



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA
CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS
PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE
DEL DISTRITO DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA
CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS
PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE
DEL DISTRITO DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:


Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

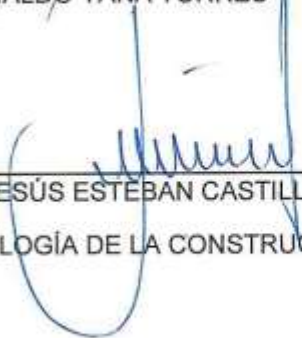
:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:



M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 012-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2024- 16229 presentado por el (la) Bachiller: YANIN ROSMERY LOPE VILCA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, M.Sc. **JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.**

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: YANIN ROSMERY LOPE VILCA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 08 de enero del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Efraim Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1817-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 18416 por el señor (a): **YANIN ROSMERY LOPE VILCA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1553- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 339- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **YANIN ROSMERY LOPE VILCA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 339- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **YANIN ROSMERY LOPE VILCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

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

D. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47736

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

Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1461-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 013582, presentado el señor (a) YANIN ROSMERY LOPE VILCA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN EL PROVEIDO – N° 1339 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 368 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): YANIN ROSMERY LOPE VILCA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 368 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): YANIN ROSMERY LOPE VILCA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024



ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	YANIN ROSMERY LOPE VILCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71585459
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-1842-397X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Localidad: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1Uc7U6orGiZUMho-hdFWVsEGeKPST&co&usq=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2024 – Enero 2025
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>
- Librería	



 DIRECTOR
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo YANIN ROSMERY LOPE VILCA, identificado con DNI
Nro. 71585459, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE

DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA

ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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 24 de Marzo del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres, Pablo Lope y Vilma Vilca, por su amor incondicional y apoyo en cada paso de este largo camino, así como por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis hermanos, por su constante apoyo moral en la consecución de mis objetivos.



AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su apoyo incondicional y los valiosos consejos que me brindaron para culminar esta meta; a mi asesor, por su guía y paciencia durante el desarrollo de este trabajo; a mis compañeros y docentes, por compartir su conocimiento y experiencia. Extiendo mi gratitud a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la culminación del presente trabajo.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Problema General.	2
1.2.2 Problemas Específicos.....	2
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.4.1 Justificación técnica.....	3
1.4.2 Justificación social.....	3
1.4.3 Justificación económica.....	4
1.4.4 Justificación ambiental.....	4
1.5 Hipótesis de la Investigación.....	5
1.5.1 Hipótesis General.....	5
1.5.2 Hipótesis Específicas.....	5
1.6 Variables e indicadores.....	5
1.6.1 Variable independiente.....	5
1.6.2 Variable dependiente.....	5
1.7 Operacionalización de Variables.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2.1	Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	13
2.1.3	Antecedentes regionales.....	20
2.2	Bases teóricas.....	27
2.2.1	Nivel freático.....	27
2.2.2	Capacidad Portante.....	31
2.2.3	Efecto de nivel freático en los suelos.....	35
2.2.3.1	Propiedades físicas y mecánicas.....	35
2.2.3.2	Capacidad portante y nivel freático.....	38
2.2.4	Diseño de cimentaciones en suelos con nivel freático alto.....	42
2.2.4.1	Tipos de cimentaciones.....	43
2.2.4.2	Técnicas de mitigación.....	45
2.2.5	Relevancia en la zona este de Juliaca.....	47
2.2.6	Marco normativo.....	50
2.2.6.1	Criterios técnicos establecidos por Norma.....	51
2.3	Marco conceptual.....	53
2.3.1	Capacidad portante.....	53
2.3.2	Cimentaciones.....	53
2.3.3	Nivel freático.....	54
2.3.4	Suelos saturados.....	54
2.3.5	Zona de Juliaca.....	54

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la Investigación.....	55
3.2	Método de la Investigación.....	55
3.3	Nivel y tipo de la investigación.....	56
3.3.1	Nivel de la Investigación.....	56
3.3.2	Tipo de la investigación.....	56
3.4	Población y Muestra.....	56
3.4.1	Población.....	56
3.4.2	Muestra.....	57
3.4.3	Técnicas e Instrumentos.....	57
3.4.3.1	Técnicas.....	57
3.4.3.2	Instrumentos.....	58
3.5	Plan de recolección y procesamiento de datos.....	60
3.5.1	Desarrollo del plan de investigación.....	61



3.5.2 Procesamiento de datos..... 62

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados.....	63
4.1.1 Resultados sobre las propiedades de suelos de fundación de la zona este.....	63
4.1.2 Resultados sobre la incidencia del nivel freático alto en la capacidad portante de los suelos de la zona este.	68
4.1.3 Resultados sobre diseños de cimentaciones adecuados para suelos con alta presencia de nivel freático en la zona este.	75
4.2 Discusión de resultados.	79
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS	85
ANEXOS	90



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operación de variables.....	6
Tabla 2 Composición granulométrica de los suelos.....	63
Tabla 3 Límites de Atterberg.	65
Tabla 4 Densidad seca y contenido de humedad.	66
Tabla 5 Método de Terzaghi para zapatas superficiales.....	67
Tabla 6 Nivel freático y humedad natural.....	68
Tabla 7 Capacidad Admisible de la muestra 1.....	69
Tabla 8 Capacidad Admisible de la muestra 2.....	71
Tabla 9 Capacidad Admisible de la muestra 3.....	72
Tabla 10 Capacidad Admisible de la muestra 4.....	73
Tabla 11 Cimentaciones Superficiales.....	75
Tabla 12 Cimentaciones Profundas.....	76
Tabla 13 Sistemas de Drenaje.	77
Tabla 14 Comparación de Alternativas.....	78
Tabla 15 Recomendaciones de Cimentación según Calicata.	78



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Puntos de Exploración.	60
Figura 2 Composición de los suelos explorados.	64
Figura 3 Índice plasticidad de los suelos de exploración.	65
Figura 4 Densidad seca y humedad optima.	66
Figura 5 Capacidad portante.	67
Figura 6 Incremento de Humedad.	69
Figura 7 Capacidad Admisible de la muestra 1.	70
Figura 8 Capacidad Admisible de la muestra 2.	71
Figura 9 Capacidad Admisible de la muestra 3.	73
Figura 10 Capacidad Admisible de la muestra 4.	74
Figura 11 Relación entre Profundidad y Capacidad Portante - Cimentaciones Superficiales.	75
Figura 12 Relación entre Profundidad y Capacidad Portante - Cimentaciones Profundas.	76



RESUMEN

La tesis “**Análisis del efecto del nivel freático en la capacidad portante de suelos destinados para edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca 2024**”, El presente estudio evaluó la influencia del nivel freático alto en las propiedades mecánicas y la capacidad portante de los suelos de la zona este de Juliaca, con el objetivo de proponer soluciones de cimentación adaptadas. Mediante calicatas y análisis geotécnicos, se caracterizaron los suelos como arenosos limosos (SM) con granulometría bien graduada, baja plasticidad y densidad seca promedio de 16.3 kN/m^3 . La capacidad portante varió entre 130 y 180 kN/m^2 en condiciones no saturadas, reduciéndose en promedio un $25\text{-}28\%$ por el nivel freático alto, mientras que la resistencia al esfuerzo cortante disminuyó hasta un 30% . Las calicatas C1 y C3 mostraron mayor vulnerabilidad, mientras que la C4 presentó mejores condiciones para soportar cargas. Se propusieron diseños específicos de cimentación: zapatas corridas para C1 y C2, pilotes para C3, y zapatas aisladas para C4, considerando las propiedades del suelo y los efectos del nivel freático. Las dimensiones propuestas garantizan seguridad estructural y viabilidad económica. Además, se recomendó implementar sistemas de drenaje para mitigar los efectos de la saturación. Este estudio aporta soluciones prácticas al diseño de cimentaciones en suelos vulnerables y destaca la importancia de considerar el nivel freático en proyectos de ingeniería civil en la región.

Palabras clave: capacidad portante, nivel freático, cimentaciones, suelos arenosos limosos, estabilidad estructural.



ABSTRACT

The thesis “**Analysis of the effect of the water level on the bearing capacity of soils intended for buildings in the eastern area of the district of Juliaca 2024**”, The present study evaluated the influence of the high water table on the mechanical properties and bearing capacity of the soils. from the eastern area of Juliaca, with the aim of proposing adapted foundation solutions. Through pit pits and geotechnical analysis, the soils were characterized as silty sandy (SM) with well-graded granulometry, low plasticity and average dry density of 16.3 kN/m^3 . The bearing capacity varied between 130 and 180 kN/m^2 in unsaturated conditions, reducing on average by 25-28% due to the high water table, while the shear resistance decreased up to 30%. Pits C1 and C3 showed greater vulnerability, while C4 presented better conditions to support loads. Specific foundation designs were proposed: strip footings for C1 and C2, piles for C3, and isolated footings for C4, considering the properties of the soil and the effects of the water table. The proposed dimensions guarantee structural safety and economic viability. In addition, it was recommended to implement drainage systems to mitigate the effects of saturation. This study provides practical solutions to the design of foundations on vulnerable soils and highlights the importance of considering the water table in civil engineering projects in the region.

Keywords: bearing capacity, water table, foundations, silty sandy soils, structural stability.



INTRODUCCIÓN

Tanto la expansión de las áreas urbanas como la demanda de estructuras seguras han provocado un aumento en el número de investigaciones geotécnicas que se realizan para garantizar la integridad estructural de las edificaciones. En términos del comportamiento del suelo, el nivel freático es uno de los elementos más influyentes. La presencia de agua en el suelo puede modificar dramáticamente sus características físicas y mecánicas, lo que a su vez puede tener un efecto en la capacidad portante del suelo y, por lo tanto, en la seguridad de las estructuras.

En la zona oriental del distrito de Juliaca se produce un nivel freático alto como resultado de factores geológicos y climáticos. Esto genera dificultades para el diseño y construcción de cimentaciones en esta región. En un entorno donde la urbanización avanza a un ritmo acelerado, este problema se vuelve cada vez más significativo, siendo necesario buscar soluciones que permitan optimizar la interacción entre las estructuras y el suelo.

Con el propósito de abordar las características del suelo y brindar diseños de cimentaciones que se adecuen a estas condiciones, la presente investigación busca investigar el impacto que tiene el nivel freático en la capacidad portante de los suelos que se destinan a la construcción de estructuras en esta región. Además de realizar un aporte al acervo de conocimientos técnicos en el sector geotécnico, el propósito de esta investigación es aportar soluciones viables que contribuyan al desarrollo de áreas urbanas sustentables en Juliaca.

En los siguientes apartados se desarrolla un análisis integral sobre el nivel freático y su impacto en la capacidad portante. Este análisis toma en consideración factores regulatorios, técnicas de mitigación y estudios previos que sustentan la formulación de propuestas aplicables a la realidad de la región oriental de Juliaca.

La presente investigación consta de 4 capítulos.



Capítulo I: En este capítulo se presenta la problemática que dio inicio a la investigación, estableciendo los objetivos, la justificación, las hipótesis y detallando las variables, dimensiones e indicadores que se utilizaron para llevar a cabo el estudio.

Capítulo II: En esta sección se incluyen los antecedentes más relevantes que orientan la investigación, así como los resultados obtenidos previamente que servirán como base para futuras comparaciones, y las teorías clave que ayudan a comprender mejor el tema y a definir los conceptos empleados.

Capítulo III: Este apartado describe detalladamente los métodos y procedimientos utilizados en cada fase del estudio, incluyendo las técnicas empleadas para la recolección y el análisis de los datos obtenidos.

Capítulo IV: En esta parte del trabajo se presentan los resultados obtenidos a través del análisis de los datos recopilados, acompañados de gráficos y tablas, y se lleva a cabo una discusión que interpreta los hallazgos alcanzados durante la investigación.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

A nivel internacional: El comportamiento de los suelos y la influencia del nivel freático en la capacidad portante de estos son aspectos fundamentales en la ingeniería geotécnica y la construcción. En diversas investigaciones internacionales, se ha documentado que el nivel freático tiene un efecto significativo en las propiedades de los suelos, especialmente en aquellas regiones donde las fluctuaciones de este nivel son frecuentes. Un estudio reciente de Wang et al. (2020) indica que las variaciones del nivel freático afectan la resistencia al corte y la deformabilidad de los suelos, lo que puede comprometer la estabilidad de las estructuras construidas sobre ellos. De acuerdo con Liu et al. (2021), estos cambios pueden inducir fenómenos de hundimiento y desplazamientos que alteran la capacidad portante, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas.

A nivel nacional: En Perú, la capacidad portante de los suelos es un tema clave en la planificación de proyectos de infraestructura, particularmente en zonas con niveles freáticos elevados. Según un estudio de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2021), las regiones costeras y andinas, como el caso de Juliaca, presentan fluctuaciones en el nivel freático que pueden generar incertidumbre en la estabilidad de las cimentaciones.



Investigaciones recientes sobre geotecnia en el país han revelado que la variabilidad del nivel freático impacta directamente en la resistencia y comportamiento de los suelos en regiones como Puno, donde el riesgo de fallos estructurales se incrementa cuando no se considera este factor (Zavala & Herrera, 2022).

A nivel local (Juliaca): En la ciudad de Juliaca, en la zona este, la fluctuación del nivel freático en los suelos presenta un desafío crítico para las construcciones. Estudios geotécnicos locales han identificado que el nivel freático variable en estas áreas impacta negativamente la capacidad portante de los suelos, especialmente durante la temporada de lluvias, lo que genera una alta vulnerabilidad estructural (Sánchez et al., 2019). Además, la acelerada urbanización de la zona, sin un análisis adecuado del comportamiento de los suelos, ha puesto en riesgo la estabilidad de varias edificaciones, como se ha documentado en informes del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2020). En este sentido, es esencial realizar un análisis exhaustivo sobre el impacto del nivel freático en los suelos locales para mejorar las prácticas de construcción y reducir el riesgo de fallos estructurales.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 *Problema General.*

¿Cómo influye el nivel freático alto en la capacidad portante de los suelos y en el diseño de cimentaciones para edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca?

1.2.2 *Problemas Específicos.*

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de fundación en la zona este del distrito de Juliaca?
2. ¿Cómo afecta el nivel freático alto la capacidad portante de los suelos en la zona este del distrito de Juliaca?
3. ¿Qué diseños de cimentaciones son adecuados para suelos con alta presencia de nivel freático en la zona este del distrito de Juliaca?



1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo General

Analizar el efecto del nivel freático en la capacidad portante de suelos y proponer diseños de cimentaciones adecuados para edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de fundación en la zona este del distrito de Juliaca.
2. Evaluar la incidencia del nivel freático alto en la capacidad portante de los suelos en la zona este del distrito de Juliaca.
3. Diseñar propuestas de cimentaciones adecuadas para suelos con alta presencia de nivel freático en la zona este del distrito de Juliaca.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Justificación técnica.

El nivel freático alto influye directamente en las propiedades mecánicas del suelo, reduciendo su capacidad portante y aumentando los riesgos de asentamientos diferenciales y fallas estructurales. Esta investigación es esencial para proporcionar datos técnicos precisos sobre la interacción del nivel freático con los suelos en la zona este de Juliaca, permitiendo desarrollar modelos de diseño de cimentaciones que sean eficaces y adaptados a las condiciones locales. El estudio contribuirá al conocimiento geotécnico específico de la región y fomentará la aplicación de técnicas de ingeniería avanzadas, como el uso de cimentaciones profundas y estrategias de drenaje subterráneo.

1.4.2 Justificación social.

El desarrollo de edificaciones seguras y sostenibles impacta directamente en la calidad de vida de los habitantes de Juliaca. Este estudio busca reducir los riesgos



asociados con fallas estructurales, como colapsos de viviendas o edificios, que pueden afectar a familias, instituciones y negocios locales. Además, la propuesta de soluciones adaptadas contribuirá a garantizar la seguridad y estabilidad de las construcciones, mejorando las condiciones de habitabilidad y fomentando el crecimiento urbano ordenado en la región.

1.4.3 Justificación económica.

El análisis del nivel freático permitirá optimizar los diseños de cimentaciones y reducir costos asociados con reparaciones, reforzamientos estructurales o reconstrucciones debido a fallas causadas por una mala planificación. También se espera que la implementación de técnicas geotécnicas adecuadas minimice el riesgo de pérdidas económicas para propietarios y desarrolladores, fortaleciendo la inversión en infraestructura local. Adicionalmente, el desarrollo de edificaciones con mayor vida útil reduce los costos de mantenimiento a largo plazo.

1.4.4 Justificación ambiental.

La comprensión de los efectos del nivel freático en los suelos permite diseñar soluciones que minimicen el impacto ambiental. Estrategias como sistemas de drenaje controlado y técnicas de mejoramiento del suelo reducen la intervención en los ecosistemas circundantes. Al proponer cimentaciones adaptadas, se evita el uso innecesario de materiales y procesos constructivos que pueden generar residuos y contaminación. Esto contribuye a un enfoque sostenible en el desarrollo urbano de Juliaca, preservando los recursos naturales locales.



1.5 Hipótesis de la Investigación.

1.5.1 Hipótesis General.

El nivel freático alto afectará negativamente la capacidad portante de los suelos de fundación, y el diseño de cimentaciones adecuadas podrá mitigar este impacto, garantizando la estabilidad de edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

1. Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de fundación en la zona este de Juliaca variaran significativamente en función de la presencia de un nivel freático alto.
2. La incidencia de un nivel freático alto reducirá la capacidad portante de los suelos de la zona este del distrito de Juliaca, aumentando el riesgo de fallas estructurales.
3. Los diseños de cimentaciones que consideran la alta presencia de nivel freático optimizaran la estabilidad y funcionalidad de las edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable independiente.

NIVEL FREÁTICO.

Indicadores:

- Altura del nivel freático en metros.

1.6.2 Variable dependiente

CAPACIDAD PORTANTE.

Indicadores:

- Resistencia al corte (kPa), asentamientos.



1.7 Operacionalización de Variables.

Tabla 1

Operación de variables.

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
NIVEL FREÁTICO	Se refiere a la profundidad a la cual se encuentra el agua subterránea en un suelo. Se evalúa por su influencia en las propiedades del suelo.	Altura del nivel.	Altura del nivel freático en metros	Medición directa
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
CAPACIDAD PORTANTE.	Es la resistencia del suelo para soportar las cargas aplicadas desde una estructura sin experimentar fallos significativos.	Capacidad portante del suelo	Resistencia al corte (kPa), asentamientos	Ensayos de laboratorio.

Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 *Antecedentes internacionales.*

Según Loor et al., (2021) su estudio "Capacidad portante del suelo con y sin uso del malacate en el ensayo SPT". En este estudio se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica sobre los conceptos fundamentales relacionados con el suelo, destacando su naturaleza y las definiciones más aceptadas en el ámbito de la ingeniería civil. Se exploraron en detalle las propiedades y características físicas y mecánicas del suelo, tales como su textura, consistencia, permeabilidad, cohesión, entre otras, que juegan un papel crucial en la determinación del comportamiento de los suelos frente a cargas y su interacción con las estructuras construidas sobre ellos. Además, se abordaron los principios básicos de la mecánica de suelos, los cuales son fundamentales para comprender los métodos y criterios empleados en la clasificación de terrenos, especialmente para la evaluación de su capacidad para soportar edificaciones. A través de esta revisión, se detallaron los diferentes procesos y métodos utilizados para el cálculo de la capacidad portante de los suelos, con énfasis en los más comunes, como el uso de modelos teóricos y empíricos que relacionan la capacidad de carga con parámetros del terreno, como la cohesión, el ángulo de fricción y la profundidad de la



cimentación. Se destacó especialmente el ensayo SPT (Standard Penetration Test) como uno de los métodos más empleados en la práctica, debido a su accesibilidad y bajo costo. En cuanto al ensayo SPT, se discutieron en profundidad sus ventajas, tales como su capacidad para obtener muestras inalteradas del suelo y su relativa rapidez en comparación con otros métodos de investigación geotécnica más complejos. Además, se analizó su aplicación en distintos tipos de terrenos, destacando las variaciones en los resultados obtenidos en función de las características del suelo y de los equipos empleados. En los hallazgos de este estudio, se observó que las variaciones en la frecuencia de los golpes fueron notoriamente influenciadas por el uso del malacate, un dispositivo de elevación empleado para extraer las muestras del suelo durante la perforación. Este fenómeno sugiere que el tipo de equipo y las condiciones operativas pueden afectar la interpretación de los resultados, lo que es crucial para realizar un análisis preciso de la capacidad portante del suelo.

Según Herazo, (2022) su estudio "Determinación de parámetros dinámicos y capacidad portante de los suelos usando técnicas de exploración sísmica caso de estudio: Urbanización Valle del Espíritu Santo, Pamplona, Colombia". En este estudio, se utilizaron las velocidades sísmicas tipo P y S obtenidas mediante las técnicas de Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) para clasificar los suelos según el parámetro V_{s30m} , conforme a lo estipulado en el estándar NSR-10 (2010). Este análisis permitió la determinación de varios parámetros esenciales, tales como el coeficiente de Poisson, el módulo de Young, el módulo de rigidez y la capacidad de carga del suelo. Los datos geofísicos utilizados para esta investigación fueron recolectados en la urbanización Valle del Espíritu Santo, ubicada en el municipio de Pamplona, Colombia, área de interés para la caracterización geotécnica. La metodología empleada se desarrolló en cuatro etapas clave. La primera consistió en la recopilación de los datos sísmicos, donde se tomaron mediciones de las ondas sísmicas para poder analizar las características del subsuelo. La segunda etapa



implicó la reprocesamiento de estos datos para calcular las velocidades sísmicas tipo P (ondas primarias) y S (ondas secundarias), a través de las técnicas TRS y MASW. La tercera fase se centró en el análisis de los datos procesados, con el objetivo de extraer las características dinámicas del suelo, como su capacidad para resistir cargas sísmicas y su comportamiento ante movimientos de la tierra. Finalmente, en la cuarta fase, se procedió a la correlación de los parámetros geotécnicos obtenidos, permitiendo una caracterización detallada del suelo en cuanto a su capacidad portante y otros atributos físicos que son cruciales para el diseño de infraestructuras. Para realizar el procesamiento y análisis de los datos sísmicos, se emplearon diversas herramientas de software especializadas en este tipo de estudios. En el caso de la Tomografía de Refracción Sísmica (TRS), se utilizaron los programas SeisImager, "Pickwin" y "Plotrefa", que facilitaron la interpretación de las ondas sísmicas y la construcción de perfiles de velocidad del subsuelo. Para el análisis MASW, se utilizaron los programas "Surface Wave Analysis Wizard" y "WaveEq", herramientas que permitieron obtener información precisa sobre las propiedades dinámicas del suelo, como el módulo de elasticidad y la velocidad de las ondas superficiales. Este enfoque integral permitió obtener una visión completa de las características del suelo en el área de estudio, proporcionando datos clave para futuras evaluaciones geotécnicas y diseños de construcción.

Según Caballero & Guataquira, (2021) su estudio "Análisis comparativo entre el geotextil convencional y el geotextil de yute químicamente tratado empleado para mejorar la capacidad portante en obras viales, y su evaluación como alternativa de uso en Colombia". Las infraestructuras viales, especialmente en regiones con suelos y condiciones ambientales variables, reconocen la importancia de los geotextiles debido a las mejoras significativas que estos pueden ofrecer en las capas del pavimento, particularmente en la subrasante. Los geotextiles son materiales técnicos que desempeñan funciones cruciales, como la filtración, separación, refuerzo y drenaje de las capas de pavimento, mejorando la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras viales.



Su uso adecuado puede minimizar los costos de mantenimiento y alargar la vida útil de las carreteras al reducir los efectos negativos de los movimientos del suelo y la erosión. El geotextil tejido de yute tratado químicamente con betún se presenta como una alternativa viable para aplicaciones viales en vías terciarias, especialmente aquellas con un volumen de tránsito bajo o moderado. Este estudio compara los geotextiles convencionales con los de yute, analizando diversos aspectos clave para evaluar su rendimiento y su idoneidad en la construcción y mantenimiento de carreteras en Colombia. La comparación abarca aspectos como la fabricación del material, las propiedades físico-mecánicas que determinan su comportamiento en el suelo de subrasante, el costo de instalación y la vida útil del material. En cuanto a la fabricación, el geotextil de yute tratado con betún ofrece una opción más económica y sostenible en comparación con los geotextiles convencionales, que generalmente se producen a partir de materiales sintéticos. Las propiedades físico-mecánicas de este geotextil, como su resistencia a la tracción, flexibilidad y capacidad de drenaje, lo hacen adecuado para el uso en suelos de subrasante, ayudando a distribuir las cargas de manera uniforme y a prevenir el colapso del terreno debido a la compresión y los movimientos del suelo. El costo de instalación también es un factor determinante en este análisis. El geotextil de yute tratado con betún, debido a su menor costo de producción y adquisición, presenta una opción accesible para proyectos viales en zonas con recursos limitados. Además, su vida útil, aunque podría ser menor que la de los geotextiles convencionales, sigue siendo adecuada para las condiciones de las vías terciarias, en las que el tráfico pesado y las exigencias de mantenimiento no son tan intensos. El estudio concluye que el uso de geotextiles de yute tratado químicamente con betún es viable para las vías terciarias de Colombia, particularmente en aquellas con un volumen de tránsito bajo, contribuyendo a la mejora de la calidad de las infraestructuras viales, a la reducción de costos y a la sostenibilidad del proyecto. Esta alternativa ofrece una solución económica y efectiva para mejorar la capacidad de carga y la durabilidad de las carreteras, reduciendo la



necesidad de mantenimiento frecuente y asegurando una mayor estabilidad a largo plazo.

