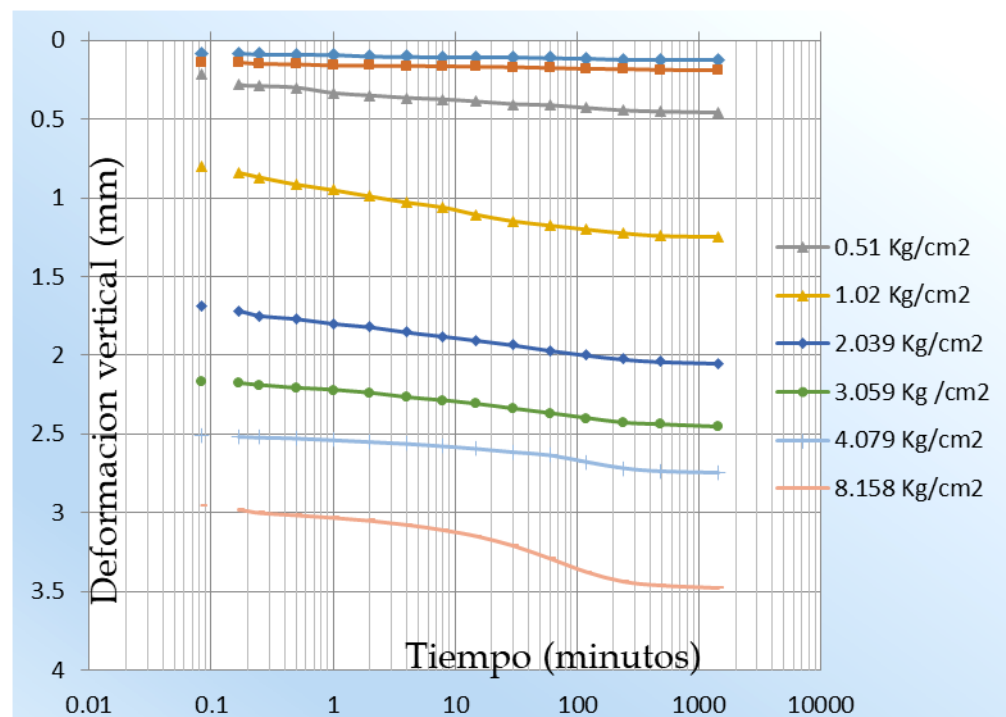
Índice de Compresibilidad (Cc)	0.2211
Índice de Re-compresión (Cs)	0.0230
Presión de Pre-consolidación (Kpa)	30.40

Nota. Parámetros para el cálculo de asentamientos por consolidación.

Figura 41

Resultados de curva de consolidación zona geotécnica II

6-CÁLCULO ETAPA DE CARGA								
Carga (Kpa)	Asentamiento (mm)	Altura del espécimen (mm)			t 50 (min)	t 90 (min)	Coeficiente De Consold. Cv (cm ² /min)	
		Final	Promedio	Drenado			t 50	t 90
50.00	0.36800	19.672	19.856	9.928	4.00	0.54	0.058209	5.314422
100.00	1.15600	18.884	19.278	9.639	3.70	0.36	0.022071	5.888557
200.00	1.96000	18.080	18.482	9.241	2.55	0.36	0.011758	6.941286
300.00	2.36400	17.676	17.878	8.939	6.70	0.38	0.197536	3.144629
400.00	2.65800	17.382	17.529	8.765	12.50	0.40	0.049632	6.561015
800.00	3.38900	16.651	17.017	8.508				
1600.00	0.00000							
3200.00	0.00000							



Nota. Gráfico para determinar los coeficientes de consolidación Cv.

4.1.3. Zona Geotécnica III

El sitio está ubicado en las coordenadas 15.865453°S, 69.993596°W. En este lugar se realizó una calicata a cielo abierto utilizando maquinaria pesada (retroexcavadora), alcanzando una profundidad de 4.45 m. La estratigrafía observada en el sondeo es la siguiente:

Tabla 19

Estratigrafía correspondiente a la zona geotécnica III

Profundidad (m)	Tipo de Suelo (perfil)	Tipo de Suelo (perfil)	γ (Tn/m ³)	Descripción del suelo
0.00 – 0.40	PT	Material Orgánico Turba	---	Zona de relleno
0.40 – 2.80	CL	Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad	1.71	Presencia de turba
2.80 – 4.55	ML	Limo de Baja Plasticidad	1.76	

Nota. Descripción básica de exploración directa a cielo abierto.

4.1.3.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad se determinó de acuerdo con la norma ASTM D2216.

Tabla 20

Resultados de contenido de humedad zona III

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 01	CH - 02	CH - 03
Masa Tara	[g]	70.72	72.20	78.94
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	494.32	373.65	402.91
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	397.78	304.59	330.24
Masa Agua	[g]	96.54	69.06	72.67
Masa Suelo Seco	[g]	327.06	232.39	251.30
Contenido de Humedad	[g]	29.52	29.72	28.92
PROMEDIO	(%)		29.4	

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.3.2. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se realizó mediante la norma ASTM D 422 a través de tamizado.

Tabla 21

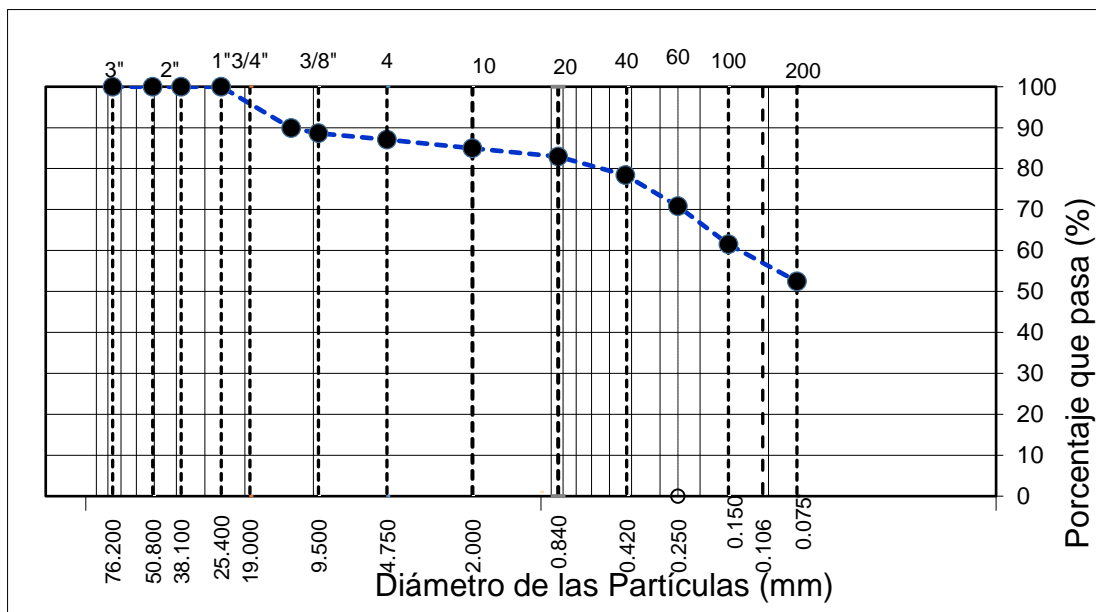
Resultados de análisis granulométrico zona III

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in	254.000					Masa inicial seco : 201.2 gr. Masa Global : 201.2 gr.
6 in	152.400					
5 in	127.000					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Contenido de Humedad (%): 29.4 TAMAÑO MÁXIMO : 3/4 in Limite Líquido (LL): 36.00 Limite Plástico (LP): 18.00 Índice Plástico (IP): 18.00 Clasificación (SUCS): CL Clasificación (AASHTO): A-6 (6) Índice de Consistencia : 0.37
4 in	101.600					
3 in	76.200					
2 1/2 in	60.350					
2 in	50.800					
1 1/2 in	38.100					
1 in	25.400					
3/4 in	19.000				100.00	
1/2 in	12.500	20.34	10.11	10.11	89.89	
3/8 in	9.500	2.48	1.23	11.34	88.66	
1/4 in	6.350					DESCRIPCIÓN DEL SUELO Descripción (AASHTO): MALO Descripción (SUCS): Arcilla arenosa de baja plasticidad Materia Orgánica : Turba : - CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 4	4.750	3.20	1.59	12.93	87.07	
Nº 8	2.360					
Nº 10	2.000	4.20	2.09	15.02	84.98	
Nº 16	1.190					
Nº 20	0.840	4.13	2.05	17.07	82.93	
Nº 30	0.600					
Nº 40	0.425	9.09	4.52	21.59	78.41	
Nº 50	0.300					
Nº 60	0.250	15.34	7.62	29.21	70.79	
Nº 100	0.150	18.71	9.30	38.51	61.49	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Grava > 2" : 0.00 Grava 2" - Nº 4 : 12.93 Arena Nº4 - Nº 200 : 34.62 Finos < Nº 200 : 52.45 %>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	18.20	9.04	47.55	52.45	
< Nº 200	FONDO	105.55	52.45	100.00		

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

Figura 42

Gráfico de curva granulométrica zona III



Nota. Gráfico obtenido de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.3.3. Límites de Consistencia

Los límites líquido y plástico se determinaron conforme a la norma (ASTM D4318, 2005)

Tabla 22

Resultados de límites de consistencia zona III

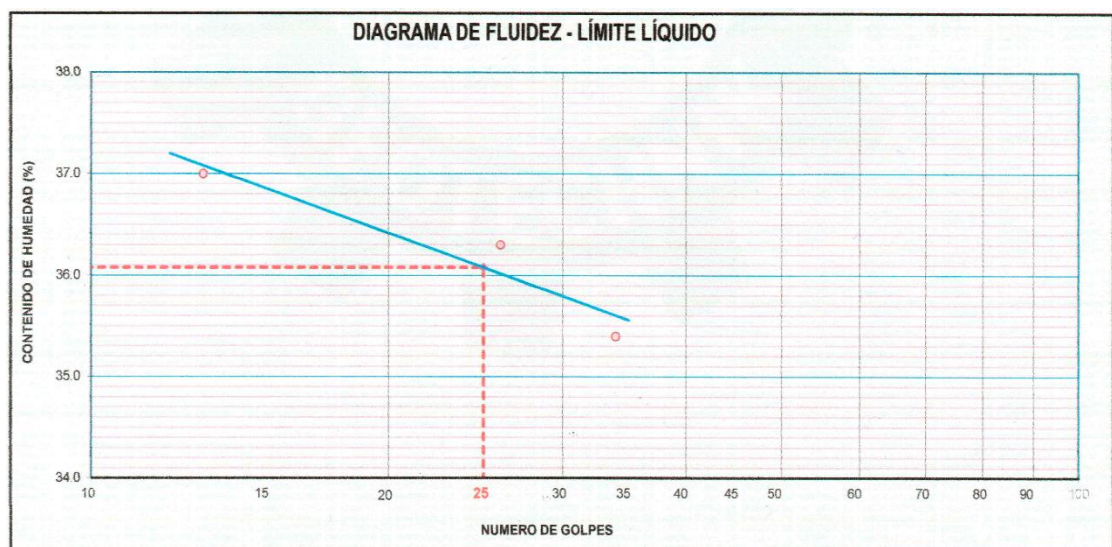
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nro. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03
MASA DE LA TARA	[g]	45.84	45.92	45.91
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	61.90	65.16	60.95
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	57.56	60.04	57.02
MASA DE AGUA	[g]	4.34	5.12	3.93
MASA DEL SUELO SECO	[g]	11.72	14.12	11.11
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		37.00	36.30	35.40
NUMERO DE GOLPES	n°	13	26	34

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)			
Nro. DE TARA			
	LC - 04	LC - 05	
MASA DE LA TARA	[g]	46.94	47.87
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	49.33	51.02
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	48.96	50.53
MASA DE AGUA	[g]	0.37	0.49
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.02	2.66
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.30	18.40

Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

Figura 43

Gráfico para obtener el límite líquido



Nota. Gráfico obtenido de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.3.4.Gravedad Específica de los Sólidos (Gs)

Se realizó el ensayo de Gravedad Específica de los sólidos (Gs) según la Norma ASTM D 854-10; MTC 113-2000

Tabla 23

Resultados de gravedad específica de los sólidos (Gs) zona III

Número de fiola	A	B
Peso de suelo seco	61.00	61.00
Peso de fiola + agua destilada	163.00	162.90
Peso de fiola + agua destilada + suelo	201.00	201.00
Temperatura	20.7	20.7
Coficiente de corrección a 20°C	0.99985	0.99985
Peso específico de sólidos	2.65	2.66
Gravedad específica de sólidos	2.65	2.66

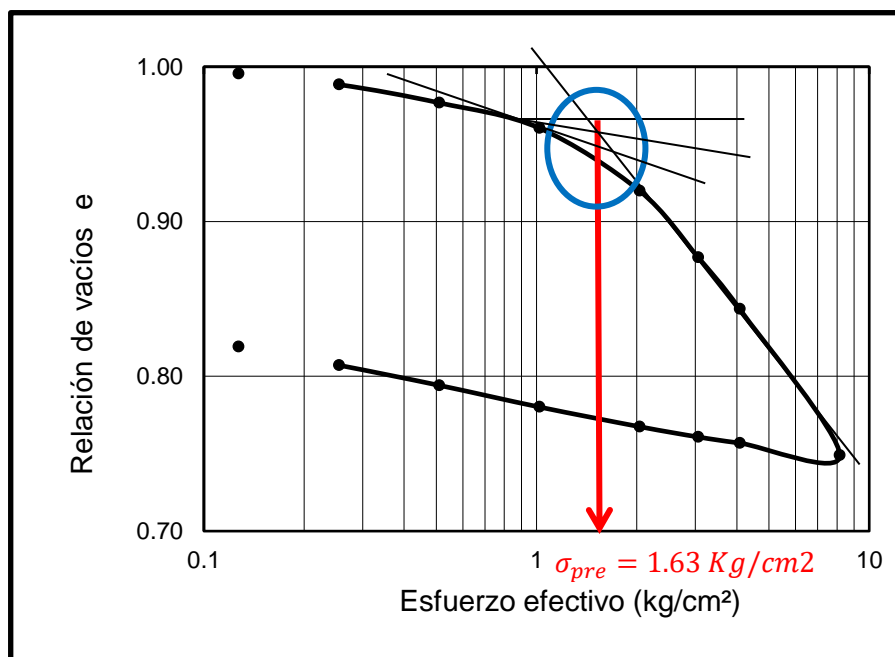
Nota. Datos obtenidos de G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.

4.1.3.5.Ensayo de Consolidación Unidimensional

El ensayo de consolidación unidimensional se efectuó de acuerdo con la norma ASTM D2435.

Figura 44

Resultados de curva de consolidación zona geotécnica III



Nota. Gráfico para encontrar el esfuerzo de preconsolidacion.

Tabla 24

Resultados de parámetros de consolidación zona III

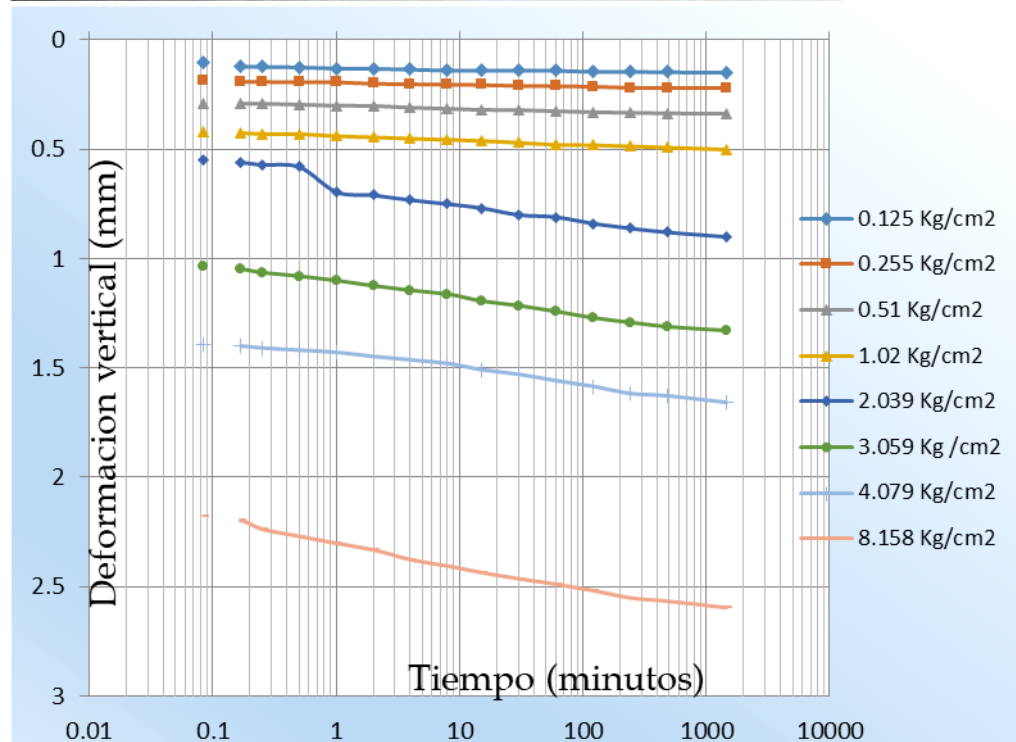
Índice de Compresibilidad (Cc)	0.2858
Índice de Re-compresión (Cs)	0.0422
Presión de Pre-consolidación (Kpa)	159.85

Nota. Los datos encontrados son analizados en función de la curva de compresibilidad de acuerdo al estado de esfuerzos en los que se encuentran.

Figura 45

Resultados de curva de consolidación zona geotécnica III

6-CÁLCULO ETAPA DE CARGA								
Carga (Kpa)	Asentamiento (mm)	Altura del espécimen (mm)			t 50 (min)	t 90 (min)	Coeficiente De Consol. Cv (cm ² /min)	
		Final	Promedio	Drenado			t 50	t 90
50.00	0.70610	19.264	19.432	9.716	4.00	0.54	0.032693	6.662463
100.00	1.20560	18.764	19.014	9.507	3.70	0.36	0.059442	6.337954
200.00	2.10660	17.863	18.314	9.157	2.55	0.36	0.136221	5.277337
300.00	3.43460	16.535	17.199	8.600	6.70	0.38	0.015819	5.756218
400.00	5.09460	14.875	15.705	7.853	12.50	0.40	0.068827	5.847464
800.00	7.69360	12.276	13.576	6.788			0.049039	6.201290
1600.00	0.00000							
3200.00	0.00000							



Nota. Gráfico para determinar los coeficientes de consolidación Cv.

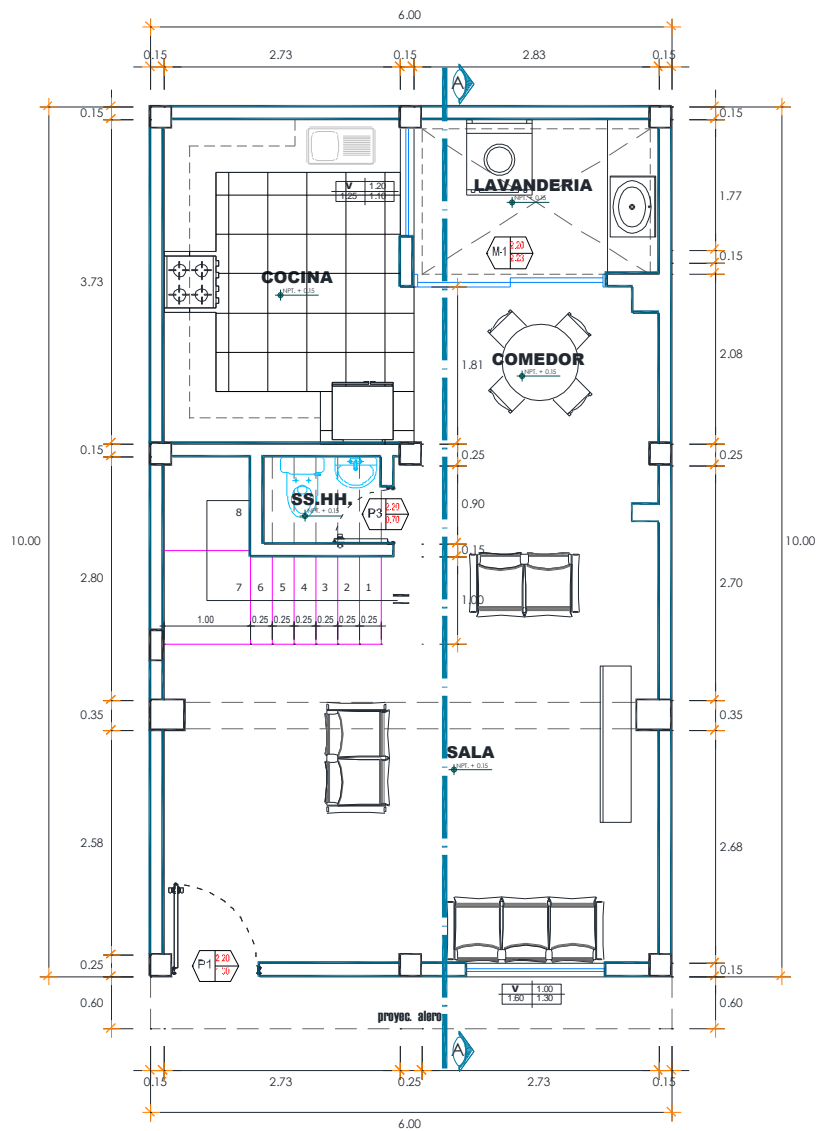
4.1.4. Propuesta de Configuración Estructural.

4.1.4.1. Descripción de la Edificación

La presente propuesta de edificación se basa en datos recolectados en la zona de estudio, donde predominan las viviendas (70%), seguidas por comercios (10%) y otras actividades (20%). El edificio está destinado a uso familiar (vivienda) y contará con una longitud de 10 m y un ancho de 6.00 m, proyectado para constar de 4 niveles.

Figura 46

Configuración arquitectónica de edificación primer nivel.

