



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE CARGA EN TERRENOS DE
BASE EN LA ZONA URBANA DE RIOJA, PROVINCIA RIOJA,
REGIÓN SAN MARTÍN; 2024”**

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

AUTORES: BACH. Efrain Fatama More

ASESOR : Ing. JUAN JESUS OCAÑA APONTE M. Sc.

Tarapoto – San Martín -

Perú 2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Con Resolución Decanal N° 1073-2024-UCP-FCEI, del 15 de noviembre del 2024, se designó jurado.

Con Resolución Decanal N° 857-2025-UCP-FCEI, del 19 de setiembre del 2025, se autorizó la sustentación.

Siendo las 11:00 a.m. del día 29 de setiembre del 2025, se constituyó de modo presencial el Jurado para escuchar la presentación y defensa de la Tesis: **"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE CARGA EN TERRENOS DE BASE EN LA ZONA URBANA DE RIOJA, PROVINCIA RIOJA, REGIÓN SAN MARTÍN; 2024"**.

Presentado por:

EFRAIN FATAMA MORE

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

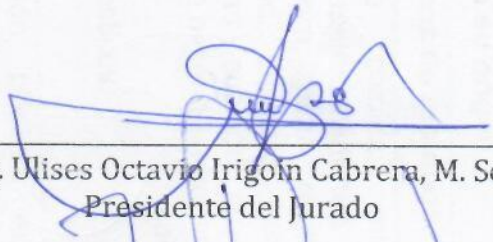
Asesor: Ing. JUAN JESÚS OCAÑA APONTE, M. Sc.

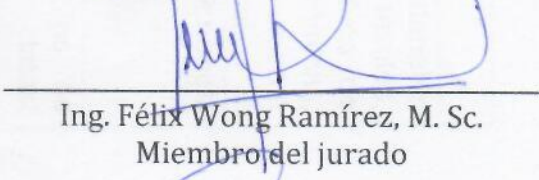
Luego de escuchar la sustentación y defensa ante las preguntas, el Jurado pasó a la deliberación en forma reservada, llegando a la siguiente conclusión:

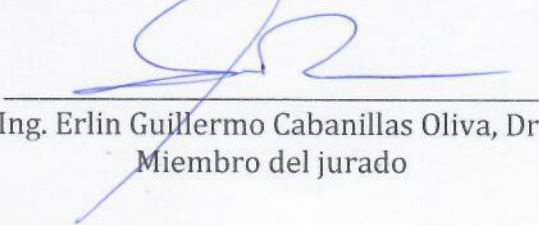
La sustentación es: APROBADA POR UNANIMIDAD

A las 12:05 horas culminó el acto público.

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el Acta y comunican en acto público.


Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.
Presidente del Jurado


Ing. Félix Wong Ramírez, M. Sc.
Miembro del jurado


Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.
Miembro del jurado

“Año de la recuperación y consolidación de la económica peruana”

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ – UCP**

El presidente del Comité de Ética e Integridad Científica

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE CARGA EN TERRENOS DE BASE
EN LA ZONA URBANA DE RIOJA, PROVINCIA RIOJA
REGIÓN SAN MARTÍN 2024”**

Del alumno: **EFRAIN FATAMA MORE**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **8% de similitud**. Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 01 de setiembre del 2025.



**Presidente del Comité de Ética e
Integridad Científica
Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores**

UCP_CIVIL_2024_TESIS_EFRAIN_FATAMA_V1

8%
Textos
sospechosos



3% Similitudes

< 1% similitudes entre comillas

0% entre las fuentes mencionadas

1% Idiomas no reconocidos

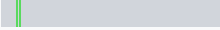
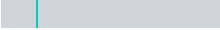
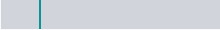
5% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: UCP_CIVIL_2024_TESIS_EFRAIN_FATAMA_V1.docx	Depositante: Chris Angela Ramirez Flores	Número de palabras: 13.011
ID del documento: b72ee4a2dda9860ed88b18c8cf490ca6a9b628c7	Fecha de depósito: 21/8/2025	Número de caracteres: 83.485
Tamaño del documento original: 5,78 MB	Tipo de carga: interface	
	fecha de fin de análisis: 21/8/2025	

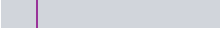
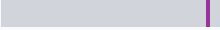
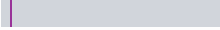
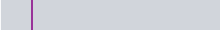
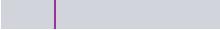


Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.unc.edu.pe https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1427/TESIS WILFREDO FERNA... 3 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (99 palabras)
2	 journalingeniar.org https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/download/97/138/380	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (67 palabras)
3	 Documento de otro usuario #d8b62a Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
4	 repositorio.upt.edu.pe Influencia del suelo de cimentación en la capacidad por... https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3826 2 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.ucp.edu.pe Determinación de la capacidad portante admisible del s... http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1196	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
2	 dx.doi.org Comparación de los métodos semiempíricos para determinar la capa... http://dx.doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110200142	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
3	 dx.doi.org Evaluation of Load Capacity of Stratified Soils (2 Layers) by Means of ... http://dx.doi.org/10.19053/01211129.v30.n55.2021.12080	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
4	 renati.sunedu.gob.pe Registro Nacional de Trabajos de Investigación: Uso de g... https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/3119827?locale=es	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
5	 Documento de otro usuario #b8ccdf Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)

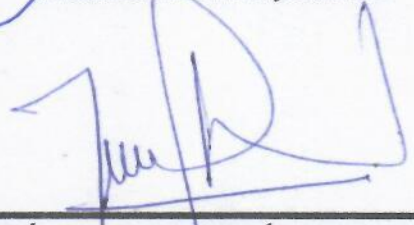
HOJA DE APROBACIÓN PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

BACHILLER: EFRAIN FATAMA MORE

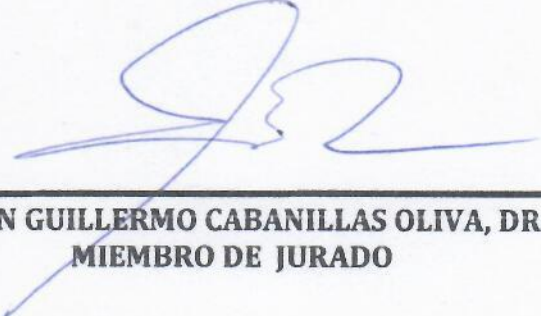
La Tesis sustentada en acto público el día 29 de setiembre del 2025, a las 11:00 am, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



**ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA, M. SC.
PRESIDENTE DE JURADO**



**ING. FÉLIX WONG RAMÍREZ, M. SC.
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, DR.
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. JUAN JESÚS OCAÑA APONTE, M. SC.
ASESOR**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia; a aquellos que, con su amor incondicional y apoyo constante, fueron la base de mi fortaleza; a mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia; a mis amigos, quienes con su compañía hicieron más llevadero este camino; a mis profesores, por compartir sus conocimientos y motivarme a seguir adelante; a cada persona que, de alguna manera, aportó con palabras de aliento o pequeños gestos de confianza; este logro también es suyo, porque cada paso dado fue impulsado por su presencia en mi vida..

El autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la fuerza y la salud para completar este trabajo; a mi familia, por su apoyo constante y sus palabras de ánimo; a mis padres, por inculcarme el valor del esfuerzo y la perseverancia; a mis hermanos, por su paciencia y motivación.

A mis profesores, por compartir sus conocimientos y guiarme a lo largo de este proceso; a mi asesor de tesis, por sus observaciones precisas y su valioso tiempo; a mis compañeros, por las horas de estudio compartidas y el respaldo mutuo.

También expreso mi gratitud a las instituciones y personas que facilitaron información y recursos para esta investigación; a quienes, con su experiencia y disposición, sumaron a la calidad de este trabajo.

Por último, a mis amigos, por su aliento constante y esos momentos de distracción necesarios; a cada persona que, de alguna forma, contribuyó a este logro, les extendo mi más sincero agradecimiento.

El autor

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
HOJA DE APROBACIÓN.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPITULO I: MARCO TEORICO.....	13
1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	13
1.1.1. Ámbito Internacional	13
1.1.2. Ámbito Nacional	16
1.1.3. Ámbito Local.....	18
1.2. BASES TEÓRICAS.....	20
1.2.1. Potencial de carga	20
1.2.2. Terrenos base.....	21
1.2.3. Tipos de suelos.....	21
1.2.4.1. Propiedades físicas.....	27
1.2.4.2. Propiedades Mecánicas	30
1.2.5. Tipologías de suelos	34
1.2.6.1. Método de Terzaghi	34
1.2.6.2. Método geofísico.....	36
1.2.6.3. Método empírico	39
1.2.7. Evaluación de riegos geotécnicos	40
1.2.8. Pruebas de campo.....	40
1.2.8.1. Prueba de penetración estándar (SPT).....	41
1.2.8.2. Prueba de laboratorio	44
1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS	46
1.3.1. Potencial de carga	46
1.3.2. Terreno base.....	46
1.3.3. Tipo de suelo	47
1.3.4. Propiedades físicas del suelo	47
1.3.5. Propiedades mecánicas del suelo	47
1.3.6. Propiedades químicas del suelo.....	47
1.3.7. Sondeo de penetración estándar (SPT)	47
1.3.8. Ensayo uniaxial.....	48
1.3.9. Asentamiento	48
1.3.10. Cimentación	48
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	49

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	49
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	49
2.2.1. Problema General	49
2.2.2. Problemas Específicos	49
2.3. OBJETIVOS.....	50
2.3.1. Objetivo General	50
2.3.2. Objetivos Específicos.....	50
2.4. HIPÓTESIS.....	50
2.4.1. Hipótesis General.....	50
2.4.2. Hipótesis Específicas	50
2.5. VARIABLES	51
2.5.1. Identificación de Variables	51
2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables	51
2.5.3. Operacionalización de las Variables.....	52
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	53
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	53
3.1.1. Tipo de Investigación	53
3.1.1. Diseño de Investigación	53
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	53
3.2.1. Población	53
3.2.2. Muestra	53
3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS...54	
3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos	54
3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos.....	54
3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos.....	55
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	57
4.1. Presentación de resultados	57
4.1.1. Calicatas	57
4.1.2. Ensayo de penetración estándar (SPT).....	57
4.2. Ensayos de laboratorio	58
4.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados	81
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	94
5.1.1. Análisis de las propuestas dadas	94
5.1.2. Precio de ejecución de la sugerencia	94
5.1.3. Beneficios que va aportar la propuesta	94
5.2. CONCLUSIONES	95
5.3. RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición Conceptual y Operacional de Variables.....	44
Tabla 2: Operacionalización de Variable	46
Tabla 3: Clasificación vehicular de IMD.....	52
Tabla 4: Composición vehicular del IMD	52
Tabla 5: Resultados de pruebas de laboratorio de mecánica de suelos – calicata C-1 a C-2	55
Tabla 6: Propiedades del terreno de cimentación Jr. Libertad C-8	57
Tabla 7: Agresividad del suelo Jr. Libertad C-10	57
Tabla 8: Propiedades de suelo base en el Jr. Iquitos C- 4	59
Tabla 9: Agresividad del suelo en el Jr. Iquitos C- 4	60
Tabla 10: CBR de la subrasante	61
Tabla 11: Ensayos de laboratorio de canteras.....	62
Tabla 12: Característica cantera la florida.....	67
Tabla 13: Diseño de mezcla para subbase y base granular	67
Tabla 14: Granulometría y clasificación de material de cantera	72
Tabla 15: Características del agua que se va a utilizar	76
Tabla 16: Conteo vehicular	77
Tabla 17: Composición vehicular del IMD	78
Tabla 18: Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de números de repeticiones de EE	79
Tabla 19: Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño	80
Tabla 20: Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.....	82
Tabla 21: Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para pavimentos rígidos.	83

Tabla 22: Factor de ajuste por presión de neumáticos (Fp) para ejes equivalentes (EE).....	86
Tabla 23: EE día-carril para pavimentos flexible y semirrígido.....	87
Tabla 24: EE día-carril para pavimentos Rígidos.....	88
Tabla 25: Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos.....	89
Tabla 26: Nivel de confiabilidad, según ASHTO	92
Tabla 27: Niveles recomendados de fiabilidad para un único periodo de diseño (10 o 20 años) según la Intensidad del Tráfico.....	93
Tabla 28: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (ZR) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico.	97
Tabla 29: Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico.....	102
Tabla 30: Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico	103
Tabla 31: Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI) Según Rango de Tráfico.....	104
Tabla 32: Valores Recomendados de Resistencia del Concreto	120
Tabla 33: Valores sugeridos de Espesores Mínimos para adoquines	123
Tabla 34: Características de la vía con Pavimento Flexible	125
Tabla 35: Características de la vía con Pavimento Rígido	127
Tabla 36: Características de la vía con Pavimento Semirrígido	129
Tabla 37: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn	131
Tabla 38: Resumen Características del Subrasante.....	132
Tabla 39: Comparación de los tipos de pavimentos	132
Tabla 40: Secciones transversales de los pavimentos	132
Tabla 41: cuadro comparativo técnico económico	133

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Calzadas de hormigón simple	24
Figura 2: Calzada de hormigón simple con conectores	25
Figura 3: Calzada de hormigón con armadura metálica no portante	26
Figura 4: Calzadas de hormigón con armaduras metálicas continuas.....	27
Figura 5: Sección transversal.....	28
Figura 6: Esquema del comportamiento pavimento flexibles y rígidos.....	34
Figura 7: Baja de huella de carbono	36
Figura 8: Ubicación de calicatas	56
Figura 9: Configuración de ejes	83
Figura 10: Factor camión C2 y C3 para pavimentos.....	86
Figura 11: Monograma para pavimento flexible	92
Figura 12: Ecuación de diseño de Pavimento Flexible	92
Figura 13: Ecuación que relaciona al número estructural con los espesores de la capa	92
Figura 14: Diseño de estructuras de pavimento.....	111
Figura 15: Catálogo de valores estructurales (SN) necesarios según el tipo de tráfico y el subsuelo, Capa asfáltica caliente + fundación granular + su fundación granular	112
Figura 16: factores estructurales de las capas del pavimento.....	114
Figura 17: Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje	115
Figura 18: Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa	116
Figura 19: Catálogo de estructuras de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente Período de diseño 20 años.	117
Figura 20: Sección pavimento flexible	119
Figura 21: Ecuación de Diseño de Pavimento Rígido.....	119

Figura 22: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante	120
Figura 23: sección del pavimento Rígido.....	124
Figura 24: Catálogo de estructuras de pavimento de adoquín con base granular período de diseño 20 años.....	124
Figura 25: Sección Pavimento Semirrígido	125
Figura 26: Sección transversal pavimento flexible	126
Figura 27: Sección transversal pavimento rígido	129
Figura 28: Sección transversal pavimento rígido	131

RESUMEN

Actualmente, la ciudad de Rioja tiene problemas estructurales en sus construcciones causados por el rápido crecimiento urbano de la región de San Martín (Perú). Esto se debe a la falta de evaluación de infraestructura existente causado por la rápida implementación de nuevas obras. Esta falta de evaluación provocó serios problemas, como aparición de asentamientos irregulares y fisuras en los edificios. Por ello, en nuestro estudio recomendamos la implementación de algunas variantes de la mecánica de suelos, como la prueba de penetración estandarizada (SPT) y los ensayos físicos-químicos de tipo mecánico, para el estudio y evaluación de la capacidad de cimentación. Nuestros hallazgos mostraron el grado de heterogeneidad del suelo, que se caracteriza por la presencia de depósitos de tipo aluvial y la existencia de un nivel freático elevado, incrementa el peligro de inestabilidad en casos de lluvias torrenciales y sismos. En estas evaluaciones no se tuvieron en cuenta los gastos de reparación y mantenimiento de la infraestructura. Por lo tanto, concluimos que es necesario realizar el diagnóstico preciso e implementar normas de construcción acordes a las características del suelo. Por lo que, recomendamos hacer un estudio geotécnico previo a la construcción con personal capacitado, seguimiento estructural y fomentar una cultura de responsabilidad en el desarrollo urbano. Con el objetivo de garantizar la seguridad de las construcciones de los edificios teniendo en cuenta los riesgos que puedan presentarse.

PALABRAS CLAVE

Resistencia portante, suelos fundacionales, análisis del subsuelo, urbanización, solidez constructiva regulación edificadora, amenazas telúricas, desarrollo urbano.

ABSTRACT

The city of Rioja is currently experiencing structural problems in its buildings, caused by rapid urban growth in the San Martín region (Peru). This is due to a lack of assessment of existing infrastructure caused by the rapid implementation of new works. This failure to assess the situation properly has had serious consequences, including the emergence of irregular settlements and cracks in buildings. Therefore, in our study, we recommend implementing variants of soil mechanics, such as the standard penetration test (SPT) and mechanical physical-chemical tests, to study and evaluate foundation capacity. Our findings showed the degree of soil heterogeneity, which is characterised by the presence of alluvial deposits and a high water table, increasing the risk of instability in the event of torrential rains and earthquakes. It should be noted that the aforementioned assessments did not take into account the costs of repair and maintenance of the infrastructure. Therefore, it is necessary to carry out an accurate diagnosis and implement construction standards in accordance with the characteristics of the soil. We therefore recommend that a geotechnical study be carried out prior to construction by trained personnel, that structural monitoring be carried out and that a culture of responsibility in urban development be promoted. The primary objective is to ensure the safety of building constructions, taking into account any potential risks.

KEYWORDS

Loading capacity, subgrade soils, geotechnical assessments, urbanization, structural stability, building regulations, seismic risks, urban development...d.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Nuestro plan va a exponer referencias, evaluaciones y resultados de estudios previos que estas guardan una estrecha conexión con las metas de la investigación, cubriendo ámbitos globales, nacionales y regionales.

1.1.1. Ámbito Internacional

- Quintero, Martínez, & Cruz (2021) en su artículo sobre “Evaluation of Load Capacity of Stratified Soils (2 Layers) by Means of Numerical Analytical Comparison”; revista Facultad de Ingeniería; el estudio comparó tres métodos analíticos para determinar la capacidad de carga en suelos estratificados (zapata imaginaria, método de parámetros promedio y método de Terzaghi) con modelaciones numéricas mediante elementos finitos utilizando abaqus; sus resultados mostraron que las modelaciones numéricas basadas en la ley de comportamiento elástica tienden a sobreestimar los valores en comparación con los métodos analíticos; sin embargo, cuando los suelos duros se encuentran sobre suelos blandos, ambos enfoques producen resultados similares; se concluyó que las variables más influyentes en la capacidad de carga son el ángulo de fricción, el esfuerzo de fluencia y el desplazamiento de falla impuesto en las modelaciones. además, se determinó que los modelos numéricos elastoplásticos, como Drucker-Prager, ofrecen resultados más precisos y confiables para evaluar la capacidad de carga en suelos estratificados.

- Vanapalli & Oh (2021) en su artículo sobre “Analytical and numerical methods for predicting the bearing capacity of shallow foundations in unsaturated soils”. Revista Suelos y Rocas; este estudio se centró en estimar la capacidad de carga de los suelos saturados utilizando enfoques de esfuerzo efectivo y total, basados en los conceptos de Terzaghi (1943) y Skempton (1948); sus investigaciones recientes han adaptado estos enfoques para suelos no saturados, considerando la succión mátrica, mediante el enfoque de esfuerzo

Efectivo Modificado (MESA) y el Enfoque de Esfuerzo Total Modificado (MTSA); a pesar de esto, la literatura carece de una discusión exhaustiva sobre la aplicación práctica del MESA y el MTSA en la ingeniería geotécnica; este documento presenta los antecedentes de ambos enfoques, revisa los métodos analíticos y numéricos disponibles y clasifica los métodos en dos grupos: MESA y MTSA, proporcionando ejemplos de sus aplicaciones; el objetivo es ofrecer herramientas para una mejor comprensión y predicción de la capacidad de carga de suelos no saturados, extendiéndolas a aplicaciones prácticas en ingeniería geotécnica.

- Espinel & Zambrano (2022) en su artículo sobre “Zoning of the bearing capacity of the soils of the Andrés de Vera Parish of the Portoviejo canton of the province of Manabí”. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería. El estudio se centró en establecer el potencial de carga de la aptitud del terreno en la parroquia Andrés vera, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, y en la elaboración de un mapa de zonificación correspondiente. Se empleó una metodología mixta descriptiva y experimental que analizó las características físicas y químicas del suelo utilizando fórmulas empíricas de mecánica de suelos, como la capacidad de carga de Karl Terzaghi. Los ensayos granulométricos, límites de Atterberg y de densidad natural permitieron estimar los parámetros de carga del suelo en el área investigada. Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se identificaron suelos tipo: limos de alta plasticidad (MH) y limos de alta plasticidad con arena (MH).

- Espinel & Zambrano (2022) en su artículo sobre “Zoning of the bearing capacity of the soils of the Andrés de Vera Parish of the Portoviejo canton of the province of Manabí”; revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería; el estudio se centró en establecer el potencial de carga de la aptitud del terreno en la parroquia Andrés vera, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, y en la elaboración de un mapa de zonificación correspondiente; se empleó una metodología mixta

descriptiva y experimental que analizó las características físicas y químicas del suelo utilizando fórmulas empíricas de mecánica de suelos, como la capacidad de carga de Karl Terzaghi; los ensayos granulométricos, límites de Atterberg y de densidad natural permitieron estimar los parámetros de carga del suelo en el área investigada; según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se identificaron suelos tipo: limos de alta plasticidad (MH) y limos de alta plasticidad con arena (MH).

- Zhussupbekov et al. (2022), en su artículo sobre “bearing capacity characteristics base collapse estimation”; revista de ingeniería civil (Irán); el estudio se abordó en las complejidades de la construcción en masa de estructuras en suelos colapsables, cuyo comportamiento está influenciado por el contenido de humedad; las deformaciones compresivas en estos suelos, generalmente en estado de baja humedad, ocurren rápidamente bajo carga externa; sin embargo, el hundimiento y colapso en condiciones saturadas se desarrollan lentamente debido a la filtración de agua; la mejora de la construcción en suelos colapsables depende de una evaluación precisa de sus propiedades; el artículo describe un proyecto práctico de diseño de un tramo de carretera de circunvalación, abordando características de diseño, investigaciones geológicas y pruebas de suelos; teniendo como resultados, que justifican las decisiones estructurales del pavimento y se ofrecen recomendaciones para el diseño y evaluación de la capacidad de carga de estos suelos.

- Llano & Restrepo (2022) dice que su artículo sobre “Effect of weathering on the physicochemical properties, performance and durability of road soils added with chemical stabilizers”; revista estudios en Ingeniería y Ciencias Exactas; el estudio resaltó que la estabilización química de suelos, mediante el uso de polímeros, aceites sulfonados, organosilanos, puzolanas y enzimas, fue una técnica efectiva para mejorar caminos sin pavimentar de bajo tránsito, aumentando la resistencia y disminuyendo la plasticidad del suelo; se concluyó que esta alternativa resultó sostenible en términos técnicos, económicos y

ambientales; no obstante, el intemperismo natural deteriorará progresivamente los materiales, afectando su cohesión y durabilidad; para abordar este desafío, se utilizó el intemperismo acelerado en cámaras especializadas que simulaban ciclos de luz UV y humedad, permitiendo evaluar en períodos cortos el desgaste de los materiales y prever su comportamiento a largo plazo, lo que aseguró mayor confianza.

1.1.2. Ámbito Nacional

En relación con nuestro tema de investigación, tenemos las siguientes tesis:

- Vigil (2019) en su investigación sobre “Evaluación de la capacidad portante de los suelos para cimentaciones superficiales de la zona urbana de la localidad de Caspizapa, provincia de Picota, región San Martín” en su tesis para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de San Martín; alcanzó como principales resultados de investigación se evaluó la capacidad portante de los suelos para cimentaciones superficiales en la zona urbana de Caspizapa, provincia de Picota, región San Martín; el objetivo fue identificar los diferentes tipos de suelo, elaborar un mapa de zonificación y analizar su comportamiento para prevenir problemas futuros; basado en la norma E050 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se realizaron ensayos de contenido de humedad, límites de consistencia, análisis granulométrico, densidad, clasificación de suelos y triaxial en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín; estos ensayos permitieron analizar las propiedades y características mecánicas del suelo, destacando que el ensayo triaxial fue clave para determinar la densidad, el ángulo de fricción y la cohesión, parámetros fundamentales para calcular.

- Flores y Rivera (2021) en su investigación titulada “Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos” Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo. El estudio evaluó el terreno del sector 88 en Chorrillos, identificando un nivel freático promedio de 1.80 m y características arenosas que aumentaban el riesgo de licuación en la zona destinada a la cimentación de la cámara de desagüe proyectada. Mediante el método Seed e Idris y los resultados del ensayo SPT, se analizaron las condiciones del suelo, determinando que podrían comprometer la estabilidad estructural debido a las altas presiones en los poros del suelo. Se concluyó que, ante la presencia de riesgo de licuación, era necesario implementar medidas de mitigación, como el uso de materiales no licuables que actuaran como barreras impermeables, reduciendo las presiones porosas y asegurando la estabilidad de la cimentación y las tuberías en el área estudiada.
- De la Cruz y Vega (2023) en su estudio titulado "Comparación de los métodos semiempíricos para establecer la capacidad admisible de suelos para la edificación de viviendas unifamiliares", publicado en la revista de la Biosfera Selva Andina; el estudio hizo una comparación de métodos semiempíricos para establecer la capacidad admisible del suelo, incluyendo los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vésic, logrando capacidades de carga de 2.44, 2.85, 2.33 y 2.39, respectivamente; le concluyó que el método de Hansen, con su valor más bajo (2.33 kg/cm²), proporciona un diseño más organizado y seguro para viviendas unifamiliares; pese a que los métodos muestran variaciones aceptables en sus resultados, el análisis indica que la elección del método con menor capacidad admisible ofrece mayor fiabilidad en cuanto a estabilidad estructural.
- Solórzano (2023) en su investigación “*Uso de geofísica en el análisis de cimentaciones para su aplicación en la NTE E.050-18 suelos y cimentaciones*” abordó la relevancia de los estudios geofísicos en la prospección de suelos, resaltando su potencial para ser incluidos en la Norma Técnica de Edificaciones (NTE) E.050 Suelos y Cimentaciones

(2018); se observó las bases teóricas de las ondas utilizadas y los métodos geofísicos más aplicados para determinar propiedades físicas del suelo en estudios de cimentaciones; la revisión bibliográfica identificó los métodos geofísicos más comunes, así como su combinación con ensayos geotécnicos directos como el SPT y el CPTu, apoyar la interpretación de las propiedades del suelo ; Además, se analizaron normas internacionales de los países como las de Estados Unidos , Inglaterra, España, México, Chile y Costa Rica . Los resultados mostraron que estos métodos son ampliamente utilizados y eficaces para evaluar parámetros clave del suelo

- .Alarcón et.,al (2023) en su investigación sobre *“Predicción de la erosión hídrica del suelo aplicando el método USLE en la subcuenca río Negro, Rioja, San Martín”* evaluó la pérdida de suelo por erosión hídrica en la subcuenca del río Negro utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE). Se calcularon factores clave de erosividad de lluvia, erodabilidad del suelo, topografía, cobertura vegetal y prácticas conservacionistas. Se utilizó diversos métodos y herramientas, como: modelos digitales de elevación, índices de vegetación y análisis de suelos. Los resultados mostraron que la erosividad varió entre 4 389,40 y 4 487,38 MJ·mm·ha⁻¹·año⁻¹, mientras que la erodabilidad osciló entre 0,014 y 0,022 t·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹. El 30 % de la subcuenca presentó pendientes moderadas (3-12 %) y solo el 0,2 % mostró pendientes superiores al 100 %. Se encontró que la erosión leve afectó 17 065,26 ha, con valores entre 0,380 y 49,841 t·ha⁻¹·año⁻¹, mientras que las áreas con erosión muy alta abarcaron 19,01 ha, con pérdidas de suelo entre 699,896 y 1 802,164 t·ha⁻¹·año⁻¹, asociadas a pendientes pronunciadas y actividades agropecuarias. c.