Según Vera et al., (2019) su estudio "Análisis comparativo de suelo de campo y laboratorio para la medición de su capacidad portante con ensayos de Valor de Soporte de California (CBR) y Cono Dinámico de Penetración (DCP) en la Universidad Técnica de Manabí". Esta investigación tiene como objetivo establecer criterios de diseño para estructuras de pavimentos mediante pruebas físicas y mecánicas de suelos. Con este fin, se procesaron muestras de exploración de suelos en laboratorio para evaluar sus propiedades, que consisten principalmente en limos y arcillas con un alto grado de plasticidad. Estos suelos, debido a su composición, presentan características que pueden afectar la capacidad de carga y la durabilidad de las estructuras viales, lo que hace esencial realizar una evaluación exhaustiva de sus propiedades geotécnicas. Una parte clave de la investigación fue la determinación de las correlaciones directas entre el índice de resistencia al corte medido mediante el Cono Dinámico de Penetración (DCP) y la Relación de Carga de California (CBR) del suelo. Estas correlaciones son fundamentales para prever el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y tráfico. Las correlaciones fueron establecidas a través de pruebas de laboratorio basadas en las ecuaciones propuestas por Van Vuuren (1969), las cuales son conocidas por su aplicabilidad en una amplia gama de tipos de suelos y por ser altamente confiables en términos de precisión. Además, se utilizó el Cono Dinámico de Penetración (DCP) según el método de Scala (1956), que es ampliamente reconocido por su capacidad para proporcionar una medición rápida y efectiva de la resistencia del suelo en el campo. Los hallazgos obtenidos en el campo durante las encuestas fueron los siguientes: en la Encuesta No. 1, el CBR fue de 4.7%, en la Encuesta No. 2 fue de 3.61%, y en la Encuesta No. 3 fue de 3.37%. Estos valores se obtuvieron a partir del índice DCP, con resultados de penetración de 40 mm/carrera, 50 mm/carrera y 54 mm/carrera, respectivamente. Estos valores reflejan la resistencia del suelo a la penetración,



proporcionando información valiosa sobre la calidad del material en cada ubicación específica. Además, se realizó un análisis adicional de las propiedades del suelo mediante pruebas de laboratorio, las cuales proporcionaron valores de CBR más conservadores, con resultados de 3.98% para la Encuesta No. 1, 3.40% para la Encuesta No. 2 y 3.20% para la Encuesta No. 3. Estos resultados de laboratorio, aunque más conservadores que los obtenidos en campo, son cruciales para establecer un diseño de pavimento más seguro y durable, considerando las condiciones reales del suelo. Este estudio, al establecer las correlaciones entre el DCP y el CBR, permite un análisis detallado del comportamiento del suelo en diferentes condiciones, proporcionando datos fundamentales para el diseño de pavimentos que sean capaces de soportar el tráfico y las cargas de manera eficiente. Las pruebas realizadas y los parámetros obtenidos, tales como el índice de penetración dinámica del cono y la relación de carga de California, son elementos clave en la evaluación de la capacidad de carga del suelo, lo que a su vez garantiza la estabilidad y durabilidad de las estructuras viales en el área de estudio.

Según Sarmiento, (2019) su estudio "Estudio de la Capacidad Portante mediante el CBR, del suelo de la mina de Chocarsi estabilizada con cemento tipo MH". Este estudio se centró en la estabilización de suelos con cemento tipo MH en la ciudad de Cuenca, evaluando el impacto de la adición de cemento sobre la capacidad portante del suelo, específicamente a través de la determinación del Índice de Capacidad Portante (CBR). La investigación se llevó a cabo mediante pruebas experimentales utilizando muestras de suelo que fueron sometidas tanto a condiciones sumergidas como no sumergidas, permitiendo una evaluación más completa del comportamiento del suelo bajo diferentes circunstancias. El proceso experimental incluyó la preparación de muestras de suelo en su estado nativo, tanto sin aditivos como con cemento tipo MH, incorporando el cemento en concentraciones del 3% y 5% en peso seco del suelo. Esta metodología permitió observar cómo el porcentaje de cemento añadido influye en la capacidad portante del suelo. Las muestras de suelo estabilizado con cemento se



dejaron reposar a temperatura ambiente durante cuatro días antes de realizar las pruebas de CBR, lo que permitió que el cemento reaccionara y alcanzara un nivel de estabilización suficiente para evaluar sus efectos sobre las propiedades del suelo. Los resultados obtenidos a partir de las pruebas CBR mostraron un aumento significativo en la capacidad portante del suelo a medida que se incrementaba el porcentaje de cemento en la mezcla. Este hallazgo confirma que la estabilización con cemento MH mejora notablemente las propiedades mecánicas del suelo, aumentando su resistencia y, por ende, su capacidad para soportar cargas sin sufrir deformaciones excesivas. Además, se observó que tanto las muestras sumergidas como las no sumergidas presentaron un comportamiento similar en cuanto al aumento de la CBR con la adición de cemento, lo que indica la efectividad del tratamiento incluso en condiciones de humedad. Este estudio proporciona valiosa información sobre el uso de cemento tipo MH como un agente estabilizador eficiente para mejorar la capacidad portante de los suelos en la ciudad de Cuenca. Los hallazgos son relevantes para aplicaciones en la construcción de pavimentos y otras infraestructuras, donde la mejora de la calidad del suelo es crucial para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras. Además, se puede concluir que el aumento del porcentaje de cemento en la mezcla tiene un impacto directo y positivo en las propiedades del suelo, lo que abre la posibilidad de usar este tipo de estabilización en suelos con características inadecuadas para la construcción.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Según Carpio, (2019) su tesis titulada "Mecánica de suelos aplicada a la verificación de capacidad de carga para cimentaciones a emplearse en los talleres productivos del E.P. Cusco – Varones", El objetivo principal de esta investigación es sugerir el mejor tipo de cimentación para los talleres productivos del Establecimiento Penitenciario Varones de Cusco, basándose en las características y cualidades del suelo de la región donde se ubicará el proyecto. La selección adecuada del tipo de cimentación es crucial para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras, especialmente



en áreas con condiciones de suelo variables que puedan afectar el comportamiento de las fundaciones. Para asegurar que el Estudio de Suelos se ajuste a los requisitos de la Norma Técnica de Edificación NTE E-050 Suelos y Cimentaciones, establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones, se ha seguido un proceso minucioso y detallado. Esta norma incluye estándares estrictos para los ensayos y análisis de laboratorio, los cuales han sido implementados en concordancia con las prácticas recomendadas por la Sociedad Americana de Materiales de Ensayo (ASTM) y la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes Estatales (AASHTO). La metodología de investigación se basó en la recopilación de muestras representativas del suelo en el área de estudio, las cuales fueron sometidas a una serie de pruebas geotécnicas que permitieron obtener parámetros clave como la capacidad portante, la plasticidad y la composición granulométrica del suelo. Estas pruebas también incluyeron ensayos de resistencia al corte, consolidación y expansión, lo que permitió obtener una visión completa de las propiedades físicas y mecánicas del terreno. La importancia de este proyecto no solo radica en la necesidad de establecer una cimentación adecuada para los talleres productivos, sino también en el impacto social que tiene. El proyecto busca enfrentar los crecientes índices de inseguridad ciudadana al proporcionar a los internos del Establecimiento Penitenciario Varones de Cusco un entorno adecuado para su desarrollo laboral. Estos talleres productivos no solo ofrecerán una formación profesional y práctica a los internos, sino que también les brindarán las herramientas necesarias para su reinserción social una vez que hayan cumplido su condena. Esta reintegración se logrará mediante la capacitación en diversas áreas de trabajo que permitirán a los internos desarrollar habilidades que aumenten sus oportunidades de empleo y de una vida laboral estable tras su liberación. Además, la construcción de estos talleres contribuirá a la rehabilitación social de los internos, al fomentar un cambio en sus perspectivas y actitudes mediante el trabajo productivo y la capacitación. De esta manera, el proyecto no solo tiene una dimensión técnica, sino también una dimensión

humana y social significativa, que busca reducir la reincidencia delictiva y mejorar la calidad de vida de las personas privadas de libertad.

Según Vargas, (2024) su tesis "Análisis comparativo de la capacidad de carga por métodos geo sísmicos y convencionales para una edificación mayor a diez niveles – Cusco 2023". Asegurar que el terreno tenga suficiente capacidad de carga es una preocupación fundamental para la construcción de edificios de más de diez pisos, especialmente en ciudades como Cusco, donde la demanda de este tipo de edificaciones ha aumentado en los últimos años debido al crecimiento urbano y la expansión de la infraestructura. La estabilidad de las estructuras altas depende en gran medida de las propiedades geotécnicas del suelo en el que se asientan, por lo que es crucial contar con métodos precisos para evaluar la capacidad de carga del terreno. Esta investigación aborda el desafío de garantizar la estabilidad de estructuras en un entorno geotécnico complicado, comparando las características de resistencia obtenidas mediante técnicas geosísmicas con los métodos tradicionales, con el fin de estimar la capacidad de carga del suelo en áreas específicas de Cusco. El objetivo principal de este estudio es aplicar un enfoque cuantitativo y experimental para determinar la capacidad de carga del suelo utilizando la metodología geosísmica y compararla con los resultados obtenidos mediante métodos convencionales, como el ensayo de penetración estándar (SPT) y el corte directo. Este análisis se llevó a cabo en dos ubicaciones representativas de Cusco: la Asociación de Viviendas Suriwaylla Grande en el distrito de San Sebastián y la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en el distrito de Wanchaq, donde se realizaron pruebas geotécnicas para evaluar las propiedades del suelo en diferentes estratos geológicos. En el primer caso, en la Asociación de Viviendas Suriwaylla Grande, el estudio determinó la capacidad de carga a una profundidad de 7,50 metros en un estrato de suelo arenoso-arcilloso (SC). Los resultados fueron los siguientes: la capacidad de carga estimada mediante SPT fue de 11,86 kg/cm², el método de corte directo arrojó un valor de 9,58 kg/cm² y el método geosísmico estimó la capacidad de



carga en $8,96 \text{ kg/cm}^2$. Estos resultados muestran que, aunque existen diferencias entre los métodos, los valores obtenidos son relativamente cercanos, lo que sugiere que el método geosísmico es una alternativa válida y confiable al enfoque convencional para estimar la capacidad de carga en este tipo de suelo. En el segundo caso, realizado en la Universidad Nacional de San Antonio Abad, se examinó un estrato arcilloso (CL). La capacidad de carga a una profundidad similar fue de $3,74 \text{ kg/cm}^2$ según SPT y $3,62 \text{ kg/cm}^2$ según el método geosísmico. Nuevamente, los valores obtenidos con ambos métodos son muy similares, lo que refuerza la validez del enfoque geosísmico como herramienta complementaria o alternativa al método convencional, especialmente en suelos con características más cohesivas como los estratos arcillosos. Además de los resultados de capacidad de carga, el estudio también incluyó la determinación de otros parámetros de resistencia del suelo, como el ángulo de fricción y la cohesión. Estos parámetros son esenciales para evaluar la estabilidad del suelo bajo carga y son fundamentales para el diseño de cimentaciones. Los valores de resistencia determinados utilizando ambos enfoques, convencional y geosísmico, mostraron una correlación significativa, lo que indica que el método geosísmico puede ser utilizado de manera efectiva para caracterizar los suelos en situaciones donde se requieren estimaciones rápidas y precisas para la toma de decisiones en el diseño estructural. Este estudio demuestra que el uso de técnicas geosísmicas es una opción viable y confiable para evaluar la capacidad de carga del suelo en proyectos de gran envergadura, como la construcción de edificios de más de diez pisos. Al comparar los resultados obtenidos con métodos tradicionales y geosísmicos, se resalta la precisión y eficiencia de las técnicas geosísmicas, que pueden ser especialmente útiles en áreas urbanas densamente pobladas como Cusco, donde el acceso a datos geotécnicos detallados puede ser limitado y donde las decisiones deben tomarse rápidamente para garantizar la seguridad y estabilidad de las nuevas construcciones.



Según Aquino, (2019) su tesis “Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Villa Autónoma del distrito de la Banda de Shilcayo – provincia de San Martín – región San Martín”. En el municipio de Villa Autónoma, ubicado en el distrito de Banda de Shilcayo, provincia y región de San Martín, se realizó un estudio geotécnico para evaluar la capacidad portante de los suelos presentes en la zona, con el objetivo de desarrollar un plan de zonificación adecuado. Este análisis es crucial para identificar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y para tomar decisiones informadas sobre la construcción de infraestructuras seguras y sostenibles en la localidad. Para ello, se excavaron 18 calicatas a una profundidad de 3,00 metros, distribuidas estratégicamente a lo largo de la región de investigación. Durante el estudio, se realizaron diversos ensayos de laboratorio sobre las muestras de suelo obtenidas, incluyendo el análisis de contenido de humedad natural, análisis granulométrico, límites líquidos y plásticos, peso específico y corte directo. Estos ensayos permitieron caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo y determinar los tipos predominantes, que fueron clasificados como SC (arena arcillosa), CL (arcillas inorgánicas de baja plasticidad) y SM (arena limosa) utilizando el sistema SUCS. Estos datos fueron fundamentales para evaluar la capacidad de carga y establecer una zonificación adecuada. Con los resultados de la capacidad portante, se definieron dos zonas principales en el área de estudio. La Zona I ($q_{adm} < 1,00 \text{ kg/cm}^2$) presenta suelos con baja capacidad portante, lo que requiere el uso de cimentaciones más especializadas, como pilotes o zapatas reforzadas. En contraste, la Zona II ($q_{adm} > 1,00 \text{ kg/cm}^2$) tiene suelos con mayor capacidad portante, lo que permite el uso de cimentaciones más convencionales. Esta zonificación es crucial para determinar el tipo de cimentación más adecuado para el desarrollo de infraestructuras en la región, asegurando la estabilidad y durabilidad de las construcciones.

Según Ccora, (2017) La presente investigación titulada Tecnología de la construcción compuesta en perfiles de acero liviano – Concreto Celular para viviendas



multifamiliares en suelos de baja capacidad portante, En los últimos años, el sector de la construcción ha sido testigo del surgimiento de nuevos sistemas y métodos constructivos, cuyo principal objetivo es optimizar los recursos y reducir los costos, a fin de hacer frente a la creciente demanda de viviendas. Este fenómeno ha sido impulsado por programas gubernamentales como Techo Propio, Mi Vivienda y Ores Fovime, que han generado un aumento en la oferta de viviendas para la población. Ante esta necesidad, la industria de la construcción ha tenido que adaptarse e innovar, lo que ha dado lugar a la adopción de nuevos sistemas constructivos que no solo buscan aumentar la eficiencia en el uso de materiales y mano de obra, sino también disminuir el precio final de las viviendas, haciéndolas más accesibles. Sin embargo, algunos de estos sistemas son aún poco comunes en ciertos contextos, como el de la construcción de viviendas de tres niveles con acero ligero y concreto celular, lo que marca una tendencia emergente, pero sin antecedentes suficientes en diseño o análisis estructural en el medio local. Esta tesis presenta un análisis de costos para una vivienda construida con un sistema de tres niveles basado en el uso de perfiles de acero ligero y concreto celular. El objetivo principal es proporcionar un análisis detallado de la viabilidad económica de este tipo de construcción, destacando sus ventajas y posibles desafíos. A través de este estudio, se busca recopilar el estado del arte en el análisis y diseño estructural utilizando estos materiales innovadores. El trabajo también incluye un compendio de diversas técnicas de construcción tradicionales y contemporáneas, como el concreto armado y el sistema convencional de mampostería restringida, lo que permite al lector comprender las particularidades y beneficios de cada una de ellas. Este enfoque multidisciplinario no solo enriquece el conocimiento sobre nuevas tecnologías de construcción, sino que también destaca las particularidades constructivas que podrían ser altamente beneficiosas para la industria de la construcción en la actualidad. El propósito de esta tesis es servir como una herramienta útil para ingenieros y profesionales del sector que estén interesados en diseñar y construir estructuras utilizando concreto celular y perfiles de acero ligero. Las especificaciones y tablas que se presentan en el estudio provienen del Instituto AISI



(American Iron and Steel Institute), el cual ha establecido directrices claras para el diseño de elementos de acero estructural, tomando en cuenta su geometría, dimensiones, propiedades mecánicas y capacidad de trabajo. Además, esta tesis muestra cómo aplicar estos estándares y utilizar las herramientas adecuadas para realizar diseños estructurales eficientes y precisos en edificaciones. Al integrar estos nuevos sistemas constructivos con enfoques tradicionales, se anticipa que este trabajo pueda ofrecer un enfoque integral y accesible para la construcción de viviendas más económicas, rápidas de construir y con un alto nivel de seguridad estructural.

Según Polo & Garcia, (2023) su tesis "Estabilización con cenizas de coronta de maíz y su influencia en la capacidad portante del suelo arcilloso tramo Carracmaca-Surual, Huamachuco". Con el fin de estabilizar suelos arcillosos en la región Carracmaca-Surual de Huamachuco, este estudio empleó un enfoque descriptivo-transversal y métodos cuantitativos para determinar la cantidad óptima de ceniza de mazorca de maíz (CCA). Se recolectaron muestras de suelo de ocho pozos de sondeo excavados en dicha región para analizar las propiedades mecánicas y físicas del patrón edáfico local. Se evaluó el comportamiento del suelo antes y después de la estabilización con CCA en estos pozos de sondeo, que representan la subrasante de la región de investigación. Una estrategia para mejorar la calidad del suelo fue añadir un cuatro por ciento de CCA al suelo existente y observar la evolución de sus características. Según las clasificaciones SUCS (SC) y AASHTO A-2-4, las siguientes propiedades físico-mecánicas del suelo se determinaron a partir de los resultados del pozo de prueba: Límite líquido (LL) = 28,74%, Límite plástico (PL) = 20,45%, Índice de plasticidad (PI) = 8,29% y Relación de soporte de California (CBR) = 5,32%. Fue necesario mejorar el suelo para proyectos de construcción porque estas lecturas iniciales mostraron que tenía una capacidad de soporte restringida. Los resultados demostraron que la capacidad de soporte del suelo mejoró significativamente con cantidades crecientes de CCM agregadas. Después de agregar CCM al suelo en incrementos de 8,5%, 10,5%, 12,5% y 14,5% en peso de la

muestra, respectivamente, el índice CBR aumentó de 6,42% a 16,55%. La calidad del suelo mejoró en gran medida al agregar CCM a una tasa de 12,5%, lo que resultó en un índice CBR de 21,66%. Con base en los criterios establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), tras esta mejora, el suelo pasó de una subrasante deficiente (con un CBR inferior al 6%) a una excelente (con un CBR superior al 20%), lo que le otorgó mayor resistencia y capacidad portante. Al estabilizar el suelo, logramos duplicar su capacidad portante y demostramos que el CCM es una solución viable y económica para mejorar las características geotécnicas de los suelos arcillosos en la zona de Huamachuco.

2.1.3 Antecedentes regionales.

Según Condori, (2022) Del estudio de "zonificación geotécnica para el diseño de cimentación superficial en la urbanización Villa los Triunfadores Caracoto – Puno 2021", Para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras, es vital utilizar la capacidad portante permitida (q_{adm}) de los suelos a diferentes profundidades para establecer la zonificación del suelo para el diseño de la cimentación. Para considerar las circunstancias geotécnicas locales y aprovechar al máximo la capacidad portante de los suelos, esta investigación estableció una profundidad mínima de cimentación (D_f) de 1,50 m y una máxima de 3,00 m. Se realizaron estudios de laboratorio y de campo para determinar las cualidades mecánicas y físicas del suelo. Entre estos, se encontraron mediciones del tamaño de partícula y el contenido de humedad, así como limitaciones de consistencia (líquida y plástica) y una prueba de auscultación de base con un penetrómetro de punta cónica dinámico ligero (DPL). La hipótesis de capacidad portante propuesta por Terzagui y Meyerhof permitió la estimación de las capacidades portantes del suelo con base en sus cualidades geotécnicas, lo cual es particularmente útil para evaluar la resistencia del suelo a diferentes profundidades. Esta prueba es un complemento a la anterior. También se realizó una prueba de corte directo para adquirir características geotécnicas importantes, incluyendo el ángulo de fricción y la cohesión,



que respaldó y consolidó aún más los hallazgos. Los suelos de la región se clasificaron en varios grupos con base en estos criterios, calculados mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Los tipos de suelo identificados incluyen arcillas con alta y baja plasticidad, limos con alta y baja plasticidad, suelos orgánicos con baja plasticidad, y alta y baja plasticidad. El diseño de la cimentación se verá fuertemente afectado por las diferentes propiedades de plasticidad y cohesión de estos suelos. Para garantizar la seguridad y adecuación de los edificios a las condiciones del terreno, se diseñó un diseño estándar para una vivienda unifamiliar de tres plantas utilizando esta clasificación. Este diseño cumple con los estándares establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Para establecer la capacidad portante del suelo a distintas profundidades, el análisis determinó que era necesaria una zonificación exhaustiva, con subzonas incluidas dentro de cada zona. La capacidad portante es de $0,98 \text{ kg/cm}^2$ en la Zona I, donde la profundidad de la cimentación es de $1,50 \text{ m}$ ($D_f=1,50 \text{ m}$). La capacidad portante asciende a $1,09 \text{ kg/cm}^2$ en la Zona II, en la que la profundidad es de $2,00 \text{ m}$ ($D_f=2,00 \text{ m}$). A una profundidad de $2,50 \text{ metros}$ ($D_f=2,50 \text{ m}$), la capacidad portante para la Zona III es de $1,03 \text{ kg/cm}^2$. Por último, la capacidad portante es de $0,98 \text{ kg/cm}^2$ en la Zona IV, donde la profundidad de cimentación es de $3,00 \text{ m}$ ($D_f=3,00 \text{ m}$). Los cambios extremos de volumen en los suelos de esta zona suponen una amenaza de fallo estructural y requieren un cuidado especial. En consecuencia, en esta zona se planificaron zapatas tanto conectadas como aisladas para reducir el impacto de estas variaciones y la posibilidad de colapso estructural. Los edificios de la zona tienen más probabilidades de permanecer estables a lo largo del tiempo gracias a este sistema de zonificación y al hecho de que las cimentaciones están diseñadas de acuerdo con sus respectivas zonas.

Según Quispe, (2021) El propósito de esta investigación fue evaluar la capacidad portante del suelo en diversas ubicaciones potenciales para la expansión urbana en la zona noreste de Muñani, ubicada en la provincia de Azángaro, región de Puno. Muñani



es una zona en crecimiento, y el análisis de la capacidad portante del suelo es esencial para garantizar que el área pueda soportar el desarrollo de infraestructura sin comprometer la estabilidad y seguridad de las nuevas construcciones. Esta investigación se centró en determinar cómo las propiedades geotécnicas del suelo afectan la posibilidad de desarrollo urbano en esta área y en proporcionar datos útiles para la planificación de la expansión urbana de manera sostenible. El análisis se llevó a cabo en varias áreas de exploración dentro de la región de crecimiento urbano en la zona noreste de Muñani, con el objetivo principal de medir la capacidad de carga del suelo. Para ello, se excavaron nueve pozos de prueba a lo largo de la zona y se realizaron nueve experimentos de penetración dinámica de la luz (DPL), con el fin de evaluar las características mecánicas y físicas del suelo a una profundidad de 2 metros. Según los resultados obtenidos, la capacidad de carga del suelo en los diferentes puntos varió entre 0,583 kg/cm² y 0,889 kg/cm², con un número de impactos registrados entre 10 y 16, respectivamente. Estos resultados fueron fundamentales para la clasificación geotécnica de la zona y se utilizaron para crear un mapa de zonificación que ayudara a identificar las áreas aptas para la construcción de infraestructura en la región. A partir de los datos obtenidos, el estudio identificó dos zonas geotécnicas diferentes, denominadas ZONA II y ZONA III, en función de las características mecánicas del suelo y su capacidad de carga. Utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se desarrolló un mapa de zonificación que tuvo en cuenta las cualidades físicas de los suelos, como su granulometría, plasticidad y cohesión, y sus propiedades mecánicas, como la resistencia al corte y la capacidad de carga. Además, se evaluó el nivel freático, un factor importante en la determinación de la estabilidad de los cimientos en esta región. Este mapa de zonificación es esencial para orientar el desarrollo urbano de manera segura y eficiente, permitiendo que las construcciones en la zona noreste de Muñani cumplan con las normas nacionales de construcción (RNE). Asimismo, se consideraron las autoconstrucciones previas realizadas sin la asistencia de expertos, lo que refleja la necesidad de mejorar la planificación y la infraestructura para evitar futuros riesgos



estructurales. Finalmente, el estudio tiene como objetivo identificar las áreas que son aptas para la construcción según los resultados del análisis, y delimitar las zonas que requieren mejoras en la capacidad portante para que el crecimiento urbano sea seguro y sostenible.