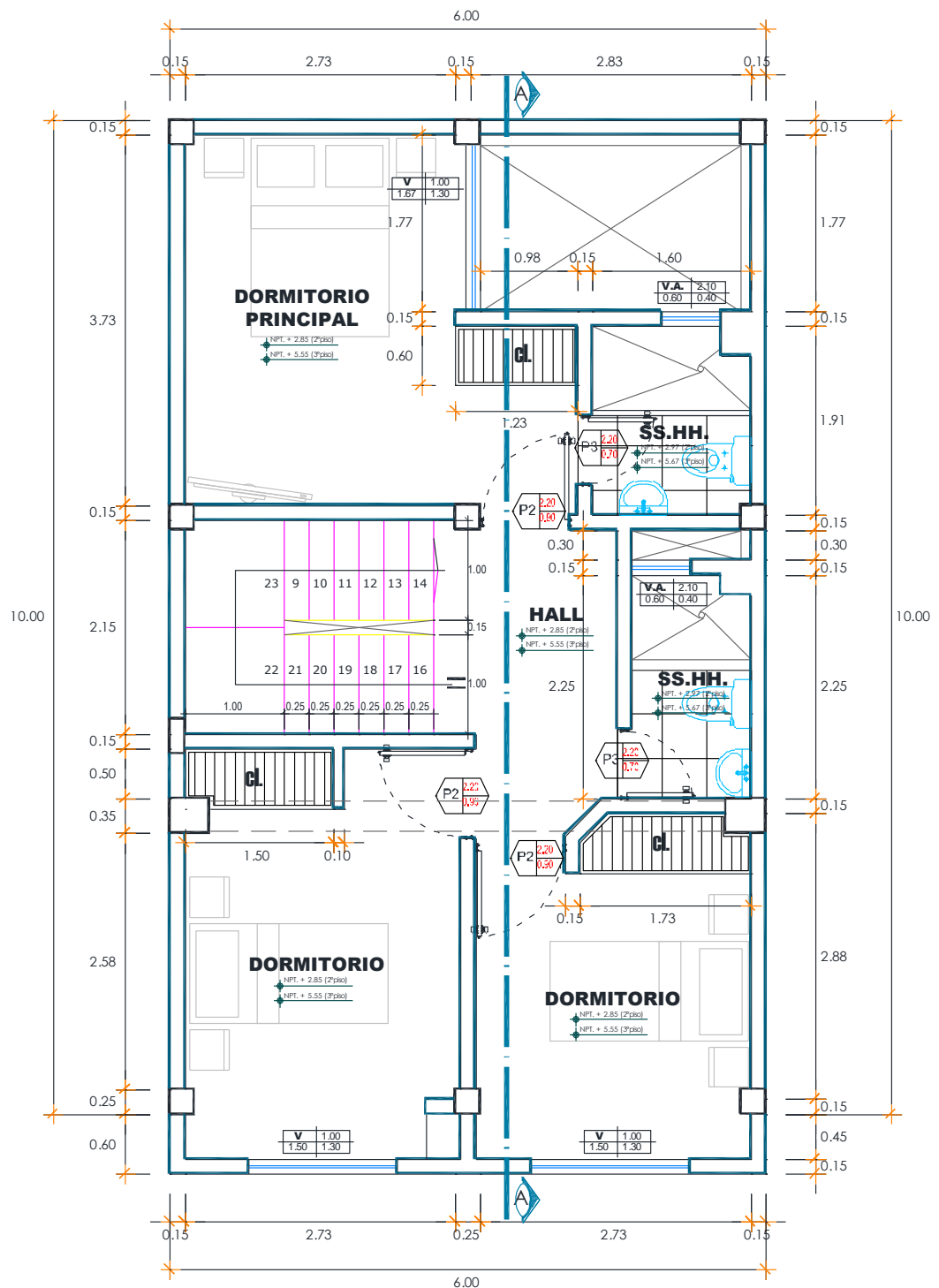


escada 1to
Planta Arquitectónica
1er PISO

Nota. Distribución típica para viviendas unifamiliares.

Figura 47

Configuración arquitectónica de edificación propuesta niveles superiores.



escala 1:50 **Planta Arquitectónica**
2do, 3er y 4to PISO

Nota. Distribución típica para viviendas unifamiliares.

Se propone un sistema estructural aporticado en ambas direcciones, X e Y. Los

muros de albañilería y tabiques no tendrán función estructural. El análisis de la vivienda se llevará a cabo únicamente con el objetivo de realizar el predimensionamiento de la cimentación (zapatas aisladas), Sin abordar el análisis ni el diseño estructural, ya que estos aspectos quedan fuera del alcance de la investigación.

4.1.4.2. Metrado de Cargas para Columnas

Como se mencionó anteriormente, solo se considerarán las cargas muertas y vivas que son transmitidas a las columnas, las cuales a su vez las transfieren a la cimentación, con el objetivo de obtener las solicitaciones totales para cada columna del edificio propuesto.

CALCULO DE CARGA MUERTA

Predimensionamiento de Losa aligerada

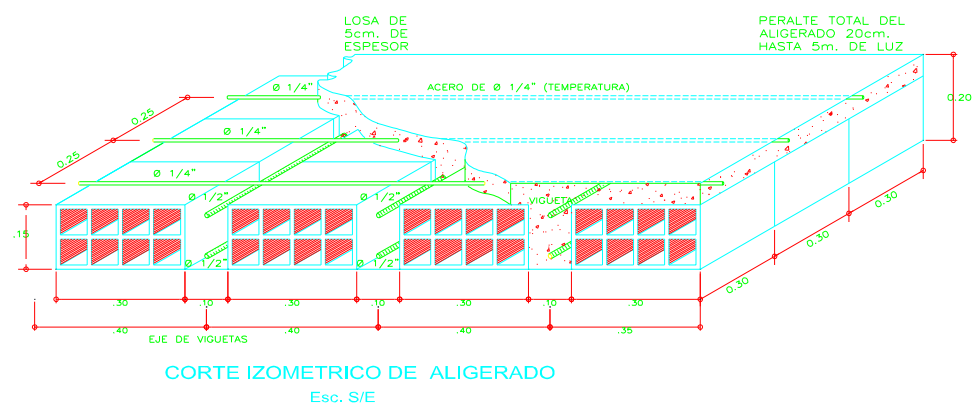
$$\text{Peralte (h)} = \text{Luz mayor} / 25 = 3.83 \text{ m} / 25 = 0.1532 \text{ m} = 0.20 \text{ m}$$

Se considerará una losa aligerada con un espesor de $h = 20 \text{ cm}$.

Según la norma E-020, para una losa de 20 cm de espesor se contempla una sobrecarga de 0.30 Ton/m^2 .

Figura 48

Detalle transversal de Losa Aligerada H=20cm



Nota. Detalle típico de losa aligerada.

Piso Terminado = 0.10 Ton/m^2

Tabiquería = 0.10 Ton/m^2

Acabados = 0.10 Ton/m²

Total, Carga Muerta = 0.60 Ton/m²

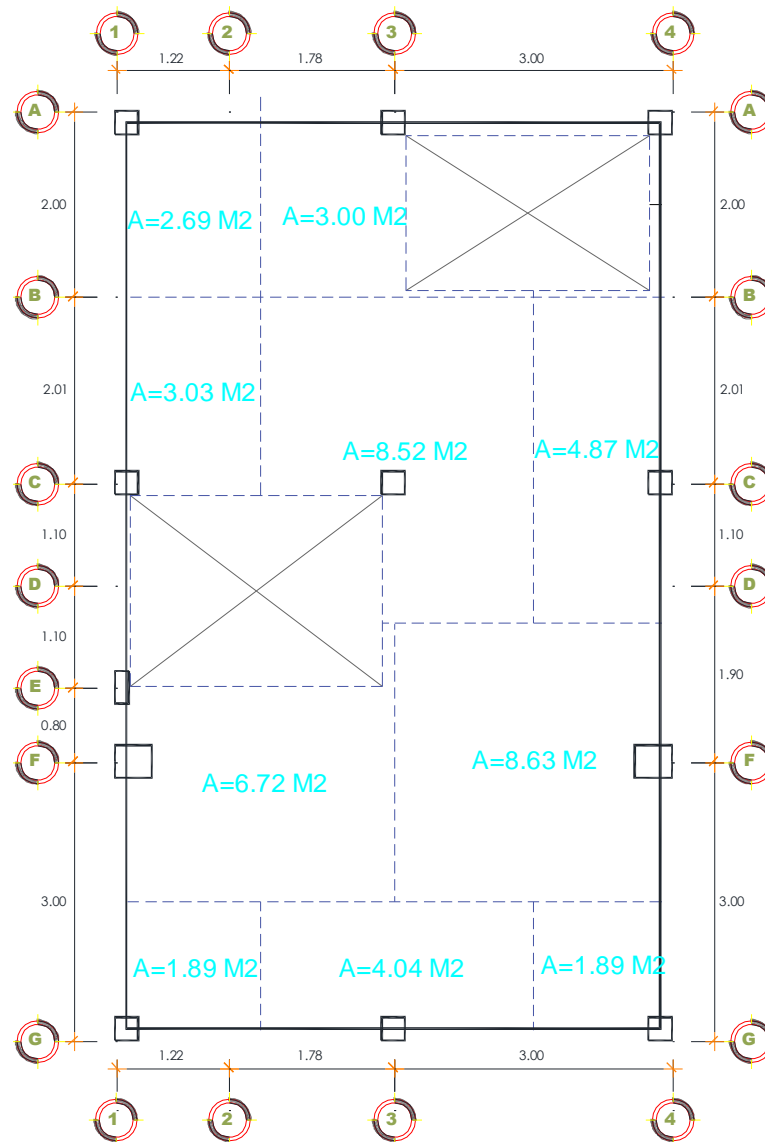
CALCULO DE CARGA VIVA

Para edificaciones destinadas a viviendas, la sobrecarga por carga viva se establece en 0.25 Ton/m². De este modo, la carga de servicio total (CM + CV) es de 0.85 Ton/m².

AREAS TRIBUTARIAS DE LA EDIFICACION

Figura 49

Area de influencia para cada columna



Nota. Para la distribución de áreas se tomó como referencia los ejes.

Una vez obtenidas las cargas muertas (CM), las cargas vivas (CV) y las áreas tributarias, se procederá al cálculo de las solicitaciones (carga de servicio) que se transmiten a la cimentación.

4.1.4.3. Verificaciones del dimensionamiento de zapatas.

Se tomara como referencia la capacidad admisible del suelo en la zona de estudio, según la zonificación geotécnica realizada por la Municipalidad Provincial de Puno en 2016, se encuentra en el rango de 1.00 kg/cm² a 1.20 kg/cm². Se considerará una capacidad admisible de 1.00 kg/cm² (equivalente a 10 Tn/m²), ya que es el valor más crítico. Además, se llevará a cabo el análisis para las columnas con mayor área tributaria, incluyendo las centrales, medianeras y de esquina.

Tabla 25

Dimensionamiento y verificación de zapata concéntrica

Datos arq			Calculo			Tipo	SUPERF	
L1	3.00	m	At	8.52	m2	Ac	5.06	m2
L2	3.00	m	Pm	24.68	t	x	0.95	m
L3	4.00	m	Pm		t	A sug	2.25	m
L4	3.00	m	Pm	24.68	t	A def	2.00	m
Cm1	0.60	t/m2	Pv	10.22	t	B	2.00	m
Cv1	0.30	t/m2	Ps	34.91	t	q1a	8.71	OK
Pisos	4	u	Mma	0.86	t-m	q1b	8.71	OK
qa	10	t/m2	Mma		t-m	d	0.40	m
a	0.35	m	Mma	0.86	t-m	Tipo	MED	
b	0.35	m	Mva	0.36	t-m	Dimensiones		
rec	0.075	m	Msa	1.22	t-m	A	2.00	m
			Mmb	0.86	t-m	B	2.00	m
fc	210	kg/cm2	Mvb	0.36	t-m	H	0.40	m
fy	4200	kg/cm2	Msb	1.22	t-m	Hf		m

Nota. Cálculo de cargas, momentos, verificación de esfuerzos y dimensionamiento de zapata central.

Tabla 26

Dimensionamiento y verificación de zapata medianera

Datos arq			Calculo			Tipo	SUPERF	
L1	3.00	m	At	8.63	m ²	Ac	5.08	m ²
L2	3.00	m	Pm	24.65	t	x	0.96	m
L3	4.00	m	Pm		t	A sug	2.31	m
L4	3.00	m	Pm	24.65	t	A def	2.05	m
Cm1	0.60	t/m ²	Pv	10.36	t	B	2.00	m
Cv1	0.30	t/m ²	Ps	35.00	t	q1a	9.54	OK
Pisos	4	u	Mma	0.99	t-m	q1b	9.43	OK
qa	10	t/m ²	Mma		t-m	d	0.40	m
a	0.40	m	Mma	0.99	t-m	Tipo	MEDIANERA	
b	0.35	m	Mva	0.41	t-m	Dimensiones		
rec	0.075	m	Msa	1.40	t-m	A	2.05	m
			Mmb	0.86	t-m	B	2.00	m
fc	210	kg/cm ²	Mvb	0.36	t-m	H	0.40	m
fy	4200	kg/cm ²	Msb	1.23	t-m	Hf		m

Nota. Cálculo de cargas, momentos, verificación de esfuerzos y dimensionamiento de zapata medianera.

Tabla 27

Dimensionamiento y verificación de zapata esquinera

Datos arq			Calculo			Tipo	SUPERF	
L1	2.00	m	At	2.69	m ²	Ac	1.64	m ²
L2	1.50	m	Pm	8.08	t	x	0.47	m
L3		m	Pm		t	A sug	1.28	m
L4		m	Pm	8.08	t	A def	1.30	m
Cm1	0.60	t/m ²	Pv	3.23	t	B	1.30	m
Cv1	0.30	t/m ²	Ps	11.31	t	q1a	7.77	OK
Pisos	4	u	Mma	0.28	t-m	q1b	7.77	OK
qa	10	t/m ²	Mma		t-m	d	0.40	m
a	0.35	m	Mma	0.28	t-m	Tipo	ESQUINERA	
b	0.35	m	Mva	0.11	t-m	Dimensiones		
rec	0.075	m	Msa	0.40	t-m	A	1.30	m
			Mmb	0.28	t-m	B	1.30	m
fc	210	kg/cm ²	Mvb	0.11	t-m	H	0.40	m
fy	4200	kg/cm ²	Msb	0.40	t-m	Hf		m

Nota. Cálculo de cargas, momentos, verificación de esfuerzos y dimensionamiento de zapata esquinera.

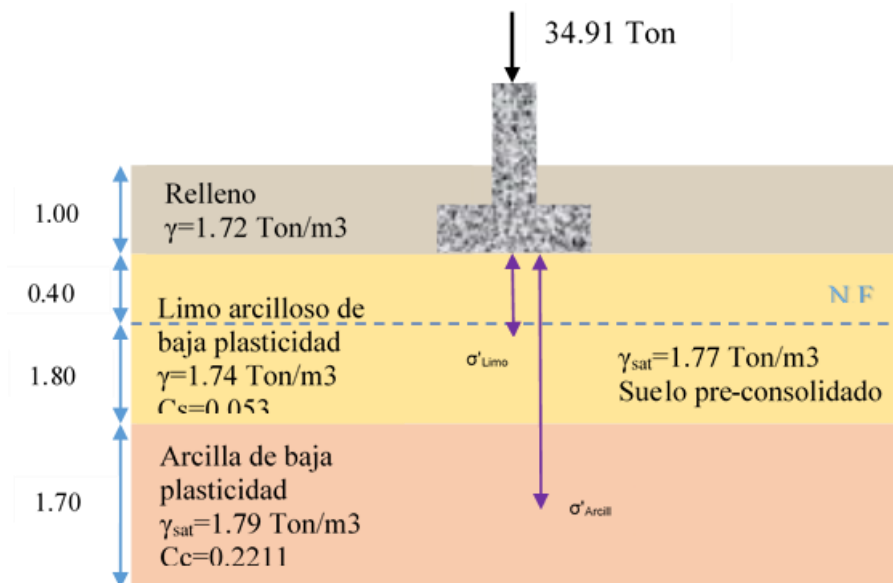
4.1.5. Cálculo de Asentamiento Real por Consolidación

Para evaluar el asentamiento por consolidación primaria de la construcción sugerida, se considerarán los resultados de consolidación y los pesos específicos de los diversos estratos, los cuales se conseguirán a través de pruebas en laboratorio. El estudio se realizará sobre la base de la zapata con mayor carga, además de las zapatas medias y de las esquinas, teniendo en cuenta las distintas áreas geotécnicas I, II y III.

4.1.5.1. Asentamiento por Consolidación Primaria de la Zona Geotécnica I

Figura 50

Estratigrafía y análisis de asentamiento por consolidación primaria zona geotécnica I



Nota. Estratigrafía de suelo, análisis de asentamiento por consolidación al centro de cada estrato de arcilla.

4.1.5.1.1. Estimación de asentamiento en zapata central

1. Cálculo del esfuerzo efectivo σ' aplicado en el terreno en cada mitad de los estratos de arcilla.

Estrato de color amarillo de la figura 50.

$$\sigma' = (1.00 \times 1.72) + (0.40 \times 1.74) + (0.70 \times (1.77 - 1.00)) = 2.96 \text{ Ton/m}^2$$

Estrato de color naranja de la figura 50.

$$\sigma' = (1.00 \times 1.72) + (0.40 \times 1.74) + (1.80 \times 0.77) + (0.85 \times 0.79) = 4.47 \text{ Ton/m}^2$$

2. Carga neta en el fondo de la base

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{34.91}{2.00 \times 2.00} - 1.00 \times 1.72 = 7.00 \text{ Ton/m}^2$$

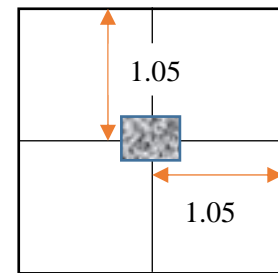
3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 28

$\Delta\sigma_{prom}$ estrato CL zapata central zona I

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 4qI$
1.00	1.05	1.05	0.1811	5.07
2.10	1.05	1.05	0.0840	2.35
3.20	1.05	1.05	0.0436	1.22



$$\Delta\sigma_{prom}' = \frac{5.07 + 4 \times 2.35 + 1.22}{6} = 2.62 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 29

$\Delta\sigma_{prom}$ estrato SC zapata central zona I

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 4qI$
3.20	1.05	1.05	0.0436	1.22
3.75	1.05	1.05	0.0331	0.93
4.80	1.05	1.05	0.0212	0.59

$$\Delta\sigma_{prom}' = \frac{1.22 + 4 \times 0.93 + 0.59}{6} = 0.92 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato de arcilla inorgánica (terreno preconsolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_0'} = \frac{0.053 \times 2.2}{1 + 1.52} \log \frac{2.96 + 2.62}{2.96} = 0.01274 \text{ m}$$

$$\cong 1.27 \text{ cm}$$

Estrato de arcilla limosa (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 1.7}{1 + 0.86} \log \frac{4.47 + 0.92}{4.47} = 0.0164 \text{ m}$$

$$\cong 1.64 \text{ cm}$$

La sumatoria del asentamiento será de 1.27 cm más 1.64 cm, lo que da un total de 2.91 cm para la zapata central.

4.1.5.1.2. Estimación de asentamiento en zapata medianera

1. Los esfuerzos efectivos iniciales ejercidos en cada mitad de los estratos de arcilla son los mismos 2.96 ton/m² y 4.47 ton/m²
2. Carga neta en el fondo de la base medianera

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{35.00}{2.00 \times 2.05} - 1.00 \times 1.72 = 6.82 \text{ Ton/m}^2$$

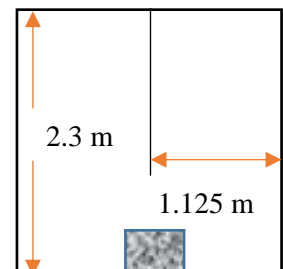
3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 30

$\Delta\sigma_{prom}$ estrato CL zapata intermedia zona I

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 2qI$
1.00	1.125	2.30	0.2101	2.87
2.10	1.125	2.30	0.1296	1.77
3.20	1.125	2.30	0.0797	1.09



$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{2.87 + 4 \times 1.77 + 1.09}{6} = 1.84 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 31 *$\Delta\sigma_{prom}$ estrato SC zapata intermedia zona I*

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 2ql$
3.20	1.125	2.30	0.0797	1.09
3.75	1.125	2.30	0.0638	0.87
4.80	1.125	2.30	0.0435	0.59

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{1.09 + 4 \times 0.87 + 0.59}{6} = 0.86 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato de arcilla inorgánica (terreno preconsolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.053 \times 2.2}{1 + 1.52} \log \frac{2.96 + 1.84}{2.96} = 0.0097 \text{ m}$$

$$\cong 0.97 \text{ cm}$$

Estrato de arcilla limosa (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 1.7}{1 + 0.86} \log \frac{4.47 + 0.86}{4.47} = 0.0154 \text{ m} \cong 1.54 \text{ cm}$$

El asentamiento final sera de 0.97 cm + 1.54 cm = 2.51 cm

4.1.5.1.3. Estimación de asentamiento en zapata esquinera

1. Los esfuerzos efectivos iniciales ejercidos en cada mitad de los estratos de arcilla son los mismos 2.96 ton/m² y 4.47 ton/m²

2. Carga neta en el fondo de la base esquinera

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{11.31}{1.30 \times 1.30} - 1.00 \times 1.72 = 4.97 \text{ Ton/m}^2$$

3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla

(superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 32

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona I

z	x	y	l	$\Delta\sigma = ql$
1.00	1.30	1.30	0.2037	1.01
2.10	1.30	1.30	0.1110	0.55
3.20	1.30	1.30	0.0617	0.31

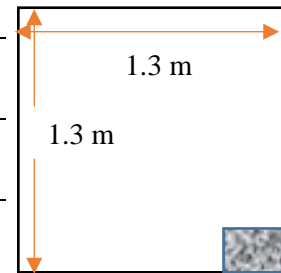
$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{1.01 + 4 \times 0.55 + 0.31}{6} = 0.59 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 33

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato SC zapata esquina zona I

z	x	y	l	$\Delta\sigma = ql$
3.20	1.30	1.30	0.0617	0.31
3.75	1.30	1.30	0.0478	0.24
4.80	1.30	1.30	0.0312	0.16



$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{0.31 + 4 \times 0.24 + 0.16}{6} = 0.24 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato de arcilla inorgánica (terreno preconsolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.053 \times 2.2}{1 + 1.52} \log \frac{2.96 + 0.59}{2.96} = 0.0036 \text{ m}$$

$$\cong 0.36 \text{ cm}$$

Estrato de arcilla limosa (terreno normalmente consolidado)

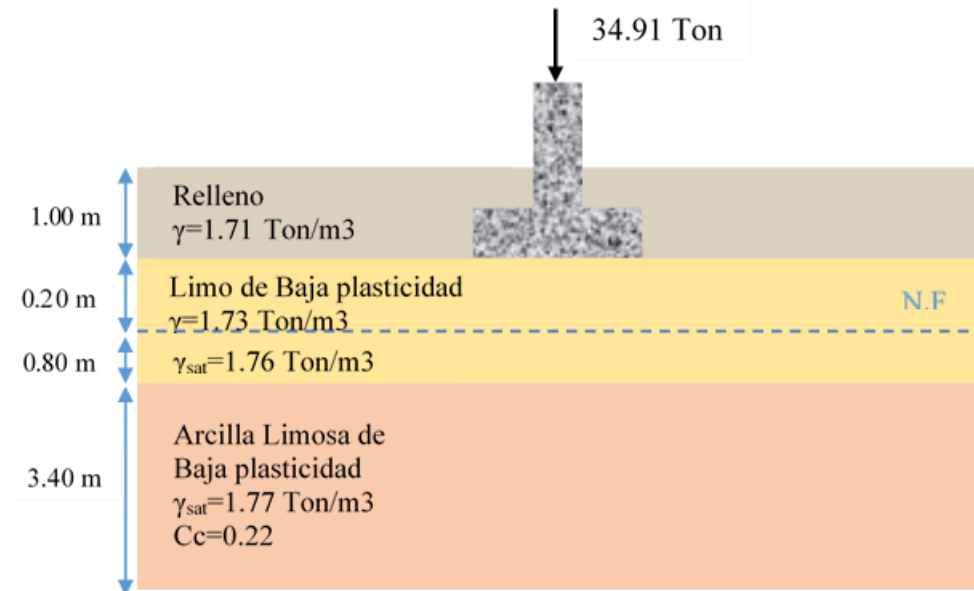
$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.226 \times 1.7}{1 + 0.86} \log \frac{4.47 + 0.24}{4.47} = 0.0046 \text{ m} \cong 0.46 \text{ cm}$$

El asentamiento final será de 0.36 cm + 0.46 cm = 0.82 cm

4.1.5.2. Asentamiento por Consolidación Primaria de la Zona Geotécnica II

Figura 51

Estratigrafía y análisis de asentamiento por consolidación primaria zona geotécnica II



Nota. Estratigrafía de suelo, análisis de asentamiento por consolidación al centro de cada estrato de arcilla.