1.1.3. Ámbito Local

Dentro de los antecedentes locales tenemos lo siguiente:

- Jiménez y Paz (2021) realizaron una investigación sobre el “Determinación de la capacidad portante admisible del suelo para cimentaciones superficiales en la habilitación urbana la colina, del

distrito Tarapoto, San Martín. 2020” Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Científica del Perú; la investigación identificó y caracterizó las propiedades físicas y mecánicas de los suelos del sector La Colina-Tarapoto, evaluando su capacidad portante para diseñar cimentaciones superficiales en una zona de alta sismicidad, según la norma E 030; aplicando la metodología de Terzaghi y normas técnicas peruanas, se determinó una capacidad admisible de carga de 1.36 kg/cm^2 , considerando una carga de servicio de 79.33 toneladas, una fuerza sísmica de 4 toneladas, una profundidad de cimentación de 3 metros y un ancho de zapata de 2.40 metros; estos resultados permitieron realizar el diseño geométrico de las cimentaciones, garantizando estabilidad estructural y adecuación a las características del suelo y las cargas previstas en la habilitación urbana de Tarapoto.

- Lavado (2024) realizaron una investigación sobre el “Influencia del suelo de cimentación en la capacidad portante empleando el ensayo de DPL y corte directo del sector Santa Clara, Moyobamba, San Martín – 2024” Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada de Tacna; esta investigación analizó el problema de los suelos finos en zonas tropicales, propensos a hundimientos, específicamente en el sector Santa Clara, Moyobamba; su objetivo fue caracterizar la capacidad admisible del suelo para cimentaciones superficiales; se identificó que el suelo predominante es una arena limosa no plástica, de baja cohesión, con un ángulo de fricción promedio de 30° en estado natural; mediante los ensayos de Penetrómetro Dinámico Ligero y Corte Directo, se calcula que la capacidad portante del suelo es inferior a 1 kg/cm^2 , considerando una profundidad de desplante de 1,50 m y cimentaciones de 1,0 x 1,0 m; los cuales sus resultados confirmaron la relación entre ambos métodos para evaluar la capacidad portátil, lo que permite un diseño más seguro para el cemento.

1.2. BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas de la disertación sobre la evaluación del potencial de carga en el Base en el área urbana de rioja son esenciales para comprender los conceptos y principios que respaldan este estudio; La contextualización de estas bases es el problema de la capacidad de carga de la tierra y justifica su importancia en el desarrollo urbano y la seguridad estructural; proporcionan el marco teórico que controla la elección de los métodos de evaluación geotécnica, como la investigación de campo y laboratorio, y, además, facilita la interpretación de los resultados, que se relacionan con aquellos en investigaciones previas y teorías de comportamiento de la tierra en el entorno urbano, asegurando la validez del análisis.

1.2.1. Potencial de carga

Según Nij Patzán (2009) el potencial de carga se refiere a la capacidad de un suelo para soportar cargas aplicadas sin sufrir fallas estructurales o deformaciones excesivas; esta propiedad es muy fundamental en la ingeniería civil y geotécnica, ya que determina la seguridad y estabilidad de edificaciones, infraestructuras y otras construcciones; el potencial de carga se evalúa a través de diversos métodos, que incluyen ensayos de penetración, pruebas de carga y análisis de parámetros mecánicos del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción, esta evaluación del potencial de carga es esencial en el diseño de cimientos, ya que un cálculo inadecuado puede llevar a problemas graves, como asentamientos desiguales o colapsos esos dan elementos como la constitución del terreno, el contenido de agua y la compactación y las condiciones ambientales influyen en esta capacidad; además, el potencial de carga puede variar según la profundidad del suelo y el tipo de carga aplicada, ya sea estática o dinámica.

Desde un punto de vista urbano en la ciudad de Rioja es relevante considerar el potencial de carga de los suelos. Esto se debe al rápido crecimiento tanto urbano como de edificios algunos no tan seguros. Por lo tanto, el potencial de carga debe ser correctamente evaluado de esta forma garantizaremos una buena construcción que contribuya al desarrollo de la comunidad y a una responsabilidad urbana.

1.2.2. Terrenos base

Base tiene áreas terrestres o rocosas que sirven como el principio básico de los edificios y otras estructuras que juegan un papel crucial en la estabilidad y la seguridad de estas estructuras; estos países pueden variar en composición, incluidos los tipos de suelo como arcilla, arena o grava, así como piedras sólidas, y cada uno tiene propiedades geotécnicas que afectan su capacidad de carga y comportamiento en diferentes condiciones ambientales; antes de comenzar un proyecto de construcción, la evaluación adecuada del país base es crucial, ya que un estudio geotécnico detallado permite determinar la durabilidad del suelo, su capacidad de alcantarillado y el riesgo de deslizamientos o fregadero; la elección correcta de fundamentos y diseño, que es la parte de la estructura basada en el campo base, depende directamente de estas características; además, el terreno base bien preparado contribuye a la fuerza del edificio y reduce los efectos de los fenómenos naturales como inundaciones o terremotos.

1.2.3. Tipos de suelos

Según Editorial Etece (2021) el suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, vital para la vida, ya que es donde se producen transformaciones de energía y materia; se forma a partir de la desintegración de rocas y acumulación de materia orgánica, y es esencial para la agricultura, la extracción de minerales y la construcción. Los suelos, especialmente en zonas como Rioja, varían según ubicación, geografía y clima. Además, de no estar uniformemente distribuidas se pueden clasificar desde sus características físicas hasta su composición y estructura. Todas estas características ayudan a determinar su utilidad.

Gráfico 1: Tipos de suelo



Fuente: Editorial Etece (2021).

1.2.3.1. Suelo arenoso

Según Portal de Suelos de la FAO (2024) indica que los suelos arenosos, tienen una característica por la textura granular y baja retención de nutrientes y agua. Para mejorar su productividad requieren prácticas de manejo adecuadas para su fertilización. Siendo la inorgánica la más común. La incorporación de abonos orgánicos es crucial, ya que libera nutrientes y mejora las propiedades físico-químicas del suelo. Para mejorar la mineralización es recomendable enterrar los abonos orgánicos o incorporarlos en capas delgadas y aumentar la capacidad de almacenamiento de agua. La técnica del mulching puede ser utilizado para reducir la evaporación y estabilizar la temperatura del suelo, mientras que el laboreo debe realizarse después de los riegos ó después de las lluvias. También se han implementado técnicas de selladores para estabilizar dunas y arenas movedizas, complementadas con la forestación de especies arbóreas y arbustivas. Para asegurar la sostenibilidad del ecosistema es recomendable evitar el sobrepastoreo en estos suelos, promoviendo en su lugar el pastoreo rotativo y el uso de forraje cortado en lotes fijos. Estas prácticas contribuyen al mejoramiento de la salud del suelo y la capacidad para sustentar cultivos en condiciones adversas.

Gráfico 1: suelo arenoso



Fuente: Portal de Suelos de la FAO (2024)

1.2.3.2. Suelo calizo

Según J.C Hernández & D.L Orihuela. (2003) los suelos calizos presentan un desafío para ciertos cultivos debido a su pH elevado, lo que provoca clorosis férrica y amarilleamiento foliar; para corregir este pH, se utiliza el Sulfato Ferroso Monohidratado (SFM), que contiene un alto porcentaje de hierro y ácido sulfúrico. Este estudio analiza la evolución del pH, Conductividad Eléctrica (CE), y los iones Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} y Na^{+} en aguas lixiviadas de diferentes suelos calizos tras la aplicación de SFM; los resultados indican que el alto pH de estos suelos se debe a las sales de calcio, mientras que el ion Mg^{++} tiene poca relevancia; el potasio es independiente del proceso, y el sodio se desplaza en condiciones de pH elevado; el SFM no solo reduce el pH, sino que también permite el intercambio de iones, beneficiando la nutrición de las plantas sin afectar negativamente otros nutrientes esenciales.

Gráfico 2: Suelo calizo



Fuente: Propia

1.2.3.3. Suelo arcilloso

En su estudio el grupo SACSA (2023) el suelo arcilloso, conocido como “suelo pesado”, presenta desafíos significativos en la agricultura debido a su pobre drenaje y tendencia a compactarse; este tipo de suelo tiene partículas muy pequeñas y una alta retención de agua, lo que dificulta el aireado y provoca la formación de terrones cuando se trabaja en condiciones húmedas; para restaurar su estructura, es esencial añadir grandes cantidades de materia orgánica, como excrementos de animales y compost, lo que puede llevar tiempo y esfuerzo.

El suelo arcilloso son frecuencias sufren de cambios de temperatura que afecta el desarrollo de las plantas. La sobre carga de materia orgánica en este suelo puede saturar la tierra a tal punto de limitar el acceso de oxígeno. Este último causa el retraso en la siembra durante la primavera limitando su capacidad de crecer mediante un daño a las raíces. La falta de oxígeno podría crear una corteza que bloquea el crecimiento de los brotes. Por lo tanto, es relevante aplicar técnicas de manejo que mejoren la calidad y faciliten el cultivo en los suelos arcillosos.

Gráfico 3: Suelo arcilloso



Fuente: SACSA (2023).

1.2.3.4. Suelo pedregoso

Según suelo Lifeder (2022) el suelo pedregoso, también conocido como suelo rocoso, se caracteriza por contener formaciones rocosas con incrustaciones de piedra, resultado del desdoblamiento de la superficie terrestre por causas naturales o mecánica; este tipo de suelo es semi-impermeable, lo que dificulta la entrada de agua, y su carencia de minerales y abono lo hace improductivo para la agricultura, aunque algunas plantas xerófilas pueden adaptarse a estas condiciones; de esta manera la formación rocosa presenta desafíos para su nivelación, ya que el tamaño y dureza de las piedras pueden requerir el uso de maquinaria pesada o herramientas manuales, lo que incrementa el costo y el esfuerzo necesario para trabajar en este tipo de terreno.

Gráfico 4: Suelo pedregoso



Fuente: Lifeder (2023)

1.2.3.5. Tierra negra

Según Portal frutícola (2020) la tierra negra, de color oscuro, se forma a partir de la descomposición de materia orgánica, como restos de animales y hojas, que se convierten en nutrientes esenciales para las plantas; sus propiedades son notables: mejora la textura del suelo, permitiendo la retención de agua y facilitando la circulación entre las raíces, lo cual es crucial para el crecimiento vegetal; además, fomenta un ambiente saludable para insectos beneficiosos y gusanos que contribuyen al flujo de aire y evitan la compactación del suelo; la tierra negra es rica en nutrientes, ya que ciertas bacterias fijan nitrógeno del aire, haciéndolo disponible para las plantas; su alta fertilidad la convierte en una opción ideal para el cultivo, y su capacidad para descomponer la superficie mejora el drenaje, incorporando propiedades de retención de agua en suelos arenosos.

Gráfico 6: Tierra negra



Fuente: Portal frutícola (2020)

1.2.4. Propiedades de los suelos

Estas son características que determinan su comportamiento y capacidad para sostener vida y cultivos; incluyen propiedades físicas como textura y porosidad, que afectan la retención de agua; químicas, como el pH y la capacidad de intercambio catiónico, que influyen en la disponibilidad de nutrientes; y biológicas, como la actividad microbiana y la materia orgánica, que mejoran la fertilidad; estas propiedades son clave para la agricultura y la gestión ambiental, impactando directamente en la salud del ecosistema.

1.2.4.1. Propiedades físicas

La propiedad física del suelo se refiere a características como la textura, estructura, densidad, porosidad y capacidad de retención de agua; estas propiedades determinan la fertilidad del suelo, su capacidad para almacenar nutrientes y agua, y su comportamiento frente a la erosión; son fundamentales para la agricultura y el ecosistema.

De acuerdo al Portal de Suelos de la FAO (2023) menciona estas propiedades físicas de los suelos:

- Estructura del suelo: La estructura del suelo se refiere a cómo se

organizan las partículas del suelo, como arena, limo y arcilla, formando agregados llamados peds; esta organización afecta varios procesos importantes, como la aireación, el movimiento del agua, la conducción térmica y el crecimiento de las raíces; una buena estructura del suelo permite una adecuada circulación de aire y agua, lo que es crucial para la salud de las plantas; además, una estructura adecuada mejora la resistencia a la erosión, protegiendo la capa superficial del suelo.

- Profundidad del suelo: La profundidad del suelo, o profundidad efectiva, se refiere a la extensión vertical del suelo donde se desarrollan las raíces y ocurren procesos biológicos; se considera que el solum incluye los horizontes A, E y B, mientras que el horizonte C, aunque menos desarrollado, también tiene importancia por su actividad biológica; en estudios de suelos, se utilizan límites de profundidad arbitrarios, generalmente de 200 cm, para facilitar la clasificación y el análisis de las características del suelo en diferentes contextos.

- Características del agua en el suelo: El agua en el suelo es un componente esencial que influye en su formación, estructura y estabilidad; el contenido de humedad es crucial para satisfacer la demanda hídrica de las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo; la capacidad del suelo para retener agua depende de su textura y estructura, lo que determina la disponibilidad de este recurso vital; además, el agua en el suelo juega un papel importante en los procesos de erosión y en la dinámica de nutrientes, siendo fundamental para la salud del ecosistema.

- Disponibilidad del agua del suelo: La disponibilidad de agua en el suelo se mide a través de la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP); la CC es la cantidad de agua que el suelo puede retener después de haber sido saturado y drenado, mientras que el PMP es el nivel crítico donde las plantas no pueden extraer más agua; la diferencia entre estos dos puntos define el agua disponible para el cultivo; esta disponibilidad se ve afectada por la textura del suelo, que influye en la retención y el drenaje del agua, afectando así el crecimiento

- Textura del suelo: se refiere a la proporción de partículas inorgánicas, como arena, limo y arcilla, que lo componen; esta característica es fundamental, ya que influye en la fertilidad del suelo, su capacidad para retener agua, la aireación y el drenaje; para clasificar la textura, se utiliza el triángulo de textura de la FAO, que ayuda a determinar las propiedades del suelo; una textura adecuada es esencial para el crecimiento de las plantas, ya que afecta la disponibilidad de nutrientes y la salud del ecosistema.
- Color del suelo: Varía según los minerales presentes en su materia orgánica, composición y propiedades; se puede identificar según el color del suelo proporcionando información de su clasificación.
- Consistencia del suelo: Se caracteriza según la fuerza que se mantienen unidos resistente a la deformación y ruptura del suelo este es un factor importante ya que ayuda a la identificación del suelo para la construcción ó agricultura. Esto se puede evaluar con las condiciones de humedad dura, muy dura y suave.
- Porosidad del suelo: Son pequeños espacios vacíos del suelo que están compuesto por un 50% de materiales sólidos y un 50% de espacios porosos; dentro de estos espacios, se distinguen macroporos y microporos, que permiten el ingreso de agua, aire y nutrientes derivados. Esto permite el drenaje y aireación generando un impacto directo de la producción agrícola y la estabilidad en las construcciones.
- Densidad del suelo: Nos indica el peso de la cantidad de suelo en un volumen determinado, existen dos tipos de densidad: La real y aparente. La densidad real permite conocer la composición mineralógica del suelo mientras que la densidad aparente indica el nivel de compactación del suelo de importancia ya que permite evaluarla aireación, infiltración del agua y el crecimiento de las raíces, plantas favorables para la vegetación.
- Movimiento del agua en el suelo: Es el proceso por el cual el agua es impulsada mediante fuerzas de la gravedad, presión y/o energía se desplaza de un lugar a otro. Este desplazamiento ya sea por la

naturaleza llegan a los poros del suelo llegando así a la Conductividad Hidráulica que se utiliza para medir la velocidad del flujo de agua en el suelo; comprendiendo el movimiento del agua en la gestión de recursos hídricos y asegurar el suministro adecuado a las plantas en diferentes condiciones ambientales.

Gráfico 5: Propiedades físicas del suelo



Fuente: Portal de Suelos de la FAO(2023)

1.2.4.2. Propiedades Mecánicas

Según SATHYABAMA (2015) menciona que las propiedades mecánicas del suelo son fundamentales en la ingeniería civil, especialmente en la construcción de estructuras como edificios, puentes y presas; estas propiedades determinan cómo se comporta el suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad; además, el análisis de estas propiedades permite identificar el tipo de suelo, lo que influye en el diseño de cimientos adecuados; la interacción entre el suelo y la estructura es crítica, ya que un mal entendimiento de estas características puede llevar a fallos estructurales; por lo tanto, realizar pruebas de laboratorio y estudios de campo es esencial para garantizar la seguridad y estabilidad de las construcciones.

Según SATHYABAMA (2015) comparte lo que corresponde a los componentes de las propiedades mecánicas del suelo los cuales son:

- **La permeabilidad:** La permeabilidad es una propiedad crucial del suelo que determina su capacidad para permitir el paso de agua; los suelos con alta permeabilidad, como las arenas y gravas, facilitan un drenaje rápido, lo que puede ser beneficioso en ciertas aplicaciones, como en la construcción de drenajes; en contraste, los suelos con baja permeabilidad, como los arcillosos, tienden a retener agua, lo que puede provocar problemas de estabilidad y aumentar el riesgo de asentamientos; comprender la permeabilidad es vital para el diseño de sistemas de gestión del agua en proyectos de ingeniería civil.
- **capacidad de oposición al deslizamiento:** Es una propiedad mecánica del suelo que describe su capacidad para resistir deformaciones o fallas bajo carga; se puede cuantificar mediante la ecuación de Mohr-Coulomb:

$$T_f = c + \sigma \tan(\phi)$$

donde c representa La unión del suelo, σ representa la carga normal ejercida y ϕ corresponde al ángulo de rozamiento interna; esta relación es fundamental para evaluar la estabilidad de taludes y cimientos; un adecuado análisis de la resistencia al corte permite a los ingenieros diseñar estructuras que puedan soportar las cargas esperadas sin comprometer su integridad.

1.2.4.3. Propiedades químicas

Según Portal de Suelos de la FAO (2020) Las propiedades químicas del suelo incluyen el pH, que determina la acidez; la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que indica la retención de nutrientes; y el contenido de materia orgánica, que mejora la estructura y retención de humedad; la salinidad y los nutrientes también son cruciales para la fertilidad.

- Capacidad de intercambio catiónico CIC: La CIC mide las cargas negativas en los minerales y materia orgánica del suelo, indicando cuántos cationes (Ca, Mg, Na, K, NH_4) puede retener; esto afecta la disponibilidad de nutrientes y el pH del suelo; un suelo con bajo CIC tiene poca capacidad para retener nutrientes, lo que generalmente indica una textura arenosa o escasa materia orgánica; se mide en centimoles de carga por kg de suelo (cmolc/kg) o meq/100g.

- El pH del suelo: El pH del suelo refleja la acidez o alcalinidad, determinando la adsorción de iones (H^+); es crucial para la disponibilidad de nutrientes, afectando su solubilidad y movilidad; los valores de pH oscilan entre 3.5 (muy ácido) y 9.5 (muy alcalino); suelos muy ácidos pueden tener altos niveles de aluminio y manganeso, mientras que suelos alcalinos pueden dispersarse; un pH ideal para cultivos es de 6.5, ya que favorece la actividad biológica.

- Porcentaje de saturación de base: El porcentaje de saturación de bases se refiere a la proporción de cationes básicos (Ca, Mg, K, Na) en relación con los cationes ácidos (H^+ , Al) en el suelo; un pH de 7 indica una saturación del 100%, lo que significa ausencia de iones de hidrógeno en los coloides; esta medida es relevante para calcular la cantidad de enmiendas necesarias para neutralizar suelos ácidos, y está directamente relacionada con el pH del suelo.

- Carbono orgánico del suelo: El carbono orgánico del suelo proviene de la vegetación que fija carbono mediante fotosíntesis; los

organismos del suelo descomponen esta materia, formando materia orgánica del suelo (MOS); el carbono se libera en forma de CO_2 o CH_4 .

Existen dos clases de MOS según sus propiedades y funciones o fracciones pueden ser lábiles y húmicas. Las fracciones lábiles son las que se descomponen rápidamente por los procesos microbiológicos donde se libera nutrientes. Por el contrario, las fracciones húmicas son más estables por lo que impiden la degradación del suelo por lo que mantiene su estabilidad en el tiempo. Es importante mencionar que ambos son relevantes ya que mantienen la salud y fertilidad de los suelos.

- **Nitrógeno del suelo:** El nitrógeno es esencial para la nutrición de las plantas y se asimila en formas cationicas (NH_4^+) o anionicas (NO_3^-); aunque está ampliamente distribuido, la mayoría del nitrógeno en el suelo es inorgánico y no está disponible de forma inmediata para las plantas; existen también formas gaseosas de nitrógeno que son difíciles de detectar; la disponibilidad de nitrógeno es crucial para el crecimiento vegetal y la fertilidad del suelo.
- **La alcalinización del suelo:** La alcalinización se define como el exceso de sodio intercambiable en el suelo, que reemplaza a otros cationes; este fenómeno es común en regiones áridas y semiáridas, donde los suelos suelen ser inestables y tienen propiedades físicas y químicas deficientes; la alcalinización puede causar impermeabilidad, reduciendo la infiltración y percolación del agua, lo que a su vez limita el crecimiento de las plantas y afecta la salud del ecosistema.

Gráfico 6: Propiedades mecánicas del suelo



1.2.5. Tipologías de suelos

FAO. (2024) menciona que las propiedades de los suelos son características que determinan su comportamiento y capacidad para sostener vida y cultivos. Incluyen propiedades físicas, como la textura y porosidad, que afectan la retención de agua; propiedades químicas, como el pH y la capacidad de intercambio catiónico, que influyen en la disponibilidad de nutrientes; y propiedades biológicas, como la actividad microbiana y la materia orgánica, que mejoran la fertilidad; estas propiedades son clave para la agricultura y la gestión ambiental, impactando directamente en la salud del ecosistema y su sostenibilidad.

- La Taxonomía de Suelos para la interpretación de inventario de suelos
- La Leyenda Revisada de la FAO para su distribución global y geográfica
- WRB para facilitar correlaciones entre diferentes sistemas de clasificación de suelos.

1.2.6. Método de evaluación de potencial de carga

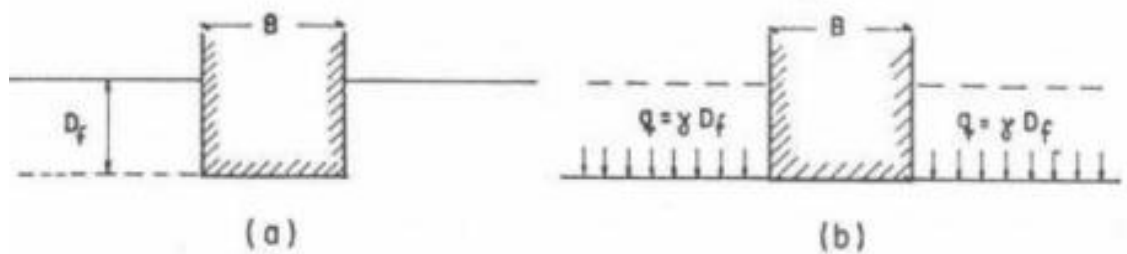
La evaluación del potencial de carga en terrenos es fundamental para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras; mediante métodos de campo, laboratorio y geofísicos, se determina la capacidad del suelo para soportar cargas; este proceso es crucial en el diseño de cimentaciones y en la planificación de proyectos de construcción.

1.2.6.1. Método de Terzaghi

Según José Mariátegui (2018) el planteamiento sobre la resistencia portante de Terzaghi es fundamental para el diseño de fundaciones poco profundas en suelos cohesivos y friccionantes; se aplica cuando el ancho del cimiento (B) es mayor o igual a la profundidad de desplante (D_f), en este enfoque, se desprecia la resistencia al esfuerzo cortante (τ) en la parte superior del terreno, considerando la sobrecarga (q) en su lugar; basándose en los estudios de Prandtl, Terzaghi desarrolló un

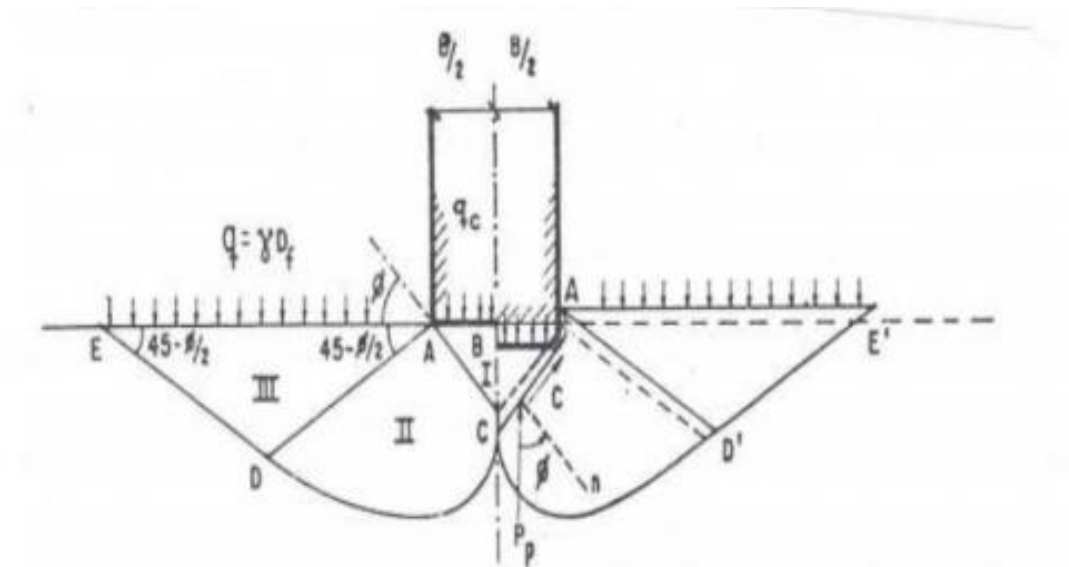
mecanismo de falla que incluye tres zonas: la zona I, que actúa como una cuña rígida; la zona II, donde ocurre deformación tangencial radial; y la zona III, que representa un estado plástico pasivo según Rankine, para que el cimiento penetre, debe superar las fuerzas de resistencia, como la cohesión en las superficies de contacto y la resistencia pasiva, que forman un ángulo φ en la falla incipiente; esta teoría es clave para asegurar la estabilidad de las estructuras.