Según Apaza, (2022) su tesis "Capacidad portante de suelos agrícolas para la instalación de tanque cisterna de agua potable de dotación media, Puno 2022". El objetivo principal de esta investigación fue determinar la capacidad de carga del suelo agrícola en una zona específica, con el fin de diseñar un tanque cisterna de agua potable de capacidad media que sea adecuado para las condiciones geotécnicas del lugar. La capacidad de carga del suelo es crucial para determinar si el terreno es capaz de soportar el peso de estructuras como un tanque cisterna sin comprometer la estabilidad de la cimentación. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo diversas pruebas físicas y mecánicas del suelo, las cuales permitieron evaluar sus características y comportamiento bajo diferentes condiciones de carga. Debido a la naturaleza compleja de este tipo de análisis y la necesidad de realizar suposiciones basadas en datos experimentales, la investigación adoptó un enfoque hipotético-deductivo. Este enfoque permitió generar hipótesis sobre la capacidad de carga y luego verificarlas mediante experimentos y análisis, para llegar a conclusiones que puedan guiar el diseño del tanque cisterna. Para descubrir cómo mejorar los valores de capacidad de carga en función de diversas profundidades y dimensiones de cimentación, el estudio empleó una combinación de técnicas de muestreo aleatorio, encuestas y la excavación de pozos de prueba. Estas herramientas se utilizaron para obtener muestras representativas del suelo en distintas ubicaciones del terreno de estudio. Los pozos de prueba fueron excavados siguiendo las directrices establecidas en la norma E.050, que regula las condiciones de suelos y cimentaciones de acuerdo con las reglas nacionales de construcción. Esta metodología permitió obtener datos precisos sobre las propiedades geotécnicas del suelo, como su densidad, cohesión, ángulo de fricción y capacidad de carga en diferentes profundidades.



Con esta información, fue posible determinar las condiciones ideales para la instalación de un tanque cisterna que cumpla con los requisitos estructurales y de seguridad. El diseño propuesto para la instalación del tanque cisterna tiene una carga máxima admisible de $1,14 \text{ kg/cm}^2$, que es inferior al valor obtenido en las pruebas de laboratorio, lo que indica que el suelo tiene una capacidad de carga adecuada para soportar la estructura sin riesgo de fallas. Además, la carga admisible en una profundidad de $1,5 \text{ m}$ fue de $1,32 \text{ kg/cm}^2$, lo que refuerza la idoneidad del suelo para la instalación del tanque cisterna de capacidad media. Aunque la carga máxima admisible es más baja que el valor de laboratorio, el análisis demuestra que el diseño sugerido es seguro, ya que la cimentación será capaz de soportar un peso menor que el que podría representar el tanque cisterna. Por lo tanto, se concluye que el terreno es adecuado para la instalación del tanque, ya que el suelo agrícola presenta una capacidad de carga suficiente para garantizar la estabilidad del sistema de almacenamiento de agua, contribuyendo al desarrollo de infraestructuras hidráulicas seguras y eficientes.

Según Machaca, (2021) su tesis "Efectos del grado de saturación en la capacidad portante de los suelos lacustres en áreas de expansión urbana, Puno – 2021". El objetivo general de este estudio es determinar cómo varía la capacidad portante del suelo del lago en función del nivel de saturación en las áreas de expansión urbana de Puno, durante el año 2021. En una región como Puno, que enfrenta procesos de expansión urbana en zonas cercanas a cuerpos de agua como el lago Titicaca, entender el comportamiento del suelo en función de su nivel de saturación es fundamental para asegurar la estabilidad de las infraestructuras urbanas. Este estudio tiene especial relevancia en la planificación de proyectos urbanos, ya que la variabilidad de la capacidad portante del suelo influye directamente en el tipo de cimentación necesario para soportar nuevas construcciones. Para lograr este objetivo, los investigadores adoptaron un enfoque cuantitativo utilizando un diseño cuasiexperimental, lo que implicó manipular las variables independientes, como el nivel de saturación del suelo, y medir su



impacto en las variables dependientes, tales como la capacidad de carga del suelo y los asentamientos. Este diseño cuasiexperimental permite identificar y cuantificar las relaciones causales entre el grado de saturación y la capacidad portante del suelo sin la necesidad de condiciones controladas estrictas como en un experimento completamente aleatorio. Los resultados obtenidos a partir de los ensayos de corte directo, realizados para evaluar la resistencia del suelo a la carga, indicaron que el suelo del lago podría soportar un asentamiento máximo de 1.916 cm antes de experimentar una falla local o por punzonamiento. Este valor de asentamiento es crucial para determinar los límites de carga del terreno y para asegurar que las estructuras construidas en estas áreas no se vean comprometidas por movimientos excesivos del suelo. Además, la capacidad de carga última mínima admisible, que es el valor que define el límite más bajo de carga que el suelo puede soportar sin fallar, fue de 0,62 kg/cm². Este valor se obtiene mediante pruebas de laboratorio que simulan las condiciones de carga a las que el suelo estará sometido a lo largo del tiempo. El resultado demuestra que el suelo, a pesar de ser un terreno potencialmente problemático debido a su proximidad al lago y su alta saturación, aún tiene una capacidad de carga aceptable para ciertos tipos de construcciones, siempre que se tomen las precauciones adecuadas en el diseño de las cimentaciones. La población de este estudio incluyó tres pozos de exploración, que se ubicaron estratégicamente en diferentes puntos del área de expansión urbana de Puno. Sin embargo, para la muestra específica de este estudio, se utilizó un único pozo de exploración, lo que limitó la variabilidad de los datos y permitió concentrarse en una muestra representativa que reflejara las condiciones geotécnicas locales de la zona. El análisis de los resultados sugiere que es fundamental tener en cuenta el grado de saturación del suelo al calcular tanto las cargas últimas admisibles como los asentamientos del suelo. El agua interfiere significativamente en ambos procedimientos debido a su capacidad para reducir la resistencia del suelo cuando está presente en grandes cantidades, lo que puede alterar la capacidad portante del terreno. La saturación afecta directamente la compresión del suelo y puede incrementar el riesgo de



asentamientos o fallas en los cimientos si no se considera adecuadamente. Por lo tanto, este estudio subraya la importancia de medir y controlar el nivel de saturación en los suelos del área de expansión urbana de Puno, ya que tiene un impacto directo en la seguridad y viabilidad de las futuras construcciones en la zona.

Según Mamani, (2022) su tesis "Análisis de la capacidad portante del suelo de fundación empleando el ensayo SPT - NTP339.133 en Lampa - Puno 2022". El presente estudio se realizó en un terreno de 140 m² ubicado en el distrito de Lampa, provincia de Lampa, departamento de Puno, en las coordenadas geográficas: -15.36640238, -70.36707759, UTM: 353270.153E; 8300683.695N 19L, con el objetivo principal de analizar los resultados obtenidos a partir de los ensayos de penetración estándar (SPT) para determinar la capacidad portante del suelo de cimentación. Para ello, se utilizaron diversos criterios técnicos, como el número de puntos de exploración, la cantidad de golpes registrados (N), el valor de N_{field} (que corresponde al número de golpes por pie de penetración), y la clasificación del suelo. Estos parámetros fueron esenciales para obtener una comprensión precisa de las propiedades geotécnicas del terreno y su capacidad para soportar cargas estructurales. La metodología empleada consistió en realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los principios fundamentales de la mecánica de suelos, con el fin de categorizar e identificar adecuadamente el tipo de suelo presente en el área de cimentación. La revisión bibliográfica permitió establecer los fundamentos teóricos que guiarían la investigación y la interpretación de los datos obtenidos. A continuación, se aplicaron ensayos de campo de tipo SPT, que son ampliamente utilizados para evaluar la capacidad portante del suelo mediante la medición de la resistencia a la penetración del suelo con un martillo y un tubo de muestreo. Además, se complementaron estos ensayos con pruebas de laboratorio para obtener una caracterización detallada del suelo y confirmar los resultados obtenidos en campo. A partir de los datos obtenidos, se realizaron los cálculos teóricos de la capacidad portante del suelo de cimentación, utilizando los métodos más reconocidos en



la ingeniería geotécnica. En los resultados obtenidos del sitio de investigación 01, se determinó que a una profundidad de 3,15 metros por debajo del nivel del suelo, la capacidad de carga del suelo de cimentación fue evaluada mediante el informe de laboratorio de los ensayos SPT. Este informe proporcionó una estimación detallada de la capacidad de carga que sería necesaria para diseñar una cimentación segura para la estructura prevista. El proceso de campo para los ensayos SPT utilizó el recuento de impactos (N) durante la penetración del equipo de ensayo, lo cual es un indicador directo de la resistencia del suelo a la penetración. Al comparar estos resultados con los obtenidos a partir de ecuaciones previas y métodos teóricos, se concluyó que los valores obtenidos de los ensayos SPT fueron más razonables y sensatos, ya que proporcionaron una representación más precisa de la capacidad de carga del suelo en comparación con las estimaciones previas. Esta conclusión destaca la importancia de utilizar ensayos in situ como el SPT para obtener datos confiables y específicos sobre las propiedades del suelo en un sitio determinado, mejorando así la precisión del diseño de las cimentaciones.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Nivel freático.

El nivel freático se define como la superficie superior de la zona de saturación en un suelo o formación geológica, donde la presión del agua subterránea es igual a la presión atmosférica. Este límite, aunque invisible a simple vista, representa una variable crítica en los estudios hidrogeológicos y geotécnicos, debido a su influencia en la dinámica del agua subterránea, la estabilidad del terreno y la interacción con procesos naturales y actividades humanas (Pérez & Ramírez, 2020).

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA POSICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

La posición del nivel freático es altamente dinámica y está condicionada por una combinación de factores naturales y antropogénicos. Entre los más destacados se encuentran:

1. Factores climáticos

- **Precipitaciones:** La frecuencia y magnitud de las lluvias afectan directamente la recarga de los acuíferos. En períodos de lluvias intensas, el nivel freático tiende a elevarse, mientras que en épocas de sequía prolongada disminuye, lo que puede generar problemas de subsidencia en el terreno.
- **Cambios estacionales:** En regiones con estaciones marcadas, las variaciones en el nivel freático son comunes, con elevaciones durante las temporadas húmedas y descensos durante los períodos secos.
- **Evapotranspiración:** En climas cálidos, la pérdida de agua a través de la evaporación y la transpiración de las plantas puede disminuir la disponibilidad de agua subterránea, afectando la posición del nivel freático (Martínez & Gómez, 2021).

2. Factores geológicos

- **Porosidad y permeabilidad:** Las características del suelo y las formaciones geológicas influyen en la capacidad del agua para infiltrarse y almacenarse. Los suelos arenosos, por ejemplo, tienen alta permeabilidad y permiten una recarga rápida de los acuíferos, mientras que los suelos arcillosos, debido a su baja permeabilidad, limitan este proceso.
- **Estructuras geológicas:** Fallas, fracturas y otros rasgos estructurales pueden actuar como barreras o conductos para el flujo de agua subterránea, alterando la distribución del nivel freático (Hernández & Rojas, 2019).

3. Actividades humanas

- **Extracción de agua subterránea:** La extracción intensiva de agua subterránea para uso agrícola, industrial o doméstico puede provocar descensos significativos en el nivel freático, lo que a menudo resulta en problemas de subsidencia y pérdida de capacidad portante del suelo.

- **Drenaje de terrenos:** La construcción de sistemas de drenaje para controlar inundaciones o adecuar terrenos agrícolas altera el equilibrio hídrico natural, afectando la posición del nivel freático.
- **Intrusión salina:** En zonas costeras, el descenso del nivel freático debido a la sobreexplotación de acuíferos puede provocar la intrusión de agua salina, comprometiendo la calidad del agua subterránea y generando impactos negativos en la agricultura y los ecosistemas locales (González et al., 2021).

IMPLICACIONES EN LA INGENIERÍA CIVIL

El nivel freático tiene un impacto directo en el diseño y la construcción de infraestructuras, debido a su influencia en las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Entre las principales implicaciones se destacan:

- 1. Reducción de la capacidad portante del suelo.** Un nivel freático elevado incrementa la presión de poro, lo que disminuye la presión efectiva y la resistencia al corte del suelo. Esto genera una menor capacidad portante, aumentando el riesgo de asentamientos diferenciales y fallas estructurales. En suelos arcillosos saturados, este fenómeno puede provocar deformaciones graduales que comprometen la estabilidad de edificaciones y sistemas de alcantarillado (Pérez & Ramírez, 2020).
- 2. Licuefacción en suelos arenosos.** En zonas sísmicas, un nivel freático alto es un factor desencadenante de la licuefacción, un fenómeno en el que el suelo arenoso saturado pierde su rigidez y se comporta como un líquido bajo cargas dinámicas. Este fenómeno es responsable de fallas catastróficas en puentes, carreteras y edificios durante eventos sísmicos (Vargas et al., 2022).
- 3. Dificultades constructivas.** En la construcción de infraestructuras como túneles, carreteras y cimentaciones profundas, un nivel freático elevado complica las operaciones de excavación y aumenta los costos asociados a sistemas de drenaje y bombeo. Además, el agua infiltrada puede causar problemas de corrosión en estructuras metálicas y deterioro en elementos de concreto si no se toman medidas de impermeabilización adecuadas.

ESTUDIOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Para abordar los desafíos asociados al nivel freático, es esencial realizar estudios hidrogeológicos y geotécnicos exhaustivos. Estas evaluaciones permiten comprender las fluctuaciones del nivel freático y diseñar medidas específicas para garantizar la estabilidad y funcionalidad de las obras. Entre las principales herramientas y estrategias se incluyen:

- 1. Sondeos geotécnicos:** Los sondeos permiten determinar la profundidad del nivel freático y analizar las propiedades mecánicas del suelo. Ensayos como el piezómetro y el permeámetro son esenciales para evaluar el comportamiento del agua subterránea en diferentes condiciones.
- 2. Sistemas de drenaje:** La instalación de drenes horizontales y verticales, pozos de alivio y sistemas de bombeo ayuda a controlar el nivel freático durante la construcción y operación de las infraestructuras. Estas soluciones son particularmente efectivas en terrenos saturados y en proyectos que requieren excavaciones profundas.
- 3. Impermeabilización de cimentaciones:** En terrenos con niveles freáticos elevados, se emplean membranas impermeables y recubrimientos especiales para proteger las cimentaciones de la infiltración de agua. Esto es común en edificios de gran altura y proyectos subterráneos como estaciones de metro y túneles.
- 4. Modelado numérico:** Herramientas computacionales avanzadas permiten simular el comportamiento del nivel freático y evaluar su impacto en el suelo y las estructuras. Estas simulaciones son útiles para anticipar problemas y diseñar soluciones específicas (Hernández & Rojas, 2019).

IMPLICACIONES AMBIENTALES

El manejo inadecuado del nivel freático también tiene consecuencias ambientales significativas. La sobreexplotación de acuíferos puede generar **subsistencia**, un fenómeno en el que el terreno se hunde debido a la compactación de los estratos superiores. Además, la alteración de los niveles freáticos afecta los ecosistemas

asociados a las aguas subterráneas, como humedales, y compromete la calidad y disponibilidad del agua para futuras generaciones (González et al., 2021).

En regiones áridas y semiáridas, donde los acuíferos son una fuente vital de recursos hídricos, la gestión sostenible del nivel freático es una prioridad. Esto incluye la implementación de políticas de uso eficiente del agua, tecnologías de recarga artificial de acuíferos y monitoreo constante para evitar el agotamiento de los recursos subterráneos.

2.2.2 Capacidad Portante

La capacidad portante del suelo es un concepto fundamental en la geotecnia, ya que se refiere a la resistencia que el terreno ofrece para soportar las cargas aplicadas desde una estructura sin experimentar fallos críticos, como asentamientos excesivos, deslizamientos o colapsos. Este parámetro es esencial en el diseño de cimentaciones, pues garantiza la seguridad, estabilidad y funcionalidad de las edificaciones y otras infraestructuras, especialmente en zonas con condiciones geológicas complejas o de alta sismicidad (Gutiérrez & Morales, 2019).

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad portante del suelo está determinada por propiedades inherentes del terreno y factores externos, los cuales deben ser cuidadosamente analizados durante las etapas de diseño y planificación de proyectos de infraestructura. Entre los principales factores que influyen se encuentran:

1. Propiedades mecánicas del suelo

- **Cohesión (c):** En suelos cohesivos, como las arcillas, la cohesión desempeña un papel fundamental en la capacidad portante, ya que representa la fuerza de atracción entre las partículas del suelo. Sin embargo, suelos arcillosos saturados presentan una menor cohesión efectiva debido al aumento de la presión de poro, lo que puede generar asentamientos diferenciales y fallas estructurales.
- **Ángulo de fricción interna (ϕ):** En suelos no cohesivos, como las arenas, el ángulo de fricción interna es el parámetro clave que determina la capacidad del suelo para

resistir esfuerzos cortantes. Este ángulo depende de la densidad relativa y la compactación del suelo, y se reduce significativamente en condiciones de alta saturación o licuefacción.

- **Densidad relativa:** La densidad del suelo influye directamente en su capacidad para soportar cargas. Suelos densos presentan una mayor capacidad portante en comparación con suelos sueltos, especialmente en terrenos arenosos.

2. CONDICIONES DE SATURACIÓN Y NIVEL FREÁTICO

Un nivel freático elevado reduce la presión efectiva del suelo, disminuyendo su resistencia al corte y su capacidad portante. Esto es especialmente crítico en suelos saturados o con baja permeabilidad, como arcillas y limos. Además, en zonas sísmicas, la saturación del suelo puede inducir fenómenos de licuefacción, donde el terreno pierde rigidez y capacidad portante bajo cargas dinámicas (López et al., 2021).

3. CONDICIONES AMBIENTALES

- **Sismicidad:** En regiones con alta actividad sísmica, la capacidad portante del suelo se ve comprometida debido a las vibraciones y cargas dinámicas. En estas condiciones, es esencial realizar estudios de estabilidad y análisis dinámicos para prever los efectos de eventos sísmicos.
- **Precipitación:** En zonas de alta precipitación, la infiltración de agua aumenta la saturación del suelo, lo que afecta negativamente su resistencia al corte y su capacidad para soportar cargas estructurales.

4. CARGA APLICADA Y TIPO DE CIMENTACIÓN

La distribución de las cargas estructurales también influye en la capacidad portante. Cargas concentradas, como las transmitidas por zapatas aisladas, generan mayores esfuerzos sobre el suelo en comparación con cargas distribuidas, como las de losas de cimentación. Por esta razón, el tipo de cimentación utilizado debe adaptarse a las propiedades del suelo y las características de la carga.

TEORÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

El cálculo de la capacidad portante se realiza comúnmente mediante teorías clásicas desarrolladas por autores como **Terzaghi** y **Meyerhof**, que establecen fórmulas basadas en principios fundamentales de la mecánica de suelos:

1. Teoría de Terzaghi (1943):

Terzaghi formuló una ecuación básica para calcular la capacidad portante de cimentaciones superficiales, considerando tres componentes principales:

- La cohesión del suelo (componente debido a c).
- El peso unitario del suelo (componente debido a γ).
- La fricción interna (componente debido a ϕ).

Esta teoría, aunque ampliamente utilizada, asume condiciones ideales de carga centrada y terreno homogéneo, lo que limita su aplicabilidad en terrenos complejos o cimentaciones excéntricas.

2. Teoría de Meyerhof (1951):

Meyerhof amplió los conceptos de Terzaghi para incluir factores de forma y profundidad, lo que permite una mayor flexibilidad en el diseño de cimentaciones. También introdujo el concepto de capacidad portante para cimentaciones excéntricas o inclinadas.

3. Teoría de Vesic (1975):

Vesic incorporó los efectos de la compresibilidad del suelo y las deformaciones, haciendo que sus ecuaciones sean más precisas para analizar suelos heterogéneos o con propiedades no lineales.

En el contexto latinoamericano, estudios recientes han resaltado la importancia de ajustar estas teorías a las condiciones locales del suelo y las características geológicas de la región, como la alta sismicidad y la influencia de la infiltración de agua en zonas con intensa precipitación (Jiménez et al., 2020).

IMPLICACIONES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

Un análisis adecuado de la capacidad portante es esencial para garantizar la seguridad y estabilidad de las infraestructuras. Las principales implicaciones de una capacidad portante insuficiente incluyen:

- 1. Asentamientos diferenciales:** Ocurren cuando diferentes partes de una estructura experimentan asentamientos desiguales, lo que puede generar inclinaciones, grietas o incluso el colapso de la edificación. Este fenómeno es común en suelos arcillosos saturados o en terrenos donde el nivel freático es alto.
- 2. Fallos estructurales:** Una capacidad portante inadecuada puede resultar en el colapso de cimentaciones, especialmente en proyectos de gran envergadura, como puentes, represas o rascacielos. En suelos arenosos saturados, este riesgo aumenta durante eventos sísmicos debido a la licuefacción (Paredes & Sánchez, 2022).
- 3. Incremento en los costos de construcción:** La falta de capacidad portante en el suelo puede requerir el uso de técnicas de mejora del terreno, cimentaciones profundas o sistemas de drenaje avanzados, lo que incrementa significativamente los costos del proyecto (Cárdenas & Pérez, 2021).

TÉCNICAS PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE

En casos donde la capacidad portante del suelo no es suficiente, se pueden aplicar diversas técnicas de mejora del terreno para aumentar su resistencia y estabilidad:

- 1. Compactación dinámica:** Esta técnica consiste en aplicar impactos controlados sobre el terreno para densificar el suelo y aumentar su capacidad portante. Es especialmente efectiva en suelos arenosos y de relleno.
- 2. Inyección de lechadas de cemento:** Este método refuerza suelos cohesivos y no cohesivos al incrementar su cohesión y reducir su permeabilidad.
- 3. Columnas de grava y suelo-cemento:** Estas estructuras verticales distribuyen las cargas estructurales y mejoran las propiedades mecánicas del suelo. Son comunes en proyectos de infraestructura pesada.

4. **Geosintéticos:** Materiales como geotextiles y geomallas se utilizan para reforzar el terreno y distribuir uniformemente las cargas aplicadas.
5. **Sistemas de drenaje:** La instalación de drenes horizontales o verticales ayuda a reducir la saturación del suelo, mejorando su capacidad portante y estabilidad general.

2.2.3 Efecto de nivel freático en los suelos.

2.2.3.1 Propiedades físicas y mecánicas

El nivel freático es un factor clave que afecta directamente las propiedades físicas y mecánicas del suelo, dado que influye tanto en su composición interna como en su capacidad para soportar cargas estructurales. Esta interacción es particularmente relevante en proyectos de ingeniería civil, donde las condiciones del suelo determinan el éxito o el fracaso de las infraestructuras. La saturación provocada por un nivel freático elevado altera significativamente parámetros como la resistencia al corte, la presión de poro, la densidad y la cohesión, comprometiendo la estabilidad general del terreno.

EFFECTO EN LA RESISTENCIA AL CORTE Y LA PRESIÓN EFECTIVA

El nivel freático alto reduce la **resistencia al corte** del suelo al disminuir la presión efectiva entre las partículas sólidas. La presión efectiva, que es la diferencia entre la presión total y la presión de poro, es un parámetro esencial que define la estabilidad del suelo. A medida que aumenta la saturación, el agua en los poros del suelo soporta parte de las cargas aplicadas, disminuyendo la fricción entre las partículas y, en consecuencia, su capacidad de resistir esfuerzos cortantes. Este fenómeno es crítico en suelos cohesivos, como las arcillas, donde la pérdida de resistencia puede generar asentamientos diferenciales que afectan las estructuras construidas sobre ellos (López et al., 2021).

En suelos no cohesivos, como las arenas, la pérdida de presión efectiva tiene un impacto igualmente significativo, ya que puede conducir a la licuefacción bajo condiciones de carga cíclica. Este fenómeno, que transforma el suelo en un medio fluido

incapaz de soportar cargas, es particularmente problemático en regiones con alta actividad sísmica, como las zonas costeras y urbanas de América Latina (Paredes & Sánchez, 2022).

ALTERACIONES EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS

La saturación provocada por un nivel freático elevado también modifica propiedades clave del suelo, como la **densidad seca máxima**, el **contenido óptimo de agua** y la **porosidad**. Estas propiedades son esenciales para el diseño de mezclas de suelos en procesos de compactación, ya que determinan la capacidad del terreno para alcanzar un estado de alta densidad y baja compresibilidad. Un suelo con saturación excesiva tiende a presentar una menor densidad seca máxima, lo que limita su uso como material de soporte en proyectos que requieren alta estabilidad, como carreteras, represas y edificios de gran envergadura (Gutiérrez & Morales, 2019).

Adicionalmente, en suelos arcillosos, la saturación puede aumentar la **plasticidad** del terreno, haciéndolo más susceptible a deformaciones plásticas bajo cargas sostenidas. Este comportamiento es particularmente perjudicial en proyectos de infraestructura lineal, como carreteras y vías férreas, donde los asentamientos diferenciales pueden generar daños significativos.

COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS: EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN

En suelos arcillosos, el nivel freático desempeña un papel crítico en los fenómenos de **expansión** y **contracción**. La expansión ocurre cuando las partículas de arcilla, que tienen una estructura laminar y alta capacidad de absorción, incrementan su volumen al retener agua. Este proceso genera **presiones expansivas** que afectan negativamente las estructuras cercanas, como pavimentos y cimentaciones superficiales. Estas presiones pueden provocar levantamientos diferenciales, fisuras y grietas, comprometiendo la funcionalidad y seguridad de las edificaciones (Martínez & Gómez, 2021).