4.1.5.2.1. Estimación de asentamiento en zapata central

1. Cálculo del esfuerzo efectivo σ' aplicado en el terreno en cada mitad de los estratos de arcilla.

Estrato de color amarillo de la figura 51.

$$\sigma' = (1.00 \times 1.71) + (0.20 \times 1.73) + (0.30 \times 0.76) = 2.28 \text{ Ton/m}^2$$

Estrato de color naranja de la figura 51.

$$\sigma' = (1.00 \times 1.71) + (0.20 \times 1.73) + (0.80 \times 0.76) + (1.70 \times 0.77) = 3.97 \text{ Ton/m}^2$$

2. Carga neta en el fondo de la base central

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{34.91}{2 \times 2} - 1.00 \times 1.71 = 7.02 \text{ Ton/m}^2$$

3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)



$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 34

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata central zona II

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 4qI$
1.00	1	1	0.17522	4.92
1.50	1	1	0.12104	3.40
2.00	1	1	0.08403	2.36
				$\Delta\sigma_{prom} = \frac{4.92 + 4 \times 3.40 + 2.36}{6} = 3.48 \text{ Ton/m}^2$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 35

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata central zona II

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 4qI$
2.00	1	1	0.08403	2.36
3.70	1	1	0.03108	0.87
5.40	1	1	0.01549	0.44
				$\Delta\sigma_{prom} = \frac{2.36 + 4 \times 0.87 + 0.44}{6} = 1.05 \text{ Ton/m}^2$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato de arcilla limosa (terreno pre-consolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.053 \times 1.0}{1 + 1.52} \log \frac{2.28 + 3.48}{2.28} = 0.0085 \text{ m}$$

$$\cong 0.85 \text{ cm}$$

Estrato de arcilla limosa (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 3.4}{1 + 0.86} \log \frac{3.97 + 1.05}{3.97} = 0.0412 \text{ m}$$

$$\cong 4.12 \text{ cm}$$

El asentamiento final consolidación será de $0.85 + 4.12 \cong 4.97 \text{ cm}$

4.1.5.2.2. Estimación de asentamiento en zapata medianera

1. Los esfuerzos efectivos iniciales ejercidos en cada mitad de los estratos de arcilla son los mismos 2.28 ton/m² y 3.97 ton/m²

2. Carga neta en el fondo de la base medianera

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{35.00}{2.00 \times 2.05} - 1.00 \times 1.71 = 6.82 \text{ Ton/m}^2$$

3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 36 *$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata medianera zona II*

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 2qI$
1.00	1.125	2.30	0.21014	2.87
1.50	1.125	2.30	0.17063	2.33
2.00	1.125	2.30	0.13574	1.85

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{2.87 + 4 \times 2.33 + 1.85}{6} = 2.34 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 37 *$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata medianera zona II*

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 2qI$
2.00	1.125	2.30	0.13574	1.85
3.70	1.125	2.30	0.06502	0.89
5.40	1.125	2.30	0.03576	0.49

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{1.85 + 4 \times 0.89 + 0.49}{6} = 0.98 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Para el estrato CL (terreno Pre-consolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.053 \times 1.0}{1 + 1.52} \log \frac{2.28 + 2.34}{2.28} = 0.0065 \text{ m} \cong 0.65 \text{ cm}$$

Para el estrato CL (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 3.4}{1 + 0.86} \log \frac{3.97 + 0.98}{3.97} = 0.0387 \text{ m}$$

$$\cong 3.87 \text{ cm}$$

El asentamiento final por consolidación será de $0.65 + 3.87 \cong 4.52 \text{ cm}$

4.1.5.2.3. Estimación de Asentamiento en zapata Esquinera

1. Los esfuerzos efectivos iniciales ejercidos en cada mitad de los estratos de arcilla son los mismos 2.28 ton/m² y 3.97 ton/m²

2. Carga neta en el fondo de la base esquinera

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{11.31}{1.30 \times 1.30} - 1.00 \times 1.71 = 4.98 \text{ Ton/m}^2$$

3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 38

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona II

z	x	y	l	$\Delta\sigma = ql$
1.00	1.30	1.30	0.20367	1.01
1.50	1.30	1.30	0.15687	0.78
2.00	1.30	1.30	0.1176	0.59

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{1.01 + 4 \times 0.78 + 0.59}{6} = 0.79 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 39

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona II

z	x	y	l	$\Delta\sigma = ql$
2.00	1.30	1.30	0.1176	0.59
3.70	1.30	1.30	0.04885	0.24
5.40	1.30	1.30	0.02523	0.13

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{0.59 + 4 \times 0.24 + 0.13}{6} = 0.28 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato CL (terreno Pre-consolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.053 \times 1.0}{1 + 1.52} \log \frac{2.28 + 0.79}{2.28} = 0.0027 \text{ m}$$

$$\cong 0.27 \text{ cm}$$

Estrato CL (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 3.4}{1 + 0.86} \log \frac{3.97 + 0.28}{3.97} = 0.0119 \text{ m}$$

$$\cong 1.20 \text{ cm}$$

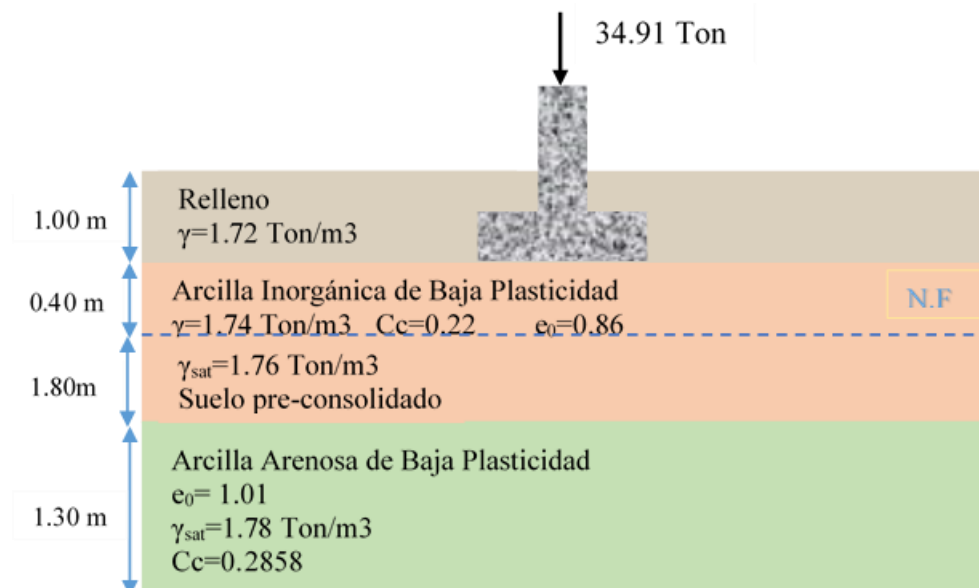
El asentamiento final por consolidación será de $0.27 + 1.20 \cong 1.47 \text{ cm}$

4.1.5.3. Asentamiento por Consolidación Primaria de la Zona

Geotécnica III

Figura 52

Estratigrafía y análisis de asentamiento por consolidación primaria zona geotécnica II



Nota. Estratigrafía de suelo, análisis de asentamiento por consolidación al centro de cada estrato de arcilla.

4.1.5.3.1. Estimación de asentamiento en zapata central

1. Cálculo del esfuerzo efectivo σ' aplicado en el terreno en cada mitad de los estratos de arcilla.

Estrato de color naranja de la figura 52.

$$\sigma' = (1.00 \times 1.72) + (0.40 \times 1.74) + (0.90 \times 0.76) = 3.10 \text{ Ton/m}^2$$

Estrato de color verde de la figura 52.

$$\sigma' = (1.00 \times 1.72) + (0.40 \times 1.74) + (1.80 \times 0.76) + (0.65 \times 0.78) = 4.29 \text{ Ton/m}^2$$

2. Carga neta en el fondo de la base central

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{34.91}{2 \times 2} - 1.00 \times 1.72 = 7.00 \text{ Ton/m}^2$$

3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 40

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata central zona III

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 4qI$
1.00	1	1	0.17522	4.91
2.10	1	1	0.07839	2.20
3.20	1	1	0.04008	1.12

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{4.91 + 4 \times 2.20 + 1.12}{6} = 2.47 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 41

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato ML zapata central zona III

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 4qI$
3.20	1	1	0.04008	1.12
3.85	1	1	0.02895	0.81
4.50	1	1	0.02178	0.61

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{1.12 + 4 \times 0.81 + 0.61}{6} = 0.83 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato CL (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 2.20}{1 + 0.86} \log \frac{3.10 + 2.47}{3.10} = 0.067 \text{ m}$$

$$\cong 6.65 \text{ cm}$$

Estrato ML (terreno preconsolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.04 \times 1.30}{1 + 1.01} \log \frac{4.29 + 0.83}{4.29} = 0.002 \text{ m} \cong 0.20 \text{ cm}$$

El asentamiento final por consolidación será de $6.50 + 0.20 \cong 6.70 \text{ cm}$

4.1.5.3.2. Estimación de asentamiento en zapata medianera

1. Los esfuerzos efectivos iniciales ejercidos en cada mitad de los estratos de arcilla son los mismos 3.10 ton/m² y 4.29 ton/m²

2. Carga neta en el fondo de la base medianera

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{35.00}{2.00 \times 2.05} - 1.00 \times 1.72 = 6.82 \text{ Ton/m}^2$$

3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 42

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata medianera zona III

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 2ql$
1.00	2.30	1.125	0.2101	2.87
2.10	2.30	1.125	0.1296	1.77
3.20	2.30	1.125	0.0797	1.09

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{2.87 + 4 \times 1.77 + 1.09}{6} = 1.84 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 43

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato ML zapata medianera zona III

z	x	y	l	$\Delta\sigma = 2ql$
3.20	2.30	1.125	0.0797	1.09
3.85	2.30	1.125	0.0613	0.84
4.50	2.30	1.125	0.0483	0.66

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{1.09 + 4 \times 0.84 + 0.66}{6} = 0.85 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato CL (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 2.20}{1 + 0.86} \log \frac{3.10 + 1.84}{3.10} = 0.0529 \text{ m}$$

$$\cong 5.29 \text{ cm}$$

Estrato ML (terreno preconsolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.04 \times 1.30}{1 + 1.01} \log \frac{4.29 + 0.85}{4.29} = 0.002 \text{ m} \cong 0.20 \text{ cm}$$

El asentamiento final por consolidación será de $5.29 + 0.20 \cong 5.49 \text{ cm}$

4.1.5.3.3. Estimación de asentamiento en zapata esquinera

1. Los esfuerzos efectivos iniciales ejercidos en cada mitad de los estratos de arcilla son los mismos 3.10 ton/m² y 4.29 ton/m²

2. Carga neta en el fondo de la base esquinera

$$q = \frac{P}{A} - D_f \gamma = \frac{11.31}{1.30 \times 1.30} - 1.00 \times 1.72 = 4.97 \text{ Ton/m}^2$$

3. Aumento promedio de esfuerzos: Se calcula en las capas de arcilla (superior, media e inferior)

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\Delta\sigma_s + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_i}{6}$$

Tabla 44

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato CL zapata esquina zona III



z	x	y	l	$\Delta\sigma = ql$
1.00	1.30	1.30	0.2037	1.01
2.10	1.30	1.30	0.1110	0.55
3.20	1.30	1.30	0.0617	0.31

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{1.01 + 4 \times 0.55 + 0.31}{6} = 0.59 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

Tabla 45

$\Delta\sigma_{prom}$ para el estrato ML zapata esquina zona III

z	x	y	l	$\Delta\sigma = ql$
3.20	1	1	0.0617	0.31
3.85	1	1	0.0457	0.23
4.50	1	1	0.0349	0.17

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{0.31 + 4 \times 0.23 + 0.17}{6} = 0.23 \text{ Ton/m}^2$$

Nota. Incremento de esfuerzo promedio método de Boussinesq.

4. Estimación de asentamiento por consolidación primaria

Estrato CL (terreno normalmente consolidado)

$$S_t = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.221 \times 2.20}{1 + 0.86} \log \frac{3.10 + 0.59}{3.10} = 0.020 \text{ m}$$

$$\cong 1.98 \text{ cm}$$

Estrato ML (terreno preconsolidado)

$$S_t = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{0.04 \times 1.3}{1 + 1.01} \log \frac{4.29 + 0.23}{4.29} = 0.006 \text{ m} \cong 0.06 \text{ cm}$$

El asentamiento final por consolidación será de $1.98 + 0.06 \cong 2.04 \text{ cm}$

4.1.6. Cálculo de la Tasa de Consolidación.

Para el cálculo de la tasa de consolidación, es necesario conocer las deformaciones vs tiempo de las diferentes cargas, estos datos son obtenidos de las curvas de consolidación y datos leídos en laboratorio, posterior a ello se determinará el coeficiente de consolidación C_v tanto por el método de Casagrande y método de la raíz cuadrada o más conocido como método de

Taylor, finalmente se realizara la correlación del asentamiento vs el tiempo en que tarda en consolidarse los estratos encontrados en las diferentes zonas geotécnicas.

Tabla 46

Tasa de consolidación zona geotécnica I para $\delta=2.91$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA I ZAPATA CENTRAL				Carga	34.91	TON
				Dh	2.91	cm
				Espesor h:	350	cm
				Cv	4.60E-03	CM2/SEG
U (%)	Tv	tiempo (Seg)	tiempo (días)	tiempo (años)	def (cm)	
0	0	0	0			
3	0.001	18824	0	0.00	0.09	
6	0.003	75296	1	0.00	0.17	
9	0.006	169416	2	0.01	0.26	
12	0.011	301183	3	0.01	0.35	
15	0.018	470599	5	0.01	0.44	
18	0.025	677662	8	0.02	0.52	
21	0.035	922373	11	0.03	0.61	
24	0.045	1204732	14	0.04	0.70	
27	0.057	1524740	18	0.05	0.79	
30	0.071	1882395	22	0.06	0.87	
33	0.086	2277697	26	0.07	0.96	
36	0.102	2710648	31	0.09	1.05	
39	0.119	3181247	37	0.10	1.13	
42	0.139	3689493	43	0.12	1.22	
45	0.159	4235388	49	0.13	1.31	
48	0.181	4818930	56	0.15	1.40	
51	0.204	5440120	63	0.17	1.48	
54	0.229	6098958	71	0.19	1.57	
57	0.255	6795444	79	0.22	1.66	
60	0.283	7529578	87	0.24	1.75	
63	0.318	8464957	98	0.27	1.83	
66	0.352	9377380	109	0.30	1.92	
69	0.390	10374140	120	0.33	2.01	
72	0.431	11472433	133	0.36	2.10	
75	0.477	12695313	147	0.40	2.18	
78	0.529	14074708	163	0.45	2.27	
81	0.588	15656642	181	0.50	2.36	
84	0.658	17511004	203	0.55	2.44	
87	0.742	19751550	229	0.63	2.53	
90	0.848	22582609	261	0.72	2.62	
93	0.993	26431333	306	0.84	2.71	
96	1.219	32469904	376	1.03	2.79	
99	1.781	47428804	549	1.50	2.88	
99.9	2.714	72275000	837	2.29	2.91	

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 47

Tasa de consolidación zona geotécnica II para $\delta=4.97$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA II ZAPATA CENTRAL			Carga		34.91	TON
			Dh		4.97	cm
			Espesor h:		420	cm
			Cv		4.80E-03	CM2/SEG
U (%)	Tv	tiempo (Seg)	tiempo (días)	tiempo (años)	def (cm)	
0	0	0	0			
3	0.001	25977	0	0.00	0.15	
6	0.003	103908	1	0.00	0.30	
9	0.006	233793	3	0.01	0.45	
12	0.011	415633	5	0.01	0.60	
15	0.018	649426	8	0.02	0.75	
18	0.025	935174	11	0.03	0.89	
21	0.035	1272875	15	0.04	1.04	
24	0.045	1662531	19	0.05	1.19	
27	0.057	2104141	24	0.07	1.34	
30	0.071	2597704	30	0.08	1.49	
33	0.086	3143222	36	0.10	1.64	
36	0.102	3740694	43	0.12	1.79	
39	0.119	4390120	51	0.14	1.94	
42	0.139	5091501	59	0.16	2.09	
45	0.159	5844835	68	0.19	2.24	
48	0.181	6650123	77	0.21	2.39	
51	0.204	7507366	87	0.24	2.53	
54	0.229	8416562	97	0.27	2.68	
57	0.255	9377713	109	0.30	2.83	
60	0.283	10390818	120	0.33	2.98	
63	0.318	11681641	135	0.37	3.13	
66	0.352	12940784	150	0.41	3.28	
69	0.390	14316313	166	0.45	3.43	
72	0.431	15831957	183	0.50	3.58	
75	0.477	17519532	203	0.56	3.73	
78	0.529	19423097	225	0.62	3.88	
81	0.588	21606166	250	0.68	4.03	
84	0.658	24165185	280	0.77	4.17	
87	0.742	27257139	315	0.86	4.32	
90	0.848	31164000	361	0.99	4.47	
93	0.993	36475240	422	1.16	4.62	
96	1.219	44808468	519	1.42	4.77	
99	1.781	65451750	758	2.07	4.92	
99.9	2.714	99739500	1154	3.16	4.97	

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 48

Tasa de consolidación zona geotécnica III para $\delta=6.70$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA III ZAPATA CENTRAL			Carga		34.91 TON
			Dh		6.7 cm
			Espesor h:		310 cm
			Cv		4.40E-03 CM2/SEG
U (%)	Tv	tiempo (Seg)	tiempo (días)	tiempo (años)	def (cm)
0	0	0	0		
3	0.001	15438	0	0.00	0.20
6	0.003	61754	1	0.00	0.40
9	0.006	138946	2	0.00	0.60
12	0.011	247015	3	0.01	0.80
15	0.018	385961	4	0.01	1.01
18	0.025	555783	6	0.02	1.21
21	0.035	756483	9	0.02	1.41
24	0.045	988059	11	0.03	1.61
27	0.057	1250513	14	0.04	1.81
30	0.071	1543843	18	0.05	2.01
33	0.086	1868050	22	0.06	2.21
36	0.102	2223134	26	0.07	2.41
39	0.119	2609094	30	0.08	2.61
42	0.139	3025932	35	0.10	2.81
45	0.159	3473647	40	0.11	3.02
48	0.181	3952238	46	0.13	3.22
51	0.204	4461706	52	0.14	3.42
54	0.229	5002051	58	0.16	3.62
57	0.255	5573273	65	0.18	3.82
60	0.283	6175372	71	0.20	4.02
63	0.318	6942522	80	0.22	4.22
66	0.352	7690843	89	0.24	4.42
69	0.390	8508334	98	0.27	4.62
72	0.431	9409098	109	0.30	4.82
75	0.477	10412041	121	0.33	5.03
78	0.529	11543349	134	0.37	5.23
81	0.588	12840770	149	0.41	5.43
84	0.658	14361622	166	0.46	5.63
87	0.742	16199202	187	0.51	5.83
90	0.848	18521091	214	0.59	6.03
93	0.993	21677616	251	0.69	6.23
96	1.219	26630141	308	0.84	6.43
99	1.781	38898659	450	1.23	6.63
99.9	2.714	59276227	686	1.88	6.69

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 49

Tasa de consolidación zona geotécnica I para $\delta=2.51$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA I ZAPATA INTERMEDIA			Carga	35	Ton
			Dh	2.51	Cm
			Espesor h:	350	Cm
			Cv	4.60E-03	Cm2/Seg
U (%)	Tv	Tiempo (Seg)	tiempo (días)	tiempo (años)	def (cm)
0	0	0	0		
3	0.001	18824	0	0.00	0.08
6	0.003	75296	1	0.00	0.15
9	0.006	169416	2	0.01	0.23
12	0.011	301183	3	0.01	0.30
15	0.018	470599	5	0.01	0.38
18	0.025	677662	8	0.02	0.45
21	0.035	922373	11	0.03	0.53
24	0.045	1204732	14	0.04	0.60
27	0.057	1524740	18	0.05	0.68
30	0.071	1882395	22	0.06	0.75
33	0.086	2277697	26	0.07	0.83
36	0.102	2710648	31	0.09	0.90
39	0.119	3181247	37	0.10	0.98
42	0.139	3689493	43	0.12	1.05
45	0.159	4235388	49	0.13	1.13
48	0.181	4818930	56	0.15	1.20
51	0.204	5440120	63	0.17	1.28
54	0.229	6098958	71	0.19	1.36
57	0.255	6795444	79	0.22	1.43
60	0.283	7529578	87	0.24	1.51
63	0.318	8464957	98	0.27	1.58
66	0.352	9377380	109	0.30	1.66
69	0.390	10374140	120	0.33	1.73
72	0.431	11472433	133	0.36	1.81
75	0.477	12695313	147	0.40	1.88
78	0.529	14074708	163	0.45	1.96
81	0.588	15656642	181	0.50	2.03
84	0.658	17511004	203	0.55	2.11
87	0.742	19751550	229	0.63	2.18
90	0.848	22582609	261	0.72	2.26
93	0.993	26431333	306	0.84	2.33
96	1.219	32469904	376	1.03	2.41
99	1.781	47428804	549	1.50	2.48
99.9	2.714	72275000	837	2.29	2.51

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 50

Tasa de consolidación zona geotécnica II para $\delta=4.52$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA II ZAPATA INTERMEDIA			Carga	35	Ton
			Dh	4.52	Cm
			Espesor h:	420	Cm
			Cv	4.80E-03	Cm2/Seg
U (%)	Tv	Tiempo (Seg)	Tiempo (días)	Tiempo (años)	def (cm)
0	0	0	0		
3	0.001	25977	0	0.00	0.14
6	0.003	103908	1	0.00	0.27
9	0.006	233793	3	0.01	0.41
12	0.011	415633	5	0.01	0.54
15	0.018	649426	8	0.02	0.68
18	0.025	935174	11	0.03	0.81
21	0.035	1272875	15	0.04	0.95
24	0.045	1662531	19	0.05	1.08
27	0.057	2104141	24	0.07	1.22
30	0.071	2597704	30	0.08	1.36
33	0.086	3143222	36	0.10	1.49
36	0.102	3740694	43	0.12	1.63
39	0.119	4390120	51	0.14	1.76
42	0.139	5091501	59	0.16	1.90
45	0.159	5844835	68	0.19	2.03
48	0.181	6650123	77	0.21	2.17
51	0.204	7507366	87	0.24	2.31
54	0.229	8416562	97	0.27	2.44
57	0.255	9377713	109	0.30	2.58
60	0.283	10390818	120	0.33	2.71
63	0.318	11681641	135	0.37	2.85
66	0.352	12940784	150	0.41	2.98
69	0.390	14316313	166	0.45	3.12
72	0.431	15831957	183	0.50	3.25
75	0.477	17519532	203	0.56	3.39
78	0.529	19423097	225	0.62	3.53
81	0.588	21606166	250	0.68	3.66
84	0.658	24165185	280	0.77	3.80
87	0.742	27257139	315	0.86	3.93
90	0.848	31164000	361	0.99	4.07
93	0.993	36475240	422	1.16	4.20
96	1.219	44808468	519	1.42	4.34
99	1.781	65451750	758	2.07	4.47
99.9	2.714	99739500	1154	3.16	4.52