Gráfico 7: Equivalencia del suelo sobre el nivel de desplante de un cimiento de una sobrecarga debido a su peso



Fuente: José Mariátegui. (2018)

Gráfico 8: Mecanismos de falla de un cimiento continuo poco profundo según Tersaghi



Fuente: José Mariátegui. (2018)

Gráfico 9: Factores de la capacidad de carga de Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993)

Fuente: José Mariátegui. (2018)

1.2.6.2. Método geofísico

Según Geoqualia (2023) los métodos geofísicos de exploración son técnicas no invasivas que permiten obtener información sobre las propiedades físicas del subsuelo sin necesidad de perforaciones; utilizan principios físicos como la conductividad eléctrica, la gravedad, el magnetismo y las ondas sísmicas para investigar la estructura y composición del terreno; a través de la medición de variaciones en parámetros físicos, estos métodos pueden revelar la presencia de recursos naturales, diferencias en la composición del suelo y anomalías que indican contaminación o riesgos geológicos; la información obtenida es esencial para diversas aplicaciones, como la localización de fuentes de agua subterránea, la identificación de terrenos aptos para construcción, el mapeo de yacimientos minerales y la evaluación de riesgos geológicos; en Geoqualia, se aplican diferentes métodos geofísicos, clasificados en cinco categorías, cada una con características y aplicaciones específicas para satisfacer diversas necesidades de exploración y prospección.

Según Geoqualia (2023) los métodos geofísicos de exploración son técnicas no invasivas que permiten obtener información sobre las propiedades físicas del subsuelo sin necesidad de perforaciones; utilizan principios físicos como la conductividad eléctrica, la gravedad, el magnetismo y las ondas sísmicas para investigar la estructura y composición del terreno; a través de la medición de variaciones en parámetros físicos, estos métodos pueden revelar la presencia de recursos naturales, diferencias en la composición del suelo y anomalías que indican contaminación o riesgos geológicos; la información obtenida es esencial para diversas aplicaciones, como la localización de fuentes de agua subterránea, la identificación de terrenos aptos para construcción, el mapeo de yacimientos minerales y la evaluación de riesgos geológicos; en Geoqualia, se aplican diferentes métodos geofísicos, clasificados en cinco categorías, cada una con características y aplicaciones específicas para satisfacer diversas necesidades de exploración y prospección.

Gráfico 10: Método geofísico



Fuente: Según Geoqualia (2023).

Según Geoqualia (2023) presenta algunas aplicaciones donde se usa el método geofísico

- **Geoelectrónicos:** Estos procedimientos se enfocan en la evaluación de la capacidad conductiva del terreno subterráneo, lo que

permite obtener información valiosa sobre sus características; son particularmente eficaces en la búsqueda de agua subterránea, la identificación de cavernas y la delimitación de áreas contaminadas; la técnica de resistividad eléctrica, por ejemplo, facilita la identificación de zonas con distintos niveles de conductividad, lo que puede señalar la presencia de acuíferos o contaminantes; además, estos métodos son útiles en estudios ambientales para evaluar la extensión de la contaminación y en la planificación de proyectos de construcción, donde es crucial conocer las condiciones del subsuelo.

- **Gravimétricos:** Tratan en la medición de las variaciones en la aceleración gravitatoria, que son causadas por diferencias en la densidad del subsuelo; son muy utilizados en la industria petrolera para la detección de cuerpos salinos y en la minería para localizar cavernas y vetas minerales; la gravimetría puede ayudar a identificar estructuras geológicas que podrían contener recursos valiosos, así como a evaluar la estabilidad del terreno en proyectos de construcción; además, su aplicación en estudios geológicos permite una mejor comprensión de la evolución de la corteza terrestre.

- **Magneto métricos:** Estos métodos se especializan en detectar cambios en la intensidad del campo magnético terrestre, los cuales pueden estar relacionados con la presencia de cuerpos rocosos; son especialmente útiles en la industria minera para la identificación de grandes cuerpos minerales y cambios litológicos relevantes; la magnetometría también puede contribuir a la exploración geológica al proporcionar información sobre la distribución y orientación de las formaciones rocosas; además, se utilizan en estudios arqueológicos para localizar estructuras enterradas y en investigaciones geofísicas para comprender mejor la historia geológica de una región.

- **Electromagnéticos:** Similar a los métodos geo eléctricos, estos enfoques se basan en los contrastes de conductividad del subsuelo; son efectivos para detectar cuerpos minerales, cavernas y túneles, y pueden incluso ser utilizados en la búsqueda de tesoros a profundidades

relativamente someras; los métodos electromagnéticos permiten una exploración rápida y no invasiva, lo que los hace ideales para estudios preliminares en áreas con potencial mineral; además, su aplicación en la evaluación de recursos hídricos subterráneos es valiosa, ya que ayuda a identificar zonas con alta conductividad que podrían indicar la presencia de agua.

- **Sísmicos:** su fundamento es en el análisis de las ondas sísmicas generadas, ya sea de forma artificial o natural; son esenciales en la geotecnia para evaluar la calidad del suelo y tienen un papel destacado en la industria petrolera para la detección de trampas de hidrocarburos; el análisis sísmico permite obtener un perfil detallado del subsuelo, lo que es crucial para la planificación de proyectos de construcción y la evaluación de riesgos geológicos; además, estos métodos son utilizados en estudios de investigación para entender mejor los procesos tectónicos y la dinámica de la Tierra

1.2.6.3. Método empírico

Según Pachano, K. (2021) el método empírico es un enfoque de investigación que busca obtener conocimiento a partir de la observación de la realidad, fundamentándose en la experiencia directa; este método se caracteriza por varios elementos clave: el objeto de estudio, que es la realidad sensible que puede ser observada, medida y verificada; la formulación de hipótesis, que son suposiciones sobre las relaciones entre el objeto de estudio y aspectos de interés; y la verificación de estas hipótesis mediante técnicas diversas, incluida la experimentación; a diferencia de los métodos de las ciencias formales, que se basan en la abstracción y el razonamiento lógico, el método empírico se centra en la observación y la experiencia; es utilizado en las llamadas ciencias fácticas, que incluyen tanto las ciencias naturales (como la química, la biología y la física) como las ciencias sociales (como la economía, la sociología y la antropología); los pasos básicos del método empírico incluyen la observación del objeto de estudio, la formulación de hipótesis, la verificación de estas mediante experimentación, la formulación de

leyes o reglas generales y la construcción de teorías que pueden corregir o ampliar el conocimiento existente; este enfoque permite una comprensión más profunda de los fenómenos estudiados.

1.2.7. Evaluación de riesgos geotécnicos

EGC Consulting (2019) menciona el análisis de riesgos geotécnicos es un proceso crucial en la ingeniería civil, que se centra en la identificación, evaluación y mitigación de peligros relacionados con las condiciones del terreno que pueden afectar la estabilidad de las estructuras; este análisis comienza con la evaluación de las características geotécnicas del suelo, incluyendo su composición, resistencia y permeabilidad, posteriormente, se caracterizan eventos geotécnicos potenciales, como deslizamientos de tierra y asentamientos, analizando su magnitud y frecuencia; la evaluación de la probabilidad de ocurrencia y el impacto potencial de estos eventos permite clasificar los riesgos y priorizar las medidas de mitigación, asegurando así un enfoque proactivo para prevenir daños.

Según EGC Consulting (2019) una vez identificados y evaluados los riesgos, se implementan diversas estrategias de mitigación, como el diseño de estructuras de contención y el mejoramiento del suelo, que buscan estabilizar el terreno y aumentar su resistencia; además, el control del agua a través de sistemas de drenaje y el monitoreo constante de las condiciones geotécnicas son fundamentales para detectar cambios críticos; la importancia de este análisis radica en su capacidad para anticipar y prevenir peligros, lo que resulta en proyectos de construcción más seguros y eficientes, minimizando costos y tiempos de ejecución.

1.2.8. Pruebas de campo

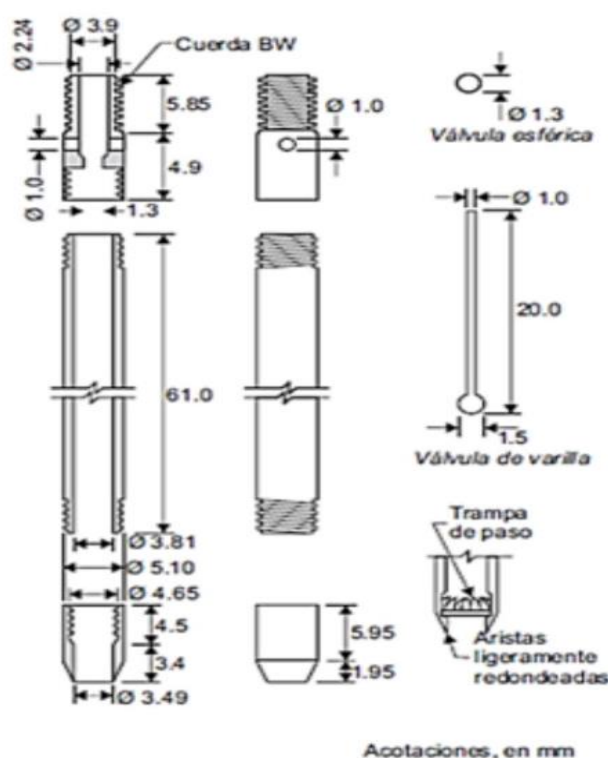
Las pruebas de campo son ensayos realizados en condiciones naturales para evaluar el rendimiento de productos, tecnologías o métodos; estas pruebas permiten obtener datos reales y relevantes que no se pueden replicar en un laboratorio; se utilizan en diversas disciplinas, como la agricultura, la ingeniería y la biología, proporcionando información valiosa sobre la efectividad y la viabilidad de las soluciones propuestas

en entornos reales; su importancia radica en la toma de decisiones informadas.

1.2.8.1. Prueba de penetración estándar (SPT)

Según Sísmica de Suelos (2020) el Sondeo de Penetración Estándar (SPT) es una técnica utilizada para obtener muestras de suelo alteradas, facilitando la identificación de tipos de suelo y la definición de estratigrafía, así como la determinación de propiedades índice en laboratorio, como el contenido de humedad y los límites de consistencia; consiste en un tubo de acero con una zapata afilada, y su resistencia al corte se estima a partir del número de golpes necesarios para hincarlo; se emplea una columna de barras de acero BW, un martinete de 63.5 kg que cae desde 76 cm, y un malacate para levantar el martinete; durante el sondeo, se hinca el penetrómetro 60 cm, registrando golpes cada 15 cm; si se alcanzan 50 golpes sin avanzar, la prueba se detiene para evitar la alteración del suelo, siendo esencial para la caracterización geotécnica del terreno.

Gráfico 13: Dimensiones del penetrómetro utilizado para el sondeo SPT.



Fuente: Sísmica de Suelos (2020)

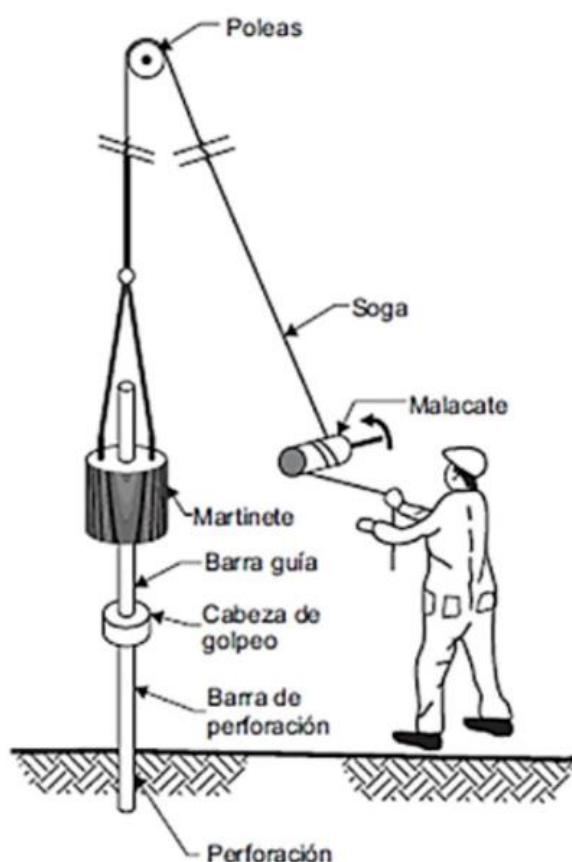
Sísmica de Suelos (2020) menciona o enseña los procedimientos que se realiza en esta prueba de campo:

- Se hace un chequeo general de los niveles del motor de la perforadora. Esta actividad ha de realizarse diariamente al inicio de cada jornada.
- Se ubica con exactitud el punto a perforar.
- Se posiciona la perforadora, manejando el camión, de modo que el brequero en su movimiento vertical coincida con el punto a perforar.
- Con los gatos laterales, se nivela la plataforma de la perforadora. Para ello, el operador debe guiarse con los niveles que están acoplados a la consola de operaciones.
- Se levanta la torre de la perforadora con los controles ubicados en la consola de operaciones.
- Se posiciona el cárcamo para la circulación del fluido de perforación, y se prepara lodo bentonítico (mezcla de agua y bentonita).
- Se acopla manualmente el tubo partido a la cuerda del martinete.
- Se levanta el martinete con el malacate y la soga, y se ubica el tubo partido sobre el punto a perforar.
- Se aplican golpes con el martinete sobre el tupo partido, igualmente levantándolo con el cable manila, hasta que haya penetrado 60 centímetros. La operación debe detenerse si para un tramo de 15 centímetros se requieren más de 50 golpes, extrayendo la muestra que hasta ese punto haya recuperado el tubo partido.
- Se retira el tubo partido del barreno y se desacopla manualmente del martinete, o en caso de ser necesario, utilizando llaves stillson. El tubo se entrega al supervisor para que este extraiga, embolse y clasifique la muestra.
- Se lava con broca tricónica de 2 15/16" hasta la profundidad del terreno natural, para eliminar azolve. Para ello, la mencionada broca se debe colocar en la parte inferior de la columna de barras de acero, la

cual se debe acoplar al broquero. Si es necesario se deben acoplar varias barras, siempre sosteniendo las inferiores con llave stillson, y ajustando la parte superior con el torque del broquero. También se debe hacer circular lodo bentonítico con el empuje de la Bomba hidráulica dispuesta para tal fin.

- Se retira la broca del barreno, desacoplando con llave stillson la columna de barras. Dicha columna de barras se levanta con un elevador deslizable atado a un cable de acero.
- Se acopla manualmente el tubo partido a la columna de barras y se introduce con la ayuda del elevador deslizable y llaves stillson en el barreno.
- Se repite el procedimiento de golpeteo con el martinete y extracción de la muestra, en todas las profundidades a estudiar, esto hasta que el sondeo se dé por terminado.
- El lodo de perforación debe sustituirse cuando se torna muy espeso o tiene alto contenido de arena, o si este se pierde por fracturas en el barreno. Lo anterior queda a juicio del operador

Gráfico 11: Esquematización general del Sondeo de Penetración Estándar



Fuente: Sísmica de Suelos (2020)

1.2.8.2. Prueba de laboratorio

Ensayo uniaxial

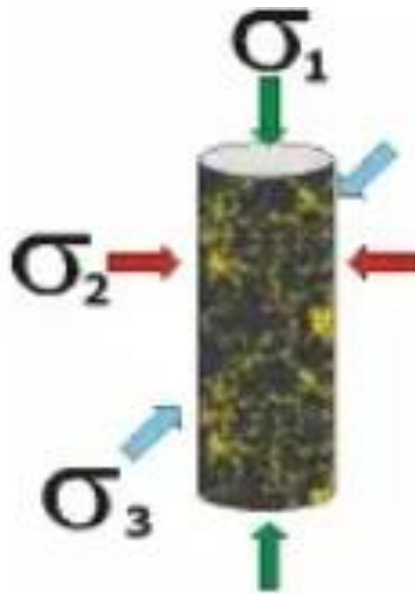
Según Benito. B. (2021) el ensayo de resistencia uniaxial no confinada de la roca, también conocido como resistencia a la compresión simple (σ_c), es un procedimiento fundamental para clasificar rocas según su resistencia mecánica. En este ensayo, se aplica una fuerza axial gradual a un cilindro de roca hasta que se produce su rotura. Las condiciones del ensayo son estrictas: la relación entre la longitud y el ancho de la probeta debe ser de 2.5 a 3.0:1, los extremos deben ser paralelos y pulidos, y el ancho de la muestra debe ser más de 10 veces el tamaño medio del grano; durante el ensayo, se registran los esfuerzos aplicados, donde σ_1 representa el esfuerzo axial aplicado, y σ_2 y σ_3 son iguales a cero, indicando que no hay esfuerzos laterales en la muestra; los datos

obtenidos permiten calcular σ_c , que es crucial para evaluar la capacidad de carga de las rocas en aplicaciones geotécnicas; este ensayo proporciona información valiosa para ingenieros y geólogos, ayudando en la selección de componentes apropiados y en la planificación de construcciones que interactúan con el terreno.

Ensayo triaxial

Benito. B. (2021) menciona que el ensayo de compresión triaxial es fundamental para evaluar el comportamiento mecánico de las rocas bajo condiciones de esfuerzos confinantes, simulando las condiciones in situ; este procedimiento implica la aplicación de presión hidráulica uniforme alrededor de una probeta cilíndrica, permitiendo determinar la envolvente de resistencia del material rocoso; a partir de esta envolvente, se pueden calcular dos parámetros críticos: la cohesión (c) y el ángulo de fricción (ϕ). En este ensayo, la relación entre los esfuerzos aplicados se establece como $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$, donde σ_1 es el esfuerzo axial, mientras que σ_2 y σ_3 representan los esfuerzos laterales que son iguales y no nulos; para garantizar la validez del ensayo, se deben cumplir ciertas condiciones: la relación longitud/ancho de la probeta debe ser de 2.0 a 2.5:1, los extremos deben ser paralelos y pulidos, y el ancho de la muestra debe ser más de 10 veces el tamaño medio del grano; los datos obtenidos permiten aplicar el criterio de falla de Mohr-Coulomb, facilitando así la obtención del ángulo de fricción y la cohesión de la roca intacta, información esencial para el diseño y análisis geotécnico.

Gráfico 12: Fuerzas compresivas en los tubos para ensayos uniaxiales y triaxiales.



Fuente: Benito. B. (2021)

1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS

Las aclaraciones de nociones esenciales en este análisis pertenecen a un repertorio de los términos clave implicados en las variables del estudio; estos conceptos elementales han sido escogidos con la finalidad de simplificar el entendimiento del lenguaje utilizado, no solo para esta investigación, sino también para que otros estudiosos, según su especialidad, puedan profundizar de forma más clara y exacta en la temática propuesta.

1.3.1. Potencial de carga

El potencial de carga se refiere a la capacidad del suelo para soportar cargas aplicadas sin sufrir fallas estructurales; este concepto es crucial en ingeniería civil, ya que determina la viabilidad de construir estructuras sobre diferentes tipos de suelo, asegurando la estabilidad y seguridad de las edificaciones.

1.3.2. Terreno base

Son las formaciones geológicas que sirven como soporte para edificaciones; su composición y características influyen en la estabilidad de las estructuras; evaluar adecuadamente estos suelos es esencial

para diseñar cimentaciones efectivas, garantizando que las cargas de las edificaciones se distribuyan de manera segura.

1.3.3. Tipo de suelo

Existen varios tipos de suelos según su estructura o características físicas, entre ellas están las arenosas, arcillosas y limosas. Cada una de estas tiene propiedades y cualidades diferentes entre ellas su permeabilidad. Este último, es sumamente relevante para el rubro de la construcción junto con su capacidad de carga.

1.3.4. Propiedades físicas del suelo

Es muy importante conocerlo ya que mediante su textura, porosidad y densidad nos permite conocer la reacción del suelo frente al agua. Conocer estas propiedades físicas nos ayuda a analizar la estabilidad del terreno y la capacidad de soportar carga. Esta información en el rubro de la construcción nos permite aplicar las estrategias adecuadas por cada tipo de suelo.

1.3.5. Propiedades mecánicas del suelo

Es la capacidad que tiene el suelo para soportar cargas durante la edificación de obras. Las propiedades mecánicas básicas para la elaboración del cimiento y estructura son la resistencia, deformación y compresión.

1.3.6. Propiedades químicas del suelo

Estas propiedades son relevantes en el rubro de la construcción porque influyen en la estabilidad de los suelos. Además, ayuda a conocer la capacidad de soportar carga que tiene el terreno. Dentro de las propiedades químicas básicas a conocer son tipos de nutrientes, pH e intercambio catiónico.

1.3.7. Sondeo de penetración estándar (SPT)

Un método utilizado para medir la resistencia del suelo mediante un tubo de muestreo; se inserta el tubo en el suelo y se mide la cantidad de golpes necesarios para penetrar a una profundidad específica; este

ensayo proporciona información valiosa sobre la capacidad de carga del terreno.

1.3.8. Ensayo uniaxial

Es la prueba que determina la resistencia de la compresión simple de una roca o suelo. Esta prueba consiste en aplicar una fuerza o carga a una columna o viga hasta que falle. Con esta prueba evaluamos tanto las propiedades mecánicas del suelo como su capacidad de carga.

1.3.9. Asentamiento

Es la deformación de un terreno de forma vertical de forma inmediata o a largo plazo debido a una carga. Esta deformación afecta la estabilidad de la construcción por lo que es indispensable realizar este análisis para la elaboración de cimentaciones. Todo esto nos ayudará a prevenir daños mayores y asegurar la obra a largo plazo.

1.3.10. Cimentación

Es la parte de la estructura que recibe todo el peso de la obra, ésta se encuentra en contacto directo con el suelo. Para poder diseñarlo se debe conocer previamente las propiedades del suelo y el peso que soportará. Con una correcta cimentación aseguramos la estabilidad del edificio a largo plazo.

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Identificamos que existe un gran problema de desarrollo urbano acelerado dentro de las áreas geográficas de la ciudad de Rioja, región San Martín. Este crecimiento urbano descontrolado ha causado la construcción de muchos edificios sin supervisión estructural y por ende con muchas fallas. Este problema es muy frecuente en los asentamientos, con construcciones prematuras con paredes agrietadas y cimientos deformados. Esto podría deberse a que no están considerando características relevantes en el rubro de la construcción como tipo de suelo, impermeabilidad, soporte de carga, clima, etc. Ignorar toda esta información aumenta el riesgo en la inestabilidad de la obra especialmente en la temporada de lluvias o durante un terremoto. Todos estos aspectos deben ser considerados dentro de un diagnóstico previo a la construcción para garantizar la preservación de la obra en el tiempo. Por lo tanto, es de suma relevancia realizar estudios previos para conocer las propiedades del suelo y su capacidad de soporte de carga. Esto con la finalidad de brindar una obra estable estructuralmente, y así reducir los daños a futuro.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema General

¿Cuál es su potencial de carga de los terrenos de base en la zona urbana de Rioja, Provincia Rioja, Región San Martín, ¿considerando que esta evaluación influye en la planificación y construcción de infraestructuras seguras y sostenibles en la región?

2.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo se puede determinar la capacidad de carga de los terrenos de base en la zona urbana de Rioja mediante estudios geotécnicos?
- ¿Qué impacto tiene la capacidad de carga en la planificación de proyectos de infraestructura en la región de Rioja?
- ¿Cuáles son los riesgos asociados a una evaluación inadecuada de la capacidad de carga en la construcción de edificaciones?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo General

Evaluar el potencial de carga de la tierra básica en el área de la ciudad de Rioja, provincia de Rioja, región de San Martín para informar sobre la planificación y construcción de infraestructura segura y sostenible en la región.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la capacidad de carga de los terrenos de base en la zona urbana de Rioja mediante estudios geotécnicos.
- Analizar el impacto de la capacidad de carga en la planificación de proyectos de infraestructura en la zona urbana de Rioja.
- Identificar los riesgos asociados a una evaluación inadecuada de la capacidad de carga en la construcción de edificaciones.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis General

La evaluación del potencial de carga de los terrenos de base en la zona urbana de rioja va a permitir, identificar las capacidades del suelo, lo que facilitará la planificación y construcción de infraestructuras seguras y sostenibles, reduciendo así los riesgos asociados a edificaciones inadecuadas.

2.4.2. Hipótesis Específicas

La capacidad de carga de la zona urbana de Rioja se determina con estudios geotécnicos, como ensayos de penetración estándar (SPT) y análisis de propiedades físico-mecánicas del suelo.

La capacidad de carga de los estudios geotécnicos influyen en la planificación y diseño estructural de las construcción en Rioja.

Mala evaluación de capacidad de cargas de las obras en la zona urbana de Rioja aumenta los riesgos de asentamientos, fallas estructurales y eleva los costos de construcción.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Identificación de Variables

Para realizar este estudio se identificaron y definieron las variables dependientes e independientes:

a). Variables Dependientes:

- VD 1: Evaluación del Potencial de Carga en Terrenos de Base

b). Variable Independiente:

- VI 1: Características del suelo en la zona urbana de Rioja

2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables

Las definiciones de conceptos son definiciones nominales y descriptivas de variables; la definición operativa es el proceso de transformar variables de conceptos abstractos en conceptos concretos, observables y mensurables.