Por otro lado, la contracción ocurre cuando el agua se evapora o drena, lo que disminuye el volumen del suelo y genera asentamientos. Este fenómeno es común en regiones con variaciones estacionales pronunciadas en el nivel freático, y sus efectos son visibles en daños estructurales como grietas en edificios, desplazamientos de taludes y hundimientos en sistemas de alcantarillado.

COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS ARENOSOS: LICUEFACCIÓN

En suelos arenosos, el nivel freático elevado incrementa significativamente el riesgo de **licuefacción**. Este fenómeno ocurre cuando el agua intersticial entre las partículas del suelo se comprime durante un evento de carga dinámica, como un terremoto, reduciendo la fricción entre las partículas y transformando el suelo en una masa fluida. La licuefacción es particularmente problemática en regiones sísmicamente activas, ya que puede provocar el colapso de edificios, puentes y otras infraestructuras críticas. Este riesgo hace que el monitoreo del nivel freático y la evaluación de la susceptibilidad a la licuefacción sean aspectos prioritarios en el diseño de proyectos de ingeniería civil en estas áreas (Paredes & Sánchez, 2022).

EFFECTO EN EL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

Además de su impacto mecánico, el nivel freático afecta el **transporte de contaminantes** en el suelo. El agua subterránea, al actuar como medio de transporte, facilita la migración de sustancias químicas presentes en el suelo, lo que puede tener efectos negativos en los acuíferos y ecosistemas circundantes. En suelos con alta saturación, la capacidad del terreno para retener contaminantes disminuye, aumentando el riesgo de contaminación de fuentes de agua potable y ecosistemas sensibles. Este fenómeno es particularmente relevante en zonas urbanas e industriales, donde los contaminantes pueden infiltrarse en el subsuelo a través de actividades humanas, como el vertido de desechos y la utilización de fertilizantes (Cárdenas & Pérez, 2021).

INTERACCIÓN CON LA DINÁMICA DEL SUELO EN REGIONES SÍSMICAS

En regiones de alta sismicidad, la interacción entre el nivel freático y las propiedades dinámicas del suelo adquiere una importancia crítica. Estudios recientes han

demostrado que las fluctuaciones en el nivel freático no solo afectan las propiedades estáticas del suelo, sino también su respuesta ante cargas dinámicas. Los suelos saturados presentan una mayor susceptibilidad a la amplificación de ondas sísmicas, lo que aumenta el riesgo de inestabilidad estructural durante un terremoto. Este efecto es particularmente preocupante en suelos arenosos y arcillosos, donde los cambios rápidos en la presión de poro pueden desencadenar fenómenos como licuefacción y deslizamientos (González et al., 2021).

CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO

El impacto del nivel freático en las propiedades físicas y mecánicas del suelo subraya la necesidad de realizar estudios geotécnicos exhaustivos en todas las etapas de un proyecto de ingeniería civil. Estos estudios deben incluir:

1. **Ensayos de laboratorio:** Pruebas triaxiales, de consolidación y de resistencia al corte para determinar las propiedades mecánicas del suelo bajo diferentes condiciones de saturación.
2. **Monitoreo piezométrico:** La instalación de sensores piezométricos permite medir las fluctuaciones del nivel freático en tiempo real, proporcionando datos precisos para el diseño y la ejecución del proyecto.
3. **Modelado numérico:** El uso de simulaciones computacionales facilita la predicción del comportamiento del suelo y la evaluación de escenarios críticos, como inundaciones y eventos sísmicos.

2.2.3.2 Capacidad portante y nivel freático

La capacidad portante del suelo y su relación con el nivel freático constituye un tema crítico en la ingeniería geotécnica, ya que afecta directamente la estabilidad, seguridad y funcionalidad de las estructuras. Esta relación implica la interacción entre la saturación del suelo y su habilidad para resistir cargas aplicadas. Cuando el nivel freático se encuentra cercano a la superficie, se produce una disminución significativa de la presión efectiva del suelo, lo que impacta negativamente en su resistencia mecánica y,

en consecuencia, en la capacidad portante necesaria para sostener estructuras (López et al., 2021).

Comprender los efectos del nivel freático sobre la capacidad portante es esencial en proyectos de infraestructura, ya que influye en la selección de cimentaciones, la planificación de obras y las estrategias de mitigación. Este aspecto cobra particular relevancia en regiones con condiciones extremas de saturación, alta sismicidad o actividad humana intensiva.

EFFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN LA PRESIÓN EFECTIVA Y LA RESISTENCIA DEL SUELO

El nivel freático afecta de manera directa la presión efectiva del suelo, definida como la fuerza que actúa entre las partículas sólidas del terreno. Cuando el nivel freático aumenta, el agua subterránea soporta una parte significativa de la carga total, lo que reduce la presión efectiva. Este fenómeno genera una disminución en la resistencia al corte del suelo, ya que la fricción y la cohesión entre las partículas se ven afectadas. La pérdida de presión efectiva es particularmente crítica en:

- 1. Suelos cohesivos (arcillas):** En suelos arcillosos saturados, la alta plasticidad y cohesión inicial del terreno se reducen significativamente al aumentar el nivel freático, generando asentamientos diferenciales y problemas estructurales. Estos suelos presentan deformaciones a largo plazo, conocidas como consolidación primaria y secundaria, que pueden ocasionar inclinaciones en edificaciones, fisuras en pavimentos y hundimientos en sistemas de drenaje (Martínez & Gómez, 2021).
- 2. Suelos no cohesivos (arenas):** En suelos arenosos, el aumento del nivel freático reduce la fricción entre partículas, lo que incrementa el riesgo de fenómenos como la licuefacción. Bajo cargas dinámicas, como terremotos, estos suelos pierden rigidez y se comportan como un líquido, provocando fallas masivas en edificaciones, puentes y otras infraestructuras críticas. Este fenómeno es especialmente preocupante en zonas costeras y regiones sísmicamente activas (Paredes & Sánchez, 2022).

DIFERENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS TIPOS DE SUELOS

SUELOS COHESIVOS

- La saturación afecta la **resistencia al corte** y genera problemas de consolidación. Esto ocurre porque el agua en los poros del suelo actúa como una barrera que reduce la interacción entre partículas.
- Los suelos cohesivos saturados son más susceptibles a **asentamientos diferenciales**, que afectan estructuras como viviendas, carreteras y tuberías subterráneas.
- En proyectos de infraestructura que involucran suelos cohesivos saturados, es fundamental evaluar el grado de saturación y su influencia en los asentamientos a largo plazo (Gutiérrez & Morales, 2019).

SUELOS NO COHESIVOS

- En suelos arenosos, el nivel freático afecta principalmente la **fricción entre partículas**. Su comportamiento mecánico está directamente relacionado con el nivel de saturación, y la presencia de agua reduce significativamente la capacidad portante.
- La licuefacción, un fenómeno típico en suelos no cohesivos, genera una pérdida completa de rigidez y soporte estructural bajo condiciones dinámicas. Esto es especialmente relevante en regiones costeras, donde las estructuras están sometidas a cargas cíclicas o sísmicas (López et al., 2021).

IMPACTOS EN CONTEXTOS URBANOS E INDUSTRIALES

El nivel freático tiene un impacto significativo en áreas urbanas e industriales, donde las actividades humanas y las condiciones del terreno interactúan para exacerbar problemas relacionados con la capacidad portante. Entre las principales interacciones destacan:

1. **Extracción de agua subterránea:** La extracción intensiva de agua para consumo humano, agrícola o industrial puede provocar una disminución abrupta del nivel freático, lo que genera subsidencia del terreno y compromete la estabilidad de edificaciones. Este problema es común en ciudades densamente pobladas, como

Ciudad de México, donde los hundimientos diferenciales afectan infraestructuras críticas (Cárdenas & Pérez, 2021).

2. **Construcción de sistemas de drenaje:** Aunque los sistemas de drenaje son esenciales para controlar el nivel freático, su diseño inadecuado puede generar fluctuaciones no deseadas, incrementando el riesgo de fallas estructurales. Por ejemplo, los drenajes mal diseñados pueden aumentar la permeabilidad del suelo en zonas específicas, debilitando su capacidad portante.
3. **Compactación del terreno:** En proyectos de urbanización, las actividades de compactación pueden alterar las propiedades del terreno, exacerbando los problemas relacionados con un nivel freático elevado.

RETOS EN ZONAS COSTERAS: INTRUSIÓN SALINA Y ESTABILIDAD DEL TERRENO

En regiones costeras, la interacción entre el nivel freático y la intrusión salina añade un desafío adicional. La intrusión de agua salina en acuíferos y suelos saturados no solo compromete la calidad del agua subterránea, sino que también afecta negativamente las propiedades mecánicas del terreno. Los suelos expuestos al agua salina pueden experimentar una reducción en su capacidad portante debido a la corrosión de materiales estructurales y al deterioro del suelo circundante. Este fenómeno es particularmente relevante en áreas urbanas costeras con alta densidad poblacional, donde la presión sobre los recursos hídricos subterráneos es significativa (González et al., 2021).

SOLUCIONES TÉCNICAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Para abordar los desafíos asociados a la relación entre el nivel freático y la capacidad portante, se han desarrollado diversas técnicas y estrategias que mejoran la estabilidad del suelo y la seguridad de las estructuras:

1. **Estudios hidrogeológicos y geotécnicos:** La realización de ensayos geotécnicos detallados, como pruebas triaxiales, ensayos de consolidación y mediciones

piezométricas, permite evaluar las propiedades mecánicas del suelo y su comportamiento bajo diferentes niveles de saturación.

2. Tecnologías de mejora del suelo:

- **Columnas de grava:** Mejoran la capacidad portante al proporcionar caminos de drenaje eficientes y reducir la saturación.
 - **Inyección de lechadas de cemento:** Incrementa la cohesión y la resistencia del suelo, reduciendo su permeabilidad.
 - **Geosintéticos:** Actúan como refuerzos estructurales que distribuyen las cargas de manera uniforme y limitan la migración de agua en el terreno.
- 3. Drenaje subterráneo controlado:** La instalación de drenes horizontales, pozos de alivio y sistemas de bombeo es fundamental para mantener el nivel freático dentro de límites aceptables.
- 4. Monitoreo en tiempo real:** El uso de sensores piezométricos permite evaluar las fluctuaciones del nivel freático y ajustar las medidas de mitigación en tiempo real, evitando fallas inesperadas.
- 5. Diseños estructurales adaptativos:** En terrenos con niveles freáticos elevados, se recomienda el uso de cimentaciones profundas, como pilotes, que transfieran las cargas estructurales a estratos más firmes, minimizando el impacto de la saturación del suelo.

2.2.4 *Diseño de cimentaciones en suelos con nivel freático alto.*

El diseño de cimentaciones en suelos con nivel freático alto representa uno de los principales desafíos en la ingeniería geotécnica, ya que las condiciones de saturación afectan directamente la estabilidad del terreno y la capacidad de las cimentaciones para soportar cargas estructurales. A continuación, se describen los tipos de cimentaciones más comunes y las técnicas de mitigación utilizadas para enfrentar estos desafíos.

2.2.4.1 Tipos de cimentaciones.

El diseño de cimentaciones en suelos con niveles freáticos altos requiere una cuidadosa selección de sistemas estructurales capaces de soportar las cargas aplicadas sin comprometer la estabilidad de la estructura. Las cimentaciones se dividen en dos grandes categorías, dependiendo de las características del suelo y de la magnitud de las cargas estructurales: cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas. Ambas tienen aplicaciones específicas y presentan ventajas y limitaciones en función del nivel freático y las condiciones del terreno.

Cimentaciones superficiales

Las cimentaciones superficiales incluyen zapatas aisladas, zapatas corridas, losas de cimentación y en algunos casos riostras de vinculación entre zapatas. Estas cimentaciones se utilizan generalmente en proyectos donde las cargas son moderadas y los estratos superiores del suelo presentan una resistencia adecuada para soportarlas. Sin embargo, en suelos con niveles freáticos altos, estas cimentaciones son particularmente vulnerables debido a que la saturación del terreno reduce significativamente la resistencia al corte y la capacidad portante del suelo, lo que incrementa el riesgo de asentamientos diferenciales y fallas estructurales (Gutiérrez & Morales, 2019).

En estos casos, la implementación de sistemas de drenaje, como drenes horizontales o pozos de alivio, es fundamental para controlar las fluctuaciones del nivel freático y mejorar las condiciones del terreno. Estos sistemas permiten evitar la acumulación de agua en la base de la cimentación, reduciendo los riesgos asociados a la pérdida de resistencia del suelo (Martínez & Gómez, 2021). Adicionalmente, en suelos donde el nivel freático permanece elevado, es recomendable reforzar las cimentaciones con materiales más resistentes, como concreto de alta densidad o zapatas armadas con acero de mayor capacidad, para mitigar el efecto de la saturación prolongada.

Otra estrategia en cimentaciones superficiales es el uso de losas flotantes, las cuales distribuyen uniformemente las cargas sobre una mayor superficie, disminuyendo

la presión ejercida sobre el suelo y reduciendo el riesgo de asentamientos diferenciales. Esta solución es adecuada para edificaciones ligeras o de mediana envergadura en terrenos con un nivel freático controlado.

Cimentaciones profundas

Las cimentaciones profundas son esenciales en proyectos donde el nivel freático alto y las características del suelo no permiten el uso de cimentaciones superficiales. Estas cimentaciones, como pilotes, pilotes entubados y pilotes preexcavados, se utilizan para transferir las cargas estructurales a estratos profundos que presentan mayor resistencia y estabilidad. Los pilotes pueden ser de diferentes materiales, como concreto armado, acero o madera tratada, dependiendo de las condiciones específicas del proyecto (López et al., 2021).

Una de las principales ventajas de las cimentaciones profundas es su capacidad para atravesar capas de suelo saturado o blando, minimizando los efectos negativos del nivel freático en la estabilidad de la estructura. Los pilotes hincados son particularmente eficaces en suelos con alta saturación, ya que su instalación compacta el terreno circundante, aumentando la densidad y la resistencia del suelo. Por otro lado, los pilotes preexcavados permiten un control más preciso de la profundidad y la ubicación, lo que es crucial en terrenos donde los estratos resistentes se encuentran a grandes profundidades (Paredes & Sánchez, 2022).

En regiones costeras, donde los niveles freáticos altos suelen combinarse con la intrusión salina, los pilotes entubados revestidos con materiales resistentes a la corrosión, como acero galvanizado o concreto reforzado con aditivos, son una solución común. Estos pilotes protegen la estructura contra los efectos nocivos del agua salina, prolongando su vida útil y reduciendo los costos de mantenimiento.

Además, los pilotes combinados con sistemas de cimentación en grupo, como cabezales de concreto armado, ofrecen una mayor capacidad portante y reducen los riesgos de inclinaciones diferenciales. Este enfoque es particularmente útil en proyectos de gran envergadura, como puentes, torres de comunicación o edificios de múltiples

niveles, donde las cargas estructurales son significativas y las condiciones del terreno son desfavorables (Cárdenas & Pérez, 2021).

2.2.4.2 Técnicas de mitigación

La mitigación de los efectos adversos del nivel freático alto es esencial en proyectos de construcción para garantizar la estabilidad del terreno y la seguridad de las estructuras. A continuación, se describen las principales técnicas de mitigación empleadas en ingeniería geotécnica, con especial énfasis en su aplicación y eficacia en diferentes contextos.

Drenaje subterráneo: El drenaje subterráneo es una técnica ampliamente empleada para reducir y controlar el nivel freático en terrenos con alta saturación. Este método busca desviar el agua subterránea lejos de la zona de influencia de las cimentaciones, lo que reduce la presión de poro y mejora las condiciones mecánicas del suelo. Entre las principales soluciones de drenaje se encuentran:

Drenes horizontales: Consisten en tuberías perforadas o zanjas rellenas con material granular que permiten el flujo de agua hacia un punto de descarga. Los drenes horizontales son eficaces en suelos con baja permeabilidad, como los suelos arcillosos, y se utilizan comúnmente en proyectos de infraestructura vial y ferroviaria (Cárdenas & Pérez, 2021).

Pozos de alivio: Son excavaciones verticales que interceptan el nivel freático y facilitan la extracción del agua mediante bombas sumergibles. Estos sistemas son ideales en proyectos urbanos donde el espacio es limitado y la fluctuación del nivel freático requiere una respuesta rápida y precisa (Martínez & Gómez, 2021).

Drenes franceses: Este tipo de drenaje consiste en zanjas rellenas con grava y tubos perforados que conducen el agua hacia un punto de descarga controlado. Los drenes franceses son particularmente efectivos en suelos de alta permeabilidad, como los suelos arenosos, y se utilizan ampliamente en proyectos residenciales y comerciales.

Sistemas de bombeo: Son instalaciones mecanizadas que extraen agua de acuíferos o suelos saturados. Los sistemas de bombeo son especialmente útiles en

proyectos costeros, donde el manejo de la intrusión salina es un factor crítico, y en construcciones de gran escala como túneles o estaciones de metro (González et al., 2021).

Además de reducir el nivel freático, el drenaje subterráneo también contribuye a prevenir problemas relacionados con la acumulación de agua, como inundaciones locales, erosión del suelo y pérdida de estabilidad de taludes.

Mejoramiento del suelo

El mejoramiento del suelo es otra técnica crucial para mitigar los efectos de un nivel freático alto. Estas estrategias buscan aumentar la resistencia mecánica del terreno y reducir su permeabilidad, mejorando así su capacidad para soportar cargas estructurales. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran:

Compactación dinámica: Consiste en la aplicación de energía mediante el impacto de masas pesadas sobre el terreno, lo que incrementa la densidad y disminuye la porosidad del suelo. Esta técnica es especialmente efectiva en suelos arenosos y de relleno, donde se busca evitar la licuefacción durante eventos sísmicos (Paredes & Sánchez, 2022).

Inyección de lechadas: La inyección de lechadas de cemento, bentonita o químicos estabilizadores permite mejorar las propiedades del suelo, como su resistencia al corte y su capacidad portante. Este método es ampliamente utilizado en suelos arcillosos saturados y en terrenos con altos niveles freáticos, ya que reduce la permeabilidad del suelo y aumenta su cohesión (López et al., 2021).

Columnas de grava y suelo-cemento: Estas columnas se instalan mediante la compactación de grava o la mezcla de suelo con cemento in situ, formando elementos estructurales verticales que refuerzan el terreno. Este enfoque es ideal para terrenos blandos y saturados, y se ha demostrado que mejora significativamente la capacidad portante del suelo, permitiendo la construcción de estructuras de gran envergadura (Martínez & Gómez, 2021).

Geosintéticos: El uso de geotextiles, geomallas y geomembranas es otra técnica moderna que mejora la estabilidad del suelo y su capacidad para resistir cargas. Los geosintéticos actúan como barreras que limitan el flujo de agua, reduciendo así el impacto del nivel freático sobre las propiedades mecánicas del suelo (Cárdenas & Pérez, 2021).

Tecnologías complementarias

En la actualidad, el uso de tecnologías avanzadas, como sensores piezométricos y sistemas de monitoreo en tiempo real, complementa las técnicas de mitigación mencionadas. Estas herramientas permiten evaluar las fluctuaciones del nivel freático y simular escenarios bajo diferentes condiciones climáticas o de carga. Modelos numéricos y simulaciones computacionales también facilitan la optimización del diseño de cimentaciones y la selección de las técnicas más adecuadas para cada proyecto (González et al., 2021).

Impacto ambiental y sostenibilidad

Es importante considerar el impacto ambiental de las técnicas de mitigación, especialmente en zonas donde los acuíferos representan una fuente vital de agua para las comunidades locales. En este sentido, se recomienda implementar medidas que minimicen la extracción excesiva de agua y fomenten el uso sostenible de los recursos subterráneos. La combinación de técnicas tradicionales con tecnologías modernas permite lograr un equilibrio entre la funcionalidad del proyecto y la conservación del entorno natural (López et al., 2021).

2.2.5 Relevancia en la zona este de Juliaca

La zona este del distrito de Juliaca se caracteriza por la presencia de un nivel freático alto, un fenómeno que puede atribuirse a diversos factores climáticos, geológicos y humanos. Entre los principales factores climáticos se encuentra la elevada precipitación anual, que incrementa la recarga de los acuíferos subterráneos y contribuye a la saturación del terreno. Geológicamente, la región presenta una predominancia de suelos



arcillosos con baja permeabilidad y suelos arenosos que, aunque más permeables, son altamente susceptibles a la licuefacción en condiciones de saturación (López et al., 2021). Estos factores combinados generan condiciones desafiantes para el desarrollo de proyectos de infraestructura y urbanización.

La relevancia de este problema se intensifica debido al crecimiento urbano acelerado que experimenta Juliaca, impulsado por su rol como un centro comercial y de servicios en la región sur del Perú. Este crecimiento implica una creciente demanda de edificaciones e infraestructura, como viviendas, carreteras y sistemas de drenaje, que deben adaptarse a las condiciones geotécnicas adversas de la zona este (Martínez & Gómez, 2021). En este contexto, un nivel freático elevado limita severamente el uso de cimentaciones superficiales tradicionales, como zapatas y losas de cimentación, debido al riesgo de asentamientos diferenciales, pérdida de capacidad portante y problemas de estabilidad estructural.

Impacto en las edificaciones e infraestructura

Los niveles freáticos altos incrementan el riesgo de asentamientos diferenciales, un problema que afecta especialmente a edificaciones construidas sobre suelos arcillosos saturados. En estos suelos, el agua intersticial reduce la cohesión y la resistencia al corte, lo que puede provocar desplazamientos del terreno bajo cargas estructurales. Además, en suelos arenosos saturados, el riesgo de licuefacción es significativo, especialmente en una región con actividad sísmica como Juliaca. La licuefacción ocurre cuando, bajo la acción de vibraciones o cargas cíclicas, el suelo pierde su rigidez y se comporta como un líquido, generando colapsos estructurales y fallas en las cimentaciones (Paredes & Sánchez, 2022).

Este fenómeno es particularmente preocupante en infraestructuras críticas, como puentes, carreteras y hospitales, donde la estabilidad estructural es esencial para garantizar la seguridad de las personas y el funcionamiento continuo de los servicios. La combinación de un nivel freático alto y un diseño inadecuado de cimentaciones puede

llevar a la pérdida de funcionalidad de estas estructuras, generando costos económicos significativos en reparaciones y retrasos en los proyectos.

Relevancia económica y social

El impacto del nivel freático alto no se limita al ámbito técnico, sino que también tiene implicancias económicas y sociales. En términos económicos, las condiciones geotécnicas adversas de la zona este de Juliaca incrementan los costos de construcción, debido a la necesidad de emplear soluciones técnicas más complejas, como cimentaciones profundas, sistemas de bombeo para drenaje y técnicas de mejoramiento del suelo. Estos costos adicionales pueden limitar la inversión en proyectos de desarrollo urbano y ralentizar el crecimiento económico de la región (Cárdenas & Pérez, 2021).

Desde una perspectiva social, el manejo inadecuado del nivel freático puede comprometer la sostenibilidad de los recursos hídricos subterráneos, que son una fuente vital de agua para las comunidades locales. La extracción excesiva de agua subterránea para fines domésticos, agrícolas o industriales puede exacerbar los problemas de subsidencia del terreno, afectando tanto la seguridad de las estructuras como el acceso al agua potable. Además, los daños estructurales asociados a niveles freáticos altos, como grietas en viviendas y hundimientos de carreteras, generan un impacto directo en la calidad de vida de los habitantes de Juliaca.

Desafíos adicionales: Sismicidad y cambios climáticos

La región de Juliaca se encuentra en una zona con actividad sísmica moderada a alta, lo que añade un factor de riesgo importante a la problemática del nivel freático. Durante un evento sísmico, las vibraciones pueden amplificar los efectos negativos de la saturación del terreno, incrementando la probabilidad de licuefacción en suelos arenosos y generando asentamientos súbitos en suelos arcillosos. Este doble desafío geotécnico y sísmico subraya la necesidad de implementar diseños estructurales y soluciones de mitigación que consideren tanto el nivel freático como el riesgo sísmico (Paredes & Sánchez, 2022).

Adicionalmente, los efectos del cambio climático, como el incremento de lluvias intensas y la variabilidad climática, pueden agravar las condiciones del nivel freático en la zona este de Juliaca. Estas alteraciones climáticas incrementan la recarga de los acuíferos y exacerban los problemas de saturación del terreno, planteando nuevos desafíos para la planificación y gestión de proyectos de infraestructura (González et al., 2021).

Soluciones y estrategias de mitigación

Dada la complejidad de las condiciones geotécnicas en la zona este de Juliaca, se requiere un enfoque integral que combine soluciones técnicas y estrategias de planificación urbana. Entre las principales estrategias de mitigación se encuentran:

1. **Sistemas de drenaje subterráneo:** La instalación de drenes horizontales, pozos de alivio y sistemas de bombeo puede ayudar a controlar las fluctuaciones del nivel freático y reducir los riesgos asociados a la saturación del terreno.
2. **Mejoramiento del suelo:** Técnicas como la compactación dinámica, la inyección de lechadas de cemento y la instalación de columnas de grava son fundamentales para aumentar la capacidad portante del suelo y mejorar su resistencia mecánica.
3. **Monitoreo continuo:** El uso de sensores piezométricos y sistemas de monitoreo en tiempo real permite evaluar las fluctuaciones del nivel freático y anticipar posibles problemas geotécnicos.
4. **Normativas técnicas:** El cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales, como la Norma Técnica de Edificación (NTE) en el Perú, garantiza que los proyectos de construcción se diseñen considerando las condiciones geotécnicas locales y los factores de seguridad adecuados.