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 51

Tasa de consolidación zona geotécnica III para $\delta=5.49$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA III ZAPATA INTERMEDIA			Carga	35	Ton
			Dh	5.49	Cm
			Espesor h:	310	Cm
			Cv	4.40E-03	Cm2/Seg
U(%)	Tv	Tiempo (Seg)	Tiempo (días)	Tiempo (años)	def (cm)
0	0	0	0		
3	0.001	15438	0	0.00	0.16
6	0.003	61754	1	0.00	0.33
9	0.006	138946	2	0.00	0.49
12	0.011	247015	3	0.01	0.66
15	0.018	385961	4	0.01	0.82
18	0.025	555783	6	0.02	0.99
21	0.035	756483	9	0.02	1.15
24	0.045	988059	11	0.03	1.32
27	0.057	1250513	14	0.04	1.48
30	0.071	1543843	18	0.05	1.65
33	0.086	1868050	22	0.06	1.81
36	0.102	2223134	26	0.07	1.98
39	0.119	2609094	30	0.08	2.14
42	0.139	3025932	35	0.10	2.31
45	0.159	3473647	40	0.11	2.47
48	0.181	3952238	46	0.13	2.64
51	0.204	4461706	52	0.14	2.80
54	0.229	5002051	58	0.16	2.96
57	0.255	5573273	65	0.18	3.13
60	0.283	6175372	71	0.20	3.29
63	0.318	6942522	80	0.22	3.46
66	0.352	7690843	89	0.24	3.62
69	0.390	8508334	98	0.27	3.79
72	0.431	9409098	109	0.30	3.95
75	0.477	10412041	121	0.33	4.12
78	0.529	11543349	134	0.37	4.28
81	0.588	12840770	149	0.41	4.45
84	0.658	14361622	166	0.46	4.61
87	0.742	16199202	187	0.51	4.78
90	0.848	18521091	214	0.59	4.94
93	0.993	21677616	251	0.69	5.11
96	1.219	26630141	308	0.84	5.27
99	1.781	38898659	450	1.23	5.44
99.9	2.714	59276227	686	1.88	5.48

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 52

Tasa de consolidación zona geotécnica I para $\delta=0.82$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA I ZAPATA ESQUINERA			CARGA	34.91	Ton
			Dh	0.82	Cm
			espesor	350	Cm
			Cv	4.60E-03	Cm2/Seg
U(%)	Tv	Tiempo (Seg)	Tiempo (días)	Tiempo (años)	def (cm)
0	0	0	0		
3	0.001	18824	0	0.00	0.02
6	0.003	75296	1	0.00	0.05
9	0.006	169416	2	0.01	0.07
12	0.011	301183	3	0.01	0.10
15	0.018	470599	5	0.01	0.12
18	0.025	677662	8	0.02	0.15
21	0.035	922373	11	0.03	0.17
24	0.045	1204732	14	0.04	0.20
27	0.057	1524740	18	0.05	0.22
30	0.071	1882395	22	0.06	0.25
33	0.086	2277697	26	0.07	0.27
36	0.102	2710648	31	0.09	0.30
39	0.119	3181247	37	0.10	0.32
42	0.139	3689493	43	0.12	0.34
45	0.159	4235388	49	0.13	0.37
48	0.181	4818930	56	0.15	0.39
51	0.204	5440120	63	0.17	0.42
54	0.229	6098958	71	0.19	0.44
57	0.255	6795444	79	0.22	0.47
60	0.283	7529578	87	0.24	0.49
63	0.318	8464957	98	0.27	0.52
66	0.352	9377380	109	0.30	0.54
69	0.390	10374140	120	0.33	0.57
72	0.431	11472433	133	0.36	0.59
75	0.477	12695313	147	0.40	0.62
78	0.529	14074708	163	0.45	0.64
81	0.588	15656642	181	0.50	0.66
84	0.658	17511004	203	0.55	0.69
87	0.742	19751550	229	0.63	0.71
90	0.848	22582609	261	0.72	0.74
93	0.993	26431333	306	0.84	0.76
96	1.219	32469904	376	1.03	0.79
99	1.781	47428804	549	1.50	0.81
99.9	2.714	72275000	837	2.29	0.82

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 53

Tasa de consolidación zona geotécnica II para $\delta=1.47$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA II ZAPATA ESQUINERA			CARGA	34.91 Ton	
			Dh	1.47 Cm	
			espesor	420 Cm	
			Cv	4.80E-03	Cm2/Seg
U(%)	Tv	Tiempo (Seg)	Tiempo (días)	Tiempo (años)	def (cm)
0	0	0	0		
3	0.001	25977	0	0.00	0.04
6	0.003	103908	1	0.00	0.09
9	0.006	233793	3	0.01	0.13
12	0.011	415633	5	0.01	0.18
15	0.018	649426	8	0.02	0.22
18	0.025	935174	11	0.03	0.26
21	0.035	1272875	15	0.04	0.31
24	0.045	1662531	19	0.05	0.35
27	0.057	2104141	24	0.07	0.40
30	0.071	2597704	30	0.08	0.44
33	0.086	3143222	36	0.10	0.49
36	0.102	3740694	43	0.12	0.53
39	0.119	4390120	51	0.14	0.57
42	0.139	5091501	59	0.16	0.62
45	0.159	5844835	68	0.19	0.66
48	0.181	6650123	77	0.21	0.71
51	0.204	7507366	87	0.24	0.75
54	0.229	8416562	97	0.27	0.79
57	0.255	9377713	109	0.30	0.84
60	0.283	10390818	120	0.33	0.88
63	0.318	11681641	135	0.37	0.93
66	0.352	12940784	150	0.41	0.97
69	0.390	14316313	166	0.45	1.01
72	0.431	15831957	183	0.50	1.06
75	0.477	17519532	203	0.56	1.10
78	0.529	19423097	225	0.62	1.15
81	0.588	21606166	250	0.68	1.19
84	0.658	24165185	280	0.77	1.23
87	0.742	27257139	315	0.86	1.28
90	0.848	31164000	361	0.99	1.32
93	0.993	36475240	422	1.16	1.37
96	1.219	44808468	519	1.42	1.41
99	1.781	65451750	758	2.07	1.46
99.9	2.714	99739500	1154	3.16	1.47

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

Tabla 54

Tasa de consolidación zona geotécnica III para $\delta=2.04$ cm.

DATOS ZONA GEOTÉCNICA III ZAPATA ESQUINERA			CARGA	34.91 Ton	
			Dh	2.04 Cm	
			espesor	310 Cm	
			Cv	4.40E-03 Cm2/Seg	
U(%)	Tv	tiempo (Seg)	tiempo (días)	tiempo (años)	def (cm)
0	0	0	0		
3	0.001	15438	0	0.00	0.06
6	0.003	61754	1	0.00	0.12
9	0.006	138946	2	0.00	0.18
12	0.011	247015	3	0.01	0.24
15	0.018	385961	4	0.01	0.31
18	0.025	555783	6	0.02	0.37
21	0.035	756483	9	0.02	0.43
24	0.045	988059	11	0.03	0.49
27	0.057	1250513	14	0.04	0.55
30	0.071	1543843	18	0.05	0.61
33	0.086	1868050	22	0.06	0.67
36	0.102	2223134	26	0.07	0.73
39	0.119	2609094	30	0.08	0.80
42	0.139	3025932	35	0.10	0.86
45	0.159	3473647	40	0.11	0.92
48	0.181	3952238	46	0.13	0.98
51	0.204	4461706	52	0.14	1.04
54	0.229	5002051	58	0.16	1.10
57	0.255	5573273	65	0.18	1.16
60	0.283	6175372	71	0.20	1.22
63	0.318	6942522	80	0.22	1.29
66	0.352	7690843	89	0.24	1.35
69	0.390	8508334	98	0.27	1.41
72	0.431	9409098	109	0.30	1.47
75	0.477	10412041	121	0.33	1.53
78	0.529	11543349	134	0.37	1.59
81	0.588	12840770	149	0.41	1.65
84	0.658	14361622	166	0.46	1.71
87	0.742	16199202	187	0.51	1.77
90	0.848	18521091	214	0.59	1.84
93	0.993	21677616	251	0.69	1.90
96	1.219	26630141	308	0.84	1.96
99	1.781	38898659	450	1.23	2.02
99.9	2.714	59276227	686	1.88	2.04

Nota. Cálculo de tiempo de consolidación despejando t de la formula (19).

4.1.7. Metodología de Dimensionamiento de Zapatas Aisladas para Asentamientos Iguales.

Como se mencionó previamente, se utilizará la metodología de dimensionamiento de zapatas aisladas basada en los parámetros de deformación del suelo, como el coeficiente de compresibilidad volumétrica (m_v). Se considerarán diversas dimensiones de anchos de zapatas aisladas, y a partir de esto se calcularán las deformaciones para determinar la carga soportada por cada ancho de zapata y su respectiva deformación definida.

4.1.7.1. Dimensionamiento de Zapata para la Zona Geotécnica I

Siguiendo lo expuesto anteriormente, se procederá al cálculo de la carga (P) en función del ancho de la cimentación (B) y la deformación (δ), con el objetivo de generar un conjunto de curvas correspondientes a diferentes deformaciones.

Tabla 55

Cálculo de carga P con $\delta=1\text{cm}$ y B entre 100 cm y 400 cm zona I

	H(cm)	m_v1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i H_i}$					δ_s (cm)	
Estrato 1	220	0.036						B (cm)	100
Estrato 2	170	0.055						L (cm)	100
Estrato 3								P (kg)	3047

	m_v1 (cm ² /kg)	H_i (cm)	a (cm)	Z_i (cm)	m	n	l_i	$M_v1 \times l_i \times H_i$ (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.036	100	100	50	1	1	0.701	2.510363136
Subestrato 1-2	0.036	100	200	150	0.3333	0.333	0.179	0.640900125
Subestrato 1-3	0.036	20	220	160	0.3125	0.313	0.160	0.114846559
Subestrato 2-1	0.055	100	320	260	0.1923	0.192	0.067	0.364726333
Subestrato 2-2	0.055	70	350	275	0.1818	0.182	0.060	0.229634307
							Suma	3.860470461



	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i H_i}$					δ_s (cm)	
Estrato 1	220	0.036						B (cm)	400
Estrato 2	170	0.055						L (cm)	400
Estrato 3								P (kg)	48760
	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)	
Subestrato 1-1	0.036	100	100	50	1	1	0.7009	2.510363136	
Subestrato 1-2	0.036	100	200	150	0.3333	0.333	0.1789	0.640900125	
Subestrato 1-3	0.036	20	220	160	0.3125	0.313	0.1603	0.114846559	
Subestrato 2-1	0.055	100	320	260	0.1923	0.192	0.0665	0.364726333	
Subestrato 2-2	0.055	70	350	275	0.1818	0.182	0.0598	0.229634307	
							Suma	3.860470461	

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

Tabla 56

Cálculo de carga P con $\delta=3\text{cm}$ y B entre 100 cm y 400 cm zona I

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i H_i}$					δ_s (cm)	
Estrato 1	220	0.035817						B (cm)	100
Estrato 2	170	0.0548						L (cm)	100
Estrato 3								P (kg)	9142
	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)	
Subestrato 1-1	0.0358	100	100	50	1	1	0.70089	2.51036314	
Subestrato 1-2	0.0358	100	200	150	0.3333	0.3333	0.17894	0.64090012	
Subestrato 1-3	0.0358	20	220	160	0.3125	0.3125	0.16032	0.11484656	
Subestrato 2-1	0.0548	100	320	260	0.1923	0.1923	0.06653	0.36472633	
Subestrato 2-2	0.0548	70	350	275	0.1818	0.1818	0.05984	0.22963431	
							Suma	3.86047046	

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i H_i}$					δ_s (cm)	
Estrato 1	220	0.035817						B (cm)	400
Estrato 2	170	0.054825						L (cm)	400
Estrato 3	0	0						P (kg)	146279
	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)	
Subestrato 1-1	0.035817	100	100	50	1	1	0.70089	2.5103631	
Subestrato 1-2	0.035817	100	200	150	0.3333	0.3333	0.17894	0.6409001	
Subestrato 1-3	0.035817	20	220	160	0.3125	0.3125	0.16032	0.1148466	
Subestrato 2-1	0.054825	100	320	260	0.1923	0.1923	0.06653	0.3647263	
Subestrato 2-2	0.054825	70	350	275	0.1818	0.1818	0.05984	0.2296343	
							Suma	3.8604705	

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

Tabla 57

Cálculo de carga P con $\delta=5\text{cm}$ y B entre 100 cm y 300 cm zona I

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i H_i}$					δ_s (cm)	5
Estrato 1	220	0.0358						B (cm)	100
Estrato 2	170	0.0548						L (cm)	100
Estrato 3								P (kg)	15237

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.0358	100	100	50	1	1	0.700886	2.5103631
Subestrato 1-2	0.0358	100	200	150	0.3333	0.3333	0.178937	0.6409001
Subestrato 1-3	0.0358	20	220	160	0.3125	0.3125	0.160324	0.1148466
Subestrato 2-1	0.0548	100	320	260	0.1923	0.1923	0.066525	0.3647263
Subestrato 2-2	0.0548	70	350	275	0.1818	0.1818	0.059835	0.2296343
							Suma	3.8604705

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i H_i}$					δ_s (cm)	5
Estrato 1	220	0.0358						B (cm)	300
Estrato 2	170	0.055						L (cm)	300
Estrato 3	0	0						P (kg)	137137

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.036	100	100	50	1	1	0.7008	2.5103631
Subestrato 1-2	0.036	100	200	150	0.3333	0.3333	0.1789	0.6409001
Subestrato 1-3	0.036	20	220	160	0.3125	0.3125	0.1603	0.1148466
Subestrato 2-1	0.055	100	320	260	0.1923	0.1923	0.0665	0.3647263
Subestrato 2-2	0.055	70	350	275	0.1818	0.1818	0.0598	0.2296343
							Suma	3.8604705

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

4.1.7.2. Dimensionamiento de Zapata para la Zona Geotécnica II

Tabla 58

Cálculo de carga P con $\delta=1\text{cm}$ y B entre 100 cm y 400 cm zona II

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} I_i H_i}$					δ_s (cm)	1
Estrato 1	100	0.0491						B (cm)	100
Estrato 2	340	0.1043						L (cm)	100
Estrato 3								P (kg)	1786

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.0491	100	100	50	1	1	0.7008	2.5103631
Subestrato 1-2	0.0491	100	200	150	0.3333	0.3333	0.1789	0.6409001
Subestrato 1-3	0.0491	20	220	160	0.3125	0.3125	0.1603	0.1148466
Subestrato 2-1	0.1043	100	320	260	0.1923	0.1923	0.0665	0.3647263
Subestrato 2-2	0.1043	70	350	275	0.1818	0.1818	0.0598	0.2296343
							Suma	3.8604705



Subestrato 1-1	0.0491	100	100	50	1	1	0.700886	3.4418134
Subestrato 2-1	0.1043	100	200	150	0.3333	0.3333	0.178937	1.8655607
Subestrato 2-2	0.1043	100	300	250	0.2	0.2	0.071614	0.7466265
Subestrato 2-3	0.1043	100	400	350	0.1429	0.1429	0.037694	0.3929863
Subestrato 2-4	0.1043	40	440	370	0.1351	0.1351	0.033846	0.1411488
Suma								6.5881357

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δs (cm)	1
Estrato 1	100	0.0491		B (cm)	400
Estrato 2	340	0.1043		L (cm)	400
Estrato 3				P (kg)	28572

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.0491	100	100	50	1	1	0.70089	3.4418134
Subestrato 2-1	0.1043	100	200	150	0.3333	0.3333	0.17894	1.8655607
Subestrato 2-2	0.1043	100	300	250	0.2	0.2	0.07161	0.7466265
Subestrato 2-3	0.1043	100	400	350	0.1429	0.1429	0.03769	0.3929863
Subestrato 2-4	0.1043	40	440	370	0.1351	0.1351	0.03385	0.1411488
Suma								6.5881357

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

Tabla 59

Cálculo de carga P con δ=3cm y B entre 100 cm y 320 cm zona II

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δs (cm)	3
Estrato 1	100	0.0491		B (cm)	100
Estrato 2	340	0.1043		L (cm)	100
Estrato 3				P (kg)	5357

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.0491	100	100	50	1	1	0.700886	3.4418134
Subestrato 2-1	0.1043	100	200	150	0.3333	0.3333	0.178937	1.8655607
Subestrato 2-2	0.1043	100	300	250	0.2	0.2	0.071614	0.7466265
Subestrato 2-3	0.1043	100	400	350	0.1429	0.1429	0.037694	0.3929863
Subestrato 2-4	0.1043	40	440	370	0.1351	0.1351	0.033846	0.1411488
Suma								6.5881357

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	δs (cm)	3
Estrato 1	100	0.0491	B (cm)	320



$$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$$

Estrato 2	340	0.1043						L (cm)	320
Estrato 3								P (kg)	54858
	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)	
Subestrato 1-1	0.0491	100	100	50	1	1	0.70089	3.4418134	
Subestrato 2-1	0.1043	100	200	150	0.3333	0.3333	0.17894	1.8655607	
Subestrato 2-2	0.1043	100	300	250	0.2	0.2	0.07161	0.7466265	
Subestrato 2-3	0.1043	100	400	350	0.1429	0.1429	0.03769	0.3929863	
Subestrato 2-4	0.1043	40	440	370	0.1351	0.1351	0.03385	0.1411488	
Suma								6.5881357	

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

Tabla 60

Cálculo de carga P con $\delta=5\text{cm}$ y B entre 100 cm y 300 cm zona II

$$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$$

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)						δ_s (cm)	5
Estrato 1	100	0.0491						B (cm)	100
Estrato 2	340	0.1043						L (cm)	100
Estrato 3								P (kg)	8928

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.0491	100	100	50	1	1	0.700886	3.4418134
Subestrato 2-1	0.1043	100	200	150	0.3333	0.3333	0.178937	1.8655607
Subestrato 2-2	0.1043	100	300	250	0.2	0.2	0.071614	0.7466265
Subestrato 2-3	0.1043	100	400	350	0.1429	0.1429	0.037694	0.3929863
Subestrato 2-4	0.1043	40	440	370	0.1351	0.1351	0.033846	0.1411488
Suma								6.5881357

$$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$$

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)						δ_s (cm)	5
Estrato 1	100	0.0491						B (cm)	300
Estrato 2	340	0.1043						L (cm)	300
Estrato 3								P (kg)	80358

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.0491	100	100	50	1	1	0.70088	3.4418134
Subestrato 2-1	0.1043	100	200	150	0.3333	0.3333	0.17893	1.8655607
Subestrato 2-2	0.1043	100	300	250	0.2	0.2	0.07161	0.7466265
Subestrato 2-3	0.1043	100	400	350	0.1429	0.1429	0.03769	0.3929863
Subestrato 2-4	0.1043	40	440	370	0.1351	0.1351	0.03384	0.1411488
Suma								6.5881357

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

4.1.7.3. Dimensionamiento de Zapata para la Zona Geotécnica III

Tabla 61

Cálculo de carga P con $\delta=1\text{cm}$ y B entre 100 cm y 400 cm zona III

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δ_s (cm)	1
Estrato 1	220	0.091		B (cm)	100
Estrato 2	130	0.022		L (cm)	100
Estrato 3				P (kg)	1385

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.091	100	100	50	1	1	0.7009	6.3855343
Subestrato 1-2	0.091	100	200	150	0.333	0.333	0.1789	1.6302381
Subestrato 1-3	0.091	20	220	160	0.313	0.313	0.1603	0.2921317
Subestrato 2-1	0.022	100	320	260	0.192	0.192	0.0665	0.1458965
Subestrato 2-2	0.022	30	350	275	0.182	0.182	0.0598	0.0393675
							Suma	8.4931682

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δ_s (cm)	1
Estrato 1	220	0.091		B (cm)	400
Estrato 2	130	0.022		L (cm)	400
Estrato 3				P (kg)	22163

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.091	100	100	50	1	1	0.7009	6.3855343
Subestrato 1-2	0.091	100	200	150	0.333	0.333	0.1789	1.6302381
Subestrato 1-3	0.091	20	220	160	0.313	0.313	0.1603	0.2921317
Subestrato 2-1	0.022	100	320	260	0.192	0.192	0.0665	0.1458965
Subestrato 2-2	0.022	30	350	275	0.182	0.182	0.0598	0.0393675
							Suma	8.4931682

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

Tabla 62

Cálculo de carga P con $\delta=3\text{cm}$ y B entre 100 cm y 400 cm zona III

	H(cm)	mv1 (cm ² /kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δ_s (cm)	3
Estrato 1	220	0.091		B (cm)	100
Estrato 2	130	0.022		L (cm)	100
Estrato 3				P (kg)	4156

	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.091	100	100	50	1	1	0.7009	6.3855343



Subestrato 1-2	0.091	100	200	150	0.333	0.333	0.1789	1.6302381
Subestrato 1-3	0.091	20	220	160	0.313	0.313	0.1603	0.2921317
Subestrato 2-1	0.022	100	320	260	0.192	0.192	0.0665	0.1458965
Subestrato 2-2	0.022	30	350	275	0.182	0.182	0.0598	0.0393675
Suma								8.4931682

	H(cm)	mv1 (cm2/kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δs (cm)	3
Estrato 1	220	0.091		B (cm)	400
Estrato 2	130	0.022		L (cm)	400
Estrato 3				P (kg)	66489

	mv1 (cm2/kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm3/kg)
Subestrato 1-1	0.091	100	100	50	1	1	0.7009	6.3855343
Subestrato 1-2	0.091	100	200	150	0.333	0.333	0.1789	1.6302381
Subestrato 1-3	0.091	20	220	160	0.313	0.313	0.1603	0.2921317
Subestrato 2-1	0.022	100	320	260	0.192	0.192	0.0665	0.1458965
Subestrato 2-2	0.022	30	350	275	0.182	0.182	0.0598	0.0393675
Suma								8.4931682

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

Tabla 63

Cálculo de carga P con δ=5cm y B entre 100 cm y 300 cm zona III

	H(cm)	mv1 (cm2/kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δs (cm)	5
Estrato 1	220	0.091		B (cm)	100
Estrato 2	130	0.022		L (cm)	100
Estrato 3				P (kg)	6926

	mv1 (cm2/kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm3/kg)
Subestrato 1-1	0.091	100	100	50	1	1	0.7009	6.3855343
Subestrato 1-2	0.091	100	200	150	0.333	0.333	0.1789	1.6302381
Subestrato 1-3	0.091	20	220	160	0.313	0.313	0.1603	0.2921317
Subestrato 2-1	0.022	100	320	260	0.192	0.192	0.0665	0.1458965
Subestrato 2-2	0.022	30	350	275	0.182	0.182	0.0598	0.0393675
Suma								8.4931682

	H(cm)	mv1 (cm2/kg)	$P = \frac{\delta_s B^2}{0.85 \sum m_{vi} l_i H_i}$	δs (cm)	5
Estrato 1	220	0.091		B (cm)	300
Estrato 2	130	0.022		L (cm)	300
Estrato 3				P (kg)	62334



	mv1 (cm ² /kg)	Hi (cm)	a (cm)	Zi(cm)	m	n	li	Mv1xlixHi (cm ³ /kg)
Subestrato 1-1	0.091	100	100	50	1	1	0.7009	6.3855343
Subestrato 1-2	0.091	100	200	150	0.333	0.333	0.1789	1.6302381
Subestrato 1-3	0.091	20	220	160	0.313	0.313	0.1603	0.2921317
Subestrato 2-1	0.022	100	320	260	0.192	0.192	0.0665	0.1458965
Subestrato 2-2	0.022	30	350	275	0.182	0.182	0.0598	0.0393675
							Suma	8.4931682

Nota. Cálculo de carga P en función del ancho de zapata y asentamiento.