Tabla 1

Definición Conceptual y Operacional de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Variables Dependientes	<u>VD 1: Evaluación del potencial de carga en terrenos</u> Consiste en establecer las características del suelo para soportar cargas estructurales. Esto garantiza la estabilidad y seguridad de las obras	<u>VD 1: Evaluación del potencial de carga en terreno</u> Consiste en aplicar estudios geotécnicos, como ensayos de penetración estándar (SPT), análisis granulométrico, etc. Todo para conocer la capacidad de resistencia del suelo
Variable Independiente	<u>VI: Características del suelo en la zona urbana de rioja</u> Son las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo frente a cargas y esfuerzos para soportar estructuras.	<u>VI: Características del suelo en la zona urbana de rioja</u> Examen de las propiedades del terreno mediante el análisis geotécnico, que va desde granulometría, adherencia, inclinación de fricción y peso específico. Todo esto establece el potencial de soporte.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.5.3. Operacionalización de las Variables.

La operacionalización de variables es el proceso mediante el cual se definen y desglosan las variables de una investigación para poder medirlas de manera clara y precisa; básicamente, consiste en identificar sus componentes o características específicas y establecer cómo se van a evaluar en el estudio, utilizando técnicas y métodos adecuados; esto permite transformar conceptos abstractos en datos concretos y medibles:

Tabla 2

Operacionalización de Variable

Denominación	Definición	Dimensión	Indicador	Escala
Variables Dependiente	<u>VD 1: Evaluación del Potencial de Carga en Terrenos de Base</u> Son los procedimientos para definir el potencial del suelo para soportar cargas estructurales que garanticen su estabilidad.	- Resistencia y capacidad portante del suelo.	- Capacidad de carga (kPa), profundidad de cimentación (m), e índice de compresión. - Variación y Eficiencia de contrato.	Ordinal
Variable Independiente	<u>VI: Características del suelo en la zona urbana de Rioja.</u> Son las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo frente a cargas y esfuerzos que influyendo en su capacidad de soportar estructuras.	- Propiedades físicas y mecánicas	- Granulometría. -Densidad (g/cm³). -Cohesión (kPa). - Ángulo de fricción interna (°).	Ordinal

Fuente: Elaboración propia, 2024.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo y diseño de la investigación es el conjunto de herramientas y técnicas que utiliza el investigador para llevar a cabo el estudio planteado; es decir, que se trata de un plan estructurado diseñado para lograr el objetivo de la investigación:

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación será aplicada; este tipo se selecciona porque se busca resolver un problema específico y práctico relacionado con la determinación de la capacidad portante del terreno en una zona específica de Rioja; además, este tipo de estudio ejerce una influencia inmediata sobre las determinaciones que se harán en relación al diseño de cimentaciones.

3.1.1. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación será de tipo cuasi-experimental; esto se debe a que se llevará a cabo un análisis basado en pruebas y estudios de suelos en campo y laboratorio, con el fin de determinar las características del terreno que influyen en su capacidad portante; no se trata de una investigación completamente experimental, ya que no se manipulan variables en un ambiente controlado, pero se realizarán ensayos y pruebas directas en la zona de estudio.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población estará constituida por los terrenos ubicados en la zona urbana del distrito de Rioja, específicamente aquellos destinados a futuros proyectos de construcción. Todos los terrenos dentro del área delimitada constituyen la población objetivo para el estudio. (Tamayo, 2014).

3.2.2. Muestra

La muestra será no probabilística y estará conformada por un número determinado de terrenos seleccionados en puntos estratégicos dentro de la

zona urbana de Rioja, en función de la representatividad del tipo de suelo y de las características geotécnicas; de esta manera vamos a definir la muestra, se seleccionarán aquellos terrenos que presenten condiciones típicas de la zona en términos de geología y nivel freático.

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación cualitativa se centra en comprender fenómenos en profundidad, más que en medir variables de manera cuantitativa; este enfoque es flexible y adaptativo, permitiendo que el análisis evolucione a medida que se recopilan y analizan datos; el proceso es iterativo, lo que significa que los investigadores pueden revisar y ajustar las etapas del estudio según sea necesario, incorporando nueva información para enriquecer la investigación y responder a las preguntas planteadas (ATLAS.ti, 2023).

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

Pruebas de campo: Se va a emplear técnicas como el ensayo de penetración estándar (SPT), ensayos de carga de placa y estudios geofísicos que permitan caracterizar las propiedades del suelo in situ.

Pruebas de laboratorio: Aplicamos diferentes análisis al suelo, como granulometría, límites de Atterberg, ensayos de compresión no confinada, y análisis de tanto de densidad como humedad.

3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

- Equipos de perforación y muestreo para la extracción de muestras de suelo.
- Equipos de ensayo de penetración estándar (SPT).
- Equipos para pruebas de carga de placa.
- Herramientas de análisis de suelos en laboratorio como tamices, balanzas, equipos para pruebas de límites de Atterberg, entre otros.

Procedimientos de Recolección de Datos

1. Selección de puntos de muestreo: Se identifican los puntos estratégicos en la zona urbana de Rioja para llevar a cabo las pruebas.
2. Muestreo en campo: Se realizan perforaciones y ensayos de penetración estándar (SPT) para obtener muestras de suelo representativas y determinar su resistencia.
3. Análisis en laboratorio: Se analizan las muestras extraídas para determinar características como granulometría, humedad, densidad y capacidad de carga.
4. Interpretación de datos: Se comparan los resultados obtenidos en las pruebas de campo y laboratorio con normas y estándares técnicos para determinar la capacidad portante

3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos

En el presente estudio de investigación se implementó el siguiente procedimiento para el procesamiento y análisis de datos:

Procesamiento de los Datos: Los datos obtenidos en campo y laboratorio serán procesados utilizando herramientas de software geotécnico, como GEO5 o PLAXIS, para modelar y calcular la capacidad portante del terreno de fundación en las condiciones locales de Rioja; se realizarán también cálculos manuales según los métodos de Terzaghi, Meyerhof, y otros estándares reconocidos en geotecnia.

Análisis de los Datos: Se va a proceder a analizar los datos obtenidos para evaluar la resistencia y estabilidad del terreno, determinando la capacidad portante en diferentes puntos de la zona de estudio; se identificarán los factores que influyen en dicha capacidad, como el tipo de suelo, la profundidad del nivel freático, y las características geotécnicas.

Interpretación de los Datos: A partir del análisis, se establecerán las recomendaciones para los diseños de cimentación en la zona urbana de

Rioja, evaluando si el terreno puede soportar las cargas propuestas para los futuros proyectos de construcción; se identificarán áreas con menor capacidad portante y se propondrán alternativas de mejora del terreno o restricciones de uso.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Calicatas

Como gran parte del programa de exploración de suelos en la zona urbana de Rioja, se realizaron un total de 8 calicatas manualmente, excavadas a cielo abierto y distribuidas estratégicamente en el área de estudio; estas se identificaron con la nomenclatura C-1, C-2... C-8, alcanzando una profundidad de 3 m cada una.

4.1.2. Ensayo de penetración estándar (SPT)

Se llevaron a cabo 8 ensayos SPT, alcanzando una profundidad de 10 m en cada punto; el procedimiento se basó en la norma ASTM D-1586, utilizando un muestreador de caña partida con un diámetro externo de 51 mm e interno de 35 mm; la penetración fue lograda mediante un martillo de 63.5 kg que cae libremente desde una altura de 760 mm; los valores obtenidos fueron utilizados para determinar las propiedades mecánicas y clasificar los suelos.

Tabla 3

Clasificación vehicular de IMD

PUNTO	NORTE	ESTE	Profundidad	OBSERVACION
1	9206831	776242	3	Zona residencial
2	9206914	776426	3	Próxima construcción
3	9206870	776408	3	Área comercial
4	9206860	776463	3	Suelo estabilizado
5	9206753	776655	3	Cerca a zonas erosionadas
6	9207037	776583	3	Zona de expansión urbana

7	9207080	776632	3	Infraestructura dañada
8	9207135	776625	3	Futuro proyecto vial

4.2. Ensayos de laboratorio

Los análisis realizados en laboratorio a las muestras obtenidas durante la ejecución de las calicatas y los ensayos de penetración estándar (SPT) incluyeron la determinación de la granulometría, los límites de consistencia (líquido, plástico e índice de plasticidad) y la humedad natural; para llevar a cabo estas pruebas, se utilizaron procedimientos estandarizados según las normas de la American Standard of Testing Materials (ASTM). Cabe destacar que no se detectó la presencia de nivel freático en ninguna de las excavaciones realizadas como parte de los trabajos de campo.

- Granulometría: ASTM D422
- Límite Líquido y Plástico: ASTM D423 y ASTM D424
- Humedad Natural: ASTM D2216
- Clasificación de Suelos: ASTM D2487
- Ensayo de Corte Directo: ASTM D3080

4.2.1. Clasificación de suelos

Las muestras analizadas en laboratorio fueron clasificadas según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la norma AASHTO (ver Anexo 1). Las características de las calicatas C1, C2... C8 corresponden a arcillas de plasticidad media a alta, con un índice de plasticidad que varía entre 14,75 % y 19,92 %, y un contenido de humedad que oscila entre 14,9 % y 20,75 %, tal como se detalla en la tabla siguiente.

Gráfico 16: clasificación de suelos

CALICATA N°	C – 1	C – 2	C – 3	C – 4
Muestras	M – 1	M – 1	M – 1	M – 1
Profundidad (m)	00-3,00	00-3,00	00-3,00	00-3,00
% pasa Tamiz N° 3/8"	100	100	100	100
% pasa Tamiz N° 4	99,00	99,99	100	99,6
% pasa Tamiz N° 10	97,7	99,0	100	98,8
% pasa Tamiz N° 40	90,8	92,9	88,8	92,1
% pasa Tamiz N° 100	67,6	64,6	72,4	71,5
% pasa Tamiz N° 200	62,6	60	65,1	63,3
Límite Líquido.	40,47	35,82	37,16	38,92
Límite Plástico.	24,52	19,45	22,31	22,19
Índice de Plasticidad	15,75	16,37	14,85	16,73
Clasificación SUCS.	CL	CL	CL	CL
Clasificación AASTHO	A-7-6(8)	A-6(7)	A-6(8)	A-6(9)
CONTENIDO HUMEDAD	17,18	16,47	20,75	17,76

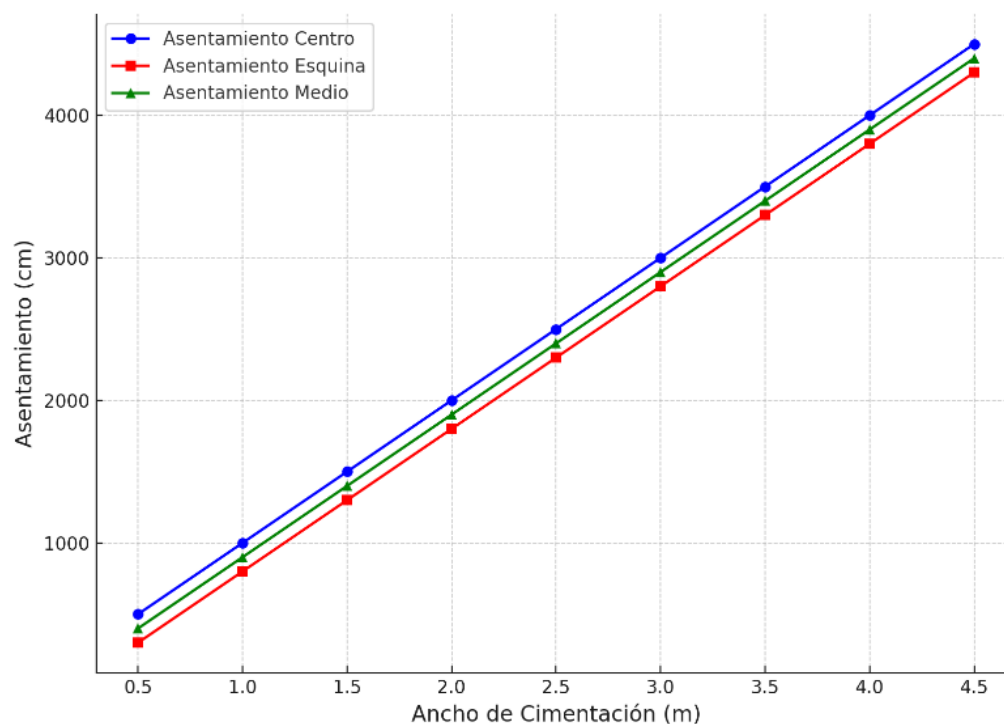
CALICATA N°	C – 5	C – 6	C – 7	C – 8
Muestras	M – 1	M – 1	M – 1	M – 1
Profundidad (m)	00-3,00	00-3,00	00-3,00	00-3,00
% pasa Tamiz N° 3/8"	100	100	100	100
% pasa Tamiz N° 4	99,5	99,1	100	99,7
% pasa Tamiz N° 10	96,8	98,5	99,3	98,2
% pasa Tamiz N° 40	86,7	90,6	91,2	92,4
% pasa Tamiz N° 100	72,8	67	63,5	73,2
% pasa Tamiz N° 200	66,1	53,4	54,7	65,8
Límite Líquido.	45,33	33,78	33,48	35,15
Límite Plástico.	25,42	18,48	17,45	20,41
Índice de Plasticidad	19,91	15,30	16,02	14,74
Clasificación SUCS.	CL	CL	CL	CL
Clasificación AASTHO	A-7,6(12)	A-6(5)	A-6(6)	A-6(8)
CONTENIDO HUMEDAD	18,42	14,39	17,78	15,07

Los resultados de la Carga Admisible, obtenidos a partir de los ensayos de penetración estándar (SPT1 - SPT8), se presentan en el (Anexo 2.)

En el grafico 17 se mostrará los asentamientos inmediatos de STP 2, se realizó la comparación de la carga admisible a profundidades de 1,226 a 10,226 m de las ecuaciones de los diferentes investigadores como:

- Terzaghi y Peck (1948): Variación de 1,10 a 3,20 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Variación de 1,50 a 4,50 kg/cm².
- Parry: Variación de 2,50 a 6,00 kg/cm².

Gráfico 17: Asentamiento STP1

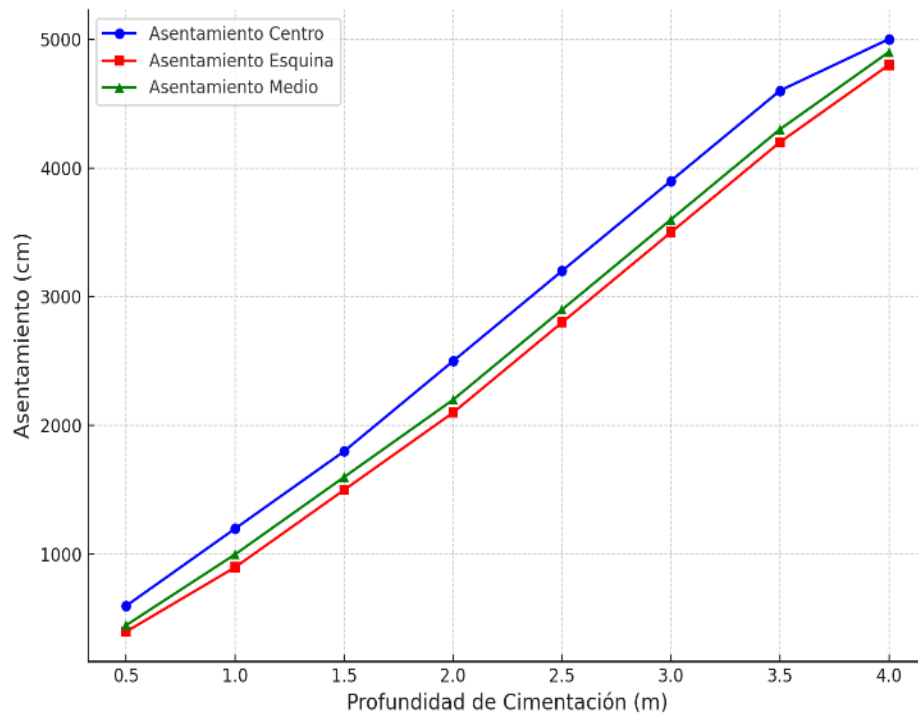


En el grafico 18 se representan los desplazamientos inmediatos del SPT 2. Se realizó la comparación de la carga admisible a profundidades de 1,226 a 10,226 m de las ecuaciones de los diferentes investigadores:

- Terzaghi y Peck (1948): Su variación se da entre 0.73 y 2.75 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Su variación se da entre 1.02 y 3.87 kg/cm².
- Terzaghi: Su variación se da entre 0.72 y 2.78 kg/cm².

- Parry: Su variación se da entre 1.81 y 6.89 kg/cm².

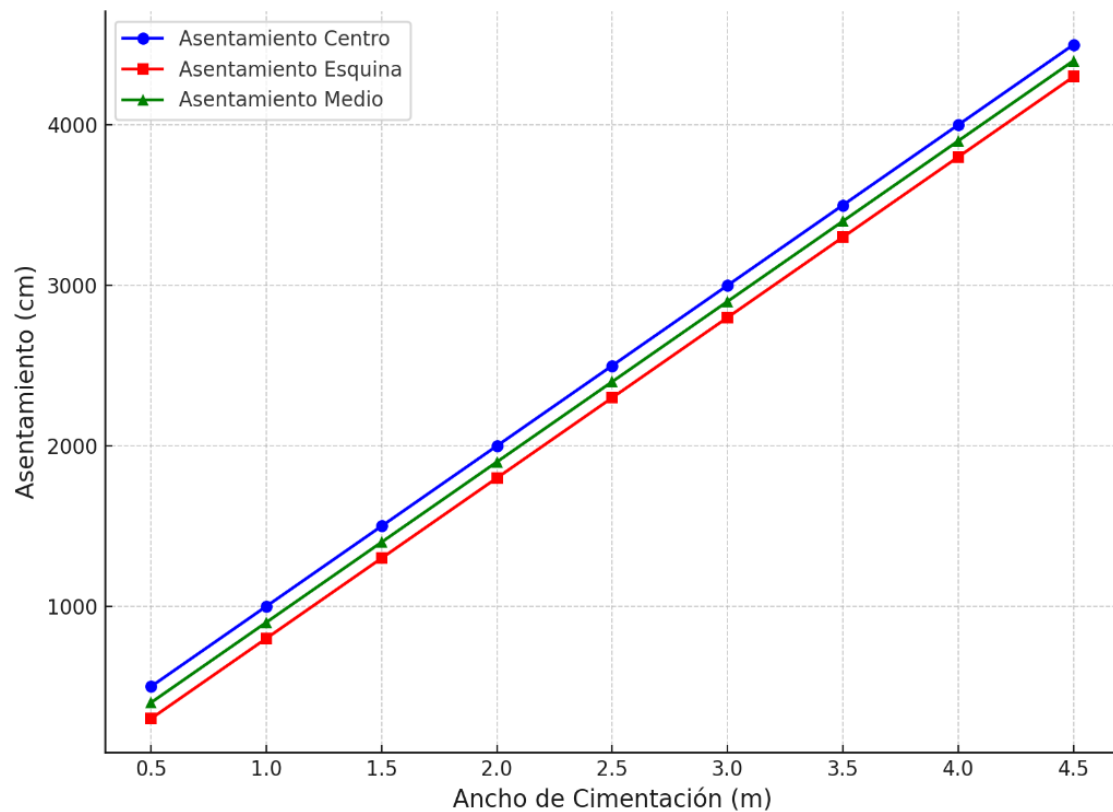
Grafico 18: Asentamiento STP 2



En el grafico 19 se presentan los asentamientos inmediatos obtenidos a partir del SPT 3. Se realizó una comparación de la carga admisible a profundidades que varían entre 1.226 m y 10.226 m, utilizando las ecuaciones propuestas por diversos investigadores:

- Terzaghi y Peck (1948): La variación de la carga admisible se encuentra entre 1,10 y 6,05 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Los valores obtenidos oscilan entre 1,55 y 8,50 kg/cm².
- Terzaghi: Carga aceptable varía entre 1,12 - 3,65 kg/cm².
- Parry: variación entre 2,75 y 15,10 kg/cm².

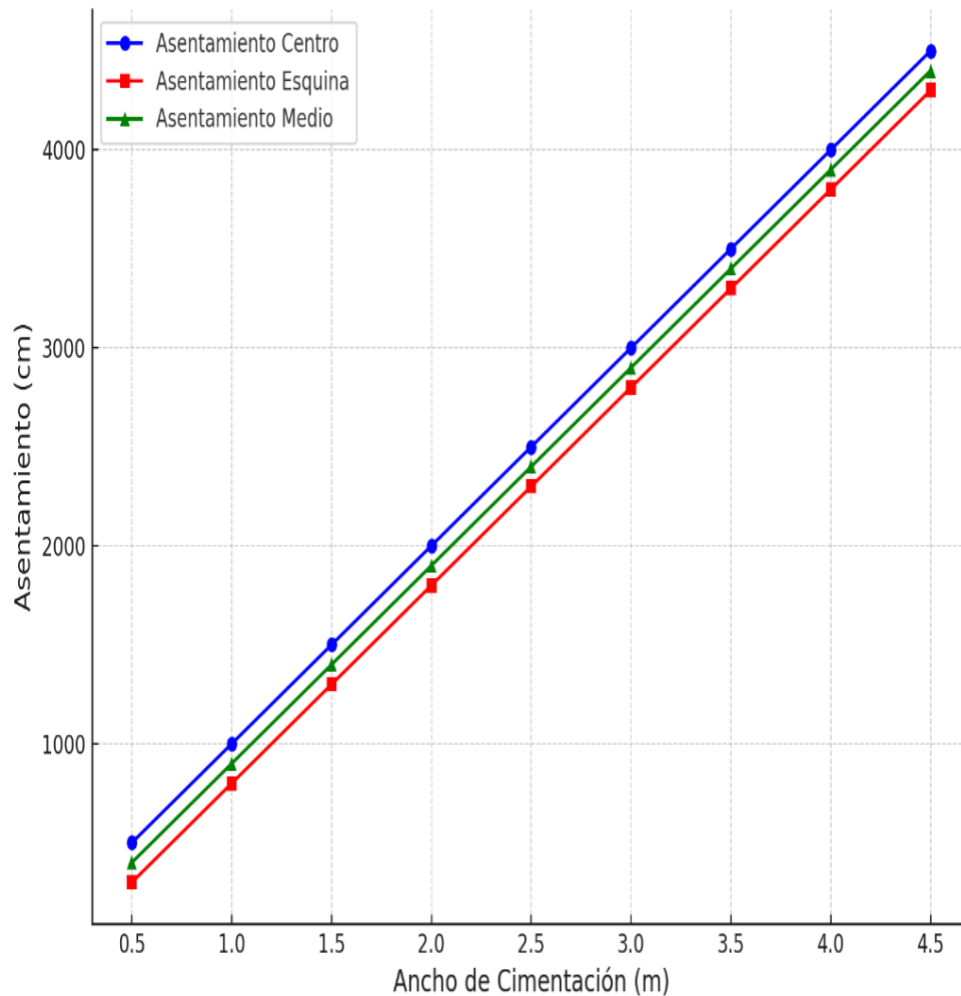
Gráfico 19: Asentamiento STP 3



En la grafico 20 se presentan los hundimientos inmediatos correspondientes al SPT 4. Se llevó a cabo una evaluación comparativa de la capacidad portante admisible a profundidades comprendidas entre 1,23 m y 10,23 m, empleando las fórmulas propuestas por diversos estudiosos, tales como:

- Terzaghi y Peck (1948): La variación de la carga admisible se encuentra entre 1,9 y 2,28 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Los valores obtenidos oscilan entre 1,55 y 3.88 kg/cm².
- Terzaghi: Carga admisible varía entre 1,12 y 3,30 kg/cm².
- Parry: Los resultados muestran una variación entre 2,75 y 80,10 kg/cm².

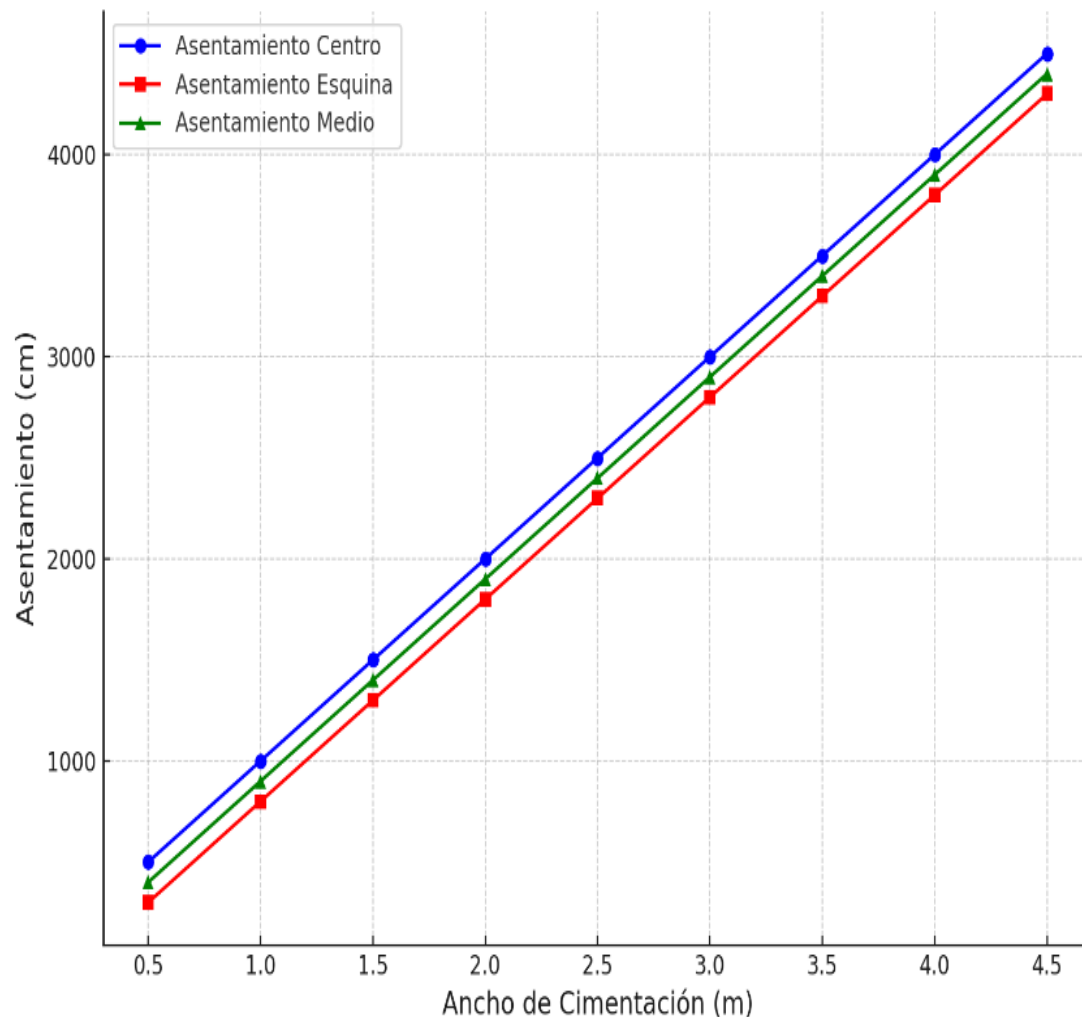
Gráfico 20: Asentamiento STP 4



En el gráfico 21 se ilustran los desplazamientos inmediatos derivados del SPT 5. Se efectuó un análisis comparativo de la resistencia admisible a profundidades que varían entre 1,23 m y 10,23 m, utilizando las ecuaciones propuestas por diversos especialistas, tales como:

- Terzaghi y Peck (1948): La variación de la carga admisible se encuentra entre 0,6 y 3,12 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Los valores obtenidos oscilan entre 0,85 y 5,08 kg/cm².
- Terzaghi: Carga admisible varía entre 0,60 - 3,62 kg/cm².
- Parry: Variación entre 1,05 y 9,02 kg/cm².