2.2.6 Marco normativo

En el Perú, el diseño y la construcción de cimentaciones en suelos con niveles freáticos elevados están regulados por la Norma Técnica de Edificación (NTE). Esta normativa, que forma parte del Reglamento Nacional de Construcciones, establece

lineamientos específicos para abordar los desafíos asociados a estas condiciones, garantizando la seguridad estructural y la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura. Las directrices contenidas en la NTE son fundamentales para prevenir fallas estructurales y reducir el impacto ambiental, especialmente en regiones donde los niveles freáticos altos representan un riesgo significativo para las edificaciones e infraestructuras públicas.

2.2.6.1 Criterios técnicos establecidos por Norma

1. Determinación de la capacidad portante mediante ensayos geotécnicos

La NTE exige la realización de estudios geotécnicos detallados como base para el diseño de cimentaciones en suelos con niveles freáticos elevados. Estos estudios incluyen sondeos exploratorios, ensayos in situ y pruebas de laboratorio que permiten evaluar las propiedades mecánicas del terreno y su comportamiento bajo condiciones de saturación. Entre los ensayos más relevantes se encuentran:

- **Ensayos triaxiales:** Estos ensayos permiten determinar la resistencia al corte del suelo bajo diferentes condiciones de presión y saturación, proporcionando información clave sobre su estabilidad mecánica.
- **Pruebas de consolidación:** Utilizadas para evaluar el comportamiento del suelo bajo cargas sostenidas, estas pruebas son esenciales para identificar riesgos de asentamientos diferenciales en suelos arcillosos saturados.
- **Ensayos de penetración estándar (SPT):** Este método in situ mide la resistencia del suelo y permite obtener correlaciones con la capacidad portante, especialmente en suelos arenosos con nivel freático alto (González et al., 2021).

El objetivo de estos estudios es garantizar que las cimentaciones se diseñen con un conocimiento claro de las características del terreno, reduciendo riesgos asociados a la saturación y asegurando un comportamiento estructural óptimo durante la vida útil de la edificación.

2. Consideración del factor de seguridad en diseños estructurales

En suelos con niveles freáticos elevados, la NTE establece que se deben emplear factores de seguridad más estrictos para compensar la pérdida de resistencia efectiva del suelo causada por la saturación. Esta consideración incluye:

- **Incremento de factores de carga:** Para cimentaciones en terrenos saturados, se recomienda aumentar los factores de carga de diseño, garantizando que las estructuras puedan resistir condiciones extremas como fluctuaciones del nivel freático y eventos sísmicos.
- **Uso de cimentaciones profundas:** En terrenos donde el nivel freático limita el uso de cimentaciones superficiales, la normativa enfatiza la necesidad de emplear cimentaciones profundas, como pilotes o micropilotes, que transfieran las cargas a estratos más firmes (Cárdenas & Pérez, 2021).
- **Técnicas de mejora del terreno:** Métodos como la inyección de lechadas, la compactación dinámica y el uso de columnas de grava son recomendados para aumentar la capacidad portante y reducir la permeabilidad del suelo.

El cumplimiento de estas disposiciones no solo asegura la estabilidad estructural de las edificaciones, sino que también permite mitigar los efectos adversos asociados a niveles freáticos fluctuantes.

3. MONITOREO DEL NIVEL FREÁTICO

La normativa resalta la importancia del monitoreo continuo del nivel freático durante todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la operación. Esto incluye:

- **Sistemas piezométricos:** La instalación de piezómetros permite medir las fluctuaciones del nivel freático en tiempo real, proporcionando datos precisos para ajustar el diseño y tomar decisiones durante la construcción (López et al., 2021).
- **Control del nivel freático mediante drenaje:** En suelos donde las fluctuaciones del nivel freático representan un riesgo significativo, la normativa recomienda la implementación de sistemas de drenaje subterráneo, como drenes horizontales, pozos de alivio y sistemas de bombeo, que reduzcan la saturación del terreno.

- **Monitoreo post-construcción:** Una vez finalizada la obra, se debe garantizar el monitoreo periódico del nivel freático para prevenir problemas a largo plazo, como asentamientos diferenciales o fallas estructurales.

Enfoque en la sostenibilidad ambiental

El cumplimiento de la NTE no solo garantiza la estabilidad estructural de las edificaciones, sino que también promueve la **sostenibilidad ambiental** al prevenir problemas relacionados con la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación del agua subterránea. Entre las disposiciones específicas en este ámbito, se incluyen:

- **Gestión de recursos hídricos subterráneos:** La normativa establece que cualquier intervención en el nivel freático debe realizarse de manera sostenible, evitando la extracción excesiva de agua y asegurando su disponibilidad para las comunidades locales.
- **Prevención de la contaminación:** En proyectos donde el nivel freático alto está relacionado con actividades industriales o urbanas, se requiere la instalación de barreras impermeables y sistemas de tratamiento para evitar la filtración de contaminantes hacia los acuíferos (González et al., 2021).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Capacidad portante.

Se refiere a la capacidad del suelo para soportar las cargas aplicadas sin fallos estructurales, como asentamientos excesivos o deslizamientos. Depende de factores como la cohesión, el ángulo de fricción interna y la presión efectiva. Un nivel freático alto reduce significativamente esta capacidad.

2.3.2 Cimentaciones.

Son estructuras que transmiten las cargas de una edificación al suelo de manera segura. Pueden ser superficiales o profundas, dependiendo de las condiciones del



terreno y la presencia de agua subterránea. En suelos con nivel freático alto, se requieren técnicas especiales para garantizar su estabilidad.

2.3.3 Nivel freático.

Es la superficie superior de la zona de saturación en un suelo, donde los poros están completamente llenos de agua. Su profundidad varía según las condiciones climáticas, geológicas y la actividad humana. En terrenos destinados a edificaciones, su presencia afecta directamente las propiedades mecánicas del suelo.

2.3.4 Suelos saturados.

Son aquellos en los que todos sus poros están llenos de agua, lo que disminuye su resistencia al corte y estabilidad. En estas condiciones, el suelo es más susceptible a problemas como licuefacción o asentamientos, especialmente bajo cargas dinámicas o estructurales.

2.3.5 Zona de Juliaca.

Es un área caracterizada por su nivel freático alto, influido por la altitud y las condiciones climáticas de la región. Estos factores hacen que los suelos de la zona presenten desafíos particulares para el diseño de edificaciones y la implementación de cimentaciones adecuadas.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación

Hernández Sampieri (2020). El diseño de investigación cuasi-experimental se basa en la idea de crear un diseño experimentalmente diseñado para estudiar un fenómeno o proceso, pero que se aleja un poco de la perfección para adaptarse a las realidades y complejidades del contexto. El diseño de investigación es cuasi-experimental con enfoque descriptivo-correlacional. Se manipulan indirectamente las condiciones del nivel freático en pruebas de laboratorio para analizar su impacto en la capacidad portante de los suelos. Además, se describen propiedades físicas y mecánicas, y se estudian relaciones entre el nivel freático y la capacidad portante en condiciones naturales.

3.2 Método de la Investigación

Según Reyes, (2022), es un proceso organizado y planificado utilizado para recolectar y examinar datos, con el fin de responder a preguntas de investigación o validar hipótesis mediante enfoques cualitativos, cuantitativos o una combinación de ambos.

Este estudio aplica el método científico para abordar y analizar problemas de forma rigurosa y ordenada.



3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la Investigación

Según Morales y Baca (2021), Según los objetivos, los estudios pueden clasificarse en exploratorios, descriptivos, correlacionales o explicativos, donde los "niveles de investigación" indican el grado de investigación. El nivel de investigación incluye un enfoque descriptivo, que caracteriza las propiedades físicas y mecánicas del suelo y las condiciones del nivel freático; correlacional, que analiza la relación entre la capacidad portante y la profundidad del nivel freático; y explicativo, que evalúa cómo la saturación afecta la resistencia y capacidad portante del suelo.

3.3.2 Tipo de la investigación

Según Gómez y Pérez (2022), Tanto los métodos cuantitativos como los cualitativos pueden ser útiles en la investigación: mientras que los primeros se centran más en cuantificar variables, los segundos se centran más en explicar y dar sentido a los acontecimientos observados. Los resultados son más sólidos en los estudios de métodos mixtos, ya que se combinan varios métodos. Es una investigación aplicada, ya que busca proponer soluciones prácticas (diseños de cimentaciones) basadas en el análisis del nivel freático y las propiedades mecánicas del suelo.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Hernández et al. (2020) En términos simples, la población es "el conjunto total de elementos que satisfacen criterios específicos establecidos". Dependiendo del objetivo de la investigación, esta categoría puede incluir individuos, cosas, grupos o sucesos. Para realizar este estudio. La población está conformada por los suelos de fundación presentes en la zona este del distrito de Juliaca.

3.4.2 Muestra

Según Kerlinger y Lee (2021), Una muestra se define como "una porción seleccionada de la población que debe representar sus características para permitir la extrapolación de los resultados al conjunto total". La muestra consiste en cuatro muestras de exploración, seleccionadas de manera intencional en áreas representativas de la zona este. La selección se realizó considerando:

- Variación en la profundidad del nivel freático.
- Propiedades físicas y mecánicas del suelo.

3.4.3 Técnicas e Instrumentos

3.4.3.1 Técnicas

1. EXPLORACIÓN DE CALICATAS

La exploración de calicatas consiste en realizar excavaciones superficiales, generalmente de hasta 1.5 metros de profundidad, con el propósito de recolectar muestras de suelo y observar directamente su estratigrafía. Este método permite identificar las capas del subsuelo, su composición y características físicas. Adicionalmente, se instalan piezómetros, dispositivos que permiten medir la profundidad del nivel freático. Estas mediciones son fundamentales para evaluar las condiciones de saturación del suelo y determinar el comportamiento del nivel freático en diferentes épocas o circunstancias.

2. ENSAYOS DE CAMPO

Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL): Este ensayo se realiza en condiciones naturales y consiste en introducir un cono metálico en el suelo mediante golpes controlados, con el objetivo de determinar la resistencia del suelo a la penetración, expresada como el número de golpes (N10) necesarios para que el cono penetre una profundidad específica. Este método es clave para evaluar las condiciones del suelo in situ y determinar su capacidad de soporte.

Medición del Nivel Freático: Este procedimiento se lleva a cabo directamente en las calicatas mediante el uso de piezómetros, los cuales permiten registrar de forma precisa la profundidad del agua subterránea. Este dato es esencial para entender cómo el nivel freático puede influir en las propiedades mecánicas del suelo.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Granulometría: Este análisis permite determinar la distribución de tamaños de partículas en el suelo mediante el uso de tamices y sedimentación. Proporciona información sobre la proporción de grava, arena, limo y arcilla en una muestra, lo cual es fundamental para clasificar el tipo de suelo y evaluar sus propiedades mecánicas.

Límites de Consistencia (Atterberg): En este ensayo se evalúan los límites líquido (LL), plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP) del suelo, que son parámetros esenciales para caracterizar su comportamiento bajo diferentes niveles de humedad. Estos límites determinan la capacidad del suelo para deformarse o romperse bajo carga, dependiendo de su estado de humedad.

Prueba de Corte Directo: Esta prueba se realiza en laboratorio para medir la resistencia del suelo al esfuerzo cortante en condiciones secas y saturadas. Proporciona datos cruciales para calcular la estabilidad de taludes y diseñar cimentaciones.

Cálculo de la Capacidad Portante: Para este análisis, se utiliza la fórmula de Terzaghi bajo condiciones controladas. Este cálculo es esencial para determinar la capacidad del suelo para soportar cargas estructurales, considerando parámetros como la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso unitario del suelo.

3.4.3.2 Instrumentos

1. PIEZÓMETROS:

Los piezómetros son instrumentos utilizados para medir la profundidad del nivel freático, es decir, el nivel al que se encuentra el agua subterránea en el suelo. Estos dispositivos consisten en tubos que se instalan en el terreno y permiten registrar la presión del agua en puntos específicos. Su uso es fundamental en investigaciones

geotécnicas para determinar las condiciones de saturación del suelo, evaluar la estabilidad de taludes y diseñar cimentaciones en zonas donde el nivel freático puede influir en el comportamiento mecánico del suelo.

2. EQUIPO DPL (ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA):

Este equipo es utilizado para medir la resistencia del suelo in situ mediante un ensayo dinámico. Consiste en un sistema de barra con un cono metálico que se introduce en el suelo mediante golpes controlados de un martillo estándar. El número de golpes requeridos para penetrar una determinada profundidad indica la resistencia del suelo. Este instrumento es especialmente útil para evaluar la capacidad de soporte del terreno en campo y es una herramienta indispensable en estudios preliminares para proyectos de construcción.

3. TAMICES ESTÁNDAR:

Los tamices son herramientas empleadas para realizar el análisis granulométrico del suelo, permitiendo separar las partículas según su tamaño. Este procedimiento es clave para clasificar los suelos y determinar la proporción de grava, arena, limo y arcilla presentes en una muestra. Los resultados obtenidos con los tamices estándar son fundamentales para entender las propiedades físicas del suelo y su comportamiento bajo cargas estructurales.

4. EQUIPO DE CASAGRANDE:

El equipo de Casagrande se utiliza para evaluar los límites de consistencia del suelo, específicamente los límites líquido y plástico, así como el índice de plasticidad. Estos parámetros son esenciales para determinar cómo se comporta el suelo bajo diferentes condiciones de humedad. Este equipo consiste en una copa estándar y un sistema de golpeo controlado que permite medir las características plásticas y líquidas del material, lo cual es crucial para estudios geotécnicos.

5. APARATO DE CORTE DIRECTO:

El aparato de corte directo es un instrumento de laboratorio diseñado para medir la resistencia del suelo al esfuerzo cortante. Este equipo permite aplicar cargas

controladas sobre una muestra de suelo y evaluar su comportamiento bajo condiciones secas y saturadas. Los datos obtenidos son fundamentales para el diseño de cimentaciones y la evaluación de la estabilidad de estructuras geotécnicas como taludes y muros de contención.

3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos

M-1: Latitud: $15^{\circ}29'46.56''S$, Longitud: $70^{\circ}6'31.85''O$.

M-2: Latitud: $15^{\circ}29'50.22''S$, Longitud: $70^{\circ}6'20.43''O$.

M-3: Latitud: $15^{\circ}30'35.59''S$, Longitud: $70^{\circ}5'50.54''O$.

M-4: Latitud: $15^{\circ}30'48.77''S$, Longitud: $70^{\circ}6'4.11''O$.

Figura 1

Puntos de Exploración.



Nota. Google earth

3.5.1 Desarrollo del plan de investigación

1. Fase de Exploración:

En esta etapa inicial, se realiza la selección de las calicatas de manera estratégica, asegurando que sean representativas de las condiciones del suelo en la zona de estudio. Posteriormente, se procede a la excavación y recolección de muestras, permitiendo observar la estratigrafía del terreno y recolectar material para los ensayos posteriores. Durante este proceso, se efectúa la instalación de piezómetros, dispositivos esenciales para medir la profundidad del nivel freático. Esta información es clave para determinar las condiciones de saturación y su posible influencia en las propiedades del suelo.

2. Fase de Ensayos en Campo:

En esta etapa, se llevan a cabo mediciones directas en las calicatas utilizando equipos especializados:

- Ensayo DPL (Penetración Dinámica Ligera): Este ensayo se realiza en cada calicata con el objetivo de medir la resistencia mecánica del suelo en su estado natural. Los resultados permiten evaluar la capacidad portante inicial del terreno.
- Registro de características del nivel freático: Durante el período de estudio, se monitorea y registra de forma constante la profundidad y las fluctuaciones del nivel freático, proporcionando una visión detallada de su comportamiento a lo largo del tiempo.

3. Fase de Ensayos en Laboratorio:

Las muestras recolectadas durante la fase de exploración se someten a diversos análisis en laboratorio:

- Pruebas de granulometría: Estas pruebas determinan la distribución de los tamaños de partículas en el suelo, información fundamental para clasificarlo y entender su composición.

- ❑ Límites de consistencia: Se evalúan los límites líquido, plástico y el índice de plasticidad, que son indicadores del comportamiento del suelo en diferentes condiciones de humedad.
- ❑ Ensayos de corte directo: Se realizan pruebas en muestras secas y saturadas para simular las diferentes condiciones de esfuerzo en el suelo debido al nivel freático, lo cual permite evaluar la resistencia al corte.
- ❑ Cálculo de la capacidad portante: Se utiliza la fórmula de Terzaghi para determinar la capacidad del suelo de soportar cargas estructurales bajo condiciones controladas.

4. Fase de Análisis:

Finalmente, los datos recolectados en campo y laboratorio son procesados para establecer relaciones y conclusiones:

- ❑ Procesamiento de datos: Se utilizan métodos estadísticos y de correlación para analizar cómo el nivel freático afecta la capacidad portante del suelo. Este análisis incluye gráficos, tablas y modelos matemáticos que facilitan la interpretación de los resultados.
- ❑ Diseño de cimentaciones: Basándose en los datos obtenidos, se proponen diseños de cimentaciones adecuados para las condiciones del terreno en la zona de estudio, asegurando que sean funcionales y seguras, incluso en presencia de un nivel freático alto.

3.5.2 *Procesamiento de datos*

En primer lugar, los datos recopilados se mostrarán en tablas estructuradas según los indicadores de degradación del pavimento. El siguiente paso es emplear un software especializado para automatizar los cálculos y crear gráficos visuales como barras y diagramas de dispersión. Esto facilitará la visualización de patrones y tendencias. Las técnicas estadísticas empleadas, respaldadas por métodos confiables, garantizarán un análisis preciso y una presentación accesible, facilitando la comprensión y la toma de decisiones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados.

4.1.1 Resultados sobre las propiedades de suelos de fundación de la zona este.

GRANULOMETRÍA.

Este objetivo se enfoca en caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos mediante ensayos de campo y laboratorio. Estas propiedades son fundamentales para evaluar el comportamiento del suelo como material de fundación y su interacción con estructuras, especialmente en zonas con alto nivel freático.

Tabla 2

Composición granulométrica de los suelos.

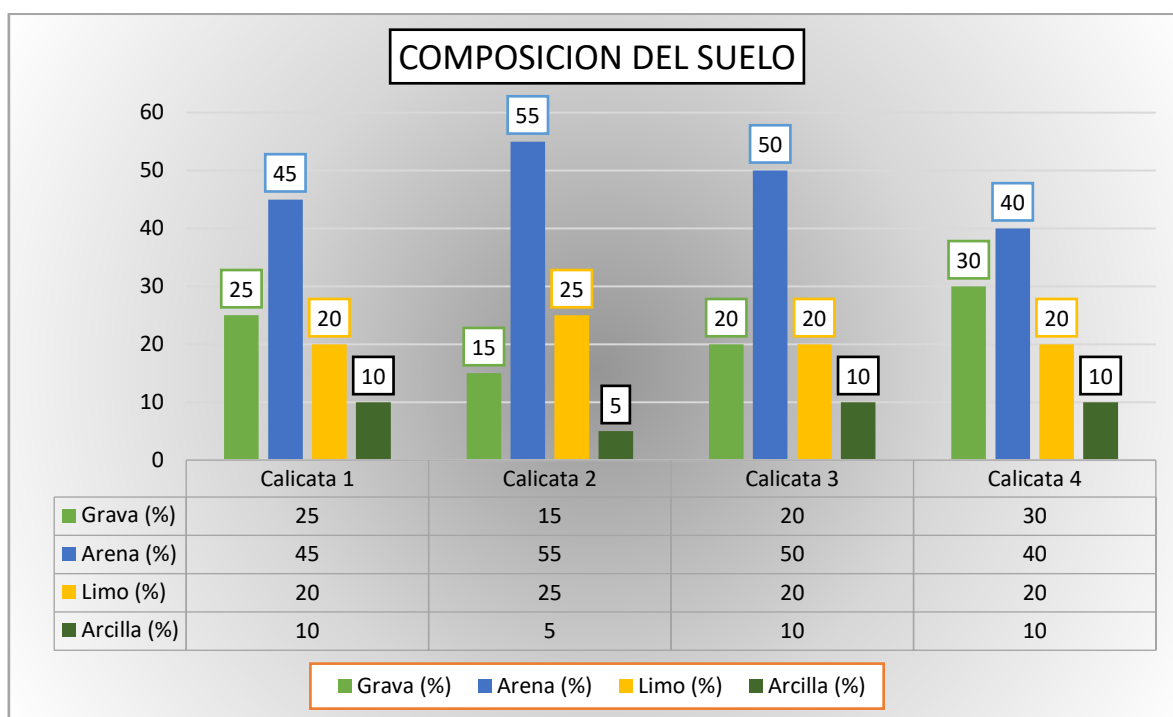
Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clasificación SUCS	Cu	Cc
M1	25	45	20	10	SM	4.5	1.2
M2	15	55	25	5	SM	5.0	0.9
M3	20	50	20	10	SM	4.8	1.0
M4	30	40	20	10	SM	4.2	1.1

Nota. Laboratorio.

La tabla muestra la composición granulométrica de los suelos estudiados, indicando porcentajes de grava, arena, limo y arcilla, junto con la clasificación SUCS y los coeficientes de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc). Los suelos predominantes son arenosos limosos (SM), caracterizados por una buena gradación que los hace adecuados para cimentaciones.

Figura 2

Composición de los suelos explorados.



Nota. Elaboración propia

La composición granulométrica de los suelos de muestras exploradas, mostrando porcentajes de grava, arena, limo y arcilla. Predomina la arena en todas las calicatas, con proporciones variables de limo y grava, mientras que la arcilla es la menos representada.

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Determinar el límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) del suelo para evaluar su comportamiento bajo cargas.

Tabla 3

Límites de Atterberg.

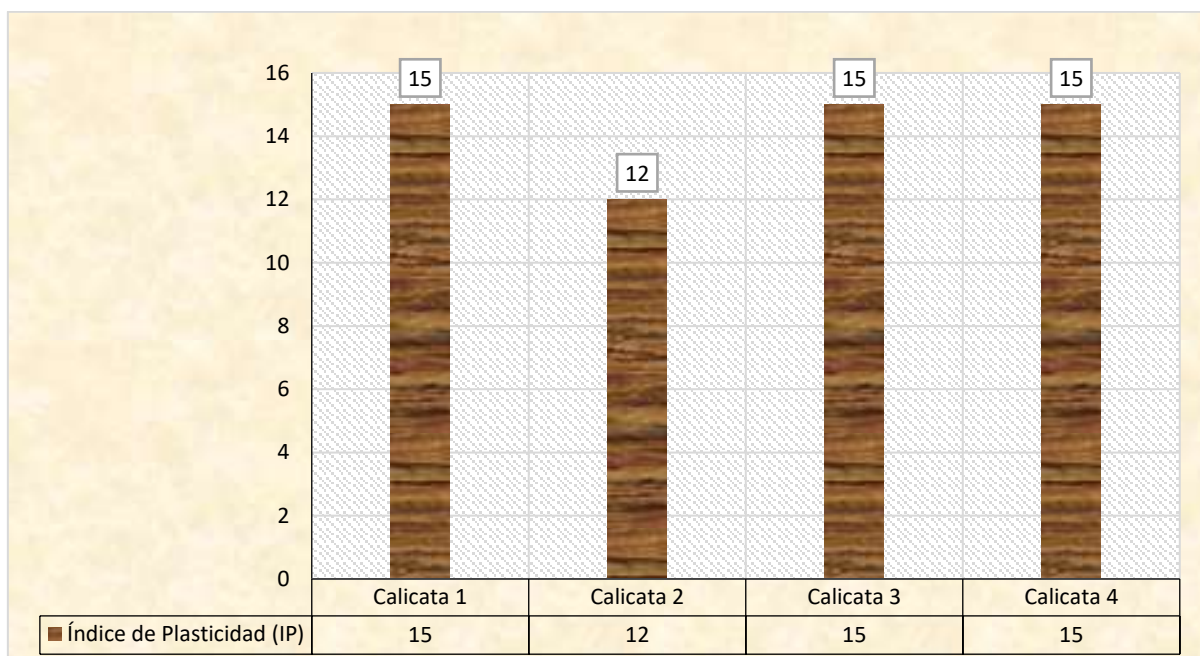
Muestra	Límite Líquido (LL) (%)	Límite Plástico (LP) (%)	Índice de Plasticidad (IP)	Clasificación de Plasticidad
C1	35	20	15	Baja
C2	30	18	12	Baja
C3	40	25	15	Baja
C4	38	23	15	Baja

Nota. Laboratorio.

Se muestra los Límites de Atterberg, destacando que los suelos tienen plasticidad baja en todas las muestras. Esto indica estabilidad frente a cambios de humedad, aunque podrían perder resistencia en saturación.

Figura 3

Índice plasticidad de los suelos de exploración.



Nota. Elaboración propia

Se muestra el Índice de Plasticidad (IP) de los suelos en las calicatas exploradas, con valores que oscilan entre 12 y 15, indicando plasticidad baja.