4.1.8. **Discusión de los Resultados.**

4.1.8.1 **Graficas de curva de compresibilidad.**

Este estudio se centró en la evaluación de la compresibilidad del suelo para garantizar el diseño adecuado de la zapata aislada propuesta para la estructura. Las pruebas de consolidación unidimensional fueron clave en la obtención de los datos.

Descripción de Curvas: Las curvas obtenidas muestran un índice de compresibilidad (Cc) de 0.753 para el limo de baja plasticidad que predomina la zona geotécnica I, para la arcilla de baja plasticidad predominante de la zona geotécnica II se tiene un índice compresibilidad (Cc) de 0.221 y finalmente para la zona geotécnica III arcilla de baja plasticidad un índice compresibilidad (Cc) de 0.286, en la zona geotécnica II y III presentan una compresibilidad baja en comparación con la zona geotécnica I.

Análisis de Resultados de graficas de compresibilidad:

La discusión sobre los resultados de los coeficientes de compresibilidad obtenidos en la presente investigación:



C_c es fundamental para el dimensionamiento de zapatas aisladas, ya que estos valores impactan directamente en el comportamiento del suelo bajo carga.

Resultados de $C_c=0.753$: Este valor sugiere un suelo con una compresibilidad relativamente alta. Al aplicar cargas, se espera que este tipo de suelo se deforme más, lo que puede requerir un diseño de zapatas más grande o más profundas para distribuir adecuadamente la carga y evitar un asentamiento excesivo.

$C_c=0.286$: Un coeficiente más bajo indica que el suelo es menos compresible. Esto significa que el asentamiento será menor bajo cargas normales. Las zapatas pueden ser diseñadas con dimensiones más reducidas, aunque siempre considerando otros factores como la capacidad de carga del suelo y las características de la estructura.

$C_c=0.221$: Este es el valor más bajo de los tres, lo que implica un suelo muy poco compresible. El dimensionamiento de las zapatas podría ser aún más conservador, lo que permitiría menores dimensiones o menores profundidades, facilitando así la construcción y reduciendo costos.

Influencia en el Dimensionamiento de Zapatas Aisladas

A mayor C_c , mayor será el asentamiento esperado de la zapata. Es crucial realizar un análisis de asentamiento para cada caso, utilizando los valores de C_c para predecir el comportamiento del suelo.

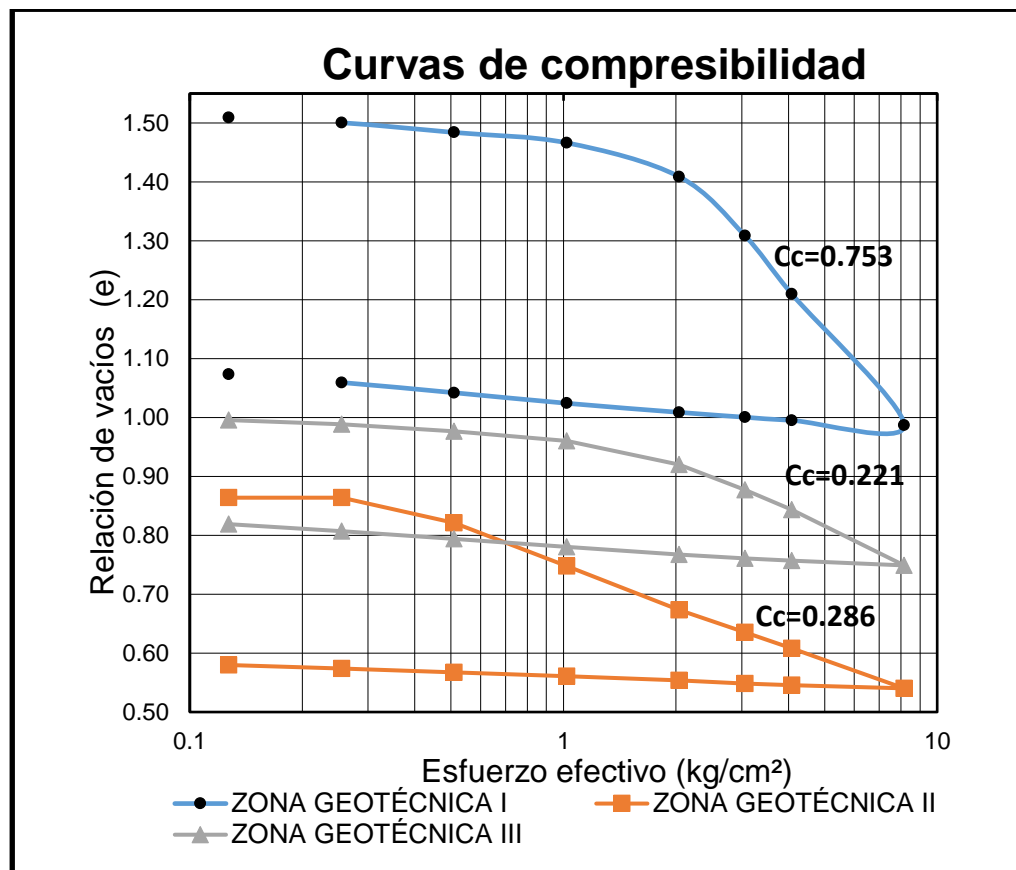
Profundidad de la Zapata: La profundidad de la zapata puede verse afectada por el C_c . En suelos con un C_c alto, puede ser necesario enterrar más la zapata para alcanzar capas más firmes.

Análisis Geotécnico: Es vital realizar un estudio geotécnico completo que incluya ensayos de laboratorio y de campo para determinar el C_c y otros parámetros del suelo. Esto permitirá un diseño más preciso y seguro.

En resumen, la elección del diseño de las zapatas aisladas debe considerar estos coeficientes de compresibilidad para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura a largo plazo.

Figura 53

Curva de compresibilidad de las diferentes zonas geotécnicas.



Nota. Gráfico de curvas de compresibilidad para determinar los índices de compresión (C_c) y esfuerzo de preconsolidación.

Comparación de resultados con otros trabajos de investigación:

En relación con la tesis de estudios de asentamientos por consolidación instantánea, primaria y secundaria en suelos limosos y arcillosos de la Ciudad de Zamora. (Cango, 2017)



Valores Analizados

Grupo A (Resultados obtenidos): $C_c=0.753$ $C_c=0.286$ $C_c=0.221$

Grupo B (Resultados de Cango Apolo): $C_c= 0.526$, $C_c=0.913$, $C_c=0.323$, $C_c=0.504$

Análisis de Resultados por Grupo

En el Grupo A, se observa un rango más amplio de compresibilidad, desde muy alta ($C_c=0.753$) a baja ($C_c=0.221$). Esto sugiere una mayor variabilidad en la compresibilidad del suelo en un mismo sitio o estrato.

En el Grupo B, la presencia de un valor extremo ($C_c=0.913$) junto con otros valores moderados puede indicar que se ha encontrado un suelo que, aunque presenta buena capacidad de carga en general, puede tener zonas específicas de alta compresibilidad.

Implicaciones para el Diseño de cimentaciones:

Los suelos con $C_c=0.753$ y $C_c=0.913$ son preocupantes para el diseño de fundaciones, ya que requieren un análisis exhaustivo de asentamientos y posiblemente un refuerzo adicional.

Por otro lado, los suelos con índices más bajos ($C_c=0.221$, $C_c=0.286$, $C_c=0.323$, $C_c=0.504$) pueden permitir un diseño más simple, con menor riesgo de asentamientos significativos.

La comparación de los índices de compresibilidad entre ambos grupos muestra una diversidad en el comportamiento del suelo que impactará directamente en el diseño de fundaciones. Se deben considerar cuidadosamente los valores más altos de C_c para evitar problemas futuros de asentamiento. Es recomendable realizar un análisis adicional y un



monitoreo continuo para garantizar la estabilidad de las estructuras construidas en estos suelos.

El presente análisis de compresibilidad se realizó para evaluar el comportamiento del suelo en el sitio propuesto para la cimentación de la estructura y del mismo modo realizar la comparación con otros trabajos de investigación.

4.1.8.2 Análisis de tasa de tiempo de consolidación

De los resultados obtenidos se ha obtenido un coeficiente de consolidación para la zona geotécnica I $C_v = 0.0046 \text{ cm}^2/\text{Seg}$, para la zona geotécnica II $C_v = 0.0048 \text{ cm}^2/\text{Seg}$, para la zona geotécnica III $C_v = 0.0044 \text{ cm}^2/\text{Seg}$; estos valores son fundamentales para entender la respuesta del suelo a la carga y el tiempo que tomará la consolidación bajo diferentes condiciones de carga.

Análisis de Coeficientes de Consolidación

Los coeficientes de consolidación son relativamente similares entre las tres zonas, oscilando entre 0.0044 y $0.0048 \text{ cm}^2/\text{s}$. Esta cercanía sugiere una homogeneidad en la respuesta del suelo en las diferentes zonas geotécnicas.

Zona Geotécnica II: Con un C_v de $0.0048 \text{ cm}^2/\text{s}$, esta zona tiene el coeficiente más alto, lo que indica una mayor capacidad de drenaje y, por lo tanto, una tasa de consolidación ligeramente más rápida en comparación con las otras zonas. Esto puede ser favorable en situaciones donde se desea una consolidación más rápida, minimizando así el asentamiento a corto plazo.

Zona Geotécnica III: Con un C_v de $0.0044 \text{ cm}^2/\text{s}$, esta zona presenta el coeficiente más bajo. Esto sugiere que la consolidación en esta área será



un poco más lenta, lo que podría ser crítico si se aplican cargas significativas. Se debería prestar atención a los posibles asentamientos a largo plazo.

Influencia en el Dimensionamiento de Zapatas Aisladas

Asentamiento y Tiempo: Un coeficiente de consolidación más bajo significa que el asentamiento tomará más tiempo, lo que puede llevar a la necesidad de planificar el control de asentamientos a largo plazo. Para suelos con C_v más altos, se puede optar por una mayor tolerancia a asentamientos inmediatos.

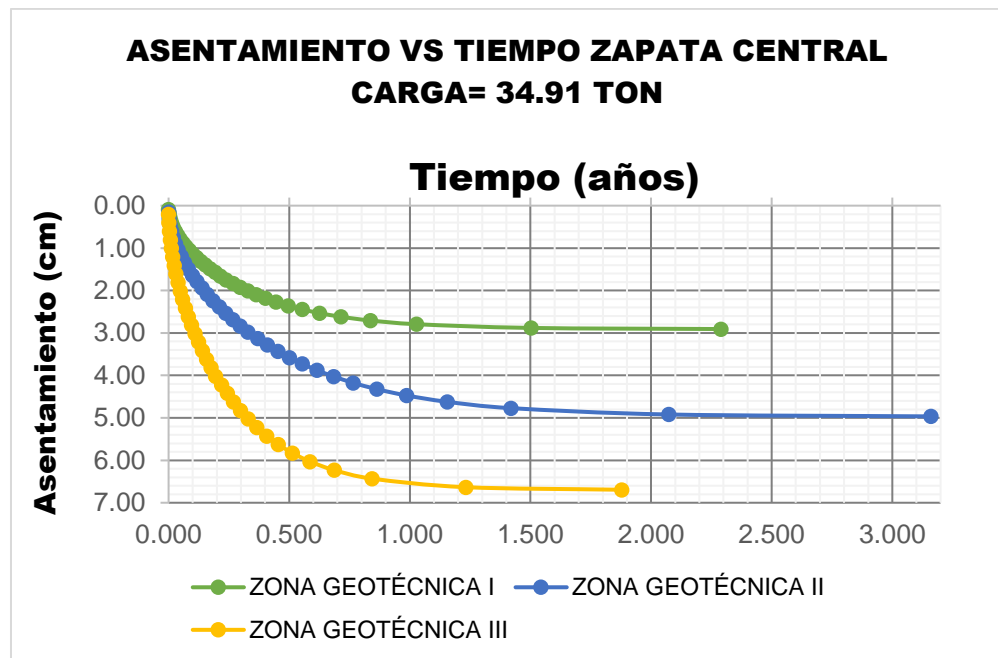
Diseño de Zapatas: En suelos donde C_v es más alto (como en la Zona II), se pueden considerar zapatas de menor tamaño, ya que el asentamiento es más predecible y controlable. En suelos con C_v más bajo, como en la Zona III, puede ser necesario aumentar el tamaño de las zapatas o reforzar el diseño para compensar el asentamiento prolongado.

Capacidad de Carga: La capacidad de carga también se ve afectada por el tiempo de consolidación. En suelos que consolidan más lentamente, la capacidad de carga puede verse comprometida durante períodos de carga máxima, por lo que es importante realizar un análisis de capacidad de carga a largo plazo.

Control de Asentamientos: Para suelos con C_v bajo, se pueden necesitar medidas adicionales, como el uso de pilotes o la mejora del suelo, para mitigar el asentamiento. Estas decisiones influirán en el diseño y costos de la zapata.

Figura 54

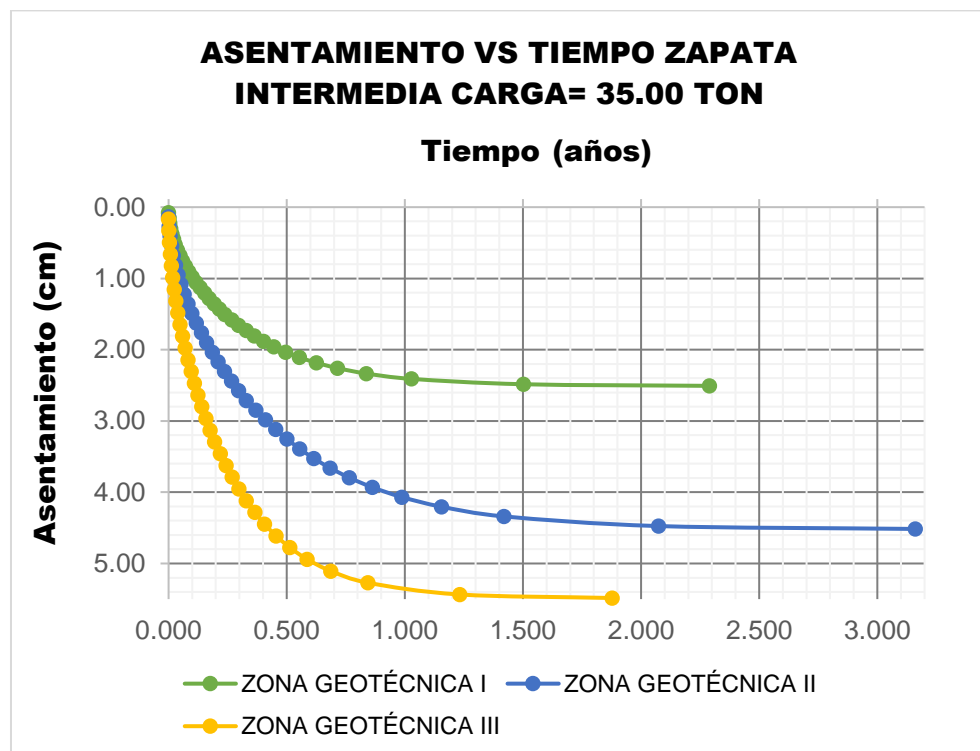
Tiempo de consolidación vs asentamiento zapata central.



Nota. Gráfico obtenido de las tablas 54, 55 y 56.

Figura 55

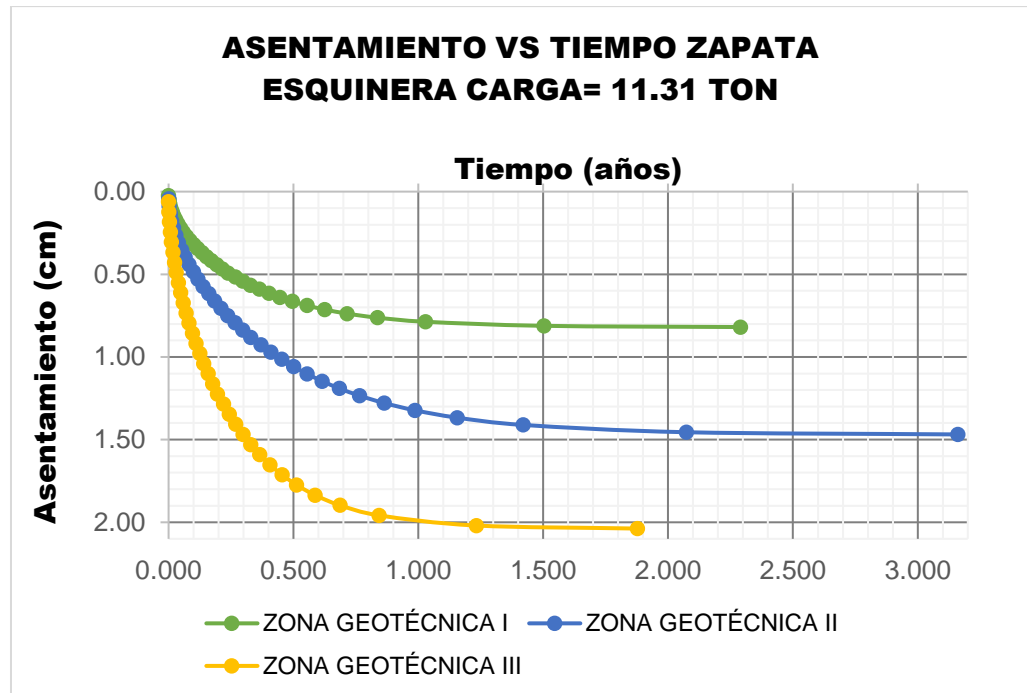
Tiempo de consolidación vs asentamiento zapata intermedia.



Nota. Gráfico obtenido de las tablas 57, 58 y 59.

Figura 56

Tiempo de consolidación vs asentamiento zapata esquinera.



Nota. Gráfico obtenido de las tablas 60, 61 y 62.

Comparación de resultados con otros trabajos de investigación similares:

Vamos a analizar y comparar los resultados de dos conjuntos de datos.

Resultados propios del autor

Zona Geotécnica I: $C_v = 0.0046 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$

Zona Geotécnica II: $C_v = 0.0048 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$,

Zona Geotécnica III: $C_v = 0.0044 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$

Estos valores son relativamente cercanos entre sí, lo que indica un comportamiento de consolidación similar en estas zonas. En general, el rango se sitúa entre 0.0044 y $0.0048 \text{ cm}^2/\text{s}$, sugiriendo un proceso de consolidación moderado en un marco de tiempo razonable.



Resultados de Congo Apolo Pag 32.: $C_v = 0.0045 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$, $C_v = 0.00027 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$, $C_v = 0.00735 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$, $C_v = 0.0061 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$.

Comparación de Resultados

Valores Cercanos: El primer valor del segundo conjunto ($C_v = 0.0045 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$) es comparable a los resultados del primer conjunto, indicando un comportamiento similar a las zonas geotécnicas I y II.

Valor Bajo: El segundo valor ($C_v = 0.00027 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$) es significativamente más bajo que cualquier otro valor de ambos conjuntos. Esto indica un proceso de consolidación muy lento, lo que puede generar asentamientos prolongados y requiere un diseño más cuidadoso de las zapatas para mitigar riesgos.

Valores Altos: Los últimos dos valores del segundo conjunto ($C_v = 0.00735 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$ y $C_v = 0.0061 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$) son considerablemente más altos que los valores del primer conjunto. Esto sugiere que en estas zonas el proceso de consolidación será más rápido, permitiendo un asentamiento más controlado a corto plazo, lo cual puede ser ventajoso para el diseño de estructuras temporales o en fases

La comparación de los coeficientes de consolidación revela diferencias significativas en el comportamiento del suelo en distintas zonas. Es esencial considerar estos resultados en el diseño de zapatas aisladas, asegurando que se tomen decisiones informadas basadas en el comportamiento esperado del suelo bajo carga. Un análisis geotécnico completo, que incluya pruebas y modelos, será crucial para un diseño efectivo y seguro.

4.1.8.3 Asentamiento real por consolidación ante la aplicación de una carga



Con base en los datos obtenidos del ensayo de consolidación unidimensional, se calcularon los parámetros de deformabilidad del suelo (C_c , C_s y σ'). Estos parámetros fueron fundamentales para determinar el asentamiento provocado por la aplicación de una carga (peso de una estructura). Este análisis se centró en las diferentes zonas geotécnicas, con énfasis en la zona donde se concentra la mayor carga, es decir, en la zapata central. Para este estudio, se propuso una edificación de 4 niveles destinada a uso residencial, con el objetivo de evaluar su comportamiento en las tres zonas geotécnicas.

La discusión de los resultados de asentamientos de suelo en las distintas zonas geotécnicas revela patrones importantes que deben considerarse para la interpretación y diseño de estructuras. A continuación, se presenta un análisis detallado:

Zona Geotécnica I

Zapata Central (34.91 ton): Asentamiento de 2.91 cm

Zapata Intermedia (35.00 ton): Asentamiento de 2.51 cm

Zapata Esquinera (11.31 ton): Asentamiento de 0.82 cm

En esta zona, tanto la zapata central como la intermedia exceden el asentamiento máximo recomendado de 2.5 cm, lo que sugiere una posible insuficiencia en la capacidad portante del suelo. Sin embargo, el asentamiento de la zapata esquinera es más bajo, indicando que podría haber diferencias en las condiciones del suelo o la distribución de cargas que permiten un mejor comportamiento en esa ubicación.

Zona Geotécnica II

Zapata Central (34.91 ton): Asentamiento de 4.97 cm

Zapata Intermedia (35.00 ton): Asentamiento de 4.52 cm



Zapata Esquinera (11.31 ton): Asentamiento de 1.47 cm

Aquí, los asentamientos son considerablemente mayores que los de la Zona Geotécnica I, lo que sugiere que la capacidad portante del suelo es aún menor. La zapata esquinera, al igual que en la primera zona, presenta un asentamiento menor, pero aun así es preocupante el comportamiento de las zapatas centrales e intermedias, que están muy por encima del límite recomendado.