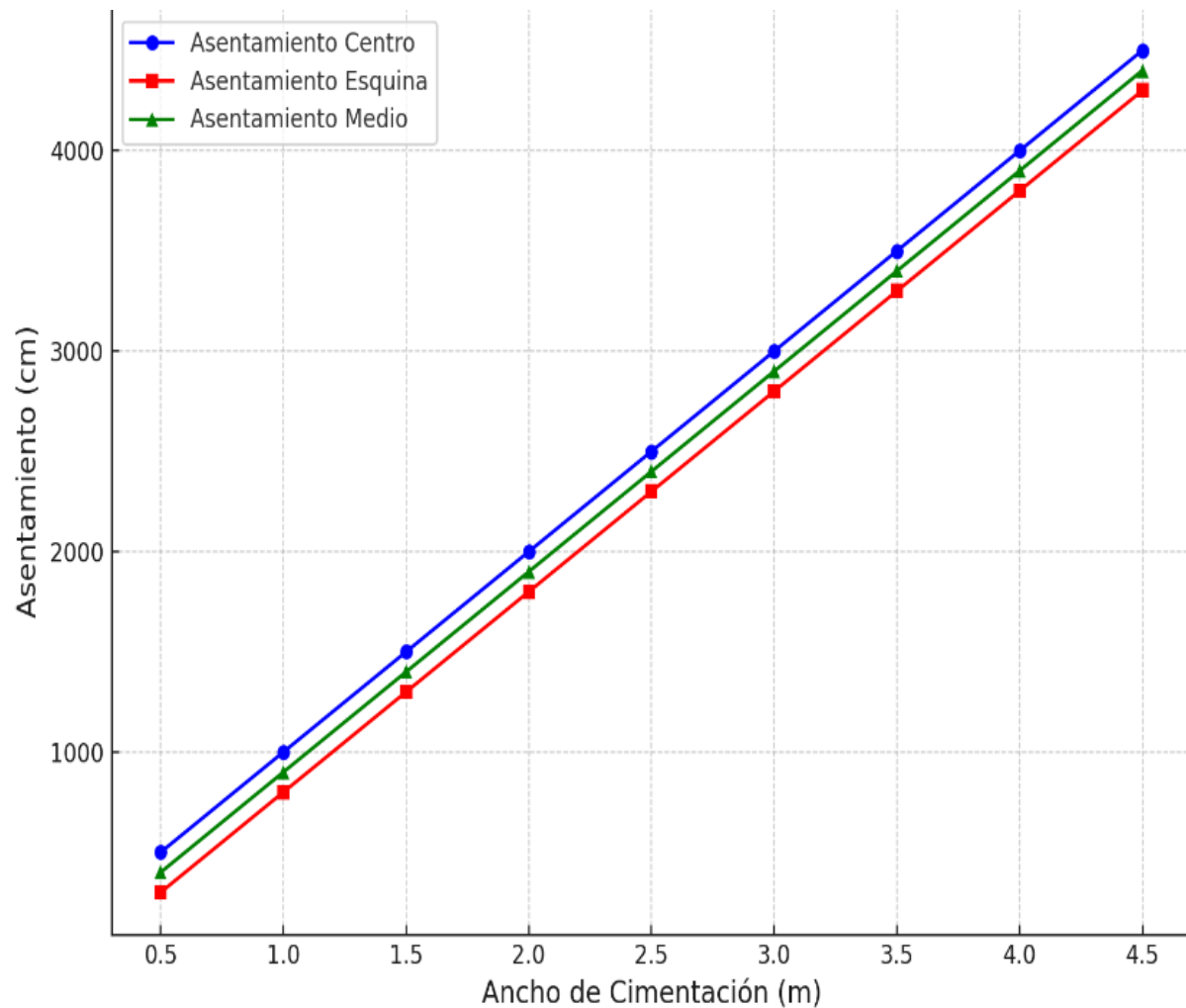
Gráfico 21: Asentamiento STP 5



En el gráfico 22 se presentan los asentamientos inmediatos obtenidos con el SPT 6. Se llevó a cabo una comparación de la capacidad de carga admisible a profundidades que van desde 1,226 m hasta 10,226 m, utilizando las fórmulas propuestas por distintos expertos, como:

- Terzaghi y Peck (1948): La variación de la carga admisible se encuentra entre 0,98 y 2,18 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Los valores obtenidos oscilan entre 1,35 y 3,03 kg/cm².
- Terzaghi: Según sus cálculos, la carga admisible varía entre 0,98 y 32.18 kg/cm².
- Parry: Los resultados muestran una variación entre 2.45 y 5.42 kg/cm².

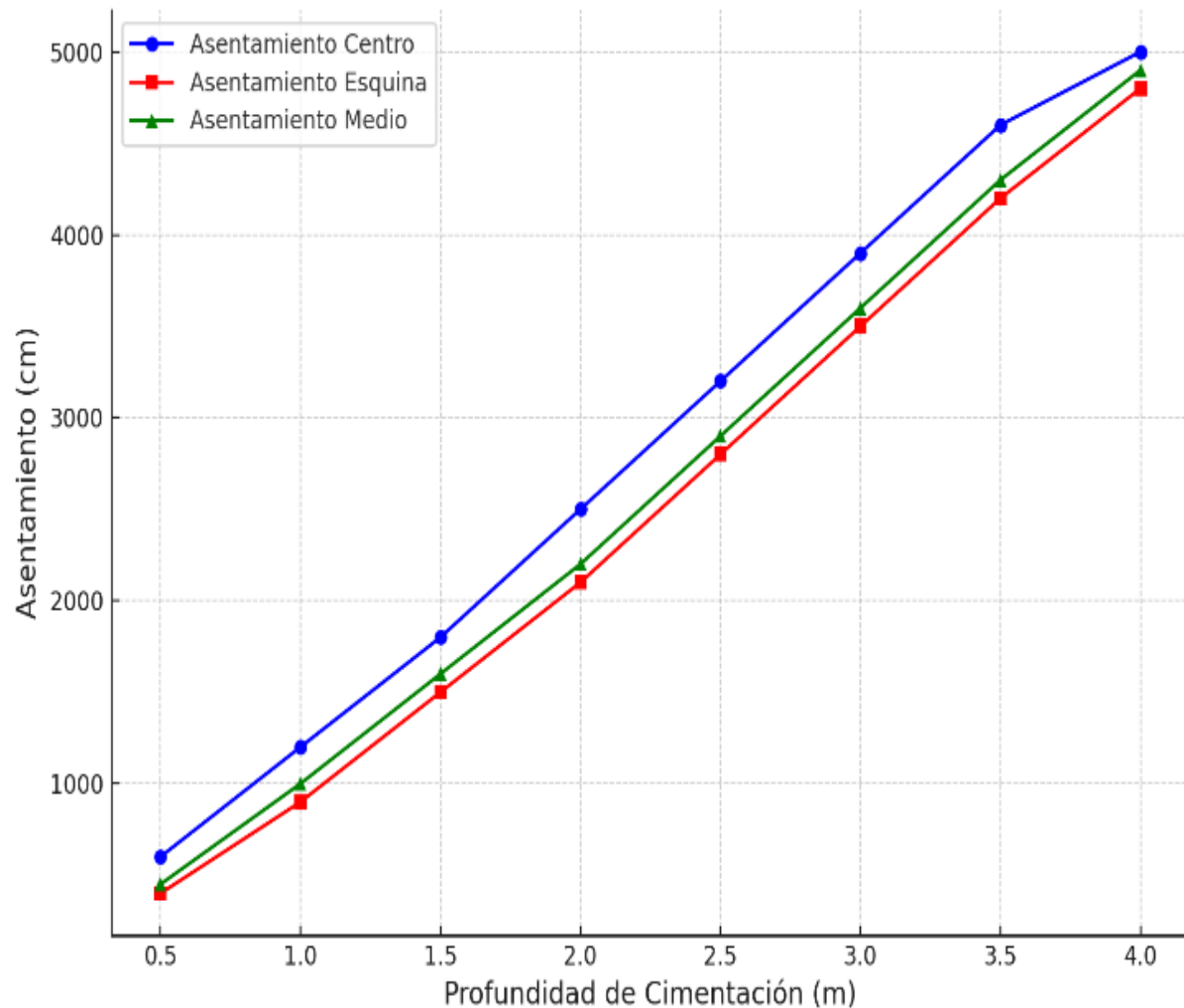
Gráfico 22: Asentamiento STP 6



La Figura 23 muestra los asentamientos inmediatos correspondientes al SPT 7. En este caso, se realizó una comparación de la capacidad portante admisible a profundidades que oscilan entre 1,226 m y 10,226m, empleando las ecuaciones planteadas por diversos investigadores, como:

- Terzaghi y Peck (1948): La variación de la carga admisible se encuentra entre 0,50 y 1,35 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Los valores obtenidos oscilan entre 0,68 y 2,55 kg/cm².
- Terzaghi: Según sus cálculos, la carga admisible varía entre 0,50 y 1,85 kg/cm².
- Parry: Los resultados muestran una variación entre 1,25 y 4,52 kg/cm².

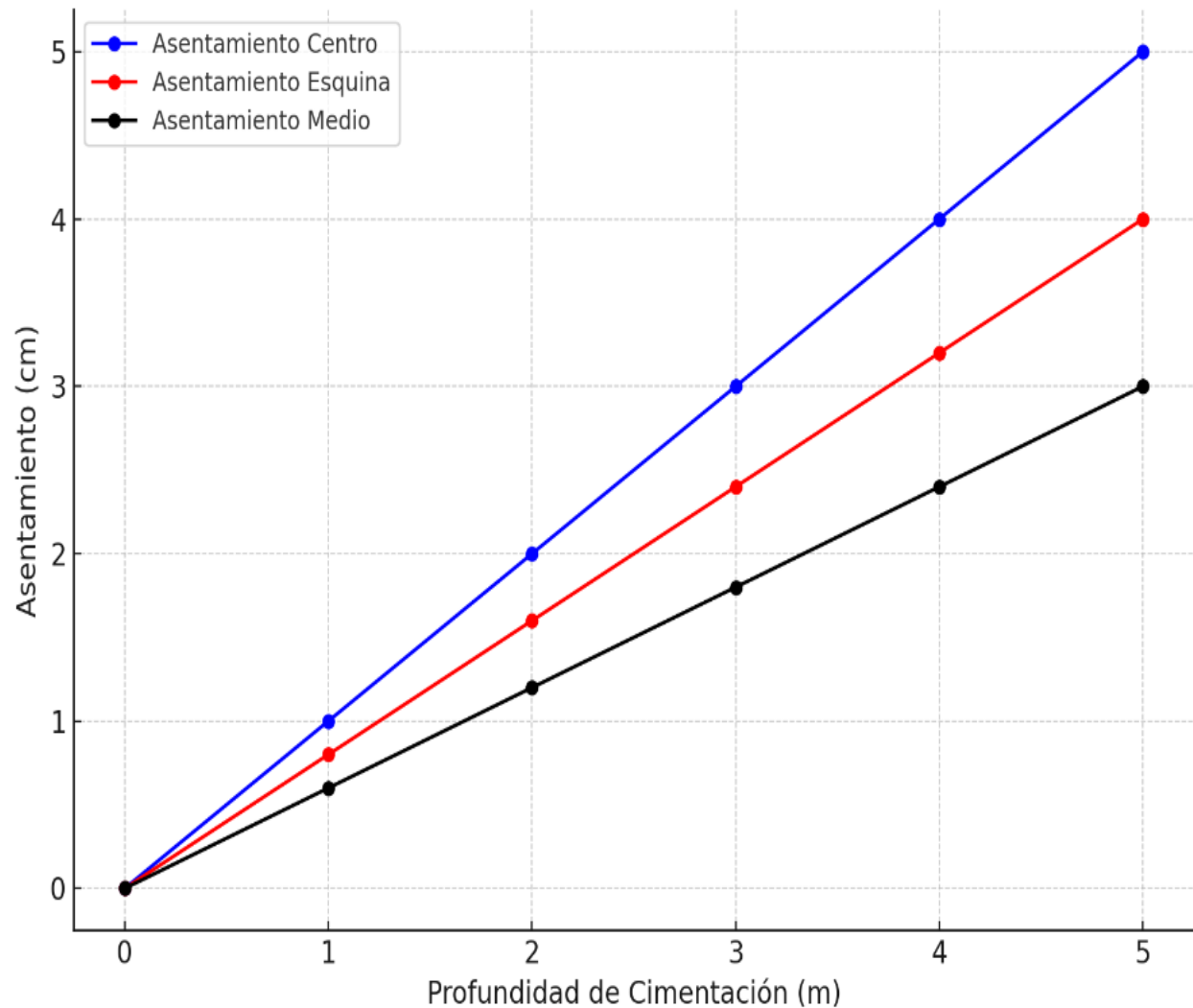
Gráfico 23: Asentamiento STP 7



En el gráfico 24 se presentan los asentamientos inmediatos asociados al SPT 8. Se llevó a cabo una comparación de la capacidad de carga admisible a profundidades que varían entre 1,23 m y 10,23 m, utilizando las ecuaciones desarrolladas por diversos especialistas, como:

- Terzaghi y Peck (1948): La variación de la carga admisible se encuentra entre 1,45 y 2,65 kg/cm².
- Meyerhof (1956): Los valores obtenidos oscilan entre 2,03 y 4,22 kg/cm².
- Terzaghi: Según sus cálculos, la carga admisible varía entre 1,45 y 3,02 kg/cm².
- Parry: Los resultados muestran una variación entre 3,60 y 7,52 kg/cm².

Gráfico 24: Asentamiento STP 8



En la tabla 12 se evidencia lo siguiente; los asentamientos inmediatos presentan variaciones tal como se presenta a continuación:

- En el SPT 1 en el centro, oscilan entre 0,80 cm y 4,50 cm; en la esquina, fluctúan entre 0,46 cm y 2,26 cm, con su promedio que varía de 0,67 cm a 3.30 cm.
- En el SPT 2, los asentamientos inmediatos en el centro oscilan entre 1,36 cm y 4,50 cm; en la esquina, entre 0,80 cm y 2,26 cm, y el promedio está en un rango de 0,98 cm a 3,29 cm.
- En el SPT 3, los asentamientos inmediatos varían en el centro entre 0,80 cm y 4,50 cm; en la esquina, de 0,46 cm a 2,26 cm, y el promedio fluctúa entre 0,67 cm

y 3,30 cm.

- Para el SPT 4, los asentamientos inmediatos en el centro oscilan entre 0,80 cm y 4,50 cm; en la esquina, varían entre 0,80 cm y 2,25 cm, y el promedio se encuentra entre 0,67 cm y 3,30 cm.
- En el SPT 5, los asentamientos inmediatos en el centro oscilan entre 0,83 cm y 6,19 cm; en la esquina, varían de 0,22 cm a 3,10 cm, mientras que el promedio se encuentra entre 0,31 cm y 4,53 cm.
- En el SPT 6, los asentamientos inmediatos en el centro fluctúan entre 1,02 cm y 5,18 cm; en la esquina, entre 0,51 cm y 2,60 cm, y el promedio se ubica en un rango de 0,61 cm a 4,53 cm.
- Para el SPT 7, los asentamientos inmediatos en el centro están en un rango de 0,54 cm a 7,94 cm; en la esquina, oscilan entre 0,27 cm y 3,97 cm, y el promedio varía de 0,31 cm a 4,53 cm.
- Finalmente, en el SPT 8, los asentamientos inmediatos en el centro se encuentran entre 1,07 cm y 6,65 cm; en la esquina, entre 0,54 cm y 3,33 cm, y el promedio fluctúa entre 0,79 cm y 2,34cm.

Tabla 4.*Resumen de asentamientos de STP*

	SPT1			SPT2			SPT3			SPT4		
PROF m	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)
1,226	0,80	0.46	0.67	1.51	0.76	1.11	0.91	0.46	0.67	0.80	0.46	0.67
2,226	1.36	0.68	1.00	1.36	0.68	1.00	1.36	0.68	1.00	1.36	0.68	1.00
3,226	1.80	0.80	1.33	1.81	0.80	1.33	1.81	0.91	1.33	1.81	0.91	1.33
4,226	2.17	1.09	1.59	2.17	1.09	1.59	2.17	1.09	1.59	2.17	1.09	1.59
5,226	2.70	1.36	1.98	2.70	1.36	1.98	2.70	1.36	1.98	2.70	1.36	1.98
6,226	3.15	1.58	2.36	3.15	1.58	2.36	3.15	1.58	2.36	3.15	1.58	2.36
7,226	3.60	1.81	2.64	3.60	1.81	2.64	3.60	1.81	2.64	3.60	1.81	2.64
8,226	4.05	2.03	3.30	4.50	2.03	3.04	4.05	2.03	3.04	4.50	2.26	3.30
9,226	4.83	2.42	3.54	5.18	2.60	2.54	5.24	2.63	3.54	5.27	2.64	3.86
10,226	4.50	2.26	3.30	4.50	2.26	3.30	4.50	2.26	3.29	4.49	2.26	3.29

	SPT5			SPT6			SPT7			SPT8		
PROF m	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)	CENTRO (cm)	ESQUINA (cm)	VALOR MEDIO (cm)
1,226	0.83	0.42	0.61	1.02	0.51	0.61	0.54	0.27	0.60	1.07	0.54	0.79
2,226	1.62	0.81	1.19	1.09	0.55	1.19	1.44	0.72	1.19	1.21	0.61	0.89
3,226	0.42	0.22	0.31	1.30	0.66	0.31	0.86	0.43	0.31	1.29	0.65	0.94
4,226	1.79	0.90	1.31	2.42	1.22	1.31	2.04	1.02	1.31	1.54	0.78	1.13
5,226	1.35	0.68	0.99	1.99	1.00	0.99	1.86	0.93	0.99	2.14	1.07	1.57
6,226	3.10	1.56	2.27	1.73	0.87	2.27	2.23	1.12	2.27	3.20	1.60	2.34
7,226	4.34	2.17	3.03	5.18	2.60	3.03	4.23	2.12	3.02	2.56	1.29	1.87
8,226	4.13	2.07	3.02	5.18	2.60	3.03	4.24	2.12	3.02	2.56	2.63	3.85
9,226	4.83	2.42	3.53	5.18	2.60	3.54	5.24	2.63	3.53	5.27	2.64	3.86
10,226	6.19	3.10	4.52	4.68	2.35	4.53	7.94	3.97	4.53	6.65	3.33	4.87

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se identificaron diversos tipos de suelos durante el estudio geotécnico, incluyendo arcillas de plasticidad media a alta y arenas arcillosas en un rango de profundidad entre 1,226 y 10,226 metros; no se detectó la presencia de nivel freático, lo que elimina el riesgo de licuefacción del terreno. El número de golpes oscila entre 9 y 27; la resistencia admisible del suelo se encuentra en un intervalo de 4,34 a 9,74 kilogramos por centímetro cuadrado.

Los parámetros geotécnicos muestran consistencia: el módulo de elasticidad tiene un valor de 119, el módulo de Poisson es de 0,4 kilogramos por centímetro cuadrado, y el coeficiente de balasto se establece en 12 kilogramos por centímetro cúbico. Se ha considerado un coeficiente de protección de 3, con profundidad base mínima de fundación de 3 metros. En cuanto al tipo de cemento recomendado, se especifica el uso del Tipo I, que presenta características especiales para resistir sulfatos; por último, la capacidad de carga del suelo oscila entre 1,09 y 3,25 kilogramos por centímetro cuadrado, dependiendo de las características particulares del terreno.

Tabla 5

Resumen del ensayo STP 1

PROF, (m)	CLASIFICACION SUCS	CAPA FREATICA (m)	N.º DE GOLPES SPT	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ²	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD	CAPACIDAD PORTANTE DE DISEÑO Kg/cm ²	PROF. MINIMA DE CIMENTACION RECOMENDADA (m)	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR
1.24	CL		12.00	4.33	119	0.3	12	3	1.45	3.00	Tipo I
2.24	CL		23.00	8.29		0.3		3	2.77		
3.24	CL		21.00	7.57		0.3		3	2.53		
4.24	CL		9.00	3.25		0.3		3	1.09		
5.24	CL		27.00	9.73		0.3		3	3.25		
6.24	CL		13.00	4.68		0.3		3	1.57		
7.24	CL		15.00	5.40		0.3		3	1.81		
8.24	CL		18.00	6.48		0.3		3	2.17		
9.24	CL		14.00	5.04		0.3		3	1.69		
10.24	CL		22.00	7.92		0.3		3	2.65		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se aprecia que los diversos tipos de suelos identificados en el estudio

geotécnico corresponden a arcillas de plasticidad media a alta y arenas con contenido arcilloso, con profundidades que oscilan entre 1,24 y 10,24 metros. No se halló presencia de nivel freático, por lo que no existe riesgo de licuefacción del terreno. El número de golpes varía entre 9 y 50, mientras que la carga permisible fluctúa entre 3,24 y 18,00 Kg/cm².

Los parámetros constantes incluyen un módulo elástico de 166, un módulo de Poisson de 0,4 Kg/cm², y un coeficiente de balasto de 15 Kg/cm³. Se determinó un factor de seguridad de 3 y una profundidad mínima de 3 metros. El cemento recomendado es de Tipo I, especialmente adecuado para condiciones con exposición a sulfatos. Finalmente, la capacidad portante del terreno presenta valores mínimos de 1,08 y 6,00 Kg/cm², respectivamente

Tabla 6

Resumen de ensayo STP 3

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	CAPA FREATICA (m)	N.º DE GOLPES SPT	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ²	MODULO DE POISSON μ	COEFICI ENTE DE BALAST O K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURI DAD	¡CAPACI DAD PORTAN TE DE DISEÑO Kg/cm ²	PROF. MINIMA DE CIMENTACION RECOMENDADA (m)	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR
1,24	CL		24.00	8.29	80	0.3	8	3	2.77	3.00	Tipo I
2,24	CL		12.00	3.97		0.3		3	1.33		
3,24	CL		20.00	2.17		0.3		3	0.73		
4,24	CL		15.00	2.17		0.3		3	0.73		
5,24	CL		15.00	5.40		0.3		3	1.81		
6,24	CL		12.00	4.33		0.3		3	1.45		
7,24	CL		10.00	3.61		0.3		3	1.21		
8,24	CL		14.00	5.05		0.3		3	1.69		
9,24	CL		16.00	5.77		0.3		3	1.92		
10,24	CL		15.00	5.05		0.3		3	1.69		

Fuente elaboración propia

En la tabla 7 se aprecia que los distintos tipos de suelos identificados en la investigación geotécnica son arcillas de plasticidad media a alta y arenas con contenido arcilloso, con profundidades que oscilan entre 1,24 y 10,24 metros. No se halló presencia de nivel freático, por lo que no existe riesgo de licuefacción del terreno. El número de golpes varía entre 8 y 20, mientras que la carga permisible fluctúa entre 2,89 y 6,49 Kg/cm².

Se mantienen constantes el módulo elástico con un valor de 110, el módulo de Poisson de 0,3 Kg/cm² y el coeficiente de balasto de 10 Kg/cm³. Se determinó un factor de seguridad de 3 y una profundidad mínima de 3 metros. El tipo de cemento recomendado es el Tipo I, adecuado para condiciones con exposición a sulfatos. Finalmente, la capacidad portante del suelo tiene valores mínimos que oscilan entre 0,97y 2,41 Kg/cm², respectivamente.

Tabla 7

Resumen del ensayo STP 4

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	CAPA FREATICA (m)	N.º DE GOLPES SPT	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ²	MODULO DE POISSON μ	COEFICI ENTE DE BALAST O K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURI DAD	¡CAPACI DAD PORTAN TE DE DISEÑO Kg/cm ²	PROF. MINIMA DE CIMENTACION RECOMENDADA (m)	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR
1,24	CL		10.00	3.25	166	0.3	15	3	1.09	3.00	Tipo I
2,24	CL		30.00	10.45		0.3		3	3.49		
3,24	CL		20.00	6.85		0.3		3	2.29		
4,24	CL		9.00	3.25		0.3		3	1.09		
5,24	CL		22.00	7.93		0.3		3	2.65		
6,24	CL		50.00	18.00		0.3		3	6.00		
7,24	CL		17.00	6.13		0.3		3	2.05		
8,24	CL		32.00	11.53		0.3		3	3.85		
9,24	CL		31.00	10.81		0.3		3	3.61		
10,24	CL		26.00	9.00		0.3		3	3.00		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8 se está evidenciando que los diversos tipos de suelos identificados en el estudio geotécnico corresponden a arcillas de plasticidad media a alta y arenas con contenido arcilloso, con profundidades que varían entre 1,24 y 10,24 metros; no se detectó presencia de nivel freático, lo que descarta el riesgo de licuefacción del terreno; el número de golpes oscila entre 8 y 20, mientras que la carga permisible fluctúa entre 1,81 y 10,81 Kg/cm².