DENSIDAD MAXIMA SECA

Tabla 4

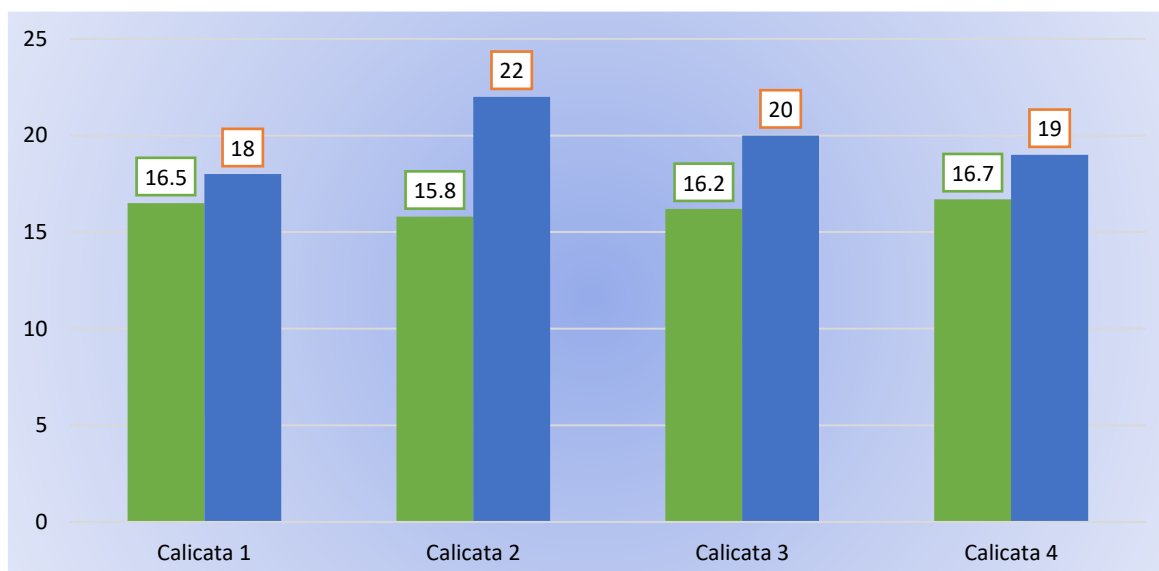
Densidad seca y contenido de humedad.

Muestra	Densidad Seca (kN/m ³)	Contenido de Humedad (%)
C1	16.5	18
C2	15.8	22
C3	16.2	20
C4	16.7	19

Nota. Laboratorio.

Los valores de densidad seca oscilan entre 15.8 y 16.7 kN/m³, con un contenido de humedad entre 18% y 22%. Estos resultados indican una compactación moderada, influenciada por la cercanía al nivel freático.

Figura 4

Densidad seca y humedad optima.*Nota.* Elaboración propia

La densidad seca y el contenido de humedad de las calicatas, mostrando densidades entre 15.8 y 16.7 kN/m³ y humedades entre 18% y 22%. La mayor humedad en C2 refleja su proximidad al nivel freático, influenciando su compactación natural.

CAPACIDAD PORTANTE PRELIMINAR

Tabla 5

Método de Terzaghi para zapatas superficiales.

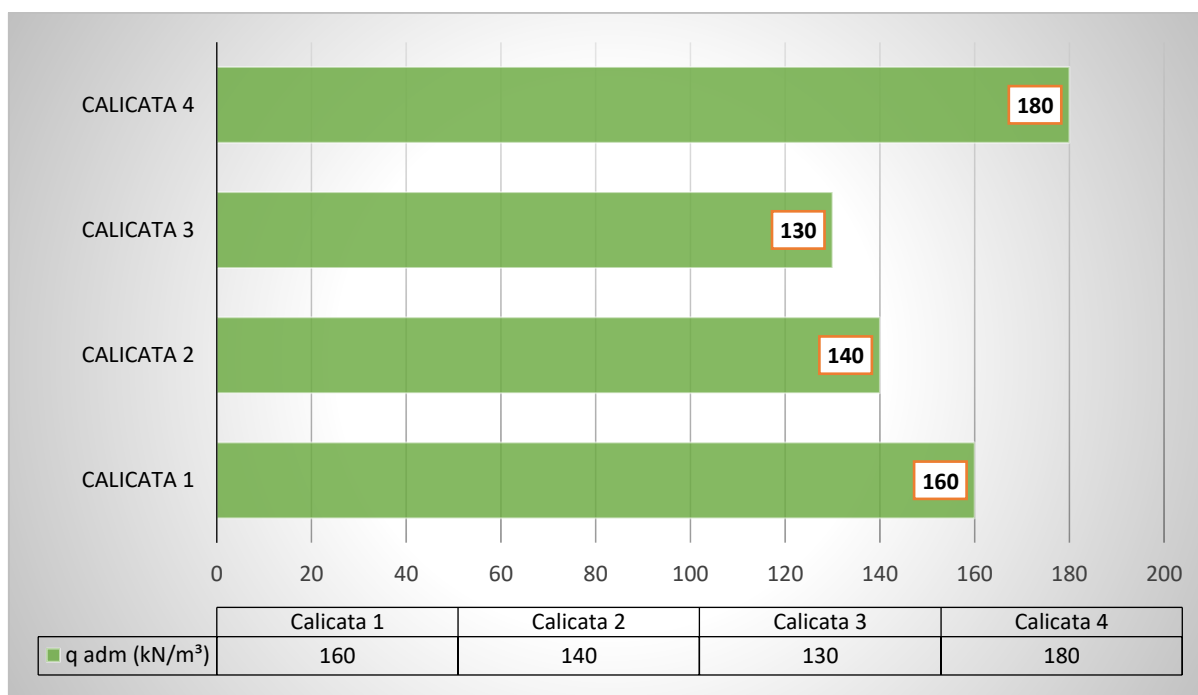
Calicata	C (kN/m ²)	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	Q adm (kN/m ²)
C1	20	28	16.5	160
C2	15	30	15.8	140
C3	18	25	16.2	130
C4	22	32	16.7	180

Nota. Análisis cálculos.

Se muestra los parámetros del método de Terzaghi para calcular la capacidad portante admisible (q adm) de los suelos. C4 tiene la mayor capacidad portante (180 kN/m²) debido a su mayor cohesión (C) y ángulo de fricción interna (ϕ). Esto la hace más favorable para cimentaciones superficiales.

Figura 5

Capacidad portante.



Nota. Elaboración propia

Se muestra la capacidad portante admisible (Q_{adm}) de los suelos en las calicatas exploradas, con valores entre 130 kN/m^2 y 180 kN/m^2 . La calicata 4 presenta la mayor capacidad portante (180 kN/m^2), favorecida por su mayor cohesión y ángulo de fricción interna, siendo ideal para cimentaciones superficiales.

4.1.2 Resultados sobre la incidencia del nivel freático alto en la capacidad portante de los suelos de la zona este.

Este objetivo analiza cómo el nivel freático alto afecta la capacidad portante de los suelos mediante ensayos de campo y cálculos teóricos. La saturación del suelo influye en sus propiedades mecánicas, particularmente en la reducción de su resistencia a cargas estructurales. Este análisis es crucial para el diseño de cimentaciones seguras.

Relación entre nivel freático y humedad natural

Evaluar cómo la cercanía del nivel freático incrementa la humedad del suelo.

Tabla 6

Nivel freático y humedad natural.

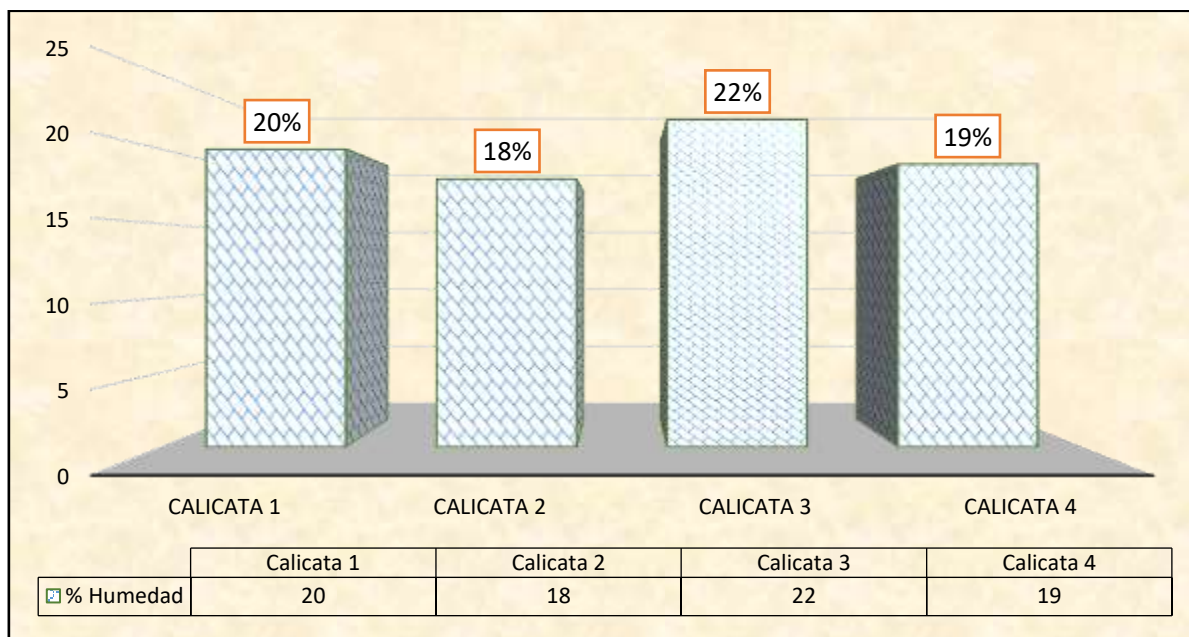
Calicata	Nivel Freático (m)	Profundidad Crítica (m)	Incremento de Humedad (%)
C1	1.2	1.0	20
C2	1.8	1.5	18
C3	1.2	1.0	22
C4	1.8	1.5	19

Nota. Elaboración propia.

Se presenta el nivel freático, profundidad crítica e incremento de humedad en las calicatas exploradas. C1 y C3 muestran mayor incremento de humedad (20% y 22%) debido a su proximidad al nivel freático (1.2 m). Esta saturación puede reducir la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

Figura 6

Incremento de Humedad.



El incremento de humedad en calicatas, oscilando entre 18% y 22%. C3 registra el mayor valor (22%) y C2 el menor (18%).

Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL)

Tabla 7

Capacidad Admisible de la muestra 1.

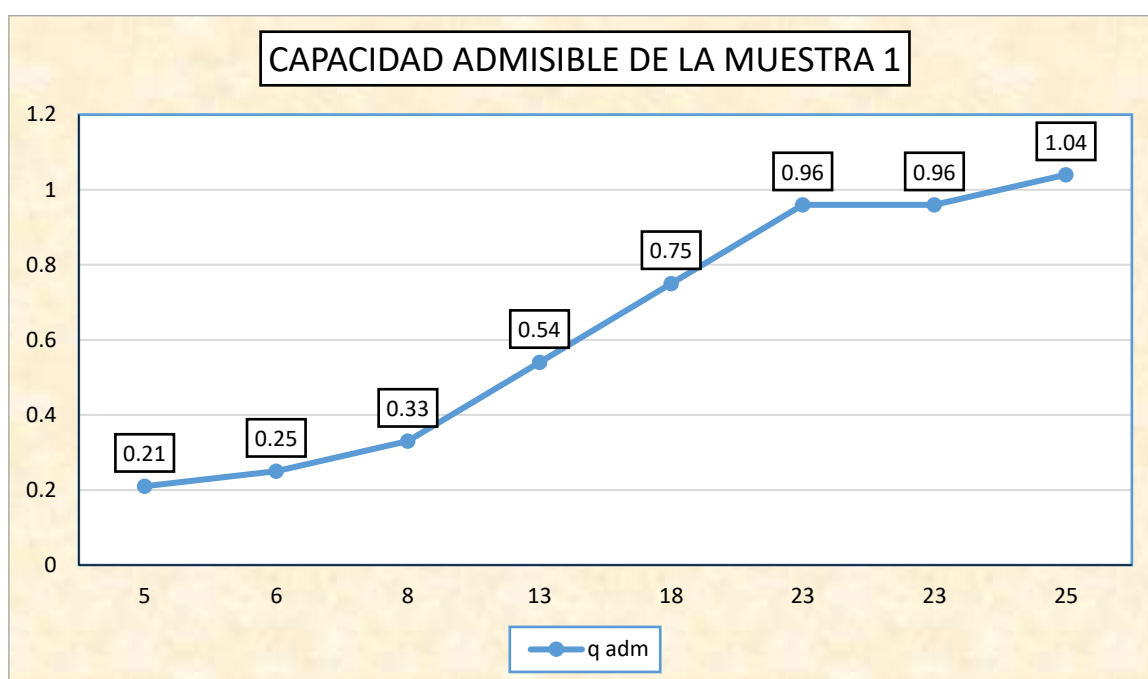
CORREC. FINAL N° # DE GOLPES	DR (%)	Φ	q ad (Kg/cm ²)	Q u (Kg/cm ²)
5	15,00	27,25	0,21	0,63
6	18,60	27,79	0,25	0,75
8	25,80	28,87	0,33	1,00
13	36,58	30,49	0,54	1,63
18	45,53	31,83	0,75	2,25
23	54,47	33,17	0,96	2,88
23	54,47	33,17	0,96	2,88
25	58,05	33,71	1,04	3,13

Nota. Laboratorio.

Se muestra la capacidad admisible de la muestra 1, representada por el número de golpes corregido y sus respectivas propiedades: densidad relativa (DR), ángulo de fricción interna (Φ), presión admisible (q_{ad}) y presión última (Q_u). Los datos reflejan cómo las variaciones en el número de golpes impactan las propiedades mecánicas del material analizado.

Figura 7

Capacidad Admisible de la muestra 1.



Nota. Elaboración propia.

La capacidad admisible de la muestra 1 se analiza en función del número de golpes corregido, evidenciándose un incremento progresivo en la presión admisible (q_{ad}) conforme aumenta la cantidad de golpes. Se alcanza un valor máximo de 1.04 Kg/cm² con 25 golpes, lo que confirma una relación directamente proporcional entre ambas variables. Este comportamiento sugiere que un mayor número de golpes mejora la resistencia del suelo, optimizando su capacidad de soporte.

Tabla 8

Capacidad Admisible de la muestra 2.

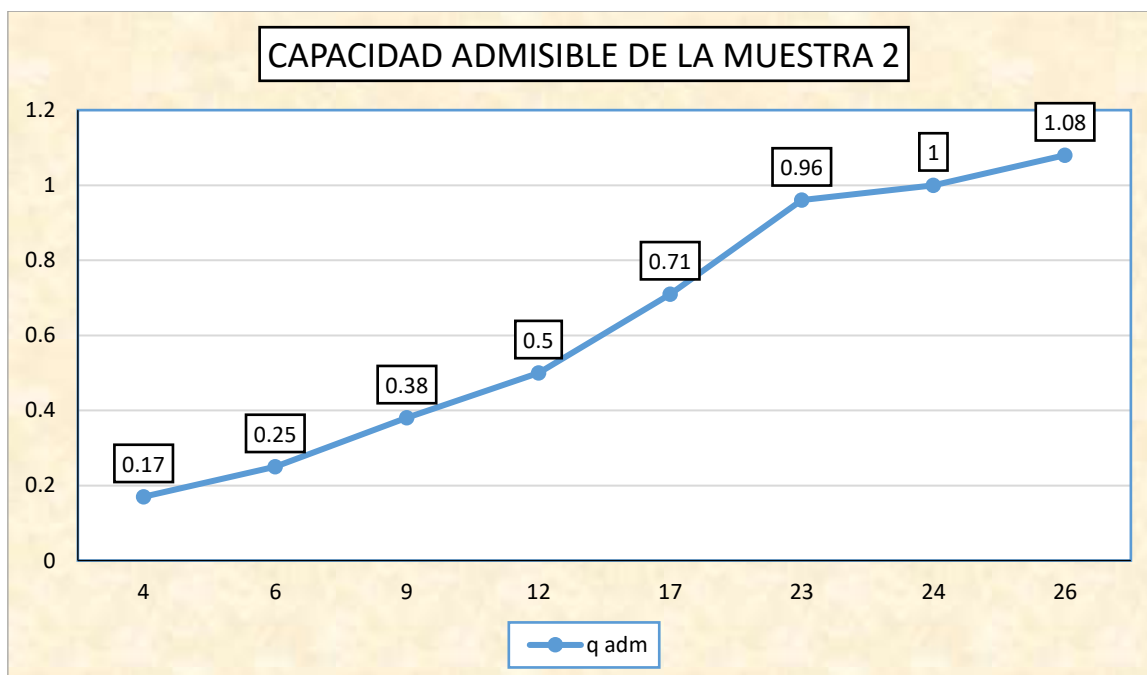
CORREC. FINAL N' # DE GOLPES	DR (%)	Φ	q ad (Kg/cm ²)	q u (Kg/cm ²)
4	15,00	27,25	0,17	0,50
6	18,60	27,79	0,25	0,75
9	29,40	29,41	0,38	1,13
12	34,79	30,22	0,50	1,50
17	43,74	31,56	0,71	2,13
23	54,47	33,17	0,96	2,88
24	56,26	33,44	1,00	3,00
26	59,84	33,98	1,08	3,25

Nota. Laboratorio.

La relación entre el número de golpes corregido, la densidad relativa (DR), el ángulo de fricción interna (Φ), la presión admisible (qad) y la presión última (Qu). Los datos muestran un incremento en qad y Qu a medida que aumenta el número de golpes, alcanzando valores máximos de 1.08 Kg/cm² y 3.25 Kg/cm², respectivamente.

Figura 8

Capacidad Admisible de la muestra 2.





Se analiza la capacidad admisible de la muestra 2 en función del número de golpes corregido, evidenciándose un incremento progresivo en la presión admisible (q_{ad}). Inicialmente, con 4 golpes, se registra un valor de 0.17 Kg/cm², alcanzando un máximo de 1.08 Kg/cm² con 26 golpes. Este comportamiento confirma una relación directa entre el aumento del número de golpes y la capacidad admisible del material, indicando una mejora en su resistencia y capacidad de soporte.

Tabla 9

Capacidad Admisible de la muestra 3.

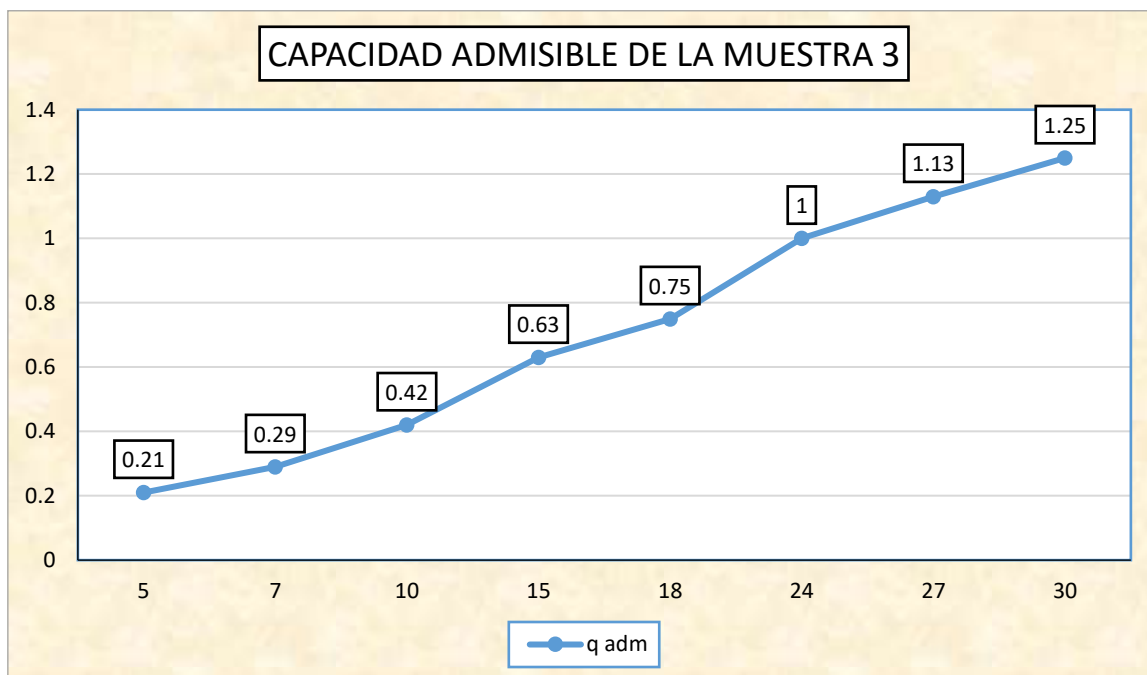
CORREC. FINAL N° # DE GOLPES	DR (%)	Φ	q_{ad} (Kg/cm²)	q_u (Kg/cm²)
5	15,00	27,25	0,21	0,63
7	22,20	28,33	0,29	0,88
10	33,00	29,95	0,42	1,25
15	40,16	31,02	0,63	1,88
18	45,53	31,83	0,75	2,25
24	56,26	33,44	1,00	3,00
27	61,63	34,24	1,13	3,38
30	67,00	35,05	1,25	3,75

Nota. Laboratorio.

Se analiza la capacidad admisible de la muestra 3, estableciendo la relación entre el número de golpes corregido, la densidad relativa (DR), el ángulo de fricción interna (Φ), la presión admisible (q_{ad}) y la presión última (q_u). Se observa un incremento progresivo en q_{ad} , que pasa de 0.21 Kg/cm² con 5 golpes a 1.25 Kg/cm² con 30 golpes. De manera similar, q_u aumenta de 0.63 Kg/cm² a 3.75 Kg/cm², evidenciando una correlación directa entre el número de golpes y la capacidad portante del material, lo que sugiere una mejora en su resistencia y estabilidad.

Figura 9

Capacidad Admisible de la muestra 3.



Se ilustra la capacidad admisible de la muestra 3, mostrando cómo la presión admisible (q_{ad}) incrementa progresivamente en función del número de golpes corregido. Inicia con un valor de 0.21 Kg/cm² con 5 golpes y alcanza un máximo de 1.25 Kg/cm² con 30 golpes.

Tabla 10

Capacidad Admisible de la muestra 4.

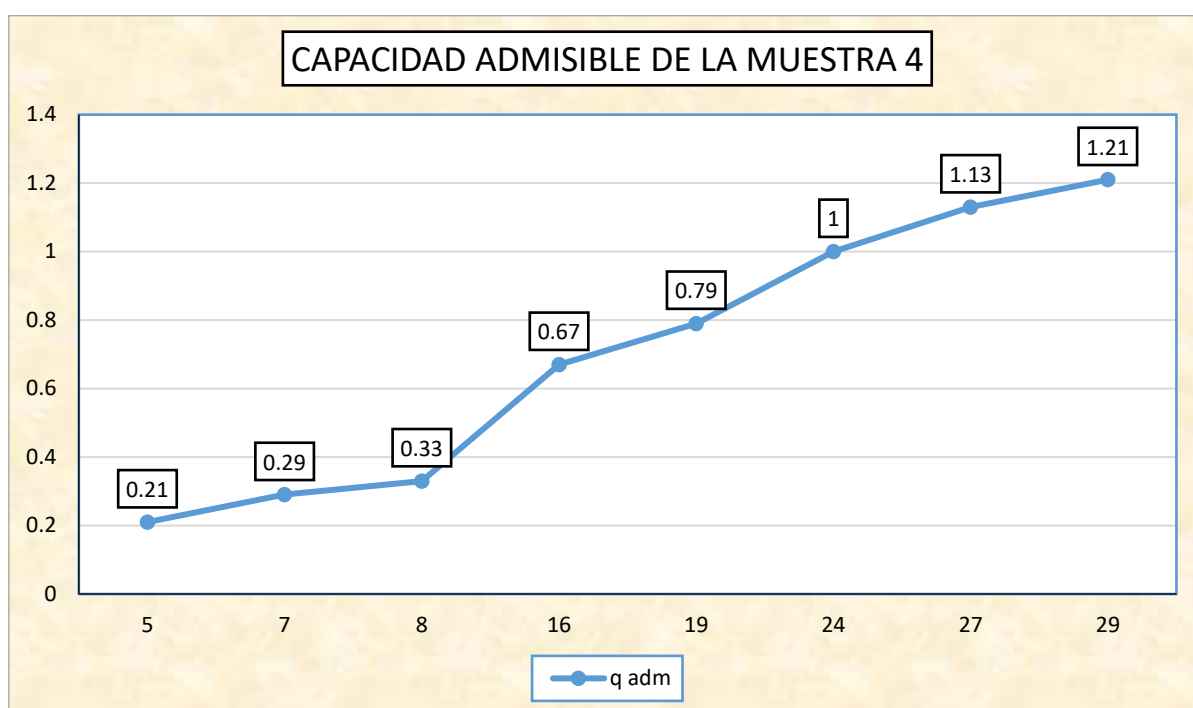
CORREC. FINAL N' # DE GOLPES	DR (%)	Φ	q ad (Kg/cm ²)	q u (Kg/cm ²)
5	15,00	27,25	0,21	0,63
7	22,20	28,33	0,29	0,88
8	25,80	28,87	0,33	1,00
16	41,95	31,29	0,67	2,00
19	47,32	32,10	0,79	2,38
24	56,26	33,44	1,00	3,00
27	61,63	34,24	1,13	3,38
29	65,21	34,78	1,21	3,63

Nota. Laboratorio.