Zona Geotécnica III

Zapata Central (34.91 ton): Asentamiento de 6.70 cm

Zapata Intermedia (35.00 ton): Asentamiento de 5.49 cm

Zapata Esquinera (11.31 ton): Asentamiento de 2.04 cm

En esta zona, los asentamientos son los más altos de todas las zonas, superando de manera alarmante el límite de 2.5 cm. Esto podría indicar problemas serios de estabilidad y capacidad del suelo en esta área. Nuevamente, la zapata esquinera presenta un comportamiento más favorable, aunque sigue siendo importante considerar los asentamientos de las otras zapatas.

Capacidad Portante: Los altos niveles de asentamiento en las zonas II y III sugieren que la capacidad portante del suelo no es adecuada para las cargas aplicadas. Esto podría requerir una reevaluación del diseño estructural o la mejora del suelo.

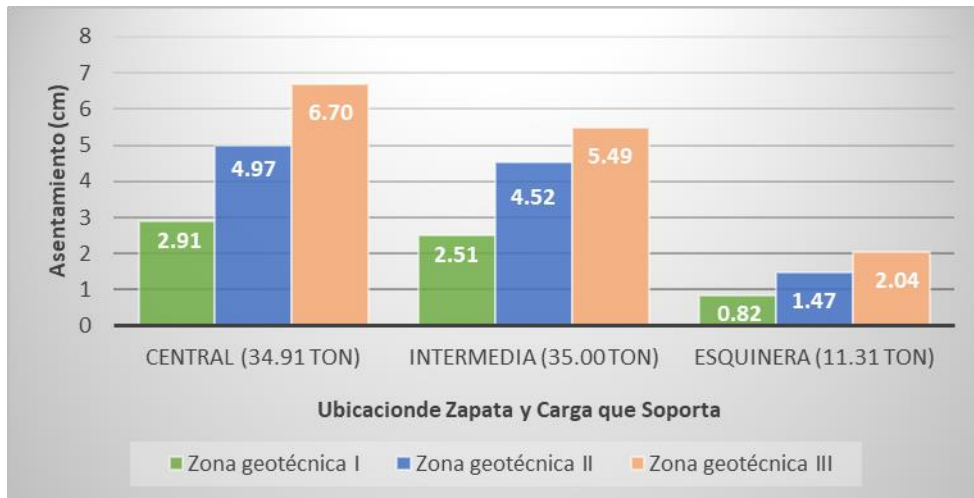
Medidas Correctivas: Considerar el uso de técnicas de mejora del suelo, como cimentaciones profundas, inyecciones de cemento, o la optimización de la distribución de cargas, para mitigar los asentamientos excesivos.

Este análisis subraya la importancia de una evaluación geotécnica exhaustiva y continua para garantizar la seguridad y la integridad de las

estructuras a largo plazo. Así mismo realizar el análisis de distorsión angular permisibles.

Figura 57

Gráfico de barras de las variables, asentamiento, tipo de zapata y zona.



Nota. En el eje X se muestra el tipo de zapata y carga, en el eje Y se muestra los asentamientos producto de la consolidación de suelos.

Figura 58

Estimación de asentamientos producidos en un área específica



Nota. Áreas de influencia de asentamientos calculados en el subtítulo 4.1.5.



Comparación de resultados con otros trabajos de investigación similares:

Discusión y Comparación de Resultados de Asentamientos

Los resultados de asentamientos obtenidos en las distintas zonas geotécnicas muestran variaciones significativas en función de la carga aplicada y las características del suelo. A continuación, se presentan los datos para cada zona y una comparación con los resultados del autor Cango Apolo.

Zona Geotécnica I

Zapata Central (34.91 ton): 2.91 cm, Zapata Intermedia (35.00 ton): 2.51 cm y Zapata Esquinera (11.31 ton): 0.82 cm

Los asentamientos en esta zona son relativamente bajos, lo que indica una buena capacidad portante del suelo, especialmente para la zapata esquinera.

Zona Geotécnica II

Zapata Central (34.91 ton): 4.97 cm, Zapata Intermedia (35.00 ton): 4.52 cm y Zapata Esquinera (11.31 ton): 1.47 cm

Los asentamientos en esta zona son significativamente más altos que en la Zona I, lo que sugiere un mayor grado de compresibilidad en el suelo. Las zapatas centrales e intermedia muestran asentamientos que podrían ser motivo de preocupación para la estabilidad de la estructura.

Zona Geotécnica III

Zapata Central (34.91 ton): 6.70 cm, Zapata Intermedia (35.00 ton): 5.49 cm y Zapata Esquinera (11.31 ton): 2.04 cm

En esta zona, los asentamientos son los más altos de todas las zonas analizadas. Esto podría indicar la presencia de suelos más débiles o menos consolidados, lo que requiere un diseño más robusto para las zapatas.



Comparación con los resultados de Cango Apolo

Zona Mirador: 4.33 cm

Zona Santa Rosa: 2.64 cm

Zona Benjamín Carrión: 6.51 cm

Zona Jorge Mosquera: 3.21 cm

Al comparar estos resultados con los de Cango Apolo:

Zona Mirador (4.33 cm): Similar a la Zona Geotécnica II (4.97 cm para la zapata central). Esto sugiere que ambas zonas presentan suelos con propiedades de deformabilidad comparables.

Zona Santa Rosa (2.64 cm): Este asentamiento es más bajo que el de la Zona Geotécnica I, lo que podría indicar suelos con mejor comportamiento bajo carga.

Zona Benjamín Carrión (6.51 cm): Muy cercano al asentamiento de la Zona Geotécnica III (6.70 cm para la zapata central), indicando condiciones similares en cuanto a la capacidad portante y compresibilidad del suelo.

Zona Jorge Mosquera (3.21 cm): Este valor se encuentra entre los asentamientos de la Zona Geotécnica I y II, sugiriendo una capacidad intermedia del suelo.

La comparación de los resultados revela que los asentamientos en las zonas geotécnicas analizadas presentan un rango significativo que depende de la carga y las características del suelo. Mientras que la Zona I muestra un comportamiento favorable, las Zonas II y III requieren atención especial debido a los asentamientos más altos. Los resultados de Cango Apolo brindan una perspectiva adicional sobre la variabilidad de los asentamientos en diferentes localizaciones, lo que puede ser útil para validar los modelos de diseño y la selección de zapatas adecuadas. Es fundamental considerar



estos datos en la planificación y ejecución de las estructuras para garantizar su estabilidad y seguridad a largo plazo.

4.2. Contraste de Hipótesis

4.2.1. *Para la primera hipótesis específica precisa que el gráfico de la curva de compresibilidad influye considerablemente en el cálculo de asentamientos producto del dimensionamiento de ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.*

La hipótesis establece que el gráfico de la curva de compresibilidad influye considerablemente en el cálculo de asentamientos resultantes del dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya, Puno. Para evaluar esta afirmación, se revisarán los índices de compresibilidad (C_c) y los esfuerzos de preconsolidación en las distintas zonas geotécnicas.

1. Datos de Compresibilidad y Esfuerzos de Preconsolidación:

Zona Geotécnica I:

$C_c = 0.753$ (limo de baja plasticidad, suelo preconsolidado)

Esfuerzo de preconsolidación: 2 kg/cm^2

Zona Geotécnica II:

$C_c = 0.221$ (arcilla de baja plasticidad, suelo normalmente consolidado)

Esfuerzo de preconsolidación: 0.31 kg/cm^2

Zona Geotécnica III:

$C_c = 0.286$ (arcilla de baja plasticidad, suelo normalmente consolidado)

Esfuerzo de preconsolidación: 1.63 kg/cm^2

2. Influencia de la Curva de Compresibilidad en el Cálculo de Asentamientos:

En la zona geotécnica I, el índice de compresibilidad alto (0.753) y el esfuerzo de preconsolidación de 2 kg/cm^2 indican que el suelo es altamente susceptible a asentamientos bajo cargas adicionales. Dado que el suelo es



preconsolidado, la curva de compresibilidad tiene un impacto considerable en el cálculo de asentamientos, justificando la necesidad de un dimensionamiento adecuado del ancho de las zapatas para evitar problemas de asentamiento.

En las zonas geotécnicas II y III, los índices de compresibilidad son mucho más bajos (0.221 y 0.286, respectivamente) y, aunque ambos son suelos normalmente consolidados, el esfuerzo de preconsolidación varía considerablemente (0.31 kg/cm² en II y 1.63 kg/cm² en III). En estos casos, la curva de compresibilidad puede tener una influencia menos directa en el cálculo de asentamientos. El menor índice de compresibilidad sugiere que los asentamientos bajo carga serán menores, lo que podría llevar a un diseño de zapatas menos dependiente de la curva.

3. Análisis Comparativo:

La comparación de los esfuerzos de preconsolidación resalta la diferencia en el comportamiento del suelo. En la zona I, un alto esfuerzo de preconsolidación combinado con una alta compresibilidad indica que se deben considerar cuidadosamente los asentamientos al dimensionar las zapatas. En contraste, en la zona II, el bajo esfuerzo de preconsolidación (0.31 kg/cm²) implica que el suelo tiene una capacidad de carga limitada y, por lo tanto, el diseño de la zapata debe ser más conservador. Sin embargo, el menor índice de compresibilidad sugiere que el impacto de la curva puede ser menos relevante. En la zona III, aunque el esfuerzo de preconsolidación es más alto, la compresibilidad sigue siendo moderada, lo que indica que hay que prestar atención a los asentamientos, pero la curva de compresibilidad tiene menos peso que en la zona I.

4. Conclusión:



La hipótesis es válida en la zona geotécnica I, donde el alto índice de compresibilidad y el esfuerzo de preconsolidación alto justifican una influencia considerable de la curva de compresibilidad en el cálculo de asentamientos. Sin embargo, en las zonas II y III, la menor compresibilidad y los diferentes esfuerzos de preconsolidación sugieren que la influencia de la curva es limitada, y otros factores técnicos podrían tener un papel más determinante en el dimensionamiento del ancho de las zapatas. En resumen, aunque la curva de compresibilidad es importante, su relevancia varía significativamente entre las zonas geotécnicas analizadas, siendo más crítica en suelos preconsolidados y menos en suelos normalmente consolidados.

4.2.2. Para la segunda hipótesis específica precisa la predicción de la tasa de tiempo de consolidación influye considerablemente en el dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.

La hipótesis establece que la predicción de la tasa de tiempo de consolidación influye considerablemente en el dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya, Puno. Para evaluar esta afirmación, se considerarán los valores de la tasa de consolidación (C_v) y los períodos de consolidación en las distintas zonas geotécnicas.

1. Datos de Tasa de Consolidación y Períodos de Consolidación:

- **Zona Geotécnica I:**
 - $C_v=0.0046 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$
 - Período de consolidación: **2.3 años**
- **Zona Geotécnica II:**
 - $C_v=0.0048 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$
 - Período de consolidación: **3.16 años**



- **Zona Geotécnica III:**
 - $C_v=0.0044 \text{ Cm}^2/\text{Seg}$
 - Período de consolidación: **1.88 años**
- 2. **Análisis de la Influencia en el Dimensionamiento de Zapatas:**
 - La tasa de consolidación (C_v) y el período de consolidación son importante para entender cómo el suelo responde a la carga a lo largo del tiempo. En general, un mayor período de consolidación sugiere que el asentamiento se producirá de manera más gradual, lo que puede permitir un diseño más conservador de las zapatas.
 - En la **zona geotécnica I**, el período de consolidación de 2.3 años y un C_v de $0.0046 \text{ cm}^2/\text{s}$ indican que, aunque el asentamiento no es inmediato, se espera que ocurra de manera significativa dentro de un tiempo relativamente corto. Este tiempo de consolidación debe ser considerado en el dimensionamiento de las zapatas para asegurarse de que pueden soportar la carga hasta que el suelo se asiente completamente.
 - En la **zona geotécnica II**, el mayor período de consolidación (3.16 años) y un C_v de $0.0048 \text{ cm}^2/\text{s}$ sugieren que el asentamiento será más prolongado y, por lo tanto, el diseño de las zapatas deberá contemplar esta prolongada respuesta del suelo. Esto podría justificar un ancho de zapata mayor para evitar problemas de asentamiento en el futuro.
 - En la **zona geotécnica III**, el menor período de consolidación (1.88 años) junto con un C_v de $0.0044 \text{ cm}^2/\text{s}$ indica que el suelo puede asentarse más rápidamente. Esto podría permitir un diseño de zapatas que no necesite ser tan robusto como en la zona II, pero aun así debe considerar el tiempo de consolidación en su diseño.
- 3. **Consideraciones Adicionales:**



- La hipótesis sostiene que la influencia de la tasa de tiempo de consolidación es "considerable". Sin embargo, la diferencia en los períodos de consolidación entre las zonas es relativamente pequeña, lo que podría implicar que, aunque hay una variación, esta no necesariamente requeriría ajustes drásticos en el dimensionamiento de las zapatas. Otros factores como la capacidad portante del suelo, la magnitud de las cargas y las condiciones ambientales pueden tener un impacto igual o mayor en el diseño final.

4. Conclusión:

- La hipótesis tiene validez en el sentido de que la tasa de tiempo de consolidación y el período de consolidación son importantes para el dimensionamiento de las zapatas. Sin embargo, la variación en los períodos de consolidación entre las zonas no es suficientemente significativa como para concluir que esta influencia es considerable. En resumen, mientras que la tasa de consolidación debe ser considerada en el diseño de zapatas, su impacto en el dimensionamiento del ancho de las zapatas aisladas en este contexto específico es limitado y debe ser complementado con otros factores técnicos.

4.2.3. Para la tercera hipótesis específica precisa que el cálculo de asentamiento por consolidación influye directamente en la obtención del ancho de zapata aislada más adecuada en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.

La hipótesis establece que el cálculo de asentamiento por consolidación influye directamente en la obtención del ancho de zapata aislada más adecuada en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya, Puno. Para evaluar esta afirmación, se revisarán los datos de asentamiento obtenidos en las diferentes



zonas geotécnicas y su relación con el dimensionamiento del ancho de las zapatas.

1. Datos de Asentamiento en Cada Zona Geotécnica:

- **Zona Geotécnica I:**
 - Zapata Central (34.91 ton): Asentamiento de **2.91 cm**
 - Zapata Intermedia (35.00 ton): Asentamiento de **2.51 cm**
 - Zapata Esquinera (11.31 ton): Asentamiento de **0.82 cm**
- **Zona Geotécnica II:**
 - Zapata Central (34.91 ton): Asentamiento de **4.97 cm**
 - Zapata Intermedia (35.00 ton): Asentamiento de **4.52 cm**
 - Zapata Esquinera (11.31 ton): Asentamiento de **1.47 cm**
- **Zona Geotécnica III:**
 - Zapata Central (34.91 ton): Asentamiento de **6.70 cm**
 - Zapata Intermedia (35.00 ton): Asentamiento de **5.49 cm**
 - Zapata Esquinera (11.31 ton): Asentamiento de **2.04 cm**

2. Análisis de la Influencia del Cálculo de Asentamiento en el Dimensionamiento de Zapatas:

El cálculo de asentamiento por consolidación es crucial para determinar el ancho de las zapatas, ya que un asentamiento excesivo puede comprometer la estabilidad de la estructura. En las diferentes zonas, los datos de asentamiento muestran variaciones significativas.

Zona Geotécnica I presenta asentamientos relativamente bajos, especialmente para la zapata esquinera (0.82 cm), lo que podría justificar un ancho de zapata estándar sin necesidad de aumentos significativos. Sin embargo, para las zapatas central e intermedia, con asentamientos de 2.91



cm y 2.51 cm, respectivamente, el cálculo de estos asentamientos es vital para asegurar que las zapatas tengan suficiente capacidad para soportar la carga sin superar límites de asentamiento aceptables.

- En la **Zona Geotécnica II**, los asentamientos son más altos (4.97 cm para la zapata central y 4.52 cm para la intermedia), lo que sugiere que se debe considerar un ancho de zapata mayor para mitigar los efectos del asentamiento. Esto resalta cómo el cálculo de asentamiento influye en la decisión del diseño, ya que un asentamiento mayor requiere un diseño más robusto.
- En la **Zona Geotécnica III**, los asentamientos son aún más elevados (6.70 cm para la zapata central y 5.49 cm para la intermedia), lo que indica que un ancho de zapata considerablemente mayor podría ser necesario para cumplir con los requisitos de seguridad y estabilidad. En este caso, la influencia del cálculo de asentamiento es muy significativa y debe ser priorizada en el proceso de diseño.

3. Conclusión:

- La hipótesis es válida, ya que los datos de asentamiento obtenidos en las diferentes zonas geotécnicas claramente demuestran que el cálculo de asentamiento por consolidación influye directamente en la obtención del ancho de zapata aislada más adecuada. A medida que aumentan los asentamientos en las distintas zonas, también lo hace la necesidad de ajustar el ancho de las zapatas para garantizar la estabilidad y la integridad estructural. En resumen, el cálculo de asentamiento es un factor crítico que debe ser considerado en el diseño de zapatas aisladas en este contexto específico.



CONCLUSIONES

PRIMERA. - La consolidación del suelo influye significativamente en el dimensionamiento de zapatas aisladas en Jayllihuaya – Puno, ya que las diferencias en asentamientos y parámetros como el índice de compresibilidad (C_c) y el coeficiente de consolidación (C_v) determinan las necesidades de diseño asimismo remarcan la importancia de adaptar las zapatas a las características específicas del suelo para garantizar estabilidad y durabilidad estructural.

SEGUNDA. – El análisis de la curva de compresibilidad muestra variaciones significativas según la zona geotécnica. En la zona I, la alta compresibilidad ($C_c=0.753$) y el elevado esfuerzo de preconsolidación (2.01 Kg/cm^2). Por otro lado, en las zonas II y III, con menores índices de compresibilidad ($C_c=0.221$ y 0.286) y diferentes esfuerzos de preconsolidación (0.31 y 1.63 Kg/cm^2). Estos resultados subrayan la necesidad de incorporar los índices de compresibilidad en el dimensionamiento de zapatas aisladas para prevenir problemas de asentamientos futuros.

TERCERA. – El análisis de la tasa de consolidación revela diferencias significativas en los coeficientes de consolidación y los periodos asociados entre las zonas geotécnicas. La zona I, con un $C_v=0.0046 \text{ cm}^2/\text{s}$ y un periodo de 2.3 años, muestra una respuesta moderada a la carga, mientras que la zona II, con $C_v=0.0048 \text{ cm}^2/\text{s}$ y un periodo más prolongado de 3.16 años, requiere un diseño más cuidadoso para evitar asentamientos excesivos. En contraste, la zona III, con $C_v=0.0044 \text{ cm}^2/\text{s}$ y un periodo más breve de 1.88 años, presenta una respuesta más rápida, aunque sigue siendo crucial considerar estas características en el dimensionamiento.

CUARTA. – El análisis de los asentamientos por consolidación en las distintas zonas geotécnicas destaca la necesidad de un dimensionamiento cuidadoso para las zapatas aisladas. En la zona I, los asentamientos son bajos (2.91 cm y 2.51 cm), indicando una adecuada capacidad de soporte del suelo. Sin embargo, en las zonas II y III, los asentamientos aumentan significativamente (4.97 cm y 4.52 cm ; 6.70 cm y 5.49 cm , respectivamente), lo que eleva el riesgo de asentamientos diferenciales y distorsiones angulares. Estos resultados enfatizan la importancia de ajustar el ancho de las zapatas y considerar refuerzos del suelo en las zonas más críticas para garantizar estabilidad estructural y una distribución uniforme de las cargas.



RECOMENDACIONES

PRIMERA. - Con base en las diferencias en compresibilidad y consolidación identificadas entre las zonas geotécnicas, se recomienda a futuros investigadores realizar caracterizaciones detalladas del suelo en cada área de estudio. Esto incluye determinar índices clave como el índice de compresibilidad (C_c), el coeficiente de consolidación (C_v), y los esfuerzos de preconsolidación, adaptando estos parámetros al dimensionamiento de zapatas para minimizar asentamientos diferenciales y garantizar la estabilidad de las estructuras.

SEGUNDA. - Dado el impacto de los índices de compresibilidad en el diseño de fundaciones, es crucial que futuros investigadores analicen detenidamente la curva de compresibilidad en cada zona. En la Zona I, donde el C_c es alto, se debe prestar especial atención a este factor en los cálculos, mientras que en las Zonas II y III se deben considerar otros aspectos técnicos complementarios.

TERCERA. - Se sugiere validar los resultados de laboratorio y modelos teóricos mediante el monitoreo de estructuras construidas en Jayllihuaya. Esto permitirá evaluar cómo los asentamientos reales se comparan con las predicciones, ajustando así los modelos geotécnicos para futuras investigaciones. Además, se recomienda implementar instrumentos como piezómetros y extensómetros para medir directamente la consolidación en campo.

CUARTA. - En función de los resultados observados, se recomienda a futuras investigaciones realizar un análisis detallado de los asentamientos diferenciales y las distorsiones angulares. Para las Zonas II y III, donde los asentamientos son mayores, se debe considerar ajustar el tamaño de las zapatas y/o implementar técnicas de refuerzo del suelo para garantizar una distribución uniforme de las cargas y prevenir problemas estructurales futuros, también se puede reducir las sollicitaciones externas, y aumentar la profundidad de desplante este último genera un esfuerzo de alivio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andino, G. A. (2015). *Estudio y análisis del comportamiento estructural de cimentaciones superficiales por efectos de consolidación del suelo de fundación, según la metodología propuesta por la norma ecuatoriana de la construcción*. Repositorio Institucional, España.
- Astete., R. P. (2017). *Evaluación de cimentaciones sobre rellenos no controlados en la zona Nor – Oeste de la ciudad de Juliaca*. Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez, Juliaca.
- ASTM D2216. (1998). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D2216>
- ASTM D2435. (2020). *Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D2435>
- ASTM D2487. (2012). *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D2487>
- ASTM D422. (1998). *Standard Test Method for Particle Sizes in Soils*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D422>
- ASTM D423. (1982). *Method of Test for Liquid Limit of Soils*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D423.htm>
- ASTM D424. (1982). *Standard Method of Test for Plastic Limit*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D424.htm>
- ASTM D4318. (2000). *Standard Test Methods for Liquid Limit and Plastic Limit*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D4318>
- ASTM D4318. (2005). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D4318>
- ASTM D653. (2012). *Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D653.html>
- ASTM D6913. (2008). *Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D6913>
- ASTM D854-10. (2010). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. Obtenido de <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D854-10.htm>
- Badillo, J., & Rodriguez, R. (1982). *Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.
- Baldeón, I. C. (2010). *Estadística aplicada a la investigación*. Lima: San Marcos.
- Bazant, J. (1979). *Rentabilidad de la vivienda de bajos ingresos*. Mexico: Diana.