Los parámetros constantes se incluyen un módulo de elasticidad con un valor de 149, un módulo de Poisson de 0,3 Kg/cm² y un coeficiente de balasto de 15 Kg/cm³. Se estableció un factor de seguridad de 3 y una profundidad mínima de 3 metros; el cemento recomendado es del tipo I, especialmente

indicado para condiciones con exposición a sulfatos; finalmente, la capacidad portante del terreno presenta valores mínimos entre 0,61 y 3,61 Kg/cm², respectivamente

Tabla 8

Resumen asentamiento de STP 5

PROF, (m)	CLASIFICACION SUCS	CAPA FREATICA (m)	N.º DE GOLPES SPT	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ²	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD	CAPACIDAD PORTANTE DE DISEÑO Kg/cm ²	PROF. MINIMA DE CIMENTACION RECOMENDADA (m)	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR
1,24	CL		19.00	6.85	149	0.3	15	3	2.41	3.00	Tipo I
2,24	CL		17.00	6.85		0.3		3	3.13		
3,24	CL		11.00	1.81		0.3		3	0.61		
4,24	CL		15.00	6.49		0.3		3	2.17		
5,24	CL		21.00	4.69		0.3		3	1.57		
6,24	CL		8.00	9.01		0.3		3	3.01		
7,24	CL		17.00	10.81		0.3		3	3.61		
8,24	SC		15.00	9.01		0.3		3	3.01		
9,24	CL		19	9.37		0.3		3	3.13		
10,24	CL		21.00	10.81		0.3		3	3.61		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 Se evidencia que los distintos tipos de suelos identificados en el estudio geotécnico corresponden a arcillas de plasticidad media a alta y arenas con contenido arcilloso, con profundidades comprendidas entre 1,24 y 10,24 metros. No se detectó la presencia de nivel freático, por lo que no existe riesgo de licuefacción del terreno. El número de golpes oscila entre 5 y 30, mientras que la carga permisible varía entre 2,70 y 13,48 Kg/cm².

Los valores constantes incluyen un módulo elástico de 86, un módulo de Poisson de 0,3 Kg/cm² y un coeficiente de balasto de 9 Kg/cm³; esto se definió un factor de seguridad de 3 y una profundidad mínima de 3 metros, el tipo de cemento recomendado es del Tipo I, especialmente adecuado para condiciones con exposición

a sulfatos; finalmente, la capacidad portante del terreno presenta valores mínimos que oscilan entre 0,91 y 4,50 Kg/cm², respectivamente

Tabla 9

Resumen asentamiento de STP 6

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	CAPA FREÁTICA (m)	N.º DE GOLPES SPT	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ²	MODULO DE POISSON μ	COEFICI ENTE DE BALAST O K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURI DAD	¡CAPACI DAD PORTAN TE DE DISEÑO Kg/cm ²	PROF. MINIMA DE CIMENTACION RECOMENDADA (m)	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR
1,24	CL		20.00	2.70	86	0.3	9	3	0.91	3.00	Tipo I
2,24	CL		27.00	4.05		0.3		3	1.36		
3,24	CL		6.00	5.40		0.3		3	1.81		
4,24	CL		19.00	6.48		0.3		3	2.17		
5,24	CL		13.00	6.75		0.3		3	2.26		
6,24	CL		26.00	8.09		0.3		3	2.70		
7,24	CL		31.00	9.44		0.3		3	3.15		
8,24	SC		26.00	10.79		0.3		3	3.60		
9,24	CL		27.00	12.14		0.3		3	4.05		
10,24	CL		31.00	13.48		0.3		3	4.50		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se observa que los distintos tipos de suelos identificados en el estudio geotécnico corresponden a arcillas de plasticidad media a alta y arenas con contenido arcilloso, con profundidades comprendidas entre 1,24 y 10,24 metros. No se detectó la presencia de nivel freático, por lo que no existe riesgo de licuefacción del terreno. El número de golpes varía entre 15 y 16, mientras que la carga permisible fluctúa entre 1,81 y 5,41 Kg/cm².

Los valores constantes incluyen un módulo elástico de 58, un módulo de Poisson de 0,3 Kg/cm² y un coeficiente de balasto de 5 Kg/cm³. Se estableció un factor de seguridad de 3 y una profundidad mínima de 3 metros. El tipo de cemento recomendado es del Tipo I, especialmente adecuado para condiciones con exposición a sulfatos. Finalmente, la capacidad portante del terreno presenta valores mínimos que oscilan entre 0,61 y 1,81 Kg/cm², respectivamente

Tabla 10*Resumen asentamiento de STP 7*

PROF, (m)	CLASIFICACION SUCS	CAPA FREATICA (m)	N.º DE GOLPES SPT	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ²	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD	CAPACIDAD PORTANTE DE DISEÑO Kg/cm ²	PROF, MINIMA DE CIMENTACION RECOMENDADA (m)	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR
1,24	CL		15.00	1.81	59	0.3	6	3	0.61	3.00	Tipo I
2,24	CL		11.00	3.25		0.3		3	1.09		
3,24	CL		9.00	1.45		0.3		3	0.49		
4,24	CL		8.00	2.89		0.3		3	0.97		
5,24	CL		8.00	2.53		0.3		3	0.85		
6,24	CL		8.00	2.53		0.3		3	0.85		
7,24	CL		10.00	3.25		0.3		3	1.09		
8,24	SC		11.00	3.61		0.3		3	1.21		
9,24	CL		12.00	3.97		0.3		3	1.33		
10,24	CL		16.00	5.41		0.3		3	1.81		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se aprecia que los distintos tipos de suelos identificados en el estudio geotécnico corresponden a arcillas de plasticidad media a alta y arenas con contenido arcilloso, con profundidades comprendidas entre 1,24 y 10,24 metros. No se detectó la presencia de nivel freático, por lo que no existe riesgo de licuefacción del terreno. El número de golpes varía entre 21 y 26, mientras que la carga permisible oscila entre 4,31 y 9,01 Kg/cm².

Los parámetros constantes incluyen un módulo elástico con un valor de 116, un módulo de Poisson de 0,3 Kg/cm² y un coeficiente de balasto de 12 Kg/cm³. Se estableció un factor de seguridad de 3 y una profundidad mínima de 3 metros. El tipo de cemento recomendado es el Tipo I, especialmente adecuado para condiciones con exposición a sulfatos. Finalmente, la capacidad portante del terreno presenta valores mínimos que oscilan entre 1,45 y 3,01 Kg/cm², respectivamente

Tabla 11*Resumen asentamiento de STP 8*

PROF, (m)	CLASIFICACION SUCS	CAPA FREATICA (m)	N.º DE GOLPES SPT	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ²	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD	CAPACIDAD PORTANTE DE DISEÑO Kg/cm ²	PROF, MINIMA DE CIMENTACION RECOMENDADA (m)	TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR
1.24	CL		21.00	7.21	116	0.3	12	3	2.41	3.00	Tipo I
2.24	CL		16.00	5.41		0.3		3	1.81		
3.24	CL		13.00	4.33		0.3		3	1.45		
4.24	CL		13.00	4.33		0.3		3	1.45		
5.24	CL		17.00	5.77		0.3		3	1.93		
6.24	CL		21.00	7.21		0.3		3	2.43		
7.24	CL		16.00	5.41		0.3		3	1.81		
8.24	SC		13.00	4.33		0.3		3	1.45		
9.24	CL		23.00	7.92		0.3		3	2.65		
10.24	CL		26.00	9.01		0.3		3	3.01		

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12 se evidencia que las pruebas SPT 1, En el SPT 2 hasta SPT 8 se llevaron a cabo a profundidades comprendidas entre 1,226 y 10,226 metros. En el SPT 1, la capacidad portante del terreno varía entre 1,81 kg/cm² y 3,54 kg/cm². En el SPT 2, la En el SPT 2, la capacidad portante del suelo oscila entre 1,04 kg/cm² y 2,48 kg/cm². Para el ensayo SPT 3, los valores fluctúan entre 1,48 kg/cm² y 6,85 kg/cm²; en el SPT 4, los valores se encuentran entre 1,48 kg/cm² y 4,48 kg/cm²; en el SPT 5, varían de 0,85 kg/cm² a 3,73 kg/cm². En el SPT 6, los rangos oscilan de 1,28 kg/cm² a 2,43 kg/cm². Para el SPT 7, los valores van de 0,70 kg/cm² a 2,16kg/cm², mientras que en el SPT 8, la capacidad portante se encuentra entre 1,61 kg/cm² y 3,10 kg/cm² respectivamente

Tabla 12

Resistencia del Terreno en las Pruebas de Penetración Estándar (SPT)

ENSA YO SPT	PROF, DE ENSA YO	CAPACI DAD PORTA NTE	ENSA YO SPT	CAPACI DAD PORTA NTE	ENSA YO SPT	CAPACI DAD PORTA NTE	ENSA YO SPT	CAPACI DAD PORTA NTE
SPT1	1.226	2.58	SPT2	2.48	SPT3	1.48	SPT4	1.48
	2.226	3.08		1.62		4.16		4.16
	3.226	2.85		1.04		2.88		2.88
	4.226	1.47		1.04		1.6		1.60
	5.226	3.54		2.08		3.26		3.26
	6.226	1.93		1.73		6.85		6.85
	7.226	2.16		1.5		2.62		2.62
	8.226	2.51		1.96		4.55		4.55
	9.226	2.05		2.19		4.29		4.29
	10.226	2.97		1.96		3.65		3.65
ENS AYO SPT	PROF ,DE ENSA YO	CAPACI DAD PORTA NTE	ENSA YO SPT	CAPACI DAD PORTA NTE	ENSA YO SPT	CAPACI DAD PORTA NTE	ENSA YO SPT	CAPACI DAD PORTA NTE
SPT5	1.226	2.59	SPT6	1.96	SPT7	0.81	SPT8	2.53
	2.226	3.27		1.50		1.27		1.95
	3.226	0.85		1.39		0.69		1.61
	4.226	2.35		1.96		1.15		1.61
	5.226	1.77		1.62		1.04		2.07
	6.226	3.15		1.27		1.04		2.53
	7.226	3.73		1.73		1.27		1.95
	8.226	3.15		2.42		1.38		1.61
	9.226	3.27		2.19		1.50		2.76
	10.226	3.73		1.85		2.15		3.10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se aprecia que en las pruebas SPT el coeficiente de balasto fluctúa entre un valor mínimo de 5 kg/cm³ y un máximo de 14 kg/cm³, mientras que el módulo de elasticidad varía entre 58 kg/cm² y 165 kg/cm², respectivamente.

Tabla 13

factor de reacción del terreno (K) y módulo de deformación (E)

Nº DE ENSAYO	RESUMEN DEL COEFICIENTE DE BALASTO (K) Y MÓDULO DE ELASTICIDAD E	
	K (Kg/cm ³)	E (kg/cm ²)
SPT 1	12	119
SPT 2	8	80
SPT 3	15	166
SPT 4	10	110
SPT 5	15	149
SPT 6	9	86
SPT 7	6	59
SPT 8	12	116

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se aprecia que en las investigaciones geotécnicas el ángulo de fricción interna (ϕ) oscila entre 13,10° y 15,30°, con una resistencia cohesiva que varía de 0,21 kg/cm² a 0,30 kg/cm², y una resistencia del terreno que fluctúa entre 1,11 kg/cm² y 1,41 kg/cm², respectivamente.

Tabla 14*resistencia de soporte por deslizamiento directo*

CALICATA Nº	Ø	C Kg/cm2	CAPACIDAD PORTANTE Kg/cm2	— —
1	14.41	0.26	1.25	
2	14.81	0.28	1.33	
3	14.01	0.27	1.24	
4	15.31	0.27	1.42	
5	13.91	0.31	1.35	
6	13.11	0.27	1.15	
7	13.91	0.3	1.29	
8	15.31	0.22	1.11	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

resistencia del terreno a través de la prueba SPT

SPT	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD (m)	NAPA FREATICA	CAPACIDAD PORTANTE Kg/cm2
1	16	3	NP	1.59
2	27	3	NP	0.86
3	49	3	NP	1.05
4	47	3	NP	1.10
5	32	3	NP	1.10
6	49	3	NP	0.99
7	49	3	NP	0.68
8	47	3	NP	0.86

Fuente: resultado de los ensayos de SPT en laboratorio

4.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Las calicatas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 la muestra 1 revela la presencia de suelos compuestos principalmente por arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, acompañadas de arcillas con arena, arcillas con limo y arcillas con poco contenido de materia orgánica, además de pequeñas partículas de grava; según la clasificación SUCS, corresponden al tipo CL; le identificó hasta una profundidad de 3.00 metros, con un color marrón claro amarillento y algunas zonas blanquecinas; estos suelos son altamente impermeables, con una buena resistencia a la erosión por tubificación y una resistencia a la corte moderada; sin embargo, presentan una susceptibilidad media a alta a la formación de grietas y al fenómeno de licuefacción si no se compactan adecuadamente. Su manejo es complicado debido a su naturaleza y no se detectó la presencia de nivel freático en la zona evaluada.

Los sondeos SPT 1 y las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 revelan la presencia de suelos compuestos principalmente por arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, junto con arcillas con arena, arcillas con limo y arcillas con bajo contenido de materia orgánica, además de pequeñas partículas de grava. De acuerdo con la clasificación SUCS, corresponden al tipo CL; estos suelos se encuentran a profundidades que van desde 1 hasta 7 metros y presentan un color marrón claro amarillento con algunas zonas blanquecinas. Son altamente impermeables, con una buena resistencia a la erosión por tubificación y una resistencia a la corte moderada; sin embargo, tienen una susceptibilidad media a alta a la formación de grietas y al fenómeno de licuefacción si no reciben una adecuada compactación; su manipulación es difícil debido a sus características naturales.

Los sondeos 7 y 8, junto con la muestra 1, revelan la presencia de arenas arcillosas compuestas por una mezcla poco uniforme de arena y arcilla, clasificadas según SUCS como SC; estos suelos se encuentran entre los 7.46 y 8.45 metros de profundidad y presentan un color marrón claro amarillento con algunas zonas blanquecinas; se trata de suelos impermeables con alta resistencia a la erosión por tubificación y una resistencia al corte que varía de media a alta; su compresibilidad es baja cuando más del 60% del material es grueso (partículas mayores a la malla N°4); en caso de contener menos del 35% de material grueso, los asentamientos pueden estimarse en función de la compresibilidad de los finos; la susceptibilidad a la formación de grietas es de media a baja, y el riesgo de licuefacción es muy bajo, incluso en condiciones de compactación deficiente; en cuanto a su manejo, presentan una trabajabilidad que va de buena a aceptable.

Los estudios realizados en el SPT 2 revelan la presencia de distintos tipos de suelo según la profundidad explorada; en las muestras 1, 2, 3, 4 y 5, entre 1 y 5.46 m de profundidad, se identificaron arcillas inorgánicas con plasticidad baja a moderada, combinadas con arcillas mezcladas con arena, arcillas limosas y arcillas poco cohesionadas, además de pequeñas partículas de grava, clasificadas como CL según el SUCS; estos suelos presentan un tono amarillo parduzco con algunas áreas más claras, son altamente impermeables, lo que limita el paso del agua a través de ellos, tienen una gran resistencia a la erosión por filtración y una resistencia media frente a

esfuerzos de corte; sin embargo, son propensos a agrietarse en un nivel moderado a alto y pueden sufrir licuefacción en igual proporción si no son compactados de manera adecuada, además, su manipulación es compleja debido a su naturaleza. A partir de los 5 m hasta los 10.46 m de profundidad, en los sondeos 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se encontraron arenas arcillosas compuestas por una mezcla poco homogénea de arena y arcilla, clasificadas como SC según el SUCS; su color predominante es amarillo marrón con sectores más claros; estos suelos también presentan baja permeabilidad y ofrecen una alta resistencia a la erosión por filtración, mientras que su capacidad para resistir esfuerzos de corte varía de media a alta; en términos de compresibilidad, esta es baja cuando más del 61% del material es grueso (partículas mayores a la malla N°4), mientras que si el porcentaje de material grueso es menor al 36%, los asentamientos pueden calcularse en función de la compresibilidad de las partículas más finas; la tendencia a la formación de grietas es moderada a baja, y el riesgo de licuefacción es mínimo, incluso si el suelo no está correctamente compactado; en cuanto a su manejo, es un suelo que permite una manipulación aceptable a buena; no se identificó la presencia del nivel freático en la zona evaluada.

Los estudios realizados en el SPT 3 revelan la presencia de distintos tipos de suelo según la profundidad evaluada; en las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, entre 1 y 7.46 m de profundidad, así como entre 9.46 y 10.46 m, se identificaron arcillas inorgánicas con plasticidad de baja a moderada, acompañadas de arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas con baja cohesión, además de pequeñas partículas de grava, clasificadas como CL según el SUCS; estos suelos presentan un tono marrón claro amarillento con sectores blanquecinos, son altamente impermeables, poseen una elevada resistencia a la erosión por filtración y presentan una resistencia media frente a esfuerzos de corte; no obstante, tienen una susceptibilidad al agrietamiento que varía de moderada a alta, así como un riesgo similar de licuefacción si no son compactados adecuadamente, además de que su manipulación resulta complicada. En los sondeos 7 y 8, entre 7 y 8.46 m de profundidad, se encontraron arenas arcillosas conformadas por una mezcla mal graduada de arena y arcilla, clasificadas como SC según el SUCS; estos suelos presentan un color marrón claro amarillento con algunas zonas blanquecinas,

son impermeables, poseen una alta resistencia a la erosión por filtración y una resistencia al esfuerzo cortante que oscila entre media y alta; su compresibilidad es baja cuando más del 60% del material es grueso (partículas mayores a la malla N°4), mientras que si el porcentaje de material grueso es menor al 36%, los asentamientos pueden calcularse en función de la compresibilidad de los finos; presentan una susceptibilidad al agrietamiento que varía de moderada a baja y un riesgo de licuefacción muy bajo, incluso en caso de una compactación deficiente.

Los estudios del SPT 4 indican la presencia de distintos tipos de suelo según la profundidad analizada; en las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, entre 1 y 7.46 m de profundidad, se identificaron arcillas inorgánicas con plasticidad de baja a media, combinadas con arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas con baja cohesión, además de pequeñas partículas de grava, clasificadas como CL según el SUCS; estos suelos presentan un color marrón claro amarillento con algunas zonas blanquecinas, son altamente impermeables, poseen una gran resistencia a la erosión por filtración y una resistencia media frente a esfuerzos de corte; sin embargo, su susceptibilidad al agrietamiento es de moderada a alta, al igual que su propensión a la licuefacción en caso de compactación deficiente, además de que su manipulación es complicada; en el sondaje 8, entre 7 y 8.46 m de profundidad, se identificaron arenas arcillosas conformadas por una mezcla poco uniforme de arena y arcilla, clasificadas como SC según el SUCS; estos suelos presentan un color marrón claro amarillento con sectores blanquecinos, son impermeables y ofrecen una alta resistencia a la erosión por filtración, mientras que su resistencia al esfuerzo cortante varía de media a alta; su compresibilidad es baja si más del 61% del material es grueso (partículas mayores a la malla N°4), mientras que si el porcentaje de material grueso es menor al 36%, los asentamientos pueden calcularse en función de la compresibilidad de los finos; la susceptibilidad al agrietamiento es de moderada a baja, y el riesgo de licuefacción es mínimo incluso si el suelo no está correctamente compactado; en términos de manejabilidad, permite una manipulación aceptable a buena; no se identificó la presencia del nivel freático en la zona evaluada.

Los estudios del SPT 5 revelan la presencia de distintos tipos de suelo según la profundidad analizada; en las muestras 1, 2, 3, ... 10, entre 1 y 7.46 m y de 9.46 a 10.46 m de profundidad, se identificaron arcillas inorgánicas con plasticidad de baja a media, combinadas con arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas con baja cohesión, además de pequeñas partículas de grava, clasificadas como CL según el SUCS; estos suelos presentan un color marrón claro amarillento con algunas zonas blanquecinas, son altamente impermeables, poseen una gran resistencia a la erosión por filtración y una resistencia media frente a esfuerzos de corte; sin embargo, su susceptibilidad al agrietamiento es de moderada a alta, al igual que su propensión a la licuefacción en caso de compactación deficiente, además de que su manipulación es complicada; en el sondaje 8, entre 7 y 8.46 m de profundidad, se identificaron arenas arcillosas conformadas por una mezcla poco uniforme de arena y arcilla, clasificadas como SC según el SUCS; estos suelos presentan un color marrón claro amarillento con sectores blanquecinos, son impermeables y ofrecen una alta resistencia a la erosión por filtración, mientras que su resistencia al esfuerzo cortante varía de media a alta; su compresibilidad es baja si más del 61% del material es grueso (partículas mayores a la malla N°4), mientras que si el porcentaje de material grueso es menor al 35%, los asentamientos pueden calcularse en función de la compresibilidad de los finos; la susceptibilidad al agrietamiento es de moderada a baja, y el riesgo de licuefacción es mínimo incluso si el suelo no está correctamente compactado; en términos de manejabilidad, permite una manipulación aceptable a buena; no se identificó la presencia del nivel freático en la zona evaluada.

El estudio SPT 6 revela la presencia de diferentes tipos de suelo según la profundidad analizada. En las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, a profundidades entre 1 y 7.46 m y de 9.45 a 10.46 m, se identificaron arcillas inorgánicas con plasticidad de baja a media, acompañadas de arcillas arenosas, limosas y de baja cohesión, junto con pequeñas partículas de grava, clasificadas como CL según el SUCS; estos suelos presentan una coloración marrón claro amarillenta con sectores blanquecinos, son altamente impermeables, poseen una gran resistencia a la erosión por filtración y una resistencia media frente a esfuerzos de corte; sin embargo,

tienen una susceptibilidad al agrietamiento de moderada a alta, así como un riesgo de licuefacción considerable si no están bien compactados, además de que su manejabilidad es limitada; en el sondaje 8, entre 7 y 10.46 m de profundidad, se identificaron arenas arcillosas conformadas por una mezcla poco uniforme de arena y arcilla, clasificadas como SC según el SUCS; estos suelos presentan una coloración marrón claro amarillenta con zonas blanquecinas, son impermeables y ofrecen una alta resistencia a la erosión por filtración, mientras que su resistencia al esfuerzo cortante varía de media a alta; su compresibilidad es baja si más del 61% del material es grueso (partículas mayores a la malla N°4), mientras que si el contenido de material grueso es inferior al 36%, los asentamientos pueden estimarse en función de la compresibilidad de los finos; la susceptibilidad al agrietamiento es de moderada a baja y el riesgo de licuefacción es mínimo incluso si el suelo no está correctamente compactado; en términos de manejabilidad, permite una manipulación de aceptable a buena; no se detectó la presencia del nivel freático en la zona evaluada.

El estudio SPT 7 revela la composición y características del subsuelo en diferentes profundidades. En las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, a profundidades entre 1 y 7.46 m, así como de 9.46 a 10.46 m, se identificaron arcillas inorgánicas con plasticidad de baja a media, acompañadas de arcillas arenosas, limosas y de baja cohesión, junto con pequeñas partículas de grava, clasificadas como CL según el SUCS; estos suelos presentan una tonalidad marrón claro amarillenta con sectores blanquecinos, son altamente impermeables, poseen una gran resistencia a la erosión por filtración y una resistencia media frente a esfuerzos de corte; no obstante, tienen una susceptibilidad al agrietamiento de moderada a alta y un riesgo significativo de licuefacción si no están bien compactados, además de que su manejabilidad es limitada. Por otro lado, en el sondaje 8, entre 7 y 8.46 m de profundidad, se identificaron arenas arcillosas conformadas por una mezcla poco uniforme de arena y arcilla, clasificadas como SC según el SUCS; estos suelos presentan una coloración marrón claro amarillenta con zonas blanquecinas, son impermeables y ofrecen una alta resistencia a la erosión por filtración, mientras que su resistencia al esfuerzo cortante varía de media a alta; su compresibilidad es baja si más del 61% del material es grueso

(partículas mayores a la malla N°4), mientras que si el contenido de material grueso es inferior al 36%, los asentamientos pueden estimarse en función de la compresibilidad de los finos; la susceptibilidad al agrietamiento es de moderada a baja y el riesgo de licuefacción es mínimo incluso si el suelo no está correctamente compactado; en términos de manejabilidad, permite una manipulación de aceptable a buena. **Cabe destacar que no se detectó la presencia del nivel freático en la zona evaluada.**

El estudio SPT 8 indica que las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 contienen arcillas inorgánicas con plasticidad de baja a media, incluyendo arcillas arenosas, limosas y de baja cohesión, con presencia de pequeñas partículas de grava, clasificadas como CL según el SUCS; estos suelos se encuentran a profundidades de 1 a 7.46 m y de 9.46 a 10.46 m, exhibiendo una coloración marrón claro amarillenta con sectores blanquecinos; presentan una alta impermeabilidad, resistencia elevada a la erosión por filtración y resistencia media al esfuerzo cortante; sin embargo, tienen una susceptibilidad al agrietamiento de moderada a alta y un riesgo significativo de licuefacción si no están adecuadamente compactados, además de una manejabilidad limitada. Por otro lado, en el sondaje 8, entre 4 y 10.46 m de profundidad, se identificaron arenas arcillosas compuestas por una mezcla poco uniforme de arena y arcilla, clasificadas como SC según el SUCS; estos suelos presentan una coloración marrón claro amarillenta con zonas blanquecinas, son impermeables y ofrecen una alta resistencia a la erosión por filtración, mientras que su resistencia al esfuerzo cortante varía de media a alta; la compresibilidad es baja si más del 60% del material es grueso (partículas mayores a la malla N°4), mientras que si el contenido de material grueso es inferior al 36%, los asentamientos pueden estimarse en función de la compresibilidad de los finos; la susceptibilidad al agrietamiento es de moderada a baja y el riesgo de licuefacción es mínimo incluso si el suelo no está correctamente compactado; en términos de manejabilidad, permite una manipulación de aceptable a buena. Cabe destacar que no se detectó la presencia del nivel freático en la zona evaluada.

- SPT 1: $N_{30} = 15$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 2.85 \text{ kg/cm}^2$.
- SPT 2: $N_{30} = 26$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.04 \text{ kg/cm}^2$.
- SPT 3: $N_{30} = 48$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 2.88 \text{ kg/cm}^2$.
- SPT 4: $N_{30} = 46$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.57 \text{ kg/cm}^2$.
- SPT 5: $N_{30} = 49$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 0.85 \text{ kg/cm}^2$.
- SPT 6: $N_{30} = 31$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.39 \text{ kg/cm}^2$.
- SPT 7: $N_{30} = 48$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 0.69 \text{ kg/cm}^2$.
- SPT 8: $N_{30} = 46$ golpes $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.61 \text{ kg/cm}^2$.