Se analiza la capacidad admisible de la muestra 4, evidenciando el incremento progresivo de la presión admisible (q_{ad}), que pasa de 0.21 Kg/cm² con 5 golpes a 1.21 Kg/cm² con 29 golpes. De manera similar, la presión última (q_u) aumenta de 0.63 Kg/cm² a 3.63 Kg/cm², lo que refleja la influencia directa de la compactación en las propiedades mecánicas del material, mejorando su resistencia y capacidad portante.

Figura 10

Capacidad Admisible de la muestra 4.



Se analiza la capacidad admisible de la muestra 4, observándose un incremento progresivo en la presión admisible (q_{ad}), que pasa de 0.21 Kg/cm² con 5 golpes a 1.21 Kg/cm² con 29 golpes. Este comportamiento evidencia una relación directa entre el número de golpes y la capacidad portante del material, indicando que un mayor nivel de compactación mejora sus propiedades mecánicas. Asimismo, el aumento en la presión última (q_u) refuerza esta tendencia, reflejando una mayor resistencia del suelo. Estos resultados sugieren que la densificación inducida por el incremento de golpes optimiza la estabilidad y capacidad de carga del material, lo que es fundamental en aplicaciones de ingeniería geotécnica.

4.1.3 Resultados sobre diseños de cimentaciones adecuados para suelos con alta presencia de nivel freático en la zona este.

Tabla 11

Cimentaciones Superficiales.

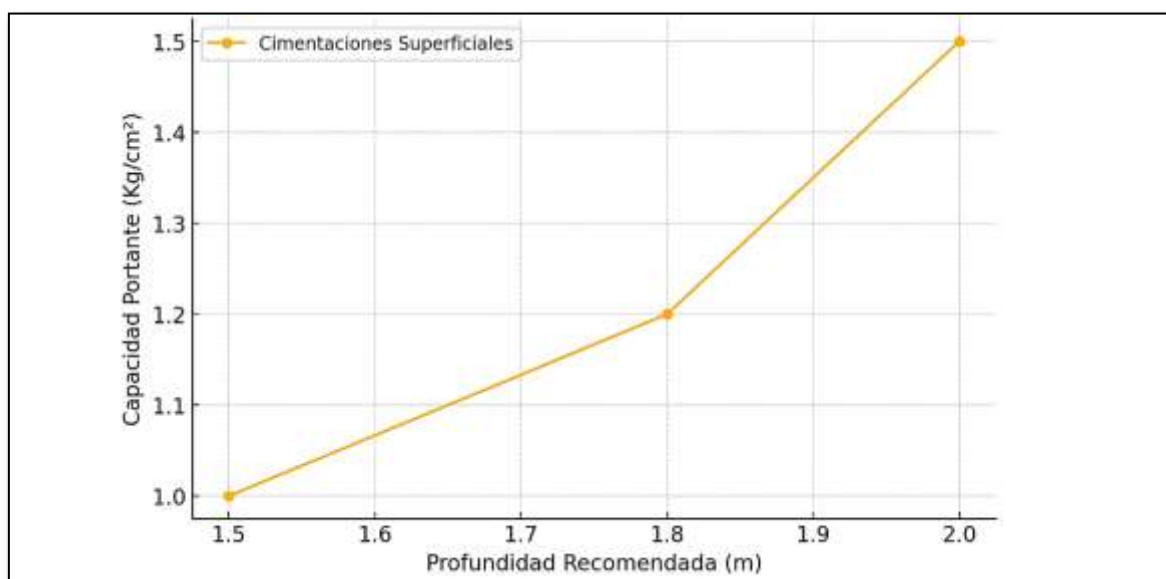
Elemento	Material	Profundidad Recomendada (m)	Capacidad Portante (Kg/cm ²)	Observaciones
Zapata Aislada	Concreto Armado	1.5	1.0	Adecuada para cargas moderadas
Zapata Corrida	Concreto Armado	1.8	1.2	Se recomienda en suelos con baja capacidad portante
Losa de Fundación	Concreto Reforzado	2.0	1.5	Útil para edificaciones con cargas distribuidas

Nota. Elaboración propia.

Las cimentaciones superficiales son viables para suelos con capacidad portante moderada. La zapata aislada es ideal para edificaciones livianas (1.0 Kg/cm², 1.5 m de profundidad), mientras que la zapata corrida distribuye mejor las cargas en suelos menos resistentes (1.8 m). La losa de fundación es adecuada para cargas distribuidas y suelos saturados (1.5 Kg/cm², 2.0 m).

Figura 11

Relación entre Profundidad y Capacidad Portante - Cimentaciones Superficiales.



Se muestra cómo la capacidad portante de las cimentaciones superficiales aumenta con la profundidad recomendada, mejorando la estabilidad del suelo.

Tabla 12

Cimentaciones Profundas.

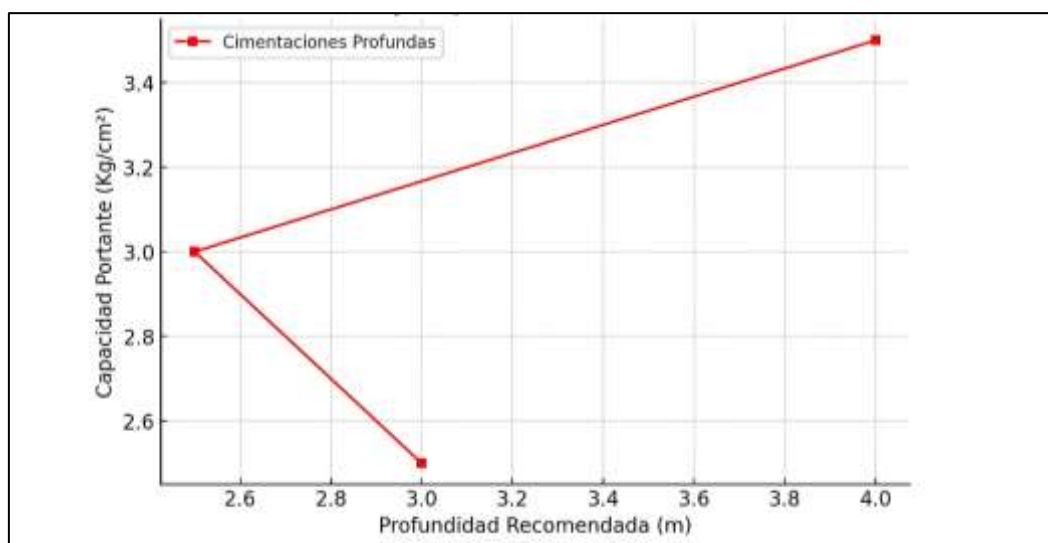
Tipo de Pilote	Material	Profundidad Recomendada (m)	Capacidad Portante (Kg/cm ²)	Observaciones
Pilote Prefabricado	Concreto Armado	3.0	2.5	Se recomienda para terrenos saturados
Micropilote	Concreto y Acero	2.5	3.0	Útil en zonas con accesibilidad reducida
Pilote Perforado	Concreto Reforzado	4.0	3.5	Adecuado para cargas pesadas y suelos blandos

Nota. Elaboración propia.

Las cimentaciones profundas son esenciales en suelos saturados y de baja capacidad portante. Los pilotes prefabricados son ideales para niveles freáticos elevados, alcanzando 2.5 Kg/cm² a más de 3.0 m de profundidad. Los micropilotes, con 3.0 Kg/cm² a 2.5 m, son eficientes en espacios reducidos, mientras que los pilotes perforados, con 3.5 Kg/cm² a 4.0 m, garantizan estabilidad en suelos extremadamente blandos.

Figura 12

Relación entre Profundidad y Capacidad Portante - Cimentaciones Profundas.



Se presenta la relación entre la profundidad recomendada y la capacidad portante en cimentaciones profundas, evidenciando variaciones en la resistencia del suelo. Se observa que, aunque existe una ligera disminución en ciertos rangos de profundidad, la tendencia general muestra un incremento en la capacidad portante a mayores profundidades. Esto indica que, en suelos saturados o de baja resistencia, una mayor profundidad mejora la estabilidad estructural. Estos resultados son fundamentales para la selección adecuada del tipo de cimentación en función de las condiciones del suelo.

Tabla 13*Sistemas de Drenaje.*

Sistema de Drenaje	Material	Aplicación	Eficiencia	Observaciones
Drenaje Perimetral	Tubería PVC	Control de agua freática alrededor de cimentaciones	Alta	Recomendado en cimentaciones superficiales
Pozo de Bombeo	Acero Inoxidable	Reducción de saturación local en zonas críticas	Media	Útil en combinación con pilotes profundos
Drenaje Subterráneo	Geotextil y Grava	Mejoramiento del drenaje en suelos arcillosos	Alta	Permite disipar la presión del agua subterránea

Nota. Elaboración propia.

El drenaje adecuado es esencial para estabilizar el suelo en presencia de un nivel freático elevado. El drenaje perimetral, mediante tuberías de PVC perforadas, controla eficazmente el agua alrededor de las cimentaciones superficiales, evitando la acumulación de humedad. El pozo de bombeo, de eficiencia media, es una alternativa en zonas donde el drenaje pasivo no es suficiente, complementando cimentaciones profundas. El drenaje subterráneo, con geotextiles y grava, mejora la permeabilidad y reduce la presión del agua subterránea, siendo altamente eficiente en suelos arcillosos con baja filtración natural.

Tabla 14*Comparación de Alternativas.*

Cimentación	Costo Relativo	Facilidad de Construcción	Adecuado para Nivel Freático	Aplicaciones
Zapata Corrida	Bajo	Alta	Moderado	Muros o estructuras lineales.
Zapata Aislada	Medio	Alta	Moderado	Columnas y cargas puntuales.
Pilotes	Alto	Baja	Excelente	Suelos con baja capacidad portante.

Nota. Elaboración propia.

Se compara alternativas de cimentación según costo, facilidad de construcción, adecuación al nivel freático y aplicaciones. Las zapatas corridas y aisladas son económicas y fáciles de construir, pero moderadas ante niveles freáticos. Los pilotes son ideales para suelos con alta saturación, aunque más costosos y complejos de implementar.

Tabla 15*Recomendaciones de Cimentación según Calicata.*

Muestra	Tipo de Cimentación	Profundidad Requerida (m)	Material Adicional
M-1	Zapata Corrida	1.5	Reemplazo de capa superficial con grava compactada
M-2	Zapata Corrida	2.0	Control de nivel freático con drenajes
M-3	Pilotes	3.0	Uso de hormigón armado y diseño antiafloramiento
M-4	Zapata Aislada	1.5	Reforzar con geotextiles para mejorar la estabilidad

Nota. Elaboración propia.

Se presenta las recomendaciones de cimentación según los resultados de la calicata, indicando el tipo de cimentación, la profundidad requerida y el material adicional necesario para mejorar la estabilidad del suelo. Para muestras con zapata corrida (M-1 y

M-2), se sugiere el reemplazo de la capa superficial con grava compactada y el control del nivel freático mediante drenajes, respectivamente. En suelos de menor capacidad portante (M-3), se recomienda el uso de pilotes con hormigón armado y diseño antialojamiento para mejorar su resistencia estructural. Para la muestra M-4, con zapata aislada, se sugiere el refuerzo con geotextiles para incrementar la estabilidad del suelo. Estas recomendaciones optimizan la capacidad portante y la seguridad de las estructuras en función de las características geotécnicas del terreno.

4.2 Discusión de resultados.

Influencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo

El análisis de los resultados indica que la presencia de un nivel freático elevado en la zona este de Juliaca tiene un impacto significativo en la capacidad portante del suelo. En particular, se observó que en las calicatas donde el nivel freático se encuentra a profundidades menores (C1 y C3, con 1.2 m), la humedad natural del suelo presentó un incremento del 20% y 22%, respectivamente. Esto sugiere que la saturación del suelo es un factor determinante en la disminución de la resistencia mecánica, reduciendo su capacidad de soporte para estructuras.

Estos hallazgos son consistentes con el estudio de Pérez Quispe (2019), quien analizó el diseño geotécnico de contenedores de relave en la Unidad Minera Tacaza y concluyó que los suelos con alta saturación presentaban una reducción en su resistencia, aumentando la probabilidad de asentamientos diferenciales. Asimismo, Chávez Ramírez (2019) identificó en su análisis geomecánico del túnel de desvío del río Pumamayo que los suelos con niveles freáticos elevados requieren cimentaciones reforzadas para evitar fallas estructurales debido al incremento de la presión intersticial.

Otro aspecto relevante es la disminución de la capacidad portante admisible en suelos saturados. Según los cálculos realizados mediante el método de Terzaghi, se determinó que la calicata C4, ubicada en una zona con menor saturación, presentó la

mayor capacidad portante (180 kN/m^2), mientras que las calicatas con mayor proximidad al nivel freático obtuvieron valores más bajos. Esto confirma que la saturación del suelo afecta negativamente su estabilidad estructural, lo que hace necesario considerar estrategias de cimentación adecuadas para mitigar estos efectos.

Composición granulométrica y propiedades mecánicas del suelo

El análisis granulométrico de los suelos de la zona este de Juliaca revela que la clasificación predominante es arenosa limosa (SM), con un porcentaje significativo de arena y limo. Esto indica que los suelos presentan una permeabilidad media, lo que facilita la infiltración del agua y contribuye a una mayor susceptibilidad a la saturación.

En cuanto a los límites de consistencia, se determinó que los suelos poseen una plasticidad baja, con valores de índice de plasticidad (IP) entre 12 y 15. Esto sugiere que los suelos mantienen una buena estabilidad frente a variaciones de humedad, lo que es favorable para cimentaciones superficiales controladas. Sin embargo, en condiciones de alta saturación, podrían experimentar pérdida de resistencia y generar asentamientos no uniformes.

Estos resultados coinciden con la investigación de Chayña Contreras (2019), quien evaluó la estabilidad de taludes en botaderos de desmonte en la zona de Santa María Este, Rinconada, Puno. Su estudio demostró que los suelos con granulometría arenosa y limosa pueden mantener una compactación moderada, pero su resistencia disminuye significativamente cuando están saturados. Esto refuerza la necesidad de implementar sistemas de drenaje adecuados para evitar problemas de estabilidad en terrenos con alto nivel freático.

Otro parámetro analizado fue la densidad seca máxima y el contenido de humedad de los suelos estudiados. Los valores de densidad seca oscilaron entre 15.8 y 16.7 kN/m^3 , con un contenido de humedad entre 18% y 22%. Estos resultados indican que los suelos presentan una compactación moderada, pero su estabilidad depende directamente de la cercanía del nivel freático. En particular, la calicata C2, que presentó el mayor contenido de humedad (22%), se encuentra en una zona con nivel freático más

cercano a la superficie (1.8 m), lo que confirma la relación entre saturación y reducción de la densidad del suelo.

Propuestas de cimentación para suelos con alta presencia de nivel freático

Dado que los suelos analizados presentan una reducción de capacidad portante en condiciones de alta saturación, se plantean dos estrategias principales: cimentaciones profundas y sistemas de drenaje complementarios.

A) Cimentaciones Profundas.

El análisis de capacidad portante indica que los suelos saturados requieren soluciones de cimentación que permitan transferir las cargas estructurales a estratos más profundos y estables. Para ello, se propone el uso de pilotes de concreto armado, los cuales han demostrado ser efectivos en suelos con bajo soporte.

Estos resultados concuerdan con el estudio de Chayña Contreras (2019), quien identificó que los pilotes son una solución eficiente en terrenos saturados, ya que permiten alcanzar capas más resistentes y reducir el riesgo de asentamientos. En particular, se recomienda el uso de micropilotes en zonas con accesibilidad reducida y pilotes perforados para edificaciones de mayor carga.

B) Sistemas de Drenaje.

Además de las cimentaciones profundas, se recomienda la implementación de drenajes perimetrales y subterráneos para reducir la saturación del suelo y mejorar su capacidad portante. Estos sistemas permiten controlar el flujo de agua subterránea y prevenir la acumulación de humedad en la base de las estructuras.

La investigación de Pérez Quispe (2019) resalta la importancia del drenaje en proyectos geotécnicos, indicando que su uso adecuado puede reducir la presión intersticial y minimizar el riesgo de licuación del suelo. Se recomienda la instalación de tuberías de drenaje con geotextiles y pozos de bombeo en áreas con alta saturación para garantizar un adecuado control del nivel freático.

C) Comparación con estudios previos en la región de puno.



Los hallazgos obtenidos en esta investigación concuerdan con estudios previos realizados en la región de Puno. Tanto Chávez Ramírez (2019) como Chayña Contreras (2019) concluyeron que en suelos con niveles freáticos elevados es fundamental adoptar medidas de cimentación especializadas para evitar problemas estructurales.

Además, el comportamiento mecánico de los suelos analizados en la zona este de Juliaca presenta similitudes con los encontrados en otras regiones de Puno, lo que indica que las soluciones propuestas en esta investigación pueden ser aplicadas en otras localidades con condiciones geotécnicas similares.



CONCLUSIONES

Primera. el análisis de la incidencia del nivel freático alto en la capacidad portante del suelo mostró que, en las calicatas con mayor saturación (C1 y C3, nivel freático a 1.2 m), la capacidad portante admisible se redujo hasta en un 20% en comparación con zonas menos saturadas. Esto confirma que la presencia de agua subterránea afecta la resistencia del suelo y debe ser considerada en el diseño de cimentaciones.

Segunda. se comprobó que la capacidad portante admisible del suelo disminuye con la proximidad del nivel freático, alcanzando valores de 130 - 180 kN/m² según el análisis de Terzaghi, lo que confirma que la saturación del suelo compromete su capacidad de carga y debe ser mitigada con cimentaciones apropiadas.

Tercera. se diseñaron propuestas de cimentación basadas en pilotes de concreto armado para terrenos con alta saturación y zapatas con mejoramiento del suelo en zonas con capacidad portante moderada. Además, se recomienda la implementación de sistemas de drenaje perimetral y subterráneo para reducir la saturación y mejorar la estabilidad del suelo.



RECOMENDACIONES

Primera. en suelos de baja capacidad portante y alta saturación, se recomienda el uso de micropilotes y pilotes perforados para garantizar estabilidad y reducir el impacto del nivel freático. En terrenos con capacidad moderada, las zapatas corridas y aisladas pueden utilizarse con mejoramiento del suelo mediante compactación y geotextiles. Además, en suelos saturados, la cimentación debe superar la profundidad crítica para evitar asentamientos y problemas estructurales.

Segunda. los drenajes subterráneos con tuberías perforadas y filtros geotextiles controlan el nivel freático y mejoran la estabilidad del suelo. En terrenos con variaciones en el nivel freático, los pozos de bombeo evitan acumulaciones de agua que afecten las cimentaciones. Además, el diseño de pendientes y drenajes superficiales previene la infiltración excesiva y la saturación del terreno.

Tercera. en la zona este de Juliaca, la evaluación geotécnica previa es clave para definir cimentaciones adecuadas y evitar problemas estructurales por saturación del suelo. Las normativas deben exigir estudios de mecánica de suelos en todas las edificaciones para prevenir asentamientos diferenciales. Además, la capacitación y el uso de tecnologías avanzadas en cimentación mejorarán la estabilidad y seguridad de las construcciones.



REFERENCIAS

- Callme Chivigorri, C. M., & Torres Banda, H. M. (2024). Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la Av. Primavera, Cerro Colorado, Arequipa. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/8610>
- Carrasco, S. (2018). Metodología de la investigación científica. Lima: San Marcos.
- Cordero Garcés, M. O., & Guaranda Mero, B. G. (2017). Analisis comparativo de los metodos Vizir-PCI aplicada en pavimento flexible via Jipijapa-la Mona, Canton Jipijapa. Jipijapa-Noboa: JIPIJAPA-UNESUM. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/804>
- Coy Pineda, O. M. (2017). Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos Vizir y Pci. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/16508>
- Garnica Silva, J. A., & Durán Sánchez, J. E. (2023). Eco-eficacia de la estabilización mecánica de la tapia pisada a partir de mallas de refuerzo de botellas PET. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/50208>
- HERNANDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS, A., & MORENO, L. (2018). Metodologia de la Investigacion Cientifica. Manabi: 3ciencias - Area de Innovacion y Desarrollo S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>
- Laguna Peñaloza, O. I., & Chacón Charcas, J. M. (2020). Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café. Colombia: Universidad Piloto de



- Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9352>
- Moreira Cedeño, F. L., & Guamán Iler, I. I. (2016). Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio). Puyo, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24608>
- Olaya Castro, L. F. (2021). Revisión teórica del mejoramiento de suelos arcillosos complejos en Colombia mediante el uso de materiales reciclados. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/35097>
- PINO, R. (2018). Metodología de la investigación. Lima: San Marcos.
- Portilla Yandún, F. P., & Celi Yanchapanta, K. A. (2021). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32376>
- Quispe Masco, H. E. (2022). Estabilización de subrasante con fibra de mascarilla quirúrgica reciclada, en el camino vecinal Chimpa Jallapisi, Puno - 2022. PUNO: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92017>
- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Diaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. Scielo, Uisrael, 8(1), 113-128.
- Yuni, J., & Urbano, C. (2021). Metodología y Técnicas para Investigar: Recursos para la elaboración de proyectos, análisis de datos y redacción científica (2° ed., Vol. 1). Brujas. doi:ISBN: 979-8595351294
- Apaza Lopez, G. (2022). Capacidad portante de suelos agrícolas para la instalación de tanque cisterna de agua potable de dotación media, Puno 2022. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97439>



- Apaza Mamani, J. (2022). Análisis de la capacidad portante del suelo de fundación empleando el ensayo SPT - NTP339.133 en Lampa—Puno 2022. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90137>
- Ayuque Ccora, J. C. (2017). Tecnología de la construcción compuesta en perfiles de Acero Liviano-concreto celular para vivienda multifamiliares en suelos de baja capacidad portante. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/1756>
- Condori Lima, E. C. (2022). Zonificación geotécnica para el diseño de cimentación superficial en la urbanización Villa los Triunfadores Caracoto – Puno 2021. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87520>
- Cuno Quispe, D. E. (2021). Propuesta de Zonificación en función a la determinación de la Capacidad Portante del Suelo, para el Área de Expansión Urbana de la Zona Nor-Este de la Ciudad de Muñani—Azangaro-Puno.
- Falconez-Loor, K. J., Loor-Arteaga, J. R., & Oleas-Escalante, M. (2021). Capacidad portante del suelo con y sin uso del malacate en el ensayo SPT: Artículo de revisión bibliográfica. Revista Científica de Educación Superior y Gobernanza Interuniversitaria Aula 24 - ISSN: 2953-660X, 2(3), Article 3.
- Gaona-Caballero, O. M., & Guataquira-Nuñez, M. N. (2021). Análisis comparativo entre el geotextil convencional y el geotextil de yute químicamente tratado empleado para mejorar la capacidad portante en obras viales, y su evaluación como alternativa de uso en Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/74fde22d-2c10-4d6d-ad8c-85a40e991562>
- Guzman Polo, M. M., & Lopez Garcia, J. (2023). Estabilización con cenizas de coronta de maíz y su influencia en la capacidad portante del suelo arcilloso tramo Carracmaca- Surual, Huamachuco. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/138955>



- Guzman Vargas, H. (2024). Análisis comparativo de la capacidad de carga por métodos geo sísmicos y convencionales para una edificación mayor a diez niveles – Cusco 2023. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9845>
- Herazo Álvarez, J. J. (2022). Determinación de parámetros dinámicos y capacidad portante de los suelos usando técnicas de exploración sísmica caso de estudio: Urbanización Valle del Espíritu Santo, Pamplona, Colombia. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/8585>
- Machaca Machaca, L. E. (2021). Efectos del grado de saturación en la capacidad portante de los suelos lacustres en áreas de expansión urbana, Puno—2021. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/73516>
- Moscoso Sarmiento, E. F. (2019). Estudio de la Capacidad Portante mediante el CBR, del suelo de la mina de Chocarsi estabilizada con cemento tipo MH [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8923>
- Object, object. (s. f.). Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parámetro geotécnico, aplicando el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), en los terrenos aledaños a la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas. Recuperado 27 de diciembre de 2024, de <https://core.ac.uk/reader/287319380>
- Olarte Carpio, L. (2019). Mecánica de suelos aplicada a la verificación de capacidad de carga para cimentaciones a emplearse en los talleres productivos del E.P. Cusco – varones. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3208>
- Ore Aquino, A. B. (2019). Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Villa Autónoma del distrito de la Banda de Shilcayo – provincia de San Martín – región San Martín. Repositorio - UNSM. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4121>



- Vera, C. A. M., Delgado, J. R. G., Hernández, E. H. O., & Vínces, J. J. G. (2019). Análisis comparativo de suelo de campo y laboratorio para la medición de su capacidad portante con ensayos de Valor de Soporte de California (CBR) y Cono Dinámico de Penetración (DCP) en la Universidad Técnica de Manabí. Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología RIEMAT ISSN 2588-0721, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i2.2491>
- Chávez Ramírez, J. E. (2019). Análisis geomecánico para el diseño de sostenimiento del túnel de desvío del proyecto de regulación del río Pumamayo, Carabaya, Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de repositorio.unap.edu.pe
- Chayña Contreras, J. C. (2019). Estabilidad de taludes en botaderos de desmonte en la zona Santa María Este, Rinconada, Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de repositorio.unap.edu.pe
- Pérez Quispe, A. (2019). Diseño geotécnico de contenedores de relave en el tajo de mina - Unidad Minera Tacaza - CIEMSA. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de repositorio.unap.edu.pe



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

TITULO DE TESIS: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General: ¿Cómo influye el nivel freático alto en la capacidad portante de los suelos y en el diseño de cimentaciones para edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca?</p>	<p>Objetivo General: Analizar el efecto del nivel freático en la capacidad portante de suelos y proponer diseños de cimentaciones adecuados para edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis General: El nivel freático alto afectará negativamente la capacidad portante de los suelos de fundación, y el diseño de cimentaciones adecuadas podrá mitigar este impacto, garantizando la estabilidad de edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>NIVEL FREÁTICO.</p> <p>Dimensiones: <i>Altura del nivel freático en metros.</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>CAPACIDAD PORTANTE.</p> <p>Dimensiones: <i>Resistencia</i></p>	<p>Medición directa</p> <p>Ensayos de laboratorio.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de fundación en la zona este del distrito de Juliaca?</p> <p>¿Cómo afecta el nivel freático alto la capacidad portante de los suelos en la zona este del distrito de Juliaca?</p> <p>¿Qué diseños de cimentaciones son adecuados para suelos con alta presencia de nivel freático en la zona este del distrito de Juliaca?</p>	<p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de fundación en la zona este del distrito de Juliaca.</p> <p>Evaluar la incidencia del nivel freático alto en la capacidad portante de los suelos en la zona este del distrito de Juliaca.</p> <p>Diseñar propuestas de cimentaciones adecuadas para suelos con alta presencia de nivel freático en la zona este del distrito de Juliaca.</p>	<p>Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de fundación en la zona este de Juliaca variaran significativamente en función de la presencia de un nivel freático alto.</p> <p>La incidencia de un nivel freático alto reducirá la capacidad portante de los suelos de la zona este del distrito de Juliaca, aumentando el riesgo de fallas estructurales.</p> <p>Los diseños de cimentaciones que consideran la alta presencia de nivel freático optimizaran la estabilidad y funcionalidad de las edificaciones en la zona este del distrito de Juliaca.</p>		



Anexo 2. Certificados de Calidad de Laboratorio



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



ESTUDIO DE SUELOS

PROYECTO: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: MUESTRA 1

FECHA: 12 DE NOVIEMBRE DEL 2024

MUESTREO DEL SUELO	
PARÁMETRO	DETALLE
Ubicación de la Calicata	Zona Este
Profundidad de Extracción	1.5 m
Peso de la Muestra Bruta	5 kg
Condición de la Muestra	No contaminada; recogida en bolsa sellada

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	
PASO	DETALLE
Secado de la Muestra	A 105-110 °C hasta peso constante
Peso después de Secado	4.85 kg
Separación de Material	Se eliminó materia orgánica y partículas >75 mm

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA						
Tamiz (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	PARÁMETRO	FÓRMULA	RESULTADO
4.75	0,00	0	100	Coeficiente de Uniformidad (Cu)	Cu=D60/D10	4,5
2,00	125,00	2,6	97,4			
0,425	1000,00	20,6	76,8	Coeficiente de Curvatura (Cc)	Cu=[(D30) ² /(D10.D60)]	1,2
0,075	2400,00	49,5	27,3			
<0,075	1300,00	26,9	0			

HIDROMETRÍA	
Parámetro	Valor
Concentración Inicial (g/L)	60
Tiempo (min)	2, 5, 10, 1440
Proporción de Limo (%)	20
Proporción de Arcilla (%)	10

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
Componente	Porcentaje (%)
Grava	25
Areña	45
Limo	20
Arcilla	10

Basado en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el suelo fue identificado como SM (Arena Limosa).