- Berry, P., & Reid, D. (1993). *Mecanica de Suelos*. San Francisco: McGRAW-HILL.
- Borselli, L. (2014). Consolidacion de Suelos.
- Borselli, L. (08 de Octubre de 2019). Obtenido de Geotecnia Aplicada: https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_V.pdf
- Borselli, L. (25 de Setiembre de 2023). Obtenido de <https://www.lorenzo-borselli.eu/>
- Bowles, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingenieria Civil*. Mexico: McGRAW-HILL.
- BRAJA DAS, M. (2006). *Ingenieria de Cimentaciones*. Mexico D.F: THOMSON.
- Caizachana Collaguazo, J. C. (2014). *Implementación de programas computacionales para el cálculo y diseño de cimentaciones profundas. Aplicación al cálculo de edificios. (Tesis de pregrado, Universidad Central de Ecuador)*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2211>
- Calavera, J. (1991). *Cálculo de Estructuras de Cimentación*. España: INTEMAC S.A.
- Cango Apolo, L. J. (2017). *Estudios de asentamientos por consolidacion instantanea, primaria y secundaria en suelos limosos y arcillosos de la ciudad de Zamora. (Tesis de pregrado, Universidad Tecnica Particular de Loja)*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/20731>
- Coduto, D. P. (1999). *Geotechnical Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Curo, F. A. (2018). *Alternativas de cimentaciones superficiales para edificaciones cimentadas en un terreno con asentamiento diferencial*. Universidad Continental, Huancayo.
- E050. (2018). *Norma Tecnica de Edificaciones*. Peru. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/puno/4.%20INGENIERIA%20GEOTECNICA%20EN%20EDIFICACIONES.pdf>
- Escobar, G. D., & Escobar, C. E. (2002). *Mecanica de Suelos I*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Goodman, R. (1993). *Engineering Geology: Rock in Engineering Construction*. New York.
- Laura, S. H. (2016). *Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la bahía de puno, para cimentaciones superficiales*. Universidad nacional del Altiplano, Puno.
- Leoni, A. (2008). Consolidacion y Asentamiento. En A. J. Leoni, *Mecanica de Suelos* (pág. 178). Argentina.
- Leoni, A. J. (2014). *Consolidacion y Asentamiento*. Facultad de Ingenieria Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Louis Logeais, S. C. (1984). *Patologia de Cimentaciones*. España: Gustavo Gili.



- Mejía, L. Y., & Benites, S. A. (2015). *Determinación del esfuerzo de pre-consolidación para el cálculo de asentamiento de suelos finos de la zona de Sagari – Cuzco*. Universidad de Ricardo Palma, Cuzco.
- Murthy, V. (2007). *Engineering, Advanced Foundation*. India: CBS PUBLISHERS & DISTRIBUTORS.
- Norbury, D. (2016). *Soil and Rock Description*. Scotland: WHITTLES PUBLISHING.
- Noruego, I. G. (2024). *ASOCIACIÓN DE INGENIEROS GEOTÉCNICOS DE COLORADO*. Obtenido de https://www.cagecolorado.org/what_is_geotechnical_engineeri.php
- Pilcomamani Atencio, D. (2021). *Repositorio UCV*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65611/Pilcomamani_AD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Sowers, G. F. (1972). *Introductory Soil Mechanics & Foundations: Geotechnic Engineering*. California: Limusa Wiley S.A Mexico.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Terzaghi, K., & Peck, R. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York.
- Venkatramaiah, C. (2006). *Geotechnical Engineering*. India: New Age International.
- Whitlow, R. (2000). *Fundamentos de Mecánica de Suelos*. Mexico: Compañía Editorial Continental; S.A de CV. Mexico.
- Zumárraga, F. P., & Noguera, D. I. (2017). *Evaluación del comportamiento estructural de viviendas construidas sobre suelos colapsables (turbas) en un área de 13,23 ha en el sector del garrochal ubicado en el sur del distrito metropolitano de Quito*. Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Ecuador.



ANEXOS

133



Anexo 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA – PUNO

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES				METODOLOGÍA	
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN		U.M.
PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera la consolidación de suelos, influye en el dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno?	OBJETIVO GENERAL Determinar cómo la consolidación de suelos influye en el dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.	HIPÓTESIS GENERAL La consolidación de suelos sobredimensiona los anchos de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya – Puno.	Variable dependiente: Dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas	Zapata Aislada	- Central - Medianera - Esquinera	1.1. Dimensionamiento	m m m	- ENFOQUE Cuantitativo. - MÉTODO Aplicativo Cuantitativo Explicativo
				Carga estructural	- Carga muerta - Carga viva	2.1. Metrado de cargas 2.2. Norma E-020	Kg Kg/m ²	- DISEÑO Cuasiexperimental - POBLACIÓN C.P de <u>Jallyhuaya</u>
								- MUESTRA No probabilístico
				Esfuerzos producidos en el interior del suelo.	- Esfuerzos totales - Esfuerzos de presión de poros - Esfuerzos efectivos - Esfuerzos debido a cargas externas.	3.1. Teoría de esfuerzos 3.2. Método de <u>Newmark-Fadum</u>	Kg/m ² Kg/m ² Kg/m ²	- TÉCNICAS Ensayos de laboratorio, Estudio en gabinete, observación in Situ y revisión bibliográfica.
								- INSTRUMENTOS ASTM D2216 ASTM D422 ASTM D4318 ASTM D2487 ASTM D2435



PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICO							
¿De qué manera la curva de compresibilidad influye en el cálculo de asentamientos por consolidación producto del dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya -Puno?	Determinar cómo la curva de compresibilidad influye en el cálculo de los asentamientos por consolidación, derivados del dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno	La curva de compresibilidad del suelo refleja parámetros clave del proceso de consolidación, como el índice de compresibilidad (C_c), que influyen directamente en la magnitud de los asentamientos de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno.	Variable independiente: Consolidación de suelos	Propiedades Físicas y Mecánicas del suelo	- Contenido de humedad	de 1.1	Humedad(w)	%	
						- Análisis granulométrico	1.2	Tamices	%
						- Límites de consistencia	de 1.3	Limite Liquido	%
						- Clasificación de suelos	1.4	Limite plástico	%
						- Gravedad específica solidos	de 1.5	Clasificación SUCS	u/u
							1.6	Gs	u/u
						- Relación de Vacíos	de 2.1	e	u/u
					Ensayo de consolidación unidimensional	- Coeficiente de consolidación	de 2.2	C_v	cm/s
						- Coeficiente de compresibilidad	2.3	M_v	cm ² /kg
						- Permeabilidad	2.4	k	cm ² /s
¿De qué manera la tasa de tiempo de consolidación influye en el dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno?	Predecir la tasa de tiempo de consolidación debido al dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno.	La predicción de la tasa de tiempo de consolidación influye considerablemente en el dimensionamiento del ancho de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno.		Cálculo de asentamientos Factores que intervienen en la consolidación	- Coeficiente de compresión	de 3.1	C_c	u/u	
					- Coeficiente de Re-compresión	de 3.2	C_s	u/u	
					- Módulo edométrico	3.3	E_m	1/ M_v	
					- Esfuerzo de pre consolidación	3.4	σ_{pre}	Kg/cm ²	
¿De qué manera el cálculo de asentamiento por consolidación influye en el dimensionamiento de zapatas aisladas en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno?	Calcular el asentamiento por consolidación a fin de obtener el ancho de zapata aislada más adecuada en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno.	El cálculo de asentamiento por consolidación influye directamente en la obtención del ancho de zapata aislada más adecuada en viviendas del centro poblado de Jayllihuaya - Puno.							

Nota. Matriz de consistencia del trabajo de investigación.



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS : CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO	Registro N° *****
	Fecha Julio del 2024

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA, DISTRITO DE PUNO, REGION PUNO.		
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. ANGEL SAMUEL LAZARES ALZAZAR	COORDENADAS ESTE : 393606.71 m E NORTE : 8245417.77 m S COTA : -
CALICATA : C - 03	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in	
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : N.E.	
PROFUND. : 1.50 m		

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 01	CH - 02	CH - 03
Masa Tara	[g]	70.72	72.20	78.94
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	443.70	408.10	392.40
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	382.80	351.80	341.90
Masa Agua	[g]	60.90	56.30	50.50
Masa Suelo Seco	[g]	312.08	279.60	262.96
Contenido de Humedad	[g]	19.51	20.14	19.20
PROMEDIO	(%)	19.6		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Yana Condori
ING. YANA CONDORI
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex Luis Gomez
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CP N° 209176



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

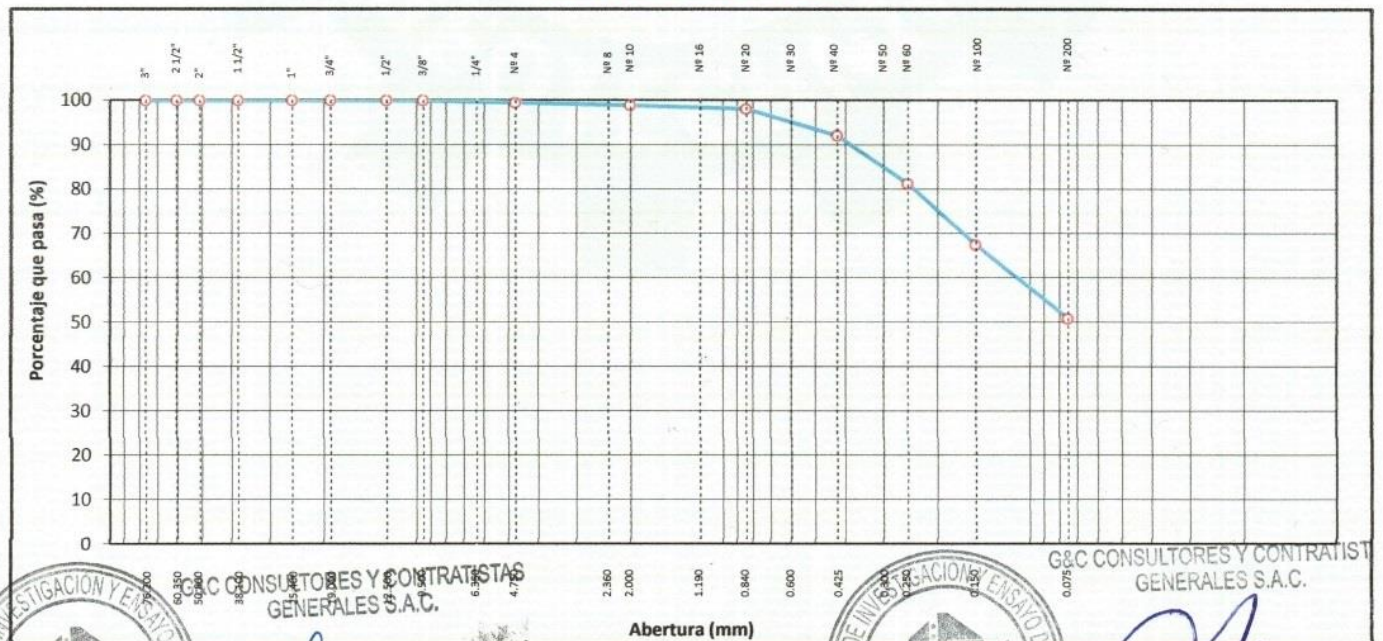
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS	CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO	Registro N° :
		Fecha : JULIO 2024

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA, DISTRITO DE PUNO, REGION PUNO	
PROCEDECENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. ANGEL SAMUEL LAZARES ALZAZAR
CALICATA	C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	M - 01	
PROFUND.	1.50 m.	NORTE : 8245417.77 m S
	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in	COTA : -
	NIVEL FREÁTICO : N.E.	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in	254.000						Masa inicial seco : 208.0 gr. Masa Global : 208.0 gr.
6 in	152.400						
5 in	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Contenido de Humedad (%) : 19.6 TAMAÑO MÁXIMO : 1/4 in Limite Líquido (LL) : 39.00 Limite Plástico (LP) : 24.00 Índice Plástico (IP) : 15.00 Clasificación (SUCS) : CL Clasificación (AASHTO) : A-6 (5) Índice de Consistencia : 1.29 DESCRIPCIÓN DEL SUELO Descripción (AASHTO) : MALO Descripción (SUCS) : Arcilla arenosa de baja plasticidad Materia Orgánica : Turba : -- CU : 0.000 CC : 0.000 CARACTERÍSTICAS GRANULOMETRICAS Grava > 2" : 0.00 Grava 2" - N° 4 : 0.59 Arena N°4 - N° 200 : 48.49 Finos < N° 200 : 50.92 %>3" : 0.0%
4 in	101.600						
3 in	76.200						
2 1/2 in	60.350						
2 in	50.800						
1 1/2 in	38.100						
1 in	25.400						
3/4 in	19.000						
1/2 in	12.500						
3/8 in	9.500						
1/4 in	6.350				100.00		
N° 4	4.750	1.23	0.59	0.59	99.41		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	1.03	0.50	1.09	98.91		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840	1.77	0.85	1.94	98.06		
N° 30	0.600						
N° 40	0.425	12.35	5.94	7.87	92.13		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	22.59	10.86	18.73	81.27		
N° 100	0.150	28.57	13.73	32.47	67.53		
N° 200	0.075	34.55	16.61	49.08	50.92		
< N° 200	FONDO	105.92	50.92	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. *[Signature]*



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. *[Signature]*



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

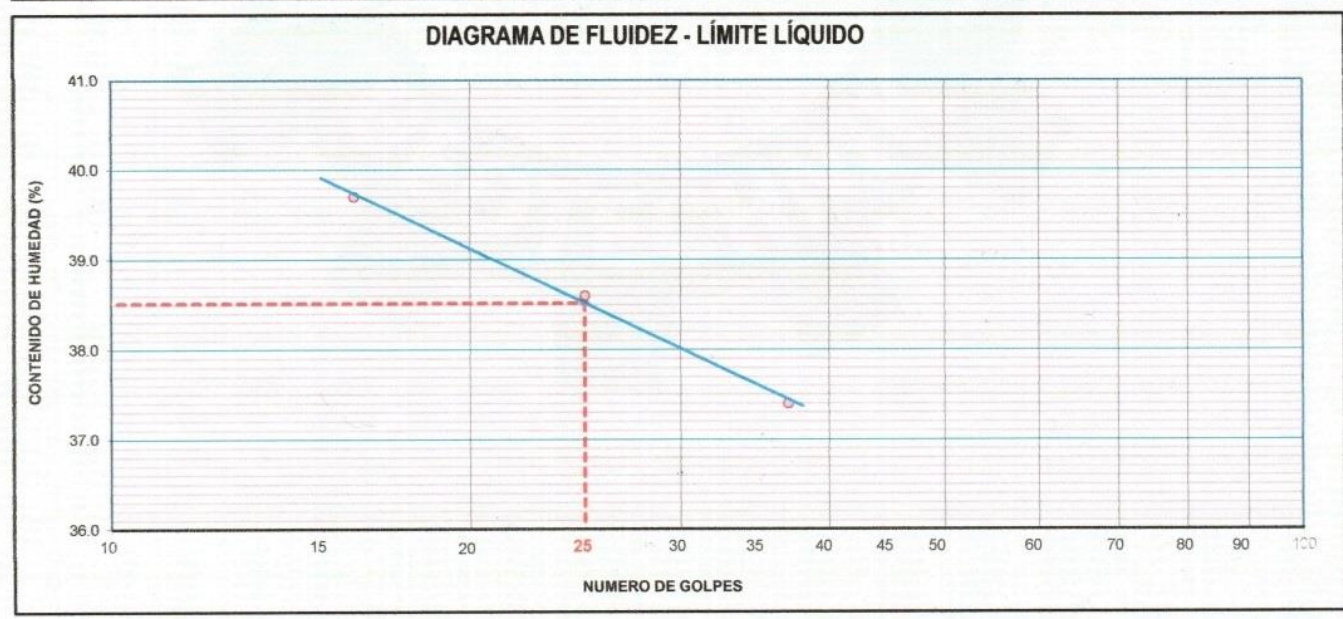
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO	Registro N° :
		Fecha : Julio 2024

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA, DISTRITO DE PUNO, REGION PUNO.	
PROCEDECENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. ANGEL SAMUEL LAZARES ALZAZAR
CALICATA	C - 03	COORDENADAS ESTE -393606.71 m E NORTE -8245417.77 m S COTA -
MUESTRA	M - 01	
PROFUND.	1.50 m	
	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in	
	NIVEL FREÁTICO : N.E.	

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03	
MASA DE LA TARA	[g]	45.84	45.92	45.91	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	62.77	62.71	61.40	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	57.96	58.03	57.18	
MASA DE AGUA	[g]	4.81	4.68	4.22	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	12.12	12.11	11.27	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.70	38.60	37.40	
NUMERO DE GOLPES	n°	16	25	37	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 04	LC - 05		
MASA DE LA TARA	[g]	46.94	47.87		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	50.31	51.29		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.66	50.63		
MASA DE AGUA	[g]	0.65	0.66		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.72	2.76		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.90	23.90		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	39.00
LIMITE PLASTICO	24.00
INDICE DE PLASTICIDAD	15.00

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



Angel Samuel Lazares Alazar
YANA CONDORI



Manuel Luis González
MANUEL LUIS GÓNEZ GÓLA



CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

STANDARD TEST METHODS FOR ONE-DIMENSIONAL CONSOLIDATION PROPERTIES OF SOILS USING INCREMENTAL LOADING ASTM D2435 / D2435M - II (2020)

PROYECTO : TESIS: CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO

SOLICITANTE : ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR
UBICACIÓN : C.P JALLYHUAYA DISTRITO PUNO - DEPARTAMENTO PUNO
FECHA : JULIO 2024

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y despues del ensayo	Inicial (I)	Final (f)
Peso de tara ((g)	48.97	48.97
A. Peso del anillo (g)	42.95	42.95
B. Peso del anillo + muestra húmeda + Tara (g)	194.42	196.10
C. Peso del anillo + muestra seca + tara (g)	169.65	169.65
D. Contenido de humedad (W%) = ((B-C)/(C-A-Tara))*100	31.87 %	34.03 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS	
Gravedad específica (Gs) :	2.60

3- DATOS DEL ESPÉCIMEN	
k. Gravedad específica de los sólidos (Gs) : J	2.60
L. Peso del espécimen húmedo (g) : Bi - Ai	102.50
M. Diámetro (cm)	6.190
N. Altura Ho (cm)	1.997
O. Área A (cm ²) : $\pi M^2/4$	30.10
P. Volumen de la muestra en el anillo (cm ³) : O*N	60.10
Q. Densidad húmeda (g/cm ³) : L/P	1.71
R. Peso de los sólidos Ws (g) : (B - A)/(1 + D/100)	77.73
S. Altura de los sólidos Hs=Ws/(Ags _w) (cm) : R/(O*K)	0.99
T. Relación de vacios inicial e ₀ = (Ho - Hs)/Hs : (N - S)/S	1.01
U. Variación de la altura de la muestra ΔH (cm)	0.2599
V. Altura final de la muestra H _f (cm) : N - U	1.74
W. Relación de vacios final e _f = (H _f - Hs)/Hs : (V - S)/S	0.75



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Angel Samuel Lazares Alcazar
ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Walter Gómez Calla
WALTER GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



4-REGISTRO DE DATOS DE CARGA

CARGA	(Kpa)	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00	1600.00	3200.00
	(Kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.039	3.059	4.079	8.158	16.316	32.631
TIEMPO (minutos)		Deformación (mm)									
0.00	0:00:00		0.14900	0.22010	0.33700	0.49950	0.90100	1.32800	1.66000		
0.10	0:00:06	0.10500	0.18300	0.28900	0.42100	0.54900	1.03500	1.39500	2.18000		
0.25	0:00:15	0.12000	0.18900	0.29000	0.42600	0.55900	1.04900	1.40100	2.20000		
0.50	0:00:30	0.12300	0.19000	0.29100	0.43000	0.57000	1.06500	1.41000	2.24000		
1.00	0:01:00	0.12500	0.19100	0.29500	0.43100	0.58000	1.08100	1.42000	2.27300		
2.00	0:02:00	0.13000	0.19200	0.30000	0.44000	0.69500	1.10100	1.43000	2.30500		
4.00	0:04:00	0.13100	0.19900	0.30100	0.44500	0.71000	1.12500	1.44900	2.33500		
8.00	0:08:00	0.13500	0.20090	0.30900	0.45100	0.73200	1.14600	1.46500	2.38000		
15.00	0:15:00	0.13900	0.20300	0.31400	0.45600	0.75000	1.16300	1.48100	2.40900		
30.00	0:30:00	0.13990	0.20500	0.31900	0.46100	0.76900	1.19400	1.51000	2.43900		
60.00	1:00:00	0.14010	0.20900	0.32000	0.46900	0.80000	1.21500	1.53100	2.46700		
120.00	2:00:00	0.14010	0.21100	0.32500	0.47800	0.81000	1.24100	1.56000	2.49200		
240.00	4:00:00	0.14500	0.21300	0.32990	0.48000	0.84000	1.26990	1.58600	2.52100		
480.00	8:00:00	0.14500	0.21900	0.33200	0.48500	0.86200	1.29100	1.61900	2.55500		
960.00	16:00:00										
1,440.00	24:00:00	0.14900	0.22010	0.33700	0.49950	0.90100	1.32800	1.66000	2.59900		
Carga de asentamiento =		4.903 Kpa	=	0.050 Kg/cm ²	Variación de Altura de muestra ΔH = 2.5990 mm						
Asentamiento (mm)	P	0.14900	0.22010	0.33700	0.49950	0.90100	1.32800	1.66000	2.59900		
	Σ	0.14900	0.36910	0.70610	1.20560	2.10660	3.43460	5.09460	7.69360		

5-REGISTRO DE DATOS ETAPA DE DESCARGA

CARGA	(Kpa)	0.00	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00	1600.00
	(Kg/cm ²)	0.000	0.127	0.255	0.510	1.020	2.039	3.059	4.079	8.158	16.316
TIEMPO (minutos)		Deformación (mm)									
0.00	0:00:00	1.90200	2.02100	2.15000	2.28900	2.41500	2.48100	2.52000	2.59900		
0.13	0:00:08	1.77000	1.99000	2.11100	2.23500	2.35000	2.44500	2.49500	2.53200		
0.25	0:00:15	1.75500	1.98500	2.10400	2.22500	2.34000	2.44000	2.49100	2.53000		
0.50	0:00:30	1.73900	1.97600	2.09500	2.21500	2.33000	2.43500	2.49000	2.52900		
1.00	0:01:00	1.71300	1.96400	2.08000	2.20000	2.31900	2.42900	2.48900	2.52500		
2.00	0:02:00	1.67900	1.94900	2.06100	2.18000	2.30600	2.42100	2.48500	2.52100		
4.00	0:04:00	1.63100	1.92500	2.04200	2.16100	2.29600	2.42000	2.48400	2.52000		
8.00	0:08:00	1.57800	1.90200	2.02100	2.15000	2.28900	2.41500	2.48100	2.52000		
Expansión (mm)	P	0.32400	0.11900	0.12900	0.13900	0.12600	0.06600	0.03900	0.07900		
	Σ	1.02100	0.69700	0.57800	0.44900	0.31000	0.18400	0.11800	0.07900		



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Signature
ING. JIMMY C. YANA CONDORI
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Signature
ING. JIMMY C. YANA CONDORI
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 200176