En el caso de los ensayos especiales de corte directo se determinó las siguientes resistencias de los suelos teniendo lo siguiente:

- Ensayo 1: $\Phi = 14.40^\circ$ | $c = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.24 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayo 2: $\Phi = 14.80^\circ$ | $c = 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.32 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayo 3: $\Phi = 14.00^\circ$ | $c = 0.26 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.23 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayo 4: $\Phi = 15.30^\circ$ | $c = 0.26 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.41 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayo 5: $\Phi = 13.90^\circ$ | $c = 0.30 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.34 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayo 6: $\Phi = 13.10^\circ$ | $c = 0.26 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.15 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayo 7: $\Phi = 13.90^\circ$ | $c = 0.29 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.29 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayo 8: $\Phi = 15.30^\circ$ | $c = 0.21 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow$ Capacidad portante: $\sigma_t = 1.11 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 16: Se evidencia que, a una profundidad de tres metros, los resultados del ensayo SPT son un 81% inferiores en comparación con los obtenidos en el ensayo de Corte Directo, lo que confirma la hipótesis planteada

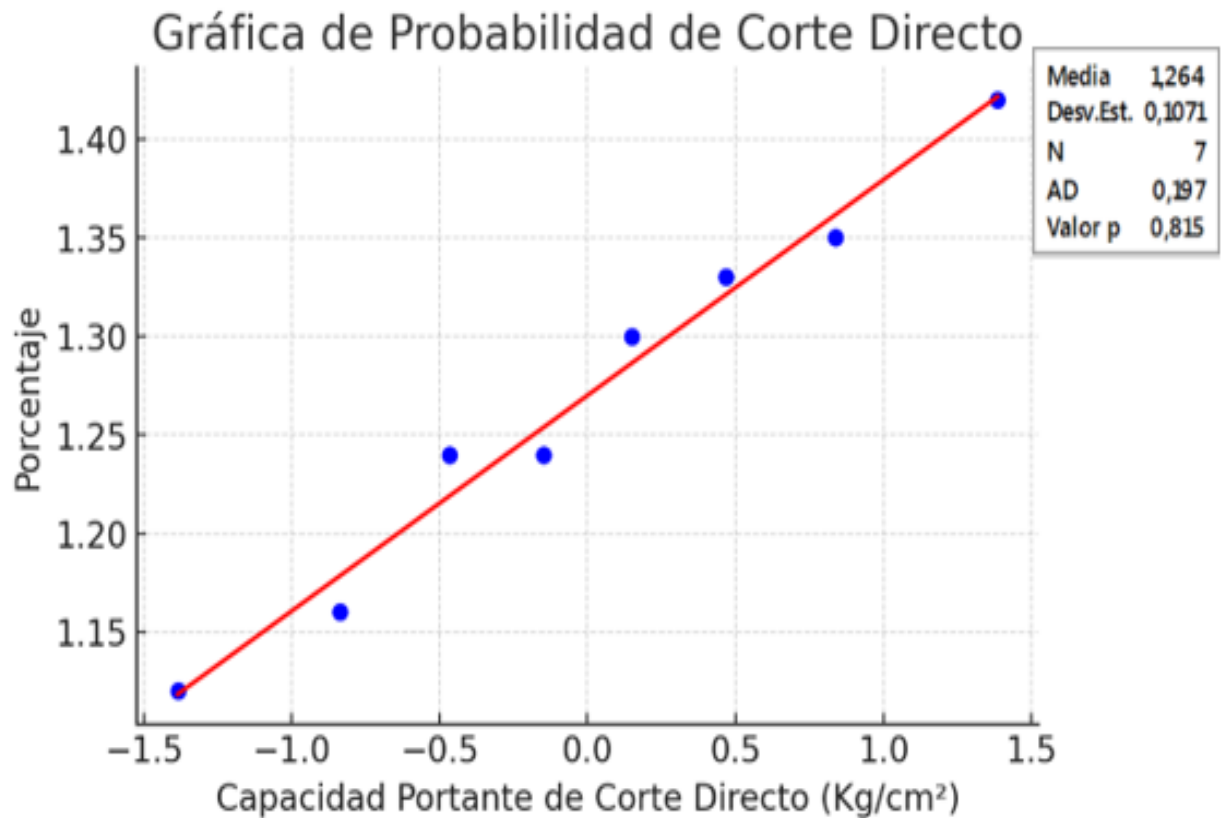
Tabla 16

Análisis Comparativo de la Resistencia del Suelo en Pruebas Geotécnica

SPT /CALICATA Nº	CAPACIDAD PORTANTE CORTE DIRECTO Kg/cm²	CAPACIDAD PORTANTE SPT Kg/cm²	%
1	1,24	1,59	127.44
2	1,33	0,86	64.41
3	1,24	1,05	84.56
4	1,42	1,10	77.31
5	1,35	1,10	81.35
6	1,16	0,99	85.23
7	1,30	0,68	51.94
8	1,12	0,86	76.59
PROMEDIO		81.10375	

Fuente: Elaboración propia

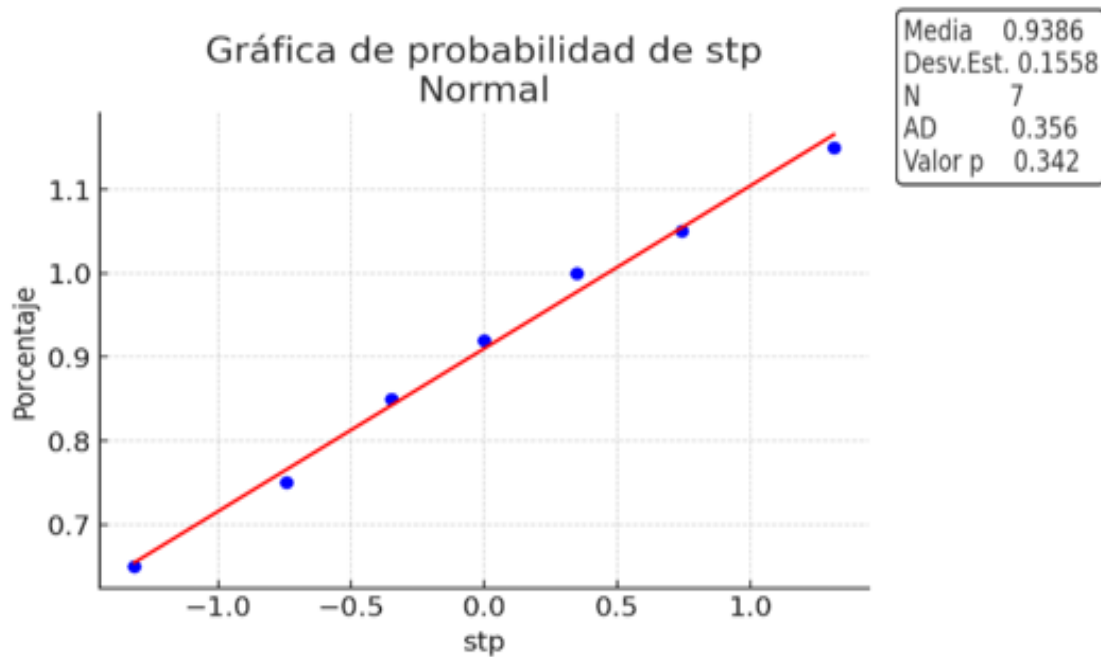
Gráfico 25: Diagrama de Oportunidad de corte directo



La grafica 25 muestra una ecuación de línea recta, donde se compara la hipótesis nula (H_0), que supone que los datos siguen una distribución normal, con la hipótesis (H_a), que plantea que los datos no siguen una distribución normal.

Gráfico 26: Diagrama de asertividad de STP

Dado que el valor de P es menor a 0.05, se rechaza H_0 .



En la gráfica 26 muestra una ecuación de línea recta, donde se compran la hipótesis nula (H_0), que indica que los datos siguen una distribución normal, con la hipótesis alternativa (H_a), que plantea que los datos siguen una distribución normal. El valor de P es menor a 0.05, lo que conduce al rechazo de H_0 ; en consecuencia, existen evidencias significativas de que la diferencia entre los metros de corte directo y SPT es mayor a 0.21, lo que representa aproximadamente el 21.04%.

Propuesta de cimentación.

En la Zona Urbana de Rioja, Provincia Rioja, Región San Martín, uno de sus objetivos principales después de haber analizado, evaluado con rigurosidad y exhaustiva paciencia la determinación de las exploraciones geotécnicas y los ensayos de penetración estándar uno a 3.00 m de profundidad y el otro a 10.00 m respectivamente, determinando sus características físicas, químicas y mecánicas, cuyos resultados se encuentran en la presente tesis, damos como propuesta para las cimentaciones en la Zona I y Zona II, considerando que el asentamiento diferencial no debe ser mayor a 2.6 cm.

Presentamos, para la Zonificación I, suelos de arcillas de media a alta plasticidad, con parámetros geotécnicos que corresponden a un ángulo de fricción interna de 14.41° , cohesión de 0.20 kg/cm^2 , un peso específico de

1.68 g/cm³, un factor de seguridad igual a 3, un coeficiente de Poisson de 0.26, y un módulo de elasticidad de 750.1 Tn/m². El coeficiente de balasto es de 6.73 kg/cm³, obteniendo un asentamiento de 0.38 cm.

En la Zonificación II, se propone una cimentación sobre suelos de arcillas de media a alta plasticidad, cuyos parámetros geotécnicos son: un ángulo de fricción interna de 13.51°, cohesión de 0.24 kg/cm², peso específico de 1.60 g/cm³, factor de seguridad igual a 3, coeficiente de Poisson de 0.26, y un módulo de elasticidad de 675.1 Tn/m². El coeficiente de balasto es de 6.06 kg/cm³, con un asentamiento estimado de 2.14 cm.

De esta manera, se propone un mejoramiento del suelo para evitar la ascensión capilar y la expansividad de las arcillas en época de lluvias, que podrían ocasionar un asentamiento diferencial excesivo, lo cual puede llevar al colapso de la estructura, generando diferentes tipos de fallas estructurales, tales como se describen:

- La primera capa: un material de Over con un espesor máximo de 6.1", equivalente a 0.31 m, debidamente compactado.
- La segunda capa: material afirmado con un espesor de 0.21 m, compactado al 95.1% de la MDS del Proctor Modificado.
- La tercera capa: un solado de 0.21 m con un concreto de $f_c = 140.1$ kg/cm².

En cuanto a la composición química del terreno, se recomienda que en las construcciones que se realicen en la Zona Urbana de Rioja, además de los sulfatos, cloruros y el pH, se tenga en consideración los iones medianamente agresivos como:

Ión Fosfato (PO_4)³⁻; Ión Nitrito (NO_2)¹⁻; Ión Nitrato (NO_3)¹⁻

PROPUESTA DE ZONIFICACION I

Tipo de suelo: CL

$\Phi=13.51$

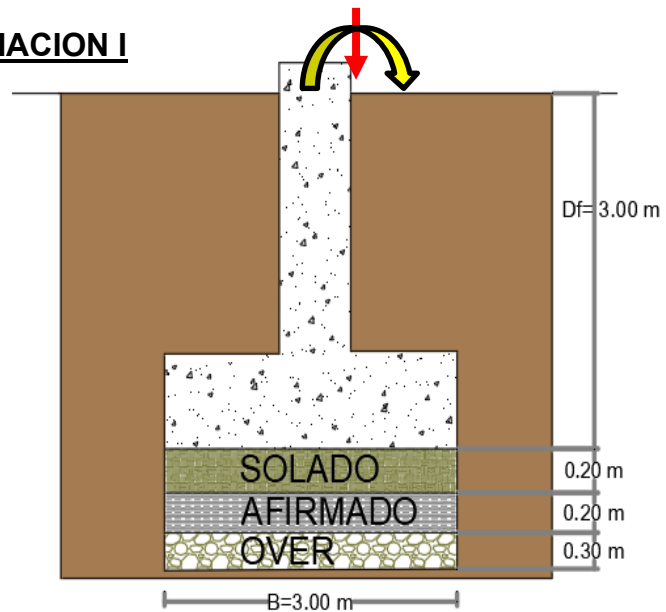
$C=0.24\text{Kg/cm}^2$

$\gamma=1.60\text{gr/cm}^2$

$FS=3$

$\mu=0.26$

$E_s=750.1\text{ Tn/m}^2$



PROPUESTA DE ZONIFICACION II

Tipo de suelo: CL

$\Phi=14.41$

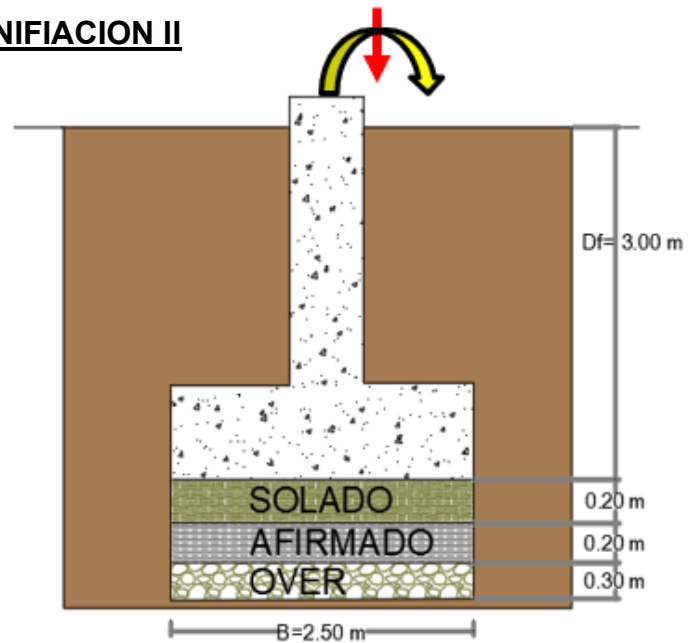
$C=0.20\text{Kg/cm}^2$

$\gamma=1.68\text{gr/cm}^2$

$FS=3$

$\mu=0.26$

$E_s=675.1\text{ Tn/m}^2$



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los hallazgos de la presente indagación constituye el apartado en el que se exponen las evidencias obtenidas, se comparan con investigaciones anteriores y se destaca lo novedoso, además de fundamentar la confirmación o refutación de la suposición planteada.

5.1.1. Análisis de las propuestas dadas

El análisis y discusión de resultados se realizó mediante la implementación de herramientas de procesamiento de recolección de datos basados en encuestas estructuradas (cuestionario) realizadas a profesionales involucrados directamente con la ejecución de la obra del caso de estudio (Ingeniero Residente, Ingeniero Supervisor, Administrador del Contrato y Jefe de Supervisión de la Gerencia Regional de Infraestructura del Gobierno Regional de San Martín, con la finalidad de recopilar las apreciaciones desde el punto de vista del entorno interno y externo relacionados a los acontecimientos suscitados durante la fase de ejecución contractual de la obra materia de estudio.

Las preguntas planteadas y formuladas en el cuestionario de la encuesta se centraron en las prestaciones adicionales de obra y las ampliaciones de plazo de ejecución generados por ser éstas las variables investigadas, con el objetivo de recopilar informado relevante sobre los acontecimientos ocurridos que desencadenaron en sobre costos y retrasos en la fase de ejecución contractual de la obra.

Las encuestas se relacionan a los escenarios técnicos y financieros de las prestaciones adicionales y ampliaciones de plazo de ejecución de la obra, así como de las causas y efectos como elementos separados y como elementos relacionándolos entre sí.

5.1.2. Precio de ejecución de la sugerencia

El precio es cambiante según la clase de la construcción, edificio, alturas. Se ha contemplado la sugerencia a 3 m de profundidad como también podría evaluarse a 10 m de profundidad; no se puede universalizar un precio para toda la edificación porque depende de la resistencia del terreno y del área a considerarse.

5.1.3. Beneficios que va aportar la propuesta

Tras llevar a cabo investigaciones geotécnicas y Pruebas de Penetración Estándar, las cuales nos han permitido identificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los suelos de cimentación en la zona urbana de Rioja, provincia Rioja, región San Martín, cuyos resultados han definido la propuesta presentada, los valores obtenidos de los ensayos son verídicos, como el Ángulo de Rozamiento Interno y la Cohesión, lo que nos permitió establecer la profundidad de desplante, el ancho de cimentación y los parámetros geotécnicos necesarios para calcular la capacidad portante de los suelos mediante diversos métodos, así como proponer un mejoramiento para las zapatas en las futuras edificaciones; este beneficio repercute en nuestra Alma Mater, ya que contribuirá a reducir los costos de las próximas construcciones; tras llevar a cabo investigaciones geotécnicas y Pruebas de Penetración Estándar, las cuales nos han permitido identificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los suelos de cimentación en la zona urbana de Rioja, provincia Rioja, región San Martín, cuyos resultados han definido la propuesta presentada, los valores obtenidos de los ensayos son verídicos, como el Ángulo de Rozamiento Interno y la Cohesión, lo que nos permitió establecer la profundidad de desplante, el ancho de cimentación y los parámetros geotécnicos necesarios para calcular la capacidad portante de los suelos mediante diversos métodos, así como proponer un mejoramiento para las zapatas en las futuras edificaciones; este beneficio repercute en nuestra ciudad, ya que contribuirá a reducir los costos de las próximas construcciones.

5.2. CONCLUSIONES

La valoración adecuada del potencial de soporte en los suelos de cimentación es de vital importancia para garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de las estructuras en la zona urbana del distrito de Rioja, ya que una capacidad de soporte deficiente o mal estimada puede originar asentamientos diferenciales, fisuras en elementos estructurales, deformaciones en las cimentaciones y, en los casos más críticos, colapsos parciales o totales de las edificaciones. Esta problemática se vuelve aún más preocupante en áreas de alta vulnerabilidad sísmica, donde la integridad del terreno resulta fundamental para disipar de manera efectiva las fuerzas dinámicas que afectan a las construcciones, comprometiendo así la protección de los individuos y la conservación de los

recursos materiales, si no se adoptan las acciones correctas desde la etapa de planificación y realización de los proyectos.

Concluimos que el acelerado crecimiento urbano en Rioja causó el aumento de las construcciones sin estudios geotécnicos previos para evaluar las características del suelo. Esta falta de análisis aumenta significativamente los riesgos relacionados a fallas estructurales durante la época de lluvias fuertes o terremotos. La ausencia de estos análisis previos provoca que los asentamientos de construcción no cumplen los criterios básicos de seguridad. Esto eleva el riesgo de algún accidente y pone en peligro tanto a las personas como a las inversiones de las infraestructuras públicas o privadas.

La aplicación de métodos geotécnicos como los ensayos de penetración estándar (SPT), estudios de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como análisis de carga puntual, resultan esenciales para obtener un diagnóstico preciso de la capacidad portante de los terrenos de cimentación; estas técnicas permiten identificar los niveles freáticos, la compactación del suelo, la resistencia al corte y otros parámetros que influyen directamente en la estabilidad de las estructuras; su implementación sistemática en los proyectos de construcción de la zona urbana de Rioja facilita el diseño de cimentaciones adecuadas y reduce los riesgos asociados a fallos estructurales, contribuyendo a edificaciones seguras y sostenibles a largo plazo.

La omisión o insuficiencia en la evaluación de la capacidad de soporte del suelo ha derivado en numerosos problemas constructivos, que no solo incrementan los gastos de conservación y arreglo de las construcciones, sino que también generan pérdidas económicas significativas para propietarios, municipios y comunidades locales; estos problemas se traducen en una disminución de la vida útil de las edificaciones, una menor seguridad para los ocupantes y, en algunos casos, la necesidad de demoler y reconstruir, lo que representa un gasto adicional y un impacto negativo en el desarrollo urbano; esta situación resalta la urgencia de incorporar estudios geotécnicos completos y normas técnicas en la planificación y ejecución de los proyectos de infraestructura urbana.

Concluimos que es indispensable realizar un diagnóstico geotécnico integral del suelo en la zona urbana de Rioja para buscar soluciones infraestructurales

por cada tipo de suelo según sus características. Esto no permitirá seleccionar adecuadamente materiales óptimos para el tipo de cimentación que será usada en la obra. Esto con la finalidad de prever problemas mayores frente a amenazas naturales, como las lluvias intensas o movimientos sísmicos. Con este enfoque integral mejoraremos la seguridad y funcionalidad de las construcciones tanto públicas como privadas a través de un desarrollo urbano organizado y sostenible.

5.3. RECOMENDACIONES

Se recomienda encarecidamente que todos los proyectos de edificación que se desarrollen en la zona urbana del distrito de Rioja cuenten, de manera previa, con estudios geotécnicos completos y detallados, orientados a determinar de forma precisa la capacidad portante y las características físico-mecánicas del terreno; esta práctica debe instaurarse como una condición obligatoria dentro del proceso de planificación y aprobación de cualquier obra civil, a fin de asegurar que los diseños estructurales respondan adecuadamente a las condiciones del suelo y se minimicen los riesgos asociados a asentamientos diferenciales, fallos en las cimentaciones o inestabilidad de las estructuras; la realización de estos análisis desde las etapas iniciales del proyecto reduce de manera significativa la probabilidad de errores técnicos y costos imprevistos en el futuro, garantizando mayor seguridad y eficiencia en la inversión pública y privada.

Implementación de Normativas de Construcción Basadas en Estudios del Suelo: Es imprescindible que las autoridades municipales y regionales de Rioja desarrollen e implementen un marco normativo robusto que obligue a la evaluación rigurosa de la capacidad de soporte del suelo como exigencia básica esencial para la ejecución de cualquier tipo de infraestructura urbana; estas normativas deben incluir parámetros técnicos específicos, procedimientos claros de verificación y sanciones en caso de incumplimiento, promoviendo así prácticas constructivas que garanticen la seguridad y estabilidad de las edificaciones; la aplicación estricta de estas regulaciones contribuirá significativamente a disminuir el riesgo de fallas estructurales y propiciará un crecimiento urbano más ordenado y sostenible, protegiendo tanto a los ciudadanos como las inversiones en el sector construcción.

Fomento de la Capacitación Continua para Profesionales del Sector Construcción: Es prioritario promover programas de capacitación permanente dirigidos a los profesionales involucrados en el ámbito de la construcción en Rioja, tales como ingenieros civiles, arquitectos y técnicos en suelos; estos programas deben enfocarse en la actualización de conocimientos sobre métodos modernos de evaluación geotécnica, normas técnicas de construcción y procedimientos para la interpretación de estudios de suelos, además de concienciar sobre los riesgos derivados de la falta de estudios previos; la formación continua fortalecerá las competencias técnicas de los profesionales del sector, permitiéndoles tomar decisiones acertadas durante el diseño y la ejecución de obras, y contribuyendo a elevar la calidad y seguridad de las edificaciones en el ámbito urbano.

Establecimiento de Programas de Monitoreo y Mantenimiento de Infraestructura Existente: Se recomienda implementar un sistema de monitoreo constante y mantenimiento preventivo para las infraestructuras ya existentes en la zona urbana del distrito de Rioja; estos programas deben contemplar la realización de inspecciones periódicas, levantamientos de datos sobre posibles asentamientos, deterioros o fallos en elementos estructurales, así como evaluaciones del comportamiento de las edificaciones ante eventos sísmicos y fenómenos climáticos adversos; la detección temprana de patologías en las construcciones permitirá la adopción de medidas correctivas oportunas, previniendo daños mayores y contribuyendo a prolongar la vida útil de las edificaciones, lo que garantiza la seguridad de la población y protege el valor de las inversiones inmobiliarias.

Sensibilización y Conciencia Pública sobre la Evaluación del Suelo en Construcciones: Es fundamental promover campañas de sensibilización y difusión de información destinadas a crear conciencia en la ciudadanía y en los desarrolladores de proyectos inmobiliarios sobre la importancia de realizar estudios técnicos de suelos antes de iniciar cualquier obra; esta iniciativa debe resaltar los beneficios de contar con evaluaciones geotécnicas adecuadas, tanto en términos de seguridad estructural como en la protección del patrimonio y la inversión de las familias y comunidades; la adopción de una cultura de responsabilidad en la construcción fomentará prácticas urbanas sostenibles, reducirá la ocurrencia de siniestros relacionados con fallos estructurales y contribuirá a un desarrollo urbano más seguro y planificado en la región de Rioja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bowles, J. E. (2001). Física de suelos y mecánica de suelos (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Das, B. M. (2011). Principios de ingeniería de cimentaciones (7ª ed.). Cengage Learning.
- Budhu, M. (2015). Mecánica de suelos y fundamentos de cimentaciones (3ª ed.). Wiley.
- Coduto, D. P. (2016). Geotecnia: principios y prácticas (2ª ed.). Pearson.
- Tomlinson, M., & Boorman, R. (2014). Cimientos y estructuras de cimentación (7ª ed.). Pearson Educación.
- Santamarina, J. C. (2019). Mecánica de suelos y fundamentos de geotecnia. Alfaomega.
- Braja M. Das, & Sobhan, K. (2018). Mecánica de suelos en ingeniería práctica (9ª ed.). Cengage Learning.
- Alonso, E. E., & Gens, A. (2011). Geotecnia y estructuras de cimentación. UPC Ediciones.
- Rinaldi, V., & Gómez, J. L. (2012). Ensayos de laboratorio y de campo en geotecnia. Ediciones UNS.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Mecánica de suelos en la ingeniería práctica (3ª ed.). Thomson Learning.
- Vanapalli, S., & Oh, W. (2021). Analytical and numerical methods for predicting the bearing capacity of shallow foundations in unsaturated soils. Suelos y Rocas, 44(1), 10-22.
- Quintero, H., Martínez, D., & Cruz, J. (2021). Evaluation of Load Capacity of Stratified Soils by Means of Numerical Analytical Comparison. Revista Facultad de Ingeniería, 30(2), 89-102.
- Espinel, R., & Zambrano, P. (2022). Zoning of the bearing capacity of the soils in the Andrés de Vera Parish. Revista Científica UNTRM, 9(1), 70-82.
- Zhussupbekov, A., et al. (2022). Bearing capacity characteristics base collapse estimation. Iranian Journal of Civil Engineering, 14(3), 23-37.