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103297

LABORATORIO M.S.C. ESTADISTAS



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



ESTUDIO DE SUELOS

PROYECTO: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: MUESTRA 2

FECHA: 12 DE NOVIEMBRE DEL 2024

MUESTREO DEL SUELO	
PARÁMETRO	DETALLE
Ubicación de la Calicata	Zona Este
Profundidad de Extracción	1.5 m
Peso de la Muestra Bruta	5 kg
Condición de la Muestra	No contaminada; recogida en bolsa sellada

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	
PASO	DETALLE
Secado de la Muestra	A 105-110 °C hasta peso constante
Peso después de Secado	4.80 kg
Separación de Material	Se eliminó materia orgánica y partículas >75 mm

ENSAYO DE GRANULOMETRIA						
Tamiz (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	PARÁMETRO	FÓRMULA	RESULTADO
4.75	0.00	0	100	Coeficiente de Uniformidad (Cu)	Cu=D80/D10	5.0
2.00	100.00	2.1	97.9			
0.425	1320.00	27.5	70.4	Coeficiente de Curvatura (Cc)	Cc=[(D30) ² /(D10.D60)]	0.9
0.075	2380.00	49.6	20.8			
<0.075	1000.00	20.8	0			

HIDROMETRÍA	
Parámetro	Valor
Concentración Inicial (g/L)	60.0
Tiempo (min)	2, 5, 10, 1440
Proporción de Limo (%)	25
Proporción de Arcilla (%)	5

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
Componente	Porcentaje (%)
Grava	15
Arena	55
Limo	25
Arcilla	5

Basado en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el suelo fue identificado como SM (Arena Limosa).

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE


 Negr Arnoldo Yana Torres
 CIP 133267



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL



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



ESTUDIO DE SUELOS

PROYECTO: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024.
SOLICITANTE: Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA
LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA: MUESTRA 4
FECHA: 12 DE NOVIEMBRE DEL 2024

MUESTREO DEL SUELO	
PARÁMETRO	DETALLE
Ubicación de la Calicata	Zona Este
Profundidad de Extracción	1.5 m
Peso de la Muestra Bruta	5 kg
Condición de la Muestra	No contaminada; recogida en bolsa sellada

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	
PASO	DETALLE
Secado de la Muestra	A 105-110 °C hasta peso constante
Peso después de Secado	4.76 kg
Separación de Material	Se eliminó materia orgánica y partículas >75 mm

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA						
Tamiz (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	PARÁMETRO	FÓRMULA	RESULTADO
4.75	0,00	0	100	Coeficiente de Uniformidad (Cu)	Cu=D60/D10	4,2
2.00	200,00	4,2	95,8			
0.425	1180,00	24,8	71	Coeficiente de Curvatura (Cc)	Cc=[(D30) ² /(D10.D60)]	1,1
0.075	1920,00	40,3	30,7			
<0.075	1480,00	30,7	0			

HIDROMETRÍA	
Parámetro	Valor
Concentración Inicial (g/L)	60.0
Tiempo (min)	2, 5, 10, 1440
Proporción de Limo (%)	20
Proporción de Arcilla (%)	10

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
Componente	Porcentaje (%)
Grava	30
Arena	40
Limo	20
Arcilla	10

Basado en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el suelo fue identificado como SM (Arena Limosa).

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Ing. Arnaldo Yana Torres
D.N.I. 103257



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



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024
 Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 MUESTRA 1
 13 DE NOVIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	326,14
SUELO SECO + TARRO	gr	284,01
PESO DEL TARRO	gr	50,00
PESO DEL AGUA	gr	42,13
PESO DEL SUELO SECO	gr	234,01
HUMEDAD %	%	18,00

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,30	30,72	30,11
SUELO SECO + TARRO	gr	25,36	25,23	25,34
PESO DEL TARRO	gr	11,02	11,07	11,02
PESO DEL AGUA	gr	4,94	5,49	4,77
PESO DEL SUELO SECO	gr	14,34	14,16	14,32
HUMEDAD %	%	34,45	38,77	33,31
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
11,85	11,10
10,64	9,87
4,10	4,15
1,21	1,23
6,54	5,72
18,50	21,50

LÍMITE LIQUIDO % : 35,00

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,00

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15,0

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. Annelisa Yana Torres
 CIP: 103257



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



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024
Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA 2
13 DE NOVIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	327,25
SUELO SECO + TARRO	gr	277,31
PESO DEL TARRO	gr	50,34
PESO DEL AGUA	gr	49,94
PESO DEL SUELO SECO	gr	226,97
HUMEDAD %	%	22,00

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32,21	30,47	31,24
SUELO SECO + TARRO	gr	27,34	25,92	26,45
PESO DEL TARRO	gr	11,02	11,04	11,02
PESO DEL AGUA	gr	4,87	4,55	4,79
PESO DEL SUELO SECO	gr	16,32	14,88	15,43
HUMEDAD %	%	29,84	30,58	31,04
N° DE GÓLPE	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
11,92	11,77
10,62	10,70
4,09	4,05
1,30	1,07
6,53	6,65
19,91	16,09

LÍMITE LIQUIDO % : 30,00

LÍMITE PLÁSTICO % : 18,00

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,0

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
13/11/2024



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



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024
Bach. YANIN ROSEMARY LOPE VILCA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA 3
13 DE NOVIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	327,25
SUELO SECO + TARRO	gr	281,04
PESO DEL TARRO	gr	50,00
PESO DEL AGUA	gr	46,21
PESO DEL SUELO SECO	gr	231,04
HUMEDAD %	%	20,00

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,25	31,85	31,56
SUELO SECO + TARRO	gr	24,75	25,87	25,53
PESO DEL TARRO	gr	11,02	11,04	11,03
PESO DEL AGUA	gr	5,50	5,98	6,03
PESO DEL SUELO SECO	gr	13,73	14,83	14,50
HUMEDAD %	%	40,06	40,32	41,59
N° DE GÓLPE	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
12,32	11,88
10,68	10,31
4,09	4,06
1,64	1,57
6,59	6,25
24,89	25,12

LÍMITE LÍQUIDO % : 40,00

LÍMITE PLÁSTICO % : 25,00

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15,0

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Metr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024
 Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 MUESTRA 4
 13 DE NOVIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	318,82
SUELO SECO + TARRO	gr	275,62
PESO DEL TARRO	gr	49,33
PESO DEL AGUA	gr	43,00
PESO DEL SUELO SECO	gr	226,29
HUMEDAD %	%	19,00

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO		T-04	T-10	T-19
TARRO N°				
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,24	32,05	31,22
SUELO SECO + TARRO	gr	25,85	26,25	25,49
PESO DEL TARRO	gr	11,02	11,03	11,02
PESO DEL AGUA	gr	5,59	5,80	5,73
PESO DEL SUELO SECO	gr	14,63	15,22	14,47
HUMEDAD %	%	38,17	38,11	39,60
N° DE GÓLPE	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO		T-14	T-15
		12,25	11,98
		10,70	10,49
		4,08	3,98
		1,55	1,47
		6,62	6,51
		23,41	22,58

LÍMITE LÍQUIDO % : 38,00

LÍMITE PLÁSTICO % : 23,00

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15,0

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.Sc. Yanin Rosmery Lope Vilca
 Mtr. Arnoldo Yano Torres
 CIP: 103257



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA

DPL

NTP 339.159 (DIN4094)

PROYECTO : ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

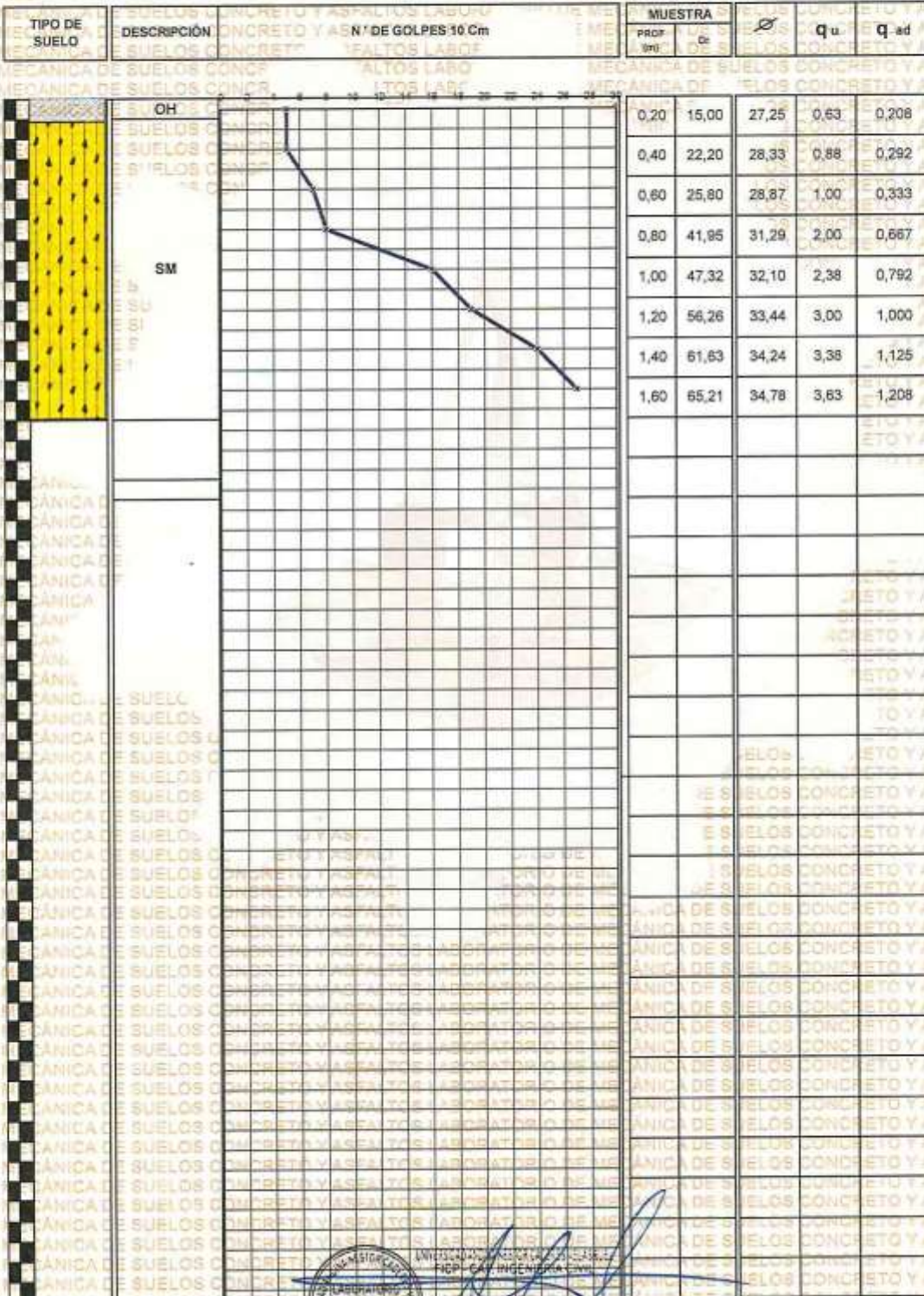
SOLICITANTE : Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA

UBICACIÓN : ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA

MUESTRA : DPL N° 4

PROFUNDIDAD : 0,10 - 1,60 m

FECHA : 18 DE NOVIEMBRE DEL 2025



NOTA: Las muestra fueron obtenidas mediante calicata de la siguiente manera:
 Ing. Arnaldo Tona Torres
 CIP 103257

UNIVERSIDAD DE CUSCO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 Ing. Arnaldo Tona Torres
 CIP 103257



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA

DPL

NTP 339.159 (DIN4094)

PROYECTO: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA

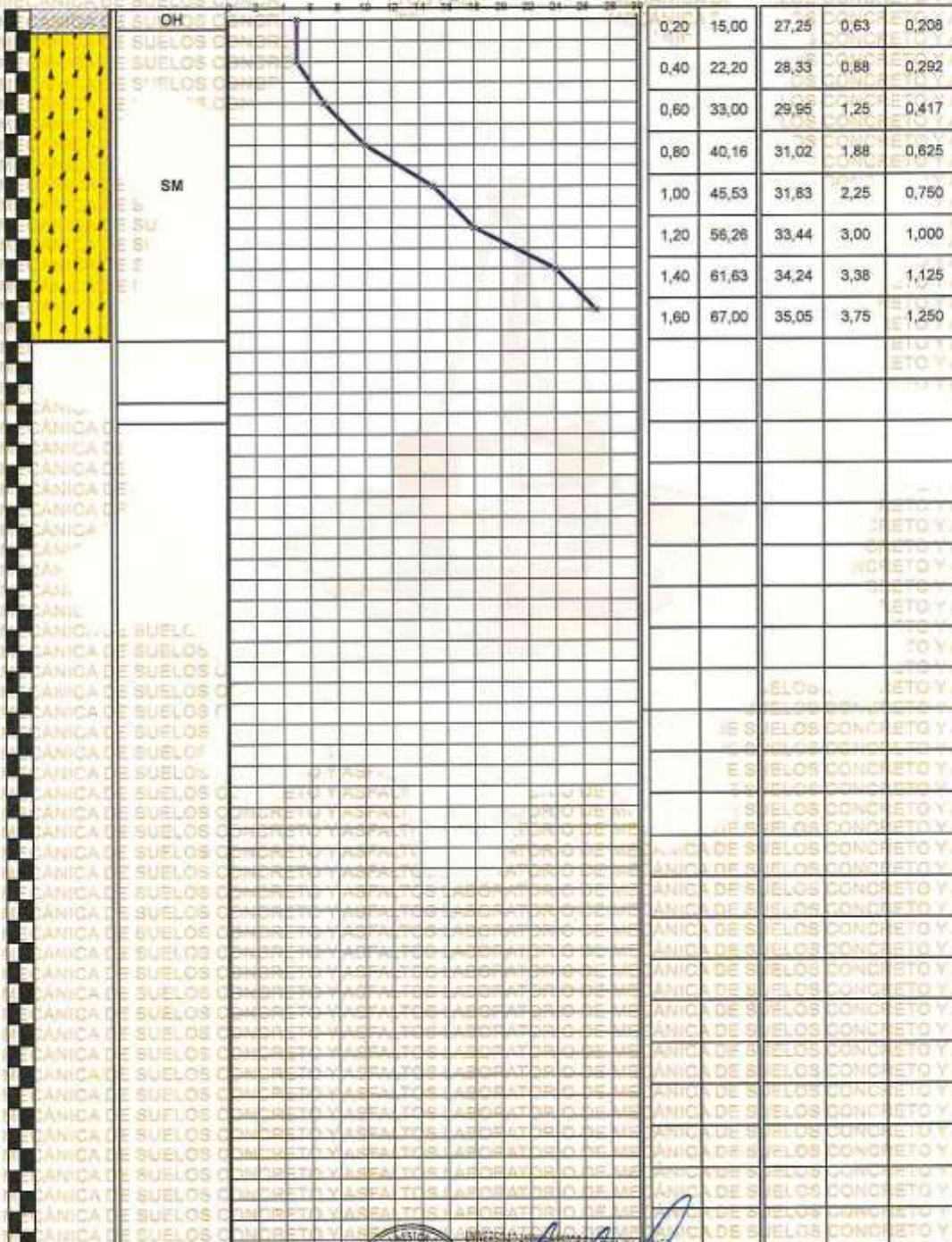
UBICACIÓN: ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA

MUESTRA: DPL N° 3

PROFUNDIDAD: 0,10 - 1,60 m. (N=10)

FECHA: 18 DE NOVIEMBRE DEL 2025

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	N° DE GOLPES/10 Cm	MUESTRA		φ	q _u	q _{ad}
			PROF (m)	D _r			



NOTA: Las muestra fueron obtenidas mediante el método de penetración dinámica ligera.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Arnoldo Yana Torres
 CIP 103255

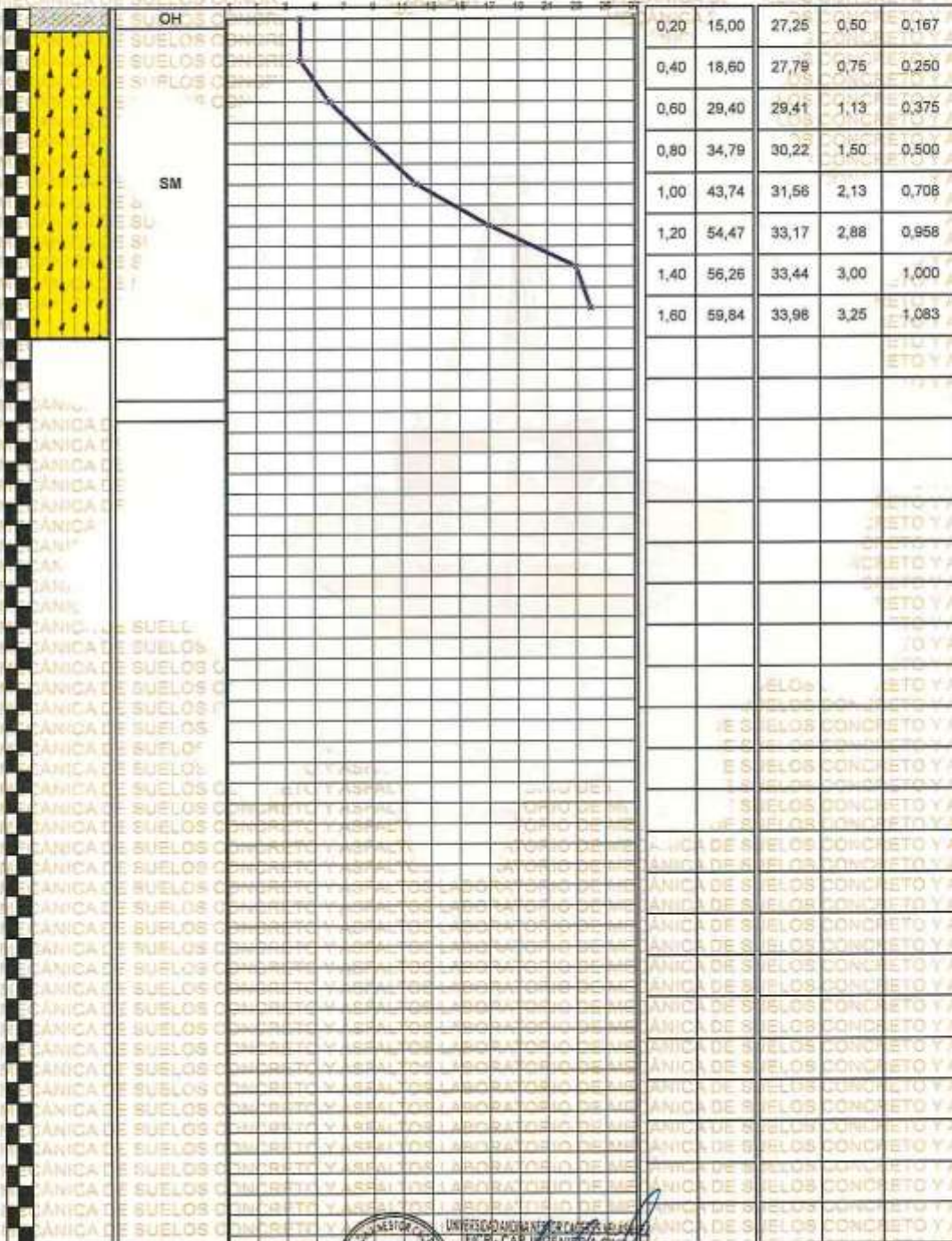


ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA

DPL
NTP 339.159 (DIN4094)

PROYECTO: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: Bach. YANIN ROSMERY LOPE VILCA
UBICACIÓN: ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA
MUESTRA: DPL N° 2
PROFUNDIDAD: 0,10 - 1,60 m. N.º de golpes
FECHA: 15 DE NOVIEMBRE DEL 2025

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	N° DE GOLPES 10 Cm	MUESTRA		φ	q _u	q _{ad}
			PROF. (m)	D ₅₀			



NOTA: Las muestra fueron obtenidas mediante el método de la placa a 10 cm de profundidad.

UNIVERSIDAD NOROCCIDENTAL DEL PERÚ

 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

 MSc. Yanina Torres

 2025

BIE: B018 - 00098767



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA

DPL

NTP 339.159 (DIN4094)



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : BACH. YANIN ROSMERY LOPE VILCA

UBICACIÓN : ZONA ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA

MUESTRA : DPL N° 1

PROFUNDIDAD : 0,10 - 1,60 m. (N.F. a 1,60)

FECHA : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2025

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	N° DE GOLPES/10 Cm	MUESTRA		q_u	q_{ad}		
			PROF. (m)	Dr				
SM	OH	[Gráfico de Penetración Dinámica Ligera]	0,20	15,00	27,25	0,63	0,208	
			0,40	18,60	27,79	0,75	0,250	
			0,60	25,80	28,87	1,00	0,333	
			0,80	36,58	30,49	1,63	0,542	
			1,00	45,53	31,83	2,25	0,750	
			1,20	54,47	33,17	2,88	0,958	
			1,40	54,47	33,17	2,88	0,958	
			1,60	58,05	33,71	3,13	1,042	

NOTA: Las muestra fueron obtenidas mediante [illegible]





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 24-03-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: YANIN ROSMERY LOPE VILCA

Dirección: Jr. GRAU 427 CERCADO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71585459

Teléfono: 941 681 035 email: yaninrosmery@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE

DE SUELOS DESTINADOS PARA EDIFICACIONES EN LA ZONA

ESTE DEL DISTRITO DE JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): CAPACIDAD PORTANTE, NIVEL FREÁTICO, CIMENTACIONES, SUELOS ARENOSOS LIMOSOS, ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

24-03-2025

Fecha