6-CÁLCULO ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Asentamiento (mm)	Altura del espécimen (mm)			Densidad seca (g/cm ³)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	t 50 (min)	t 90 (min)	Coeficiente De Consol. Cv (cm ² /min)	
		Final	Promedio	Drenado						t 50	t 90
		50.00	0.70610	19.264						19.432	9.716
100.00	1.20560	18.764	19.014	9.507	1.3764	0.8890	6.037	3.70	0.36	0.059442	6.337954
200.00	2.10660	17.863	18.314	9.157	1.4458	0.7983	10.549	2.55	0.36	0.136221	5.277337
300.00	3.43460	16.535	17.199	8.600	1.5619	0.6646	17.199	6.70	0.38	0.015819	5.756218
400.00	5.09460	14.875	15.705	7.853	1.7362	0.4975	25.511	12.50	0.40	0.068827	5.847464
800.00	7.69360	12.276	13.576	6.788	2.1038	0.2359	38.526			0.049039	6.201290
1600.00	0.00000										
3200.00	0.00000										

7-CÁLCULO ETAPA DE DESCARGA

Carga (Kpa)	Asentamiento (mm)	Altura del espécimen (mm)			Densidad seca (g/cm ³)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	t 50 (min)	t 90 (min)	Coeficiente De Consol. Cv (cm ² /min)	
		Final	Promedio	Drenado						t 50	t 90
		1600.00									
800.00	7.694	19.970	19.970	9.985	2.1038	0.2359	38.526				
400.00	7.615	19.891	19.891	9.946	2.0903	0.2438	38.130				
300.00	7.576	19.852	19.852	9.926	2.0837	0.2478	37.935				
200.00	7.510	19.786	19.786	9.893	2.0727	0.2544	37.604				
100.00	7.384	19.660	19.660	9.830	2.0520	0.2671	36.973				
50.00	7.245	19.521	19.521	9.761	2.0295	0.2811	36.277				
25.00	7.116	19.392	19.392	9.696	2.0092	0.2941	35.631				
12.50	6.997	19.273	19.273	9.637	1.9908	0.3060	35.036				



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary C. Yana Condori
B. MARY C. YANA CONDORI
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

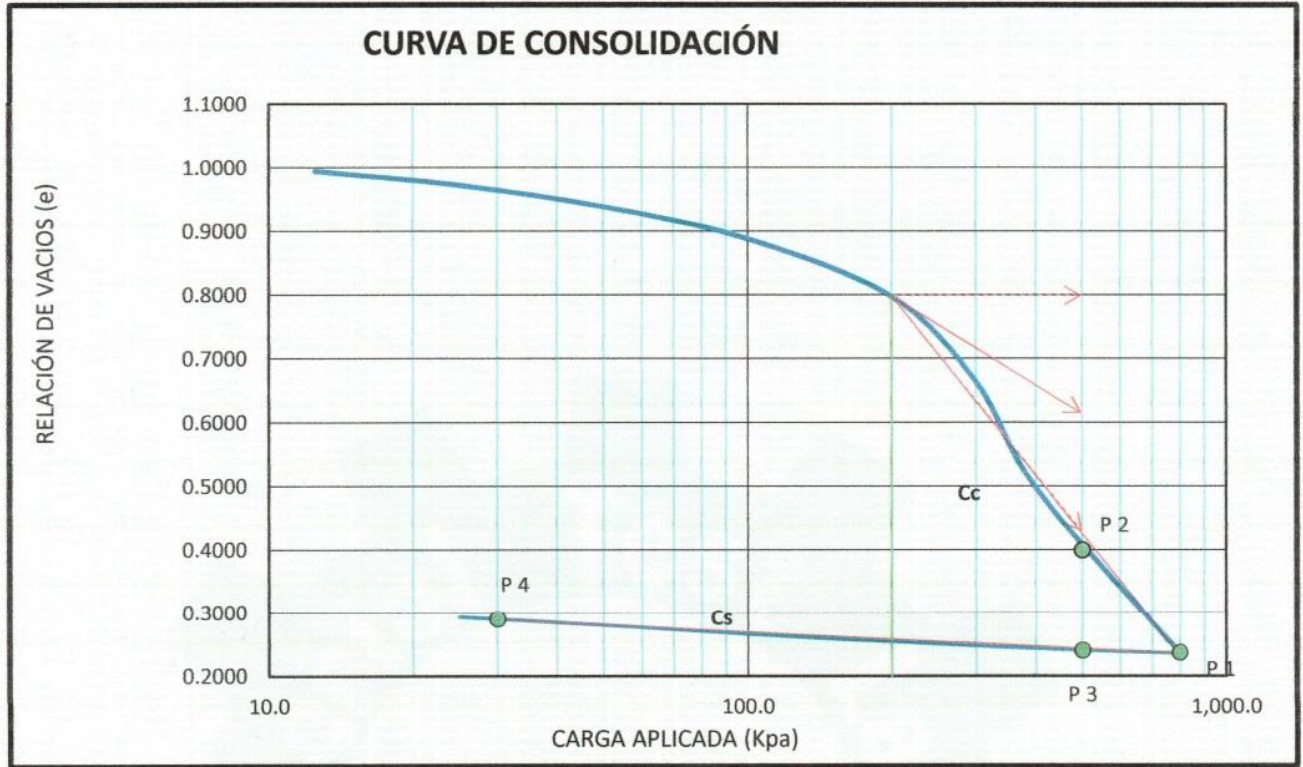


G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Ing. Luis Gómez Calla
ING. LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



$C_c = 0.28584315$	$C_c = 0.04218271$	$P_c = 159.85 \text{ Kpa} = 1.63 \text{ Kg/cm}^2$
--------------------	--------------------	---



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary C. Yana Condori
BACH. MARY C. YANA CONDORI
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alexis Gómez Calla
ING. ALEXIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

STANDARD TEST METHODS FOR ONE-DIMENSIONAL CONSOLIDATION PROPERTIES OF SOILS USING INCREMENTAL LOADING ASTM D2435 / D2435M - 11 (2020)

PROYECTO : TESIS: CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA - PUNO

SOLICITANTE : ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR
UBICACIÓN : C.P JALLYHUAYA DISTRITO PUNO - DEPARTAMENTO PUNO
FECHA : JULIO 2024

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y despues del ensayo	Inicial (I)	Final (f)
D. Contenido de humedad (W%) = $((B-C)/(C-A-Tara))*100$	25.62 %	38.64 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS	
Gravedad específica (Gs) :	1.19

3- DATOS DEL ESPÉCIMEN	
k. Gravedad específica de los sólidos (Gs) : J	1.19
L. Peso del espécimen húmedo (g) : Bi - Ai	169.83
M. Diámetro (cm)	6.16
N. Altura Ho (cm)	1.99
O. Área A (cm ²) : $\pi M^2/4$	29.80
P. Volumen de la muestra en el anillo (cm ³) : O*N	59.40
Q. Densidad húmeda (g/cm ³) : L/P	2.86
R. Peso de los sólidos Ws (g) : $(B - A)/(1 + D/100)$	142.74
S. Altura de los sólidos Hs = $Ws/(Ags\gamma_w)$ (cm) : R/(O*K)	1.80
T. Relación de vacios inicial e ₀ = $(Ho - Hs)/Hs$: (N - S)/S	0.11
U. Variación de la altura de la muestra ΔH (cm)	0.0106
V. Altura final de la muestra H _f (cm) : N - U	1.98
W. Relación de vacios final e _f = $(H_f - Hs)/Hs$: (V - S)/S	0.10



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Angel
BACH. MARY C. YANA CONDORI
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



4- REGISTRO DE DATOS DE CARGA											
CARGA	(Kpa)	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00	1600.00	3200.00
	(Kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.039	3.059	4.079	8.158	16.316	32.631
TIEMPO (minutos)	Deformación (mm)										
0.00	0:00:00	0.02200	0.02299	0.02380	0.02505	0.02659	0.02900	0.03078			
0.10	0:00:06	0.02240	0.02329	0.02440	0.02570	0.02770	0.02955	0.03110			
0.25	0:00:15	0.02246	0.02330	0.02443	0.02580	0.02780	0.02960	0.03115			
0.50	0:00:30	0.02255	0.02335	0.02445	0.02585	0.02792	0.02970	0.03120			
1.00	0:01:00	0.02258	0.02340	0.02454	0.02590	0.02800	0.02980	0.03130			
2.00	0:02:00	0.02262	0.02341	0.02459	0.02598	0.02818	0.02988	0.03140			
4.00	0:04:00	0.02268	0.02343	0.02460	0.02605	0.02825	0.02988	0.03145			
8.00	0:08:00	0.02270	0.02349	0.02465	0.02611	0.02833	0.03005	0.03159			
15.00	0:15:00	0.02275	0.02350	0.02478	0.02619	0.02843	0.03015	0.03170			
30.00	0:30:00	0.02280	0.02355	0.02483	0.02625	0.02850	0.03025	0.03183			
60.00	1:00:00	0.02284	0.02362	0.02489	0.02630	0.02860	0.03035	0.03190			
120.00	2:00:00	0.02289	0.02368	0.02490	0.02639	0.02868	0.03048	0.03209			
240.00	4:00:00	0.02290	0.02371	0.02499	0.02643	0.02875	0.03057	0.03220			
480.00	8:00:00	0.02293	0.02374	0.02500	0.02650	0.02890	0.03062	0.03235			
960.00	16:00:00	0.02296	0.02378	0.02503	0.02654	0.02890	0.03075	0.03253			
1.440.00	24:00:00	0.02299	0.02380	0.02505	0.02659	0.02900	0.03078	0.03264			
Carga de asentamiento =		4.903 Kpa = 0.050 Kg/cm ²				Variación de Altura de muestra ΔH = 0.0106 mm					
Asentamiento (mm)	P	0.00099	0.00081	0.00125	0.00154	0.00241	0.00178	0.00186			
	Σ	0.00099	0.00180	0.00305	0.00459	0.00700	0.00878	0.01064			

5- REGISTRO DE DATOS ETAPA DE DESCARGA											
CARGA	(Kpa)	0.00	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00	1600.00
	(Kg/cm ²)	0.000	0.127	0.255	0.510	1.020	2.039	3.059	4.079	8.158	16.316
TIEMPO (minutos)	Deformación (mm)										
0.00	0:00:00	0.0299	0.0306	0.0314	0.0322	0.0325	0.0326				
0.13	0:00:08	0.0298	0.0303	0.0310	0.0317	0.0323	0.0325				
0.25	0:00:15	0.0296	0.0303	0.0310	0.0316	0.0322	0.0325				
0.50	0:00:30	0.0296	0.0302	0.0309	0.0316	0.0322	0.0325				
1.00	0:01:00	0.0295	0.0302	0.0309	0.0316	0.0322	0.0325				
2.00	0:02:00	0.0295	0.0301	0.0308	0.0315	0.0322	0.0325				
4.00	0:04:00	0.0294	0.0300	0.0307	0.0315	0.0322	0.0325				
8.00	0:08:00	0.0293	0.0299	0.0306	0.0314	0.0322	0.0325				
Expansión (mm)	P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000				
	Σ	0.003	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000				



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary C. Yana
BACHILLER MARY C. YANA CONDOCA
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex Luis Gómez
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



6- CÁLCULO ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Asentamiento (mm)	Altura del espécimen (mm)			Densidad seca (g/cm ³)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	t 50 (min)	t 90 (min)	Coeficiente De Consol. Cv (cm ² /min)	
		Final	Promedio	Drenado						t 50	t 90
12.50	0.00099	19.929	19.929	9.965	2.4033	0.1076	0.005	1.15	0.38	0.170090	2.21577
25.00	0.00180	19.928	19.929	9.964	2.4034	0.1076	0.009	9.00	0.35	0.021733	2.40559
50.00	0.00305	19.927	19.928	9.964	2.4036	0.1075	0.015	9.00	0.38	0.021731	2.21545
100.00	0.00459	19.925	19.926	9.963	2.4038	0.1074	0.023	3.70	0.38	0.052851	2.21514
200.00	0.00700	19.923	19.924	9.962	2.4040	0.1073	0.035	2.55	0.38	0.076670	2.21470
300.00	0.00878	19.921	19.922	9.961	2.4043	0.1072	0.044	6.70	0.38	0.029174	2.21423
400.00	0.01064	19.919	19.920	9.960	2.4045	0.1071	0.053	12.50	0.39	0.015635	2.15706
800.00											
1600.00											
3200.00											

7- CÁLCULO ETAPA DE DESCARGA

Carga (Kpa)	Asentamiento (mm)	Altura del espécimen (mm)			Densidad seca (g/cm ³)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	t 50 (min)	t 90 (min)	Coeficiente De Consol. Cv (cm ² /min)	
		Final	Promedio	Drenado						t 50	t 90
1600.00											
800.00											
400.00	0.011	19.930	19.930	9.965	2.4045	0.1071	0.053				
300.00	0.011	19.930	19.930	9.965	2.4045	0.1071	0.053				
200.00	0.011	19.930	19.930	9.965	2.4045	0.1071	0.053				
100.00	0.010	19.930	19.930	9.965	2.4044	0.1071	0.051				
50.00	0.009	19.929	19.929	9.964	2.4043	0.1072	0.047				
25.00	0.009	19.928	19.928	9.964	2.4042	0.1072	0.043				
12.50	0.008	19.927	19.927	9.964	2.4042	0.1073	0.040				



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary C. Yana Condori
B. MARY C. YANA CONDORI
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

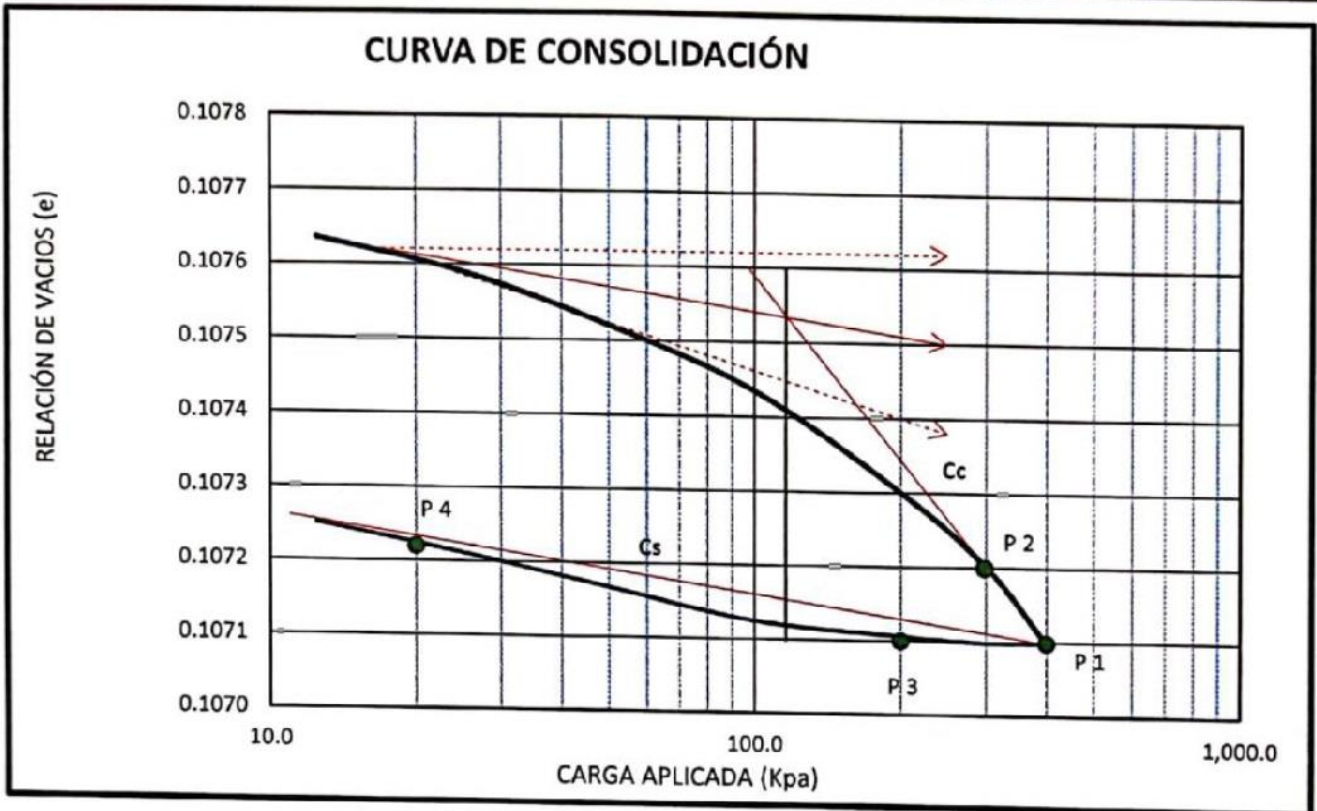


G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Ing. Luis Gomez Calla
ING. LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



$C_c = 0.7927163$	$C_s = 0.1200000$	$P_c = 116.00 \text{ Kpa} = 1.18 \text{ Kg/cm}^2$
-------------------	-------------------	---



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary C. Yana Condori
 BACHILLER MARY C. YANA CONDORI
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alexis Gómez Calla
 ING. ALEXIS GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 026 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

<p>1. Expediente 190075</p> <p>2. Solicitante G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.</p> <p>3. Dirección Av. Simon Bolivar N° 2740, Puno - Puno - PUNO</p> <p>4. Instrumento de Medición DIAL</p> <p> Alcance de indicación 0 mm a 25 mm</p> <p> División de Escala / Resolución 0,01 mm</p> <p> Marca BAKER</p> <p> Modelo JO8A</p> <p> Número de Serie R3288</p> <p> Procedencia NO INDICA</p> <p> Identificación NO INDICA</p> <p> Tipo de indicación ANALÓGICO</p> <p>5. Fecha de Calibración 2023-12-22</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
---	---

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-12-22



JUAN C. QUISPE MORALES





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 013 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 6

- 1. Expediente **190053**
- 2. Solicitante **G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**
- 3. Dirección **Av. Simón Bolívar N° 2740, Puno - Puno - PUNO**
- 4. Equipo **HORNO**
 - Alcance Máximo **De 0 °C a 150 °C**
 - Marca **ALFA**
 - Modelo **G-030/250**
 - Número de Serie **NO INDICA**
 - Procedencia **TURQUIA**
 - Identificación **MT-191 (*)**
 - Ubicación **NO INDICA**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 150 °C	0 °C a 150 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO ANALÓGICO

5. Fecha de Calibración **2023-12-19**

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-12-19

JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C
LABORATORIO DE METROLOGÍA

INFORME DE VERIFICACIÓN
SM - V205 - 2024

Página 1 de 3

Expediente	24-0117
1. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERAL S.A.C
2. Dirección	Av. Simon Bolívar N°2740 Puno - PUNO
3. Instrumento de medición	CAZUELA CASAGRANDE
Marca	PINZUAR
Modelo	PS-11
Procedencia	COLOMBIA
Número de Serie	1278
Código de Identificación	NO INDICA
4. Fecha de Verificación	2024-10-18
5. Fecha de Emisión	2024-10-23

Los resultados del informe son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.



Sello

Jefe de Laboratorio



Firmado digitalmente por
ELEAZAR CESAR CHAVEZ
RARAZ

Fecha: 2024.10.23 18:38:59
-05'00'

ventasservimetrol@gmail.com
aservimetrol@gmail.com
cservimetrol@gmail.com

938102709
938327400

Cal.37 Mza. A-34 Lote. 29 Urb.
Cultura Peruana Moderna
Lima- Lima- Santa Anita



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SMM - 139 - 2024

Página 1 de 4

Expediente	24-0117
1. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERAL S.A.C
2. Dirección	Av. Simon Bolívar N°2740 Puno - PUNO
3. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	500 g
División de escala	0,01 g
División de verificación	0,1 g
Clase de exactitud	III
Marca	NO INDICA
Modelo	SF-400C
Número de Serie	NO INDICA
Identificación	M-500 (*)
Procedencia	CHINA
Ubicación	NO INDICA
4. Fecha de Calibración	2024-10-18
5. Fecha de Emisión	2024-10-23

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Sello

Jefe de Laboratorio



Firmado digitalmente por
ELEAZAR CESAR CHAVEZ
RARAZ
Fecha: 2024.10.23 18:29:22
-05'00'

ventasservimetrol@gmail.com
aservimetrol@gmail.com
cservimetrol@gmail.com

938102709
938327400

Cal.37 Mza. A-34 Lote. 29 Urb.
Cultura Peruana Moderna
Lima- Lima- Santa Anita



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C
LABORATORIO DE METROLOGÍA

INFORME DE VERIFICACIÓN
SM - V195 - 2024

Página 1 de 3

Expediente	24-0117
1. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERAL S.A.C
2. Dirección	Av. Simon Bolívar N°2740 Puno - PUNO
3. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 4 4,75 mm
Marca	GRANOTEST
Número de serie	32193
Procedencia	COLOMBIA
Identificación	NO INDICA
4. Fecha de Verificación	2024-10-18
5. Fecha de Emisión	2024-10-23

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Sello

Jefe de Laboratorio



Firmado digitalmente por
ELEAZAR CESAR CHAVEZ
RARAZ
Fecha: 2024.10.23 18:53:31
-05'00'



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C
LABORATORIO DE METROLOGÍA

INFORME DE VERIFICACIÓN
SM - V200 - 2024

Página 1 de 3

Expediente	24-0117
1. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERAL S.A.C
2. Dirección	Av. Simon Bolívar N°2740 Puno - PUNO
3. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 40 425 µm
Marca	GRANOTEST
Número de serie	13399
Procedencia	COLOMBIA
Identificación	NO INDICA
4. Fecha de Verificación	2024-10-18
5. Fecha de Emisión	2024-10-23

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Sello

Jefe de Laboratorio



Firmado digitalmente por
ELEAZAR CESAR CHAVEZ
RARAZ


Fecha: 2024.10.23 18:44:30
-05'00'



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C
LABORATORIO DE METROLOGÍA

INFORME DE VERIFICACIÓN
SM - V202 - 2024

Página 1 de 3

Expediente	24-0117	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
1. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERAL S.A.C	
2. Dirección	Av. Simon Bolívar N°2740 Puno - PUNO	
3. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)	
Diametro	8 pulgadas	
Designación	No. 200 75 µm	
Marca	GRANOTEST	
Número de serie	36785	
Procedencia	COLOMBIA	
Identificación	NO INDICA	
4. Fecha de Verificación	2024-10-18	
5. Fecha de Emisión	2024-10-23	

Sello

Jefe de Laboratorio



Firmado digitalmente por
ELEAZAR CESAR CHAVEZ
RARAZ
Fecha: 2024.10.23 18:42:36
-05'00'



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 10/08/25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ANGEL SAMUEL LAZARES ALCAZAR

Dirección: PSJ. TUPAC CATARI N° 145

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70362837

Teléfono: 956659028 email: xan.asmm1@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: MAESTRÍA EN INGENIERIA CIVIL

Escuela Profesional o Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL

Asesor: DRA. YUDY HUACANI SUCASACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: CONSOLIDACIÓN DE SUELOS Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS EN VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE JALLYHUAYA – PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): ASENTAMIENTO, CONSOLIDACIÓN, CURVA DE COMPRESIBILIDAD

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

1,2

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 Titulo 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 – P50


Firma de Autor



huella digital

19 de Agosto del 2025
Fecha