- Llano, A., & Restrepo, J. (2022). Effect of weathering on the physicochemical properties of road soils stabilized with chemicals. *Estudios en Ingeniería y Ciencias Exactas*, 5(1), 55-67.
- De la Cruz, J., & Vega, M. (2023). Comparación de los métodos semiempíricos para determinar la capacidad admisible de suelos para cimentaciones. *Revista Selva Andina Biosfera*, 11(3), 18-30.
- Rojas, A., & Paredes, D. (2021). Evaluación geotécnica de suelos arcillosos en zonas urbanas. *Revista de Ingeniería Geotécnica del Perú*, 15(4), 120-134.
- Flores, S., & Rivera, J. (2021). Evaluación del potencial de licuación en suelos arenosos mediante el método Seed e Idris. *Revista de Ingeniería y Tecnología UCV*, 10(2), 45-59.
- Solórzano, C. (2023). Análisis de cimentaciones basado en estudios geofísicos. *Revista de Ingeniería Civil PUCP*, 14(2), 33-47.
- Alarcón, J., & Sánchez, P. (2023). Predicción de la erosión hídrica del suelo aplicando el método USLE en la subcuenca Río Negro. *Revista de Ingeniería Ambiental UCSM*, 12(1), 75-90.
- Vigil, R. (2019). Evaluación de la capacidad portante de los suelos para cimentaciones superficiales en Caspizapa (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín).
- Jiménez, A., & Paz, C. (2021). Determinación de la capacidad portante del suelo en la habilitación urbana La Colina, Tarapoto (Tesis de licenciatura, Universidad Científica del Perú).
- Lavado, M. (2024). Influencia del suelo de cimentación en la capacidad portante empleando el ensayo DPL y corte directo en Santa Clara, Moyobamba (Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna).
- López, R. (2021). Evaluación de la capacidad de carga en los suelos de Rioja (Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín).
- Fernández, L. (2020). Análisis comparativo de cimentaciones superficiales en suelos cohesivos (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería).
- Bravo, J. (2020). Estudio de los asentamientos en suelos arcillosos de Rioja (Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín).

- Córdova, H. (2021). Evaluación de suelos granulares para cimentaciones superficiales en Nueva Cajamarca (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín).
- Herrera, D. (2018). Análisis geotécnico para el desarrollo urbano en Nueva Cajamarca (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín).
- Molina, C. (2020). Impacto de la compactación en la capacidad portante del suelo (Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas).
- Pacheco, F. (2021). Diseño de cimentaciones en suelos blandos de Rioja (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Manual de suelos y cimentaciones: Norma Técnica E.050.
- Colegio de Ingenieros del Perú. (2020). Guía para el diseño de cimentaciones superficiales y profundas en suelos arcillosos.
- Municipalidad de Rioja. (2022). Plan de ordenamiento territorial y evaluación de suelos de fundación en Rioja.
- Gobierno Regional de San Martín. (2022). Informe técnico sobre diagnóstico de suelos urbanos para viviendas sociales.
- Proyecto Especial Alto Mayo. (2020). Estudio geotécnico en zonas de expansión urbana en Rioja.
- CISMID - UNI. (2019). Informe de vulnerabilidad y diagnóstico de suelos en la región San Martín.
- INDECI. (2018). Evaluación de amenazas geotécnicas y sismos en zonas urbanas de Rioja.
- EGC Consulting. (2019). Análisis de riesgos geotécnicos en la región San Martín.
- Geoqualia. (2023). Informe sobre métodos geofísicos aplicados al estudio de suelos urbanos.
- GeoPerú. (2021). Evaluación del potencial de carga y asentamiento en zonas urbanas de la selva peruana.
- FAO. (2024). Clasificación de suelos [Sitio web]. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/es>

- Portal de Suelos de la FAO. (2024). Clasificación de suelos y propiedades físicas. <https://www.fao.org/soils-portal/es>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. <https://www.gob.pe/edificaciones>
- ASTM International. (2020). ASTM D1586-11. Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT). <https://www.astm.org>
- Universidad Nacional de Ingeniería - CISMID. (2022). Manual de análisis de suelos para cimentaciones. Recuperado de <https://www.cismid.uni.edu.pe>
- Geoqualia. (2023). Métodos geofísicos de exploración de suelos [Sitio web]. <https://geoqualia.com/metodos-geofisicos>
- American Society of Civil Engineers. (2019). Geotechnical Engineering Standards. <https://www.asce.org>
- Portal de la Norma E.050. (2020). Guía para la aplicación de la norma de suelos y cimentaciones. <https://norma050.gob.pe>
- Editorial Etece. (2021). Tipos de suelo y características físicas. <https://www.editorialetece.com>
- Portal Frutícola. (2020). Importancia de la tierra negra para la agricultura. <https://www.portalfruticola.com>

ANEXO I

PANEL FOTOGRAFICO



Grafico 28: Parque central rioja



Grafico 29: aeropuerto de rioja



Grafico 30: vivienda donde se realizaron estudios del suelo



Grafico 31:vivienda en mal estado



Garfico 32:parque central en mal estado



Gráfico 33: futuras construcciones

ANEXO II

CARGA ADMISIBLE

CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-1 EN SUELOS					
ASTM-D1586					
Densidad, γ_h :			1,43	Cohesivo y granular	
Profundidad de desplante bajo la superficie, D (m):			1.1		
Ancho de cimentación B (m)			1,6		
Factor de seguridad E			3	Cohesivo	
Profundidad de la Napa Freática (m):			0	Granular	
Modulo de poisson μ			0,3		
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):			N		
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)			N		
Sismo M			7,6		
Altura de la arena H (m)			10,46	pul	
Asientos máximos permisibles			1		
Forma de Zapata		Cuadrada			
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/ Granular	Tipo de ensayo	Prof,Inicial (m)	Prof, Final (m)	$N_{30\ SPT}$
1	C	SPT	1	1,45	12
2	C	SPT	2	2,45	23
3	C	SPT	3	3,45	21
4	C	SPT	4	4,45	9
5	C	SPT	5	5,45	27
6	C	SPT	6	6,45	13
7	C	SPT	7	7,45	15
8	C	SPT	8	8,45	18
9	C	SPT	9	9,45	14
10	C	SPT	10	10,45	22
Corrección por nivel Freático			Cw =		0,5
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox,Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	1,44	2,02	1,44	3,60	No aplica
2,225	2,76	3,88	2,77	6,90	No aplica
3,225	2,52	3,54	2,53	6,30	No aplica
4,225	1,08	1,52	1,08	2,70	No aplica
5,225	3,24	4,55	3,25	8,10	No aplica
6,225	1,56	2,19	1,57	3,90	No aplica
7,225	1,8	2,53	1,81	4,50	No aplica
8,225	2,16	3,03	2,17	5,40	No aplica
9,225	1,68	2,36	1,69	4,20	No aplica
10,225	2,64	3,71	2,65	6,60	No aplica

PROFUNDIDADDE ENSAYO	En gravas o gravas y arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Modulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	Kg/cm2	Adimensional
1,225	No aplica	1,60	0,08	81,70	0,30
02,225	No aplica	3,06	0,15	156,59	0,30
3,225	No aplica	2,79	0,14	142,97	0,30
4,225	No aplica	1,20	0,06	61,27	0,30
5,225	No aplica	3,59	0,18	183,82	0,30
6,225	No aplica	1,73	0,09	88,51	0,30
7,225	No aplica	2,00	0,10	102,12	0,30
8,225	No aplica	2,39	0,12	122,55	0,30
9,225	No aplica	1,86	0,09	95,32	0,30
10,225	No aplica	2,93	0,15	149,78	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				118,46	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} I_f$$

Ancho de cimentación	Centro		Esquina		Valor Medio
0,5	0,898	cm	0,449	cm	0,658
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288

CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-2 EN SUELOS					
ASTM-D1586					
Densidad, γ_h :			1,42	Cohesivo y granular	
Profundidad de desplante bajo la superficie, D (m):			1		
Ancho de cimentación B (m)			1,5		
Factor de seguridad E			3	Cohesivo	
Profundidad de la Napa Freática (m):			0	Granular	
Modulo de poisson μ			0,3		
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):			N		
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)			N		
Sismo M			7,5		
Altura de la arena H (m)			10,45		
Asientos máximos permisibles			1	pul	
Forma de Zapata			Cuadrada		
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/ Granular	Tipo de ensayo	Prof,Inicial (m)	Prof, Final (m)	N _{30 SPT}
1	C	MRG	1	1,45	23
2	C	SPT	2	2,45	11
3	C	SPT	3	3,45	6
4	C	SPT	4	4,45	6
5	C	SPT	5	5,45	15
6	C	SPT	6	6,45	12
7	C	SPT	7	7,45	10
8	C	SPT	8	8,45	14
9	C	SPT	9	9,45	16
10	C	SPT	10	10,45	14
Corrección por nivel Freático			Cw =		0,5
PROFUNDIDADDE ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox,Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	2,76	3,88	2,77	6,90	No aplica
2,225	1,32	1,85	1,32	3,30	No aplica
3,225	0,72	1,01	0,72	1,80	No aplica
4,225	0,72	1,01	0,72	1,80	No aplica
5,225	1,8	2,53	1,81	4,50	No aplica
6,225	1,44	2,02	1,44	3,60	No aplica
7,225	1,2	1,69	1,20	3,00	No aplica
8,225	1,68	2,36	1,69	4,20	No aplica
9,225	1,92	2,70	1,93	4,80	No aplica
10,225	1,68	2,36	1,69	4,20	No aplica

PROFUNDIDADDE ENSAYO	En gravas o gravas y arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Módulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	Kg/cm2	Adimensional
1,225	No aplica	3,06	0,15	93,95	0,30
2,225	No aplica	1,46	0,07	74,89	0,30
3,225	No aplica	0,80	0,04	40,85	0,30
4,225	No aplica	0,80	0,04	40,85	0,30
5,225	No aplica	2,00	0,10	102,12	0,30
6,225	No aplica	1,60	0,08	81,70	0,30
7,225	No aplica	1,33	0,07	68,08	0,30
8,225	No aplica	1,86	0,09	95,32	0,30
9,225	No aplica	2,13	0,11	108,93	0,30
10,225	No aplica	1,86	0,09	95,32	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				80,20	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

ANCHO DE CIMENTACION,m	Centro		Esquina		Valor Medio cm
0,5	1,497	cm	0,748	cm	1,096
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288

CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-3 EN SUELOS
ASTM-D1586

Densidad, γ_h :			1,45		Cohesivo y granular
Profundidad de desplante bajo la superficie, D (m):			1		
Ancho de cimentación B (m)			1,5		
Factor de seguridad E			3		Cohesivo
Profundidad de la Napa Freática (m):			0		Granular
Modulo de poisson μ			0,3		
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):			N		
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)			N		
Sismo M			7,5		
Altura de la arena H (m)			10,45		
Asientos máximos permisibles			1		Pul
Forma de Zapata		Cuadrada			
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/Granular	Tipo de ensayo	Prof,Inicial (m)	Prof, Final (m)	N _{30 SPT}
1	c	SPT	1	1,45	9
2	c	SPT	2	2,45	29
3	c	SPT	3	3,45	19
4	c	SPT	4	4,45	9
5	c	SPT	5	5,45	22
6	c	SPT	6	6,45	50
7	c	SPT	7	7,45	17
8	c	SPT	8	8,45	32
9	c	SPT	9	9,45	30
10	c	SPT	10	10,45	25
Corrección por nivel Freático			Cw =		0,5
PROFUNDIDADDE ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox,Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	1,08	1,52	1,08	2,70	No aplica
2,225	3,48	4,89	3,49	8,70	No aplica
3,225	2,28	3,20	2,29	5,70	No aplica
4,225	1,08	1,52	1,08	2,70	No aplica
5,225	2,64	3,71	2,65	6,60	No aplica
6,225	6	8,43	6,02	15,00	No aplica
7,225	2,04	2,86	2,05	5,10	No aplica
8,225	3,84	5,39	3,85	9,60	No aplica
9,225	3,6	5,06	3,61	9,00	No aplica
10,225	3	4,21	3,01	7,50	No aplica

PROFUNDIDAD DE ENSAYO	En gravas o gravas y arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Módulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	Kg/cm2	Adimensional
1,225	No aplica	1,20	0,06	61,27	0,30
2,225	No aplica	3,86	0,19	197,44	0,30
3,225	No aplica	2,53	0,13	129,36	0,30
4,225	No aplica	1,20	0,06	61,27	0,30
5,225	No aplica	2,93	0,15	149,78	0,30
6,225	No aplica	6,65	0,34	340,41	0,30
7,225	No aplica	2,26	0,11	115,74	0,30
8,225	No aplica	4,26	0,21	217,87	0,30
9,225	No aplica	3,99	0,20	204,25	0,30
10,225	No aplica	3,33	0,17	170,21	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				164,76	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

ANCHO DE CIMENTACION,m	Centro		Esquina		Valor Medio
0,5	0,898	cm	0,449	cm	0,658
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288

CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-4 EN SUELOS
ASTM-D1586

Densidad, γ_h :	1,45	Cohesivo y granular			
Profundidad de desplante bajo la superficie, D (m):	1				
Ancho de cimentación B (m)	1,5	Cohesivo			
Factor de seguridad E	3				
Profundidad de la Napa Freática (m):	0	Granular			
Modulo de poisson μ	0,3				
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):	N				
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)	N				
Sismo M	7,5				
Altura de la arena H (m)	10,45				
Asientos máximos permisibles	1	pul			
Forma de Zapata			Cuadrada		
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/ Granular	Tipo de ensayo	Prof,Inicial (m)	Prof, Final (m)	$N_{30 \text{ SPT}}$
1	C	SPT	1	1,45	19
2	C	SPT	2	2,45	16
3	C	SPT	3	3,45	11
4	C	SPT	4	4,45	15
5	C	SPT	5	5,45	20
6	C	SPT	6	6,45	8
7	C	SPT	7	7,45	18
8	C	SPT	8	8,45	15
9	C	SPT	9	9,45	18
10	C	SPT	10	10,45	20
Corrección por nivel Freático			$C_w =$		0,5
PROFUNDIDADDE ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox,Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	2,28	3,20	2,29	5,70	No aplica
2,225	1,92	2,70	1,93	4,80	No aplica
3,225	1,32	1,85	1,32	3,30	No aplica
4,225	1,8	2,53	1,81	4,50	No aplica
5,225	2,4	3,37	2,41	6,00	No aplica
6,225	0,96	1,35	0,96	2,40	No aplica
7,225	2,16	3,03	2,17	5,40	No aplica
8,225	1,8	2,53	1,81	4,50	No aplica
9,225	2,16	3,03	2,17	5,40	No aplica
10,225	2,4	3,37	2,41	6,00	No aplica

PROFUNDIDAD DE ENSAYO	En gravas o gravas y arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Módulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	Kg/cm2	Adimensional
1,225	No aplica	2,53	0,13	129,36	0,30
2,225	No aplica	2,13	0,11	108,93	0,30
3,225	No aplica	1,46	0,07	74,89	0,30
4,225	No aplica	2,00	0,10	102,12	0,30
5,225	No aplica	2,66	0,13	136,17	0,30
6,225	No aplica	1,06	0,05	54,47	0,30
7,225	No aplica	2,39	0,12	122,55	0,30
8,225	No aplica	2,00	0,10	102,12	0,30
9,225	No aplica	2,39	0,12	122,55	0,30
10,225	No aplica	2,66	0,13	136,17	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				108,93	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

ANCHO DE CIMENTACION,m	Centro		Esquina		Valor Medio
0,5	0,898	cm	0,449	cm	0,658
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288

**CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-5 EN SUELOS
ASTM-D1586**

Densidad, γ_h :			1,32		Cohesivo y granular
Profundidad de desplante bajo la superficie, D (m):			1		
Ancho de cimentación B (m)			1,5		
Factor de seguridad E			3		Cohesivo
Profundidad de la Napa Freática (m):			0		Granular
Modulo de poisson μ			0,3		
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):			N		
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)			N		
Sismo M			7,5		
Altura de la arena H (m)			10,45		
Asientos máximos permisibles			1		Pul
Forma de Zapata			Cuadrada		
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/ Granular	Tipo de ensayo	Prof, Inicia I (m)	Prof, Final (m)	N _{30 SPT}
1	C	SPT	1	1,45	20
2	C	SPT	2	2,45	26
3	C	SPT	3	3,45	5
4	C	SPT	4	4,45	18
5	C	SPT	5	5,45	13
6	C	SPT	6	6,45	25
7	C	SPT	7	7,45	30
8	C	SPT	8	8,45	25
9	C	SPT	9	9,45	26
10	C	SPT	10	10,45	30
Corrección por nivel Freático			C _w =		0,5
PROFUNDIDAD E ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox, Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	2,4	3,37	2,41	6,00	No aplica
2,225	3,12	4,38	3,13	7,80	No aplica
3,225	0,6	0,84	0,60	1,50	No aplica
4,225	2,16	3,03	2,17	5,40	No aplica
5,225	1,56	2,19	1,57	3,90	No aplica
6,225	3	4,21	3,01	7,50	No aplica
7,225	3,6	5,06	3,61	9,00	No aplica
8,225	3	4,21	3,01	7,50	No aplica
9,225	3,12	4,38	3,13	7,80	No aplica
10,225	3,6	5,06	3,61	9,00	No aplica

PROFUNDIDAD DE ENSAYO	En gravas o gravas y arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Módulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	Kg/cm2	Adimensional
1,225	No aplica	2,66	0,13	136,17	0,30
2,225	No aplica	3,46	0,17	177,02	0,30
3,225	No aplica	0,67	0,03	34,04	0,30
4,225	No aplica	2,39	0,12	122,55	0,30
5,225	No aplica	1,73	0,09	88,51	0,30
6,225	No aplica	3,33	0,17	170,21	0,30
7,225	No aplica	3,99	0,20	204,25	0,30
8,225	No aplica	3,33	0,17	170,21	0,30
9,225	No aplica	3,46	0,17	177,02	0,30
10,225	No aplica	3,99	0,20	204,25	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				148,42	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

ANCHO DE CIMENTACION,m	Centro		Esquina		Valor Medio cm
0,5	0,898	cm	0,449	cm	0,658
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288

**CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-6 EN SUELOS
ASTM-D1586**

Densidad, γ_h :			1,42		Cohesivo y granular
Profundidad de desplante bajo la superficie D (m):			1		
Ancho de cimentación B (m)			1,5		
Factor de seguridad E			3		Cohesivo
Profundidad de la Napa Freática (m):			0		Granular
Modulo de poisson μ			0,3		
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):			N		
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)			N		
Sismo M			7,5		
Altura de la arena H (m)			10,45		
Asientos máximos permisibles			1		Pul
Forma de Zapata			Cuadrada		
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/Granular	Tipo de ensayo	Prof, Inicial (m)	Prof, Final (m)	$N_{30 \text{ SPT}}$
1	C	SPT	1	1,45	14
2	C	SPT	2	2,45	10
3	C	SPT	3	3,45	9
4	C	SPT	4	4,45	14
5	C	SPT	5	5,45	11
6	C	SPT	6	6,45	8
7	C	SPT	7	7,45	12
8	C	SPT	8	8,45	18
9	C	SPT	9	9,45	16
10	C	SPT	10	10,45	13
Corrección por nivel Freático			Cw =		0,5
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox, Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	1,68	2,36	1,69	4,20	No aplica
2,225	1,2	1,69	1,20	3,00	No aplica
3,225	1,08	1,52	1,08	2,70	No aplica
4,225	1,68	2,36	1,69	4,20	No aplica
5,225	1,32	1,85	1,32	3,30	No aplica
6,225	0,96	1,35	0,96	2,40	No aplica
7,225	1,44	2,02	1,44	3,60	No aplica
8,225	2,16	3,03	2,17	5,40	No aplica
9,225	1,92	2,70	1,93	4,80	No aplica
10,225	1,56	2,19	1,57	3,90	No aplica

PROFUNDIDAD DE ENSAYO	En gravas o gravas y arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Módulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	Kg/cm2	Adimensional
1,225	No aplica	1,86	0,09	95,32	0,30
2,225	No aplica	1,33	0,07	68,08	0,30
3,225	No aplica	1,20	0,06	61,27	0,30
4,225	No aplica	1,86	0,09	95,32	0,30
5,225	No aplica	1,46	0,07	74,89	0,30
6,225	No aplica	1,06	0,05	54,47	0,30
7,225	No aplica	1,60	0,08	81,70	0,30
8,225	No aplica	2,39	0,12	122,55	0,30
9,225	No aplica	2,13	0,11	108,93	0,30
10,225	No aplica	1,73	0,09	88,51	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				85,10	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

ANCHO DE CIMENTACION,m	Centro		Esquina		Valor Medio
0,5	0,898	cm	0,449	cm	0,658
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288

CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-7 EN SUELOS
ASTM-D1586

Densidad, γ_h :			1,48		Cohesivo y granular
Profundidad de desplante bajo la superficie, D (m):			1		
Ancho de cimentación B (m)			1,5		
Factor de seguridad E			3		Cohesivo
Profundidad de la Napa Freática (m):			0		Granular
Modulo de poisson μ			0,3		
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):			N		
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)			N		
Sismo M			7,5		
Altura de la arena H (m)			10,45		
Asientos máximos permisibles			1		Pul
Forma de Zapata			Cuadrada		
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/ Granular	Tipo de ensayo	Prof, Inicial (m)	Prof, Final (m)	$N_{30 \text{ SPT}}$
1	C	SPT	1	1,45	5
2	C	SPT	2	2,45	9
3	C	SPT	3	3,45	4
4	C	SPT	4	4,45	8
5	C	SPT	5	5,45	7
6	C	SPT	6	6,45	7
7	C	SPT	7	7,45	9
8	C	SPT	8	8,45	10
9	C	SPT	9	9,45	11
10	C	SPT	10	10,45	15
Corrección por nivel Freático			Cw =		0,5
PROFUNDIDAD DE ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox, Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	1,06	1,67	0,60	1,50	No aplica
2,225	1,08	1,52	1,08	2,70	No aplica
3,225	0,48	0,67	0,48	1,20	No aplica
4,225	0,96	1,35	0,96	2,40	No aplica
5,225	0,84	1,18	0,84	2,10	No aplica
6,225	0,84	1,18	0,84	2,10	No aplica
7,225	1,08	1,52	1,08	2,70	No aplica
8,225	1,2	1,69	1,20	3,00	No aplica
9,225	1,32	1,85	1,32	3,30	No aplica
10,225	1,8	2,53	1,81	4,50	No aplica

PROFUNDIDADDE ENSAYO	En gravas o gravas y arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Módulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	Kg/cm2	Adimensional
1,225	No aplica	0,67	0,03	34,04	0,30
2,225	No aplica	1,20	0,06	61,27	0,30
3,225	No aplica	0,53	0,03	27,23	0,30
4,225	No aplica	1,06	0,05	54,47	0,30
5,225	No aplica	0,93	0,05	47,66	0,30
6,225	No aplica	0,93	0,05	47,66	0,30
7,225	No aplica	1,20	0,06	61,27	0,30
8,225	No aplica	1,33	0,07	68,08	0,30
9,225	No aplica	1,46	0,07	74,89	0,30
10,225	No aplica	2,00	0,10	102,12	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				57,87	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} I_f$$

ANCHO DE CIMENTACION,m	Centro		Esquina		Valor Medio
0,5	1,256	cm	1,123	cm	0,852
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288

**CARGA ADMISIBLE EN FUNCION DEL ENSAYO SPT-8 EN SUELOS
ASTM-D1586**

Densidad, γ_h :			1,48		Cohesivo y granular
Profundidad de desplante bajo la superficie, D (m):			1		
Ancho de cimentación B (m)			1,5		
Factor de seguridad E			3		Cohesivo
Profundidad de la Napa Freatica (m):			0		Granular
Modulo de poisson μ			0,3		
Arena fina bajo el nivel freático Si(s) o No (n):			N		
Corrección por profundidad en arenas Si(s) o No (n)			N		
Sismo M			7,5		
Altura de la arena H (m)			10,45		
Asientos máximos permisibles			1		Pul
Forma de Zapata			Cuadrada		
Valores del Factor de forma IF (cm/m)			CENTRO	ESQUINA	MEDIO
			112	56	82
MUESTRA	Cohesivo/Granular	Tipo de ensayo	Prof, Inicial (m)	Prof, Final (m)	$N_{30 \text{ SPT}}$
1	C	SPT	1	1,45	20
2	C	SPT	2	2,45	15
3	C	SPT	3	3,45	12
4	C	SPT	4	4,45	12
5	C	SPT	5	5,45	16
6	C	SPT	6	6,45	20
7	C	SPT	7	7,45	15
8	C	SPT	8	8,45	12
9	C	SPT	9	9,45	22
10	C	SPT	10	10,45	25
Corrección por nivel Freático			Cw =		0,5
PROFUNDIDAD E ENSAYO	Terzaghi y Peck (1948)	Meyerhof (1956)	Terzaghi	Parry	En gravas y arenas aprox, Bowles
	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2	CARGA ADMISIBLE kg/cm2
1,225	2,4	3,37	2,41	6,00	No aplica
2,225	1,8	2,53	1,81	4,50	No aplica
3,225	1,44	2,02	1,44	3,60	No aplica
4,225	1,44	2,02	1,44	3,60	No aplica
5,225	1,92	2,70	1,93	4,80	No aplica
6,225	2,4	3,37	2,41	6,00	No aplica
7,225	1,8	2,53	1,81	4,50	No aplica
8,225	1,44	2,02	1,44	3,60	No aplica
9,225	2,64	3,71	2,65	6,60	No aplica
10,225	3	4,21	3,01	7,50	No aplica

PROFUNDIDAD DE ENSAYO	En gravas o arenas (Meyerhof)	Aprox, en arcillas	En función del nivel freático	Módulo de deformaciones	Módulo de poisson μ
	CARGA ADMISIBLE kg/cm ²	CARGA ADMISIBLE kg/cm ²	CARGA ADMISIBLE kg/cm ²	Kg/cm ²	Adimensional
1,225	No aplica	2,66	0,13	136,17	0,30
2,225	No aplica	2,00	0,10	102,12	0,30
3,225	No aplica	1,60	0,08	81,70	0,30
4,225	No aplica	1,60	0,08	81,70	0,30
5,225	No aplica	2,13	0,11	108,93	0,30
6,225	No aplica	2,66	0,13	136,17	0,30
7,225	No aplica	2,00	0,10	102,12	0,30
8,225	No aplica	1,60	0,08	81,70	0,30
9,225	No aplica	2,93	0,15	149,78	0,30
10,225	No aplica	3,33	0,17	170,21	0,30
PROMEDIO MODULO DE DEFORMACION				115,06	0,30

Asentamientos Inmediatos

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

ANCHO DE CIMENTACION, m	Centro		Esquina		Valor Medio
0,5	0,898	cm	0,449	cm	0,658
0,75	1,347	cm	0,674	cm	0,986
1	1,796	cm	0,898	cm	1,315
1,2	2,156	cm	1,078	cm	1,578
1,25	2,245	cm	1,123	cm	1,644
1,5	2,695	cm	1,347	cm	1,973
1,75	3,144	cm	1,572	cm	2,302
2	3,593	cm	1,796	cm	2,630
2,25	4,042	cm	2,021	cm	2,959
2,5	4,491	cm	2,245	cm	3